

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Akademický rok 2019/2020

Tomáš BLÁHA

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

## **FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojírenství

Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Robotický manipulátor ve svařovací buňce

Autor: **Tomáš BLÁHA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2019/2020

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

Katedra konstruování strojů

Akad. rok: 2019/2020

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**Jméno a příjmení:** Tomáš BLÁHA  
**Studijní program:** N2301 Strojní inženýrství  
**Studijní obor:** Dopravní a manipulační technika

Téma bakalářské práce:

**Robotický manipulátor ve svařovací buňce**

**Základní požadavky:**

Navrhněte univerzální a kompaktní pracoviště na malé díly, vybavené robotickým manipulátorem a svařováním metodou MIG/MAG. Pracoviště musí obsahovat 2 zakládací místa, aby nedocházelo k časovým prodlevám stroje během výměny dílu v přípravku. Zajistit bezpečnost stroje proti úrazu obsluhy a opakovatelnost procesu. Vypracovat výrobní dokumentaci.

**Základní technické údaje:**

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

**Osnova bakalářské práce:**

1. Úvod
2. Rešerše a teoretické poznatky
3. Návrh pracoviště
4. Pomocné periferie
5. Závěr

**Rozsah bakalářské práce:**

a) textová část: 40-60 stran formátu A4  
b) grafická část: 3 – 4 výkresy formátu A1, A2, A3  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná a elektronická (CD)

**Doporučená literatura:**

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRAHA*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [2] PISKAČ, Luděk. *Průmyslové roboty*. 2. přeprac. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004. ISBN 80-7043-278-0.
- [3] HESSE, Stefan. *Industrieroboterpraxis: Automatisiere Handhabung in der Fertigung*. Wiesbaden: Vieweg, 1998. ISBN 3-528-06887-6.
- [4] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 2000. Edice strojaře. ISBN 80-7226-202-5.
- [5] *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.

**Vedoucí bakalářské práce:**

Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.  
Katedra konstruování strojů

**Konzultant bakalářské práce:**

Ing. Martin Baumruk  
Baumruk & Baumruk s.r.o.

**Datum zadání bakalářské práce:**

16. 10. 2019

**Termín odevzdání bakalářské práce:**

28. 5. 2020

L.S.

Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.

**děkan**

Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.

**vedoucí katedry**

V Plzni dne: 24. července 2020

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

**ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bláha	<b>Jméno</b> Tomáš	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Němec, CSc.	<b>Jméno</b> Ladislav	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU – FST – KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Robotický manipulátor ve svařovací buňce.		

<b>FAKULTA</b>	Fakulta strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2020
----------------	-----------------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	70	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	60	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>	Bakalářská práce obsahuje návrh pracoviště, kde manipulaci se svařovacím hořákem obstarává robotický manipulátor, stejně jako řízení celého pracoviště, včetně bezpečnostních okruhů a periférií.
<b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Robot, manipulátor, robotické řízení
<b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	MIG, MAG, svařování, automatizace svařování.

**SUMMARY OF BACHELOR SHEET**

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Blaha	<b>Name</b> Tomas	
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 “Transport and handling machinery“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Němec, CSc.	<b>Name</b> Ladislav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Robotic manipulator in a welding cell		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2020
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

**NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)**

<b>TOTALLY</b>	70	<b>TEXT PART</b>	60	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor thesis contains the design of the workplace where the manipulation of the welding torch is provided by the robotic manipulator, as well as the management of the entire workplace, including the safety circuits and peripherals .
<b>KEY WORDS</b>	Robot, manipulator, robotic control MIG, MAG, welding, welding automation.

## Obsah

Seznam obrázků: .....	3
1 Úvod .....	5
1.1 Automatizace .....	6
Vynucená automatizace.....	6
Ekonomické důvody automatizace.....	6
Jiné důvody k automatizaci .....	6
2 Rešerše .....	7
2.1 Manipulátor .....	7
Rozdělení manipulátorů podle typu .....	7
Rozdělení manipulátorů podle počtu stupňů volnosti .....	8
2.2 Volba typu manipulátoru a kritéria pro výběr .....	9
Volba výrobce .....	9
Dosah manipulátoru .....	9
Výběr manipulátoru.....	11
Rozsah dodávky manipulátoru .....	12
2.3 Návrh polohovacího zařízení .....	13
2.4 Upnutí svařovacího přípravku .....	14
2.5 Připojení efektoru k manipulátoru .....	16
2.6 Efektory .....	17
Svařovací hořáky MIG/MAG.....	18
Svařovací hořák TIG/WIG .....	18
Plazmový hořák.....	19
Laserové hlavy .....	20
2.7 Ochrana před kolizí. ....	20
2.8 Sensory pro korekci trajektorie při svařování .....	21
Dotykový senzor: .....	21
Obloukový senzor: .....	22
Laserový off-line senzor: .....	23
Laserový online senzor: .....	24
2.9 pomocný podavač drátu (duo-drive).....	24
2.10 Svařovací zdroj .....	25



2.11	Svařovací polohy .....	28
2.12	Svařovací metoda MIG/MAG.....	29
2.13	Svařovací metoda WIG/TIG .....	31
3	Návrh pracoviště .....	33
3.1	Ukázka dílu.....	33
3.2	Půdorysný návrh.....	33
	Pracovní plocha .....	36
3.3	Konstrukce pracoviště .....	37
3.4	Návrh polohovadla .....	39
3.5	Rám polohovadla.....	40
3.6	Bezpečnostní prvky zařízení.....	42
	Odstínění opačné svařovací pozice. ....	44
4	Pomocné periferie .....	45
4.1	Čistička svařovacího hořáku.....	45
4.2	Svařovací přípravky.....	47
	Ruční upínky .....	49
	Upínky se vzduchovým pístem .....	49
	Elektromagnetické ventily pro ovládání upínek se vzduchovým pístem.....	50
5	Programování manipulátorů.....	51
5.1	Online programování.....	51
5.2	Off-line programování.....	51
5.3	Trajektorie v operačním prostoru .....	53
5.4	Struktura hlavního programu.....	55
	Hlavní program .....	55
	Program stanice A .....	56
6	Závěr.....	57
	Použité knižní zdroje:.....	58
	Použité zkratky .....	59
	Přílohy .....	60

**Seznam obrázků:**

Figure 2.1	typy manipulátorů .....	8
Figure 2.2	Popis jednotlivých os manipulátoru. ....	9
Figure 2.3	Velikostní řada Yaskawa-Motoman.....	10
Figure 2.4	Velikostní řada CLOOS .....	10
Figure 2.5	Rozsah dodávky manipulátoru .....	12
Figure 2.6	Schéma zapojení propojovacích kabelů. ....	13
Figure 2.7	Typy polohovadel: jednoosé, dvouosé, víceosé .....	14
Figure 2.8	Upnutí malého přípravku. ....	15
Figure 2.9	Upnutí standardního přípravkového rámu.....	15
Figure 2.10	Příruba Schunk pro ruční výměnu. ....	16
Figure 2.11	Příruby pro automatické výměny efektorů. ....	17
Figure 2.12	MIG/MAG svařovací hořák.....	18
Figure 2.13	WIG/TIG svařovací hořák .....	19
Figure 2.14	Plazmový svařovací hořák.....	19
Figure 2.15	Laserová svařovací hlava s teplým drátem.....	20
Figure 2.16	Pojistný vypínací systém. ....	21
Figure 2.17	Obloukový senzor .....	23
Figure 2.18	Laserový off-line senzor .....	23
Figure 2.19	Laserový online senzor .....	24
Figure 2.20	Pomocný podavač drátu.....	25
Figure 2.21	Svařovací zdroj Fronius.....	27
Figure 2.22	Umístění podavačů drátu na jednotlivých typech manipulátorů. ....	28
Figure 2.23	Svařovací metoda MIG/MAG .....	31
Figure 2.24	Svařovací metoda WIG/TIG.....	32
Figure 3.1	Typový díl. ....	33
Figure 3.2	Půdorysné rozložení CC-6 od firmy Cloos .....	34
Figure 3.3	Půdorysný návrh 1 .....	35
Figure 3.4	Půdorysný návrh 2.....	36
Figure 3.5	Nosný spodní rám.....	37
Figure 3.6	Stropní rám.....	38
Figure 3.7	Sestava jednoosého polohovadla.....	39
Figure 3.8	Zemnicí segment. ....	40
Figure 3.9	Síly v upínání a síly v zatížení. ....	41

Figure 3.10	Výsledná deformace. ....	42
Figure 3.11	Jednotlivé vstupy na svařovací pracoviště.....	43
Figure 3.12	Bezpečnostní zámek a indukční čidlo. ....	44
Figure 4.1	Čistící stanice svařovacího hořáku .....	45
Figure 4.2	Separční a zastříhovací stanice. ....	46
Figure 4.3	Svařovací přípravek typizovaný rám.....	48
Figure 4.4	Svařovací přípravek malý rám, .....	48
Figure 4.5	Upínky pro ruční upínání, různé typy. ....	49
Figure 4.6	Upínky se vzduchovým pístem. ....	49
Figure 4.7	Ruční ovládací ventily.....	50
Figure 4.8	Schéma solenoidových ventilů.....	50
Figure 4.9	Solenoidové ventily.....	51
Figure 5.1	Programovací prostředí Roboplan pro manipulátory Cloos.....	52
Figure 5.2	Programovací prostředí pro manipulátory Motoman. ....	53
Figure 5.3	Jednotlivé typy trajektorií.....	54

# 1 Úvod

Automatizace představuje významný nástroj pro zvýšení produktivity, jakosti a konkurenceschopnosti výroby. Je to jeden z prostředků, který umožňuje obstát v domácí i světové konkurenci a začlenit se do globální světové ekonomiky. Automatizace také zvyšuje bezpečnost při práci, pohodlí při práci, zlepšuje pracovní prostředí a zbavuje nás těžké, zdravý a životu nebezpečné práce. Základním smyslem této bakalářské práce je vytvoření automatizovaného pracoviště, které bude splňovat výše uvedené klady.

Zadáním bakalářské práce je návrh a následná výroba pracoviště, které je vybavené robotickým manipulátorem s CNC řízením, rotačními polohovacími stoly synchronně řízené manipulátorem a MIG/MAG svařovacím zdrojem. Pracoviště musí obsahovat dvě zakládací pozice, aby bylo možné na jedné pozici svařovat a zároveň na druhé pozici zakládat-měnit nový díl do přípravku. Dále je nutné zajistit bezproblémovou výměnu jednotlivých přípravků a opakované ustavení přípravků na svařovací pozici. Pracoviště musí být zabezpečené proti nechtěnému vstupu osob do pracovního prostoru manipulátoru. Zároveň je nutné zabezpečit, aby nedocházelo k oslnění obsluhujícího pracovníka, nebo dalších osob pohybujících v blízkosti pracoviště zářením, které produkuje elektrický oblouk během svařování. Součástí pracoviště je také stanice na čištění svařovací hořáku, aby se snížil co možná nejvíce zásah obsluhy do pracovního cyklu celého pracoviště.

Pracoviště má za úkol nahradit monotónní a namáhavou ruční práci svářeče na dílech, které se opakují ve větších sériích. Lidskou práci zde nahradí robotický manipulátor, který povede svařovací hořák po naprogramované trajektorii. Současně s manipulátorem bude docházet k synchronnímu polohování svařovaného dílu na rotačním polohovadle. Zároveň bude řízení robota volit požadované svařovací parametry, které se budou vyvolávat z paměti MIG/MAG svařovacího zdroje. Velkým přínosem je 100 % dodržení požadovaných svařovacích parametrů bez ohledu na četnost změn, včetně svařovací rychlosti. Zařízení by mělo přispět k celkové automatizaci svařovacích procesů

Zařízení by mělo přinést časovou úsporu strojního času během svařování jednotlivých dílů. Výhoda opakovatelnosti procesu, bude mít přínos ve snížení zmetkovitosti zapříčiněné lidským faktorem.

Tato práce bude zaměřena pouze na dva výrobce manipulátorů. Protože se již několik zařízení těchto výrobců u zadavatele nachází a je nežádoucí zavádět dalšího výrobce z několika důvodů. Jedním z hlavních důvodů je nutnost zaškolit obsluhující personál na nový systém. Dalším důvodem je zvýšení skladových zásob o náhradní díly, které nejsou kompatibilní se stávajícím používaným zařízením a tím by došlo ke zvýšení nákladů na servis a údržbu zařízení.

Přesto nebude problém zařízení zkonstruovat, protože oba výrobci nabízejí dostatečné portfolio výrobků.

## 1.1 Automatizace

Automatizace je vývojovým krokem následujícím po mechanizaci. Na rozdíl od mechanizace, která lidem usnadňuje práci, automatizace snižuje potřebu přítomnosti člověka. Na jednu stranu sice ulehčuje fyzickou práci, čímž zásadním způsobem eliminuje selhání lidského faktoru, na straně druhé klade na člověka nároky na jeho kvalifikaci a orientaci ve výrobních technologiích.

Proč automatizovat. Jde o racionální činnost, která je založená na rozumných důvodech, které sledují účelově zaměřené cíle. Automatizací rozumíme proces náhrady fyzické a duševní práce člověka činností strojů. Účelem je částečné, nebo úplné vyloučení člověka z procesů, které chceme automatizovat. Existuje několik důvodů, které nás k tomu vedou

### Vynucená automatizace

Jde o případy, kdy je náhrada práce člověka automaty vynucena určitými okolnostmi:

- Bezprostřední přítomnost je pro člověka nebezpečí
- Činnost člověka je příčinou chyb, jejichž následky jsou velmi nepříznivé a vedou k velkým ztrátám.
- Přímá účast člověka mu způsobuje fyzickou únavu, nebo jinak nepříjemně působí na zdravý a psychiku člověka (vlhko, teplo, hluk, prach)
- Člověk není chopen vykonávat potřebnou činnost z hlediska rychlosti přesnosti rozsahu nebo jiných příčin.
- Automatizované řízení vykoná požadované úkony s vyšší jakostí a přesností než člověk.
- Je neefektivní vázat tolik lidské práce.

### Ekonomické důvody automatizace

- Použití automatického zařízení představuje snížení výrobních nákladů ve srovnání s neautomatizovanou výrobou. Zejména jde o úsporu přímých mzdových nákladů – práce člověka je velmi drahá.
- Použití automatického řízení představuje snížení režijních nákladů na skladovací prostory, výrobní plochy, opotřebování nástrojů, spotřebu energií.
- Úsporu nákladů na administrativní práce.
- Použití automatického zařízení umožňuje zvýšení produktivity práce a objemu výroby tak, že za určenou časovou jednotku dokážeme vyrobit větší množství výrobků ve srovnání s ruční výrobou.
- Použití automatizace dovoluje zkrácení průběžné doby vývoje a výroby, tak že firma může přijít na trh s novým výrobkem dřív než konkurence.
- Použití automatizace umožňuje pružně reagovat na požadavky zákazníka
- Automatické zařízení použité na výrobku mu dává určité funkční vlastnosti vítané zákazníkem. Zpravidla se jedná o lepší kvalitu zpracování a méně zmetkových kusů.
- Automatizace získává firmě určitou konkurenční výhodu např. rychlejší přístup k informacím o stavu výroby.
- Automatizace umožňuje firmě realizovat nadstandardní jakost, kterou může promítnout do zvýšené ceny výrobku, nebo naopak dosáhnout nižší ceny oproti konkurenci.

### Jiné důvody k automatizaci

- Automatizace bývá používána z prestižních důvodů, když chce firma dokumentovat, nebo prezentovat svoje konstrukční, technické nebo finanční schopnosti a možnosti.

- Automatizace zvyšuje pohodlí člověka a na samotné ovládání, pak stačí i laik.
- Automatizace umožňuje získávat řadu informací, které nám mohou pomoci např. ke zjištění pracovního vytížení jednotlivých částí stroje, nebo celého zařízení.
- Automatizace dnes stále častěji pomáhá zabezpečovat realizaci ekologického hlediska.
- Automatizace může být zdrojem a předmětem různé zábavy. Jde například o manipulátor s vyšší nosností, který je na místo efektoru s pracovním nástrojem vybavený sedačkou s bezpečnostním pásem. Jde o zajímavou adrenalinovou atrakci.

## 2 Rešerše

### 2.1 Manipulátor

Manipulátor se skládá z řady pevných článků, spojených kinematickými spoji. Každý spoj poskytuje mechanickou volnost 1 stupně volnosti. Rozlišujeme dva typy: rotační a lineární. Mezi rotační spadají všechny osy manipulátoru. Do lineárních můžeme zařadit externí pojezd celého manipulátoru po lineární dráze. Většinou však jde o kombinaci obou pohybů, kdy manipulátor je zavěšený na portálu, který může být tvořen 1 až 3 lineárními osami a zbylých 3 až 7 rotační os tvoří manipulátor.

Každá osa je poháněna motorem, který se pro své vlastnosti nazývá servomotor. Každý motor má svoji napájecí jednotku „servopack“ přes který je řízen. Pohon osy tvoří ucelenou jednotku, která se skládá z krokového, nebo bezkomutátorového elektromotoru, převodovky většinou harmonické, popřípadě vhodným mechanismem, který přenesení rotační pohyb do koncových, nebo štíhlých částí manipulátoru, kam by se motor s převodovkou nevešel. Dále z elektromagnetické brzdy a inkrementálního počítadla otáček elektromotoru. Inkrementální enkodéry jsou zdrojem informací o poloze, úhlu a počtu otáček. Rozlišení je definováno počtem pruhů nebo impulzů na otáčku, které enkodér pro každou otáčku předá do řídicího systému. Aktuální pozici může řídicí systém zjistit počítáním těchto impulzů. Napájení servomotoru a ovládání elektromagnetické brzdy provádí servopack na základě informací z řídicího systému. Pokud je manipulátor v klidu, tedy není požadavek na pohyb jednotlivých motorů, jsou brzdy aktivní.

Řídicí systém naopak zpracovává informace z enkodérů. Na základě těchto informací probíhá výpočet aktuální polohy manipulátoru, resp. efektoru.

Udávaná přesnost a opakovatelnost najetí efektoru na daný bod se v současné době pohybuje od 0,01 mm do 0,1 mm. Tyto hodnoty jsou přímo úměrné nosnosti a dosahu manipulátoru. Samozřejmě vzhledem k vysokému počtu řízených os dochází provozem k mechanickému opotřebení a snížení přesnosti manipulátoru.

#### Rozdělení manipulátorů podle typu

Manipulátory můžeme rozdělit na čtyři základní skupiny viz obr 2.1:

- a. Cylindrická konfigurace – výsledný pohyb efektoru tvoří kombinace lineárních a rotačních os. Pracovní prostor je ve tvaru dutého cylindru (dutý sloup)
- b. Kulovitá konfigurace – výsledný pohyb efektoru tvoří kombinace lineárních a rotačních os. Pracovní prostor je ve tvaru duté koule
- c. Kartézská konfigurace – výsledný pohyb efektoru tvoří tři lineární pojezdy X, Y, Z Pracovní prostor je ve tvaru krychle.

- d. Antropomorfní konfigurace – výsledný pohyb efektoru tvoří rotační osy. Pracovní prostor je ve tvaru koule bez vnitřních omezení.

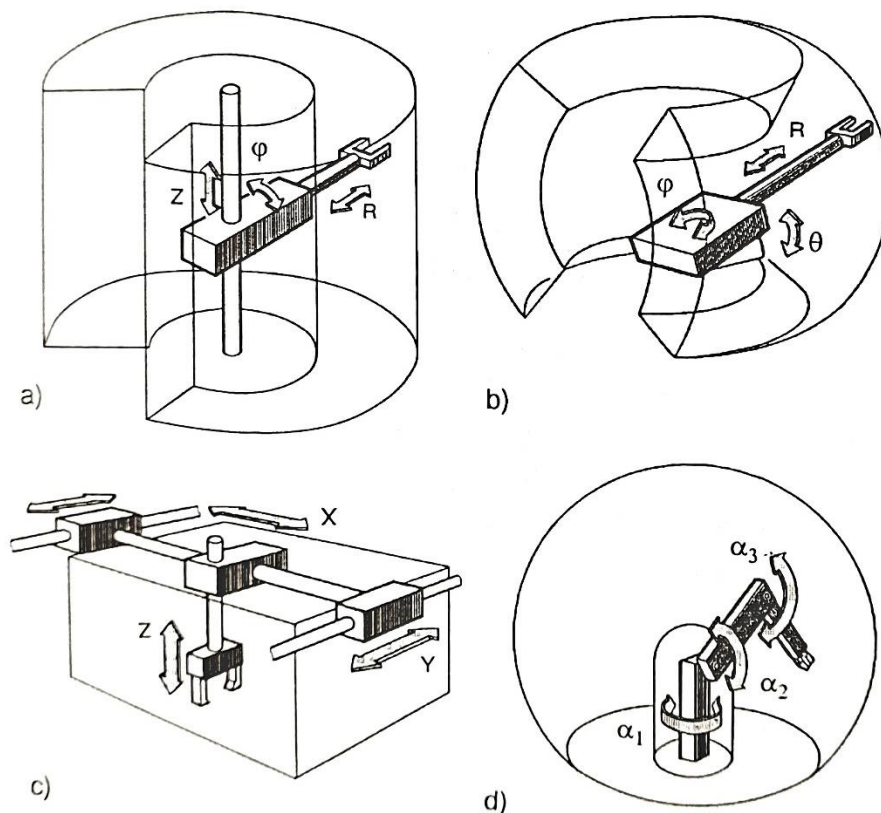


Figure 2.1 typy manipulátorů

Poslední jmenovaný typ je v současné době jeden z nejrozšířenějších typů pro všechny možné aplikace a také bude nejvhodnější volbou pro svařovací aplikace, kde je velmi důležité, aby byla co možná nejvíce možná polohování svařovacího hořáku v oblasti pracovní plochy, kde bude umístěn svařovací přípravek. Je nutné obsáhnout svařovaný díl ve všech částech přípravku a s různým sklonem svařovacího hořáku. Polohovací stůl nám sice natočí díl do optimální polohy, tak není nutné svařovat v obtížných-nevhodných svařovacích polohách např. od spodu nahoru, ale v mnoha případech je nutné se vyhnout různým překážkám. Může to být například komplikovaný tvar svařovaného dílu, nebo upínací zařízení, které drží svařenec ve svařovacím přípravku.

### Rozdělení manipulátorů podle počtu stupňů volnosti

Dalším rozdělením je počet stupňů volnosti manipulátoru. Vyšší počet stupňů volnosti, nám umožňuje lepší dosah manipulátoru, ale hlavně možnost lépe polohovat svařovací hořák. Pro to, abych se dostal do určitého bodu v kulovém pracovním prostoru manipulátoru mi stačí pouze tři stupně volnosti. Ale pokud potřebuji měnit sklon efektoru, v našem případě svařovacího hořáku, je nutné použít manipulátor s více stupni volnosti. Výrobci v dnešní době nabízejí standardně 6 až 7 os viz obr 2.2. Další navýšení tzv. externích os slouží už jen ke zvětšení

dosahu manipulátoru. Tyto osy mohou být lineární, rotační, nebo kombinace obou uvedených. Pro naši aplikaci je rozšíření pracovního prostoru pomocí externích os nepodstatné.

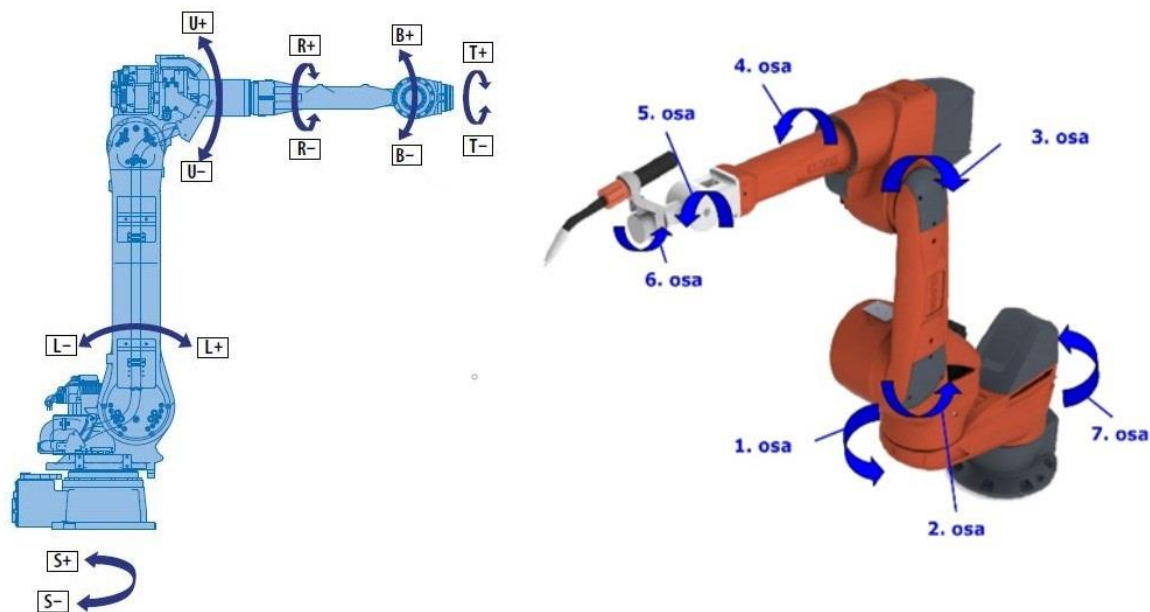


Figure 2.2 Popis jednotlivých os manipulátoru.

## 2.2 Volba typu manipulátoru a kritéria pro výběr

### Volba výrobce

Podle zadání je možná volba jen ze dvou výrobců manipulátorů. Důvodem jsou náklady spojené se zavedením další značky manipulátoru. Největší náklady a časově nejnáročnější je zaškolení obsluhy na nový typ řízení. S novým výrobcem je nutné také rozšíření skladu o další položky spotřebního materiálu. A v neposlední řadě, vzdálenost servisního střediska od místa montáže. Jedná se o důležitou podmínku, která může v budoucnu ušetřit spoustu finančních prostředků a času spojených se zajištěním servisu manipulátoru.

### Dosah manipulátoru

V našem případě je požadavek na kompaktní svařovací pracoviště, proto jak bylo uvedeno výše pro obsáhnutí pracovního prostoru postačí volba vhodné velikosti manipulátoru. Jednotlivý výrobci nabízejí různé možnosti volby velikosti. Ta se může týkat třeba jen výměny jedné části manipulátoru. Naopak jiný výrobce nabídne celou velikostní řadu manipulátorů, ze které je možné vybírat. Tyto výrobci se nezaměřují pouze na svařování, ale na všechny aplikace, kde je možné manipulátor využít. V krátkosti např. manipulace, obsluha strojů, nanášení barvy, manipulace s materiálem, nebo montáž. Manipulátor je také možné použít jako polohovací zařízení, kde jeden robot bude manipulovat se svařovacím hořákem, zatím co druhý manipulátor bude osazen upínacím zařízením, kde bude upnutý svařovaný díl a bude ho vhodně polohovat podle potřeby. Toto řešení je ale vhodné spíše do linky, kde je zároveň požadavek na automatizovaný posun dílu do dalšího výrobního cyklu.





Figure 2.3 Velikostní řada Yaskawa-Motoman

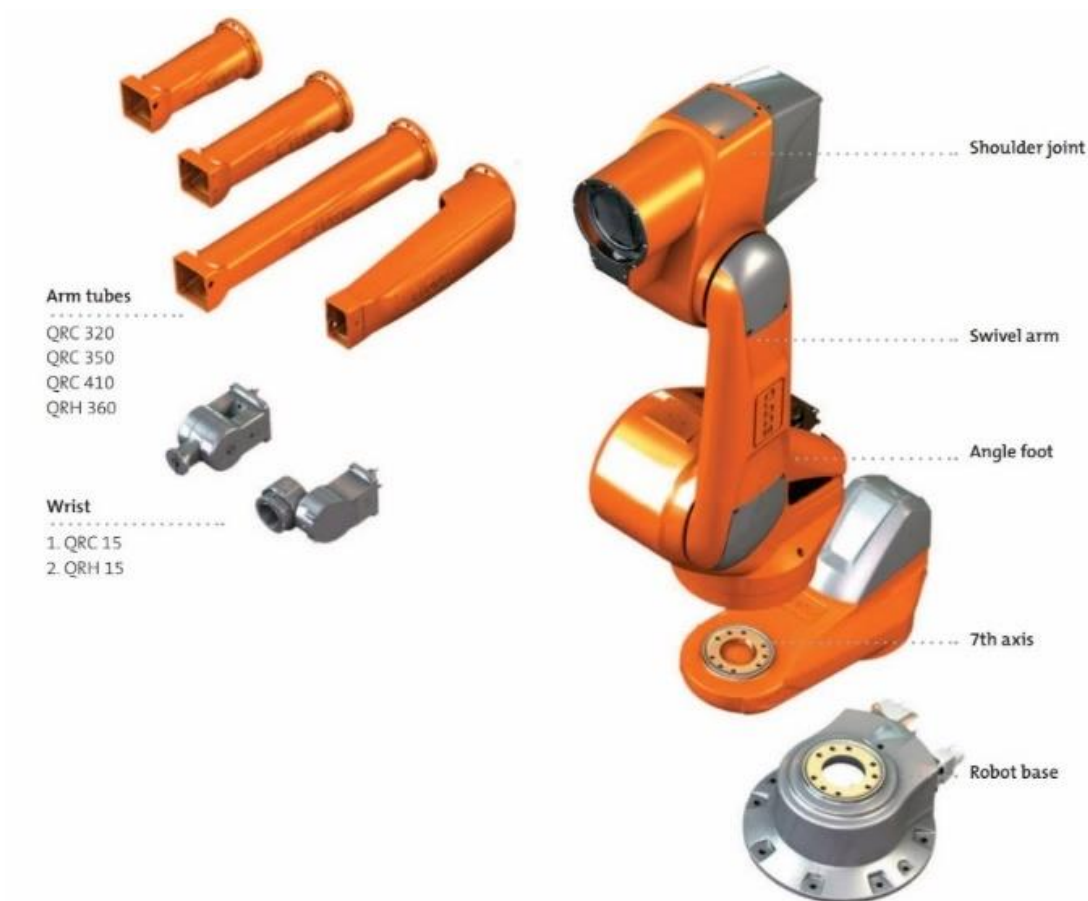


Figure 2.4 Velikostní řada CLOOS

Každý z obou výrobců řeší dosah manipulátoru odlišně. Na obrázku 2.4, je vidět přístup menšího z výrobců, který se specializuje jen na svařovací manipulátory a na vše s tím spojené. Výrobce zvolil levnější variantu jednoho typu, s jedinou výměnou částí. Rozdíl mezi nejkratší a nejdelší variantou je pouze 350 mm. Pro jakékoliv další rozšíření dosahu je nutné rozšíření o další externí osy. Protože manipulátory budou vybaveny pokaždé efektořem, který je zaměřen na svařování, není nutná vysoká užitná nosnost manipulátoru. Proto mají všechny nabízené typy stejné užitné zatížení i přes odlišný dosah.

Oproti tomu druhý výrobce, který se specializuje na manipulátory, servomotory, jejich napájení a řízení má širokou nabídku manipulátorů. Od malých s dosahem 35 cm a užitným zatížením 0,5 kg. Takové manipulátory jsou vhodné spíše jako učební pomůcka, nebo pro práci s jemnou elektronikou, při výrobě tištěných spojů, až po manipulátory s dosahem přes 3 metry a užitným zatížením 800 kg, které se používají při manipulaci s těžkými břemeny.

Na obrázku 2.3, je vidět část portfolia manipulátorů od firmy Yaskawa/Motoman. Řada AR, která je vhodná svojí užitnou nosností k nesení efektořů zaměřených na svařování. Jde o kompromis mezi dosahem, užitným zatížením, rychlostí, zrychlením a zpomalením manipulátoru. V neposlední řadě zde bude i nižší spotřeba energie díky snížené užitné nosnosti.

Výběr dle požadovaných vlastností (Motoman)			
Aplikace	Užitné zatížení	Horizontální dosah	Systém
Montáž	<=2 kg	<1000 mm	DX100
Dávkování	2–9 kg	1001-2000 mm	DX200
Obsluha strojů	10-30 kg	2001-3000 mm	FS100
Painting	31-100 Kg	> 3000 mm	PLC Roboty
Paletizace	> 100 kg		MLX200
Pik and Pack			NX
Pik and Place			YRC1000
Tváření			YRC1000micro
Svařování			

### Výběr manipulátoru

Firma Motoman/Yaskawa má větší výběr, hlavně co se týká dosahu manipulátoru. Dalším plusem je výběr dle užitné nosnosti manipulátoru. U svařovací aplikace se svařovacími hořáky MIG/MAG je to nepodstatné, ale pokud budeme potřebovat na manipulátor osadit těžší efektoř, svařovací hlavu např., pro laserové svařování, tak by se mohlo stát, že překročíme užitnou nosnost manipulátoru a aplikace nebude funkční, nebo může dojít k předčasnému zničení manipulátoru.

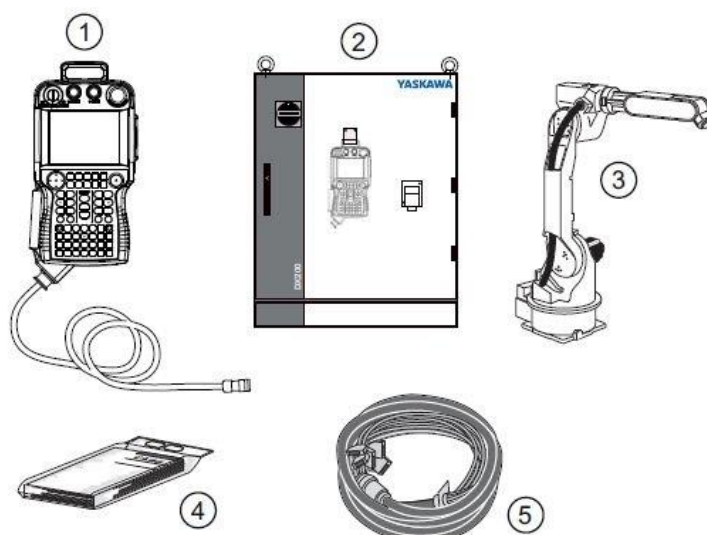
Na druhou stranu firma Cloos nabízí již hotová řešení se specializací na svařování. Jedná se o špičkové zařízení, které jsou vybaveny doplňkovými funkcemi pro sledování a korekci

trajektorie svařování, nebo pro vyhledání svarové mezery a posunutí programu podle posunutí svařovaného dílu.

Po zvážení všech pro a proti, vychází na tvorbu vlastního pracoviště lépe výrobky firmy Yaskawa/Motoman. Díly, které se na pracovišti budou vyrábět, jsou přesně ustavené ve svařovacím přípravku a nejsou zde nutné funkce pro vyhledání a posunutí svařovací dráhy. Absence těchto funkcí, však vyžaduje, aby svařovací přípravky zajistily 100 % přesnost a opakovatelnost poskládání svařovaných dílů. Absence těchto doplňkových vyhledávacích funkcí má jedinou výhodu. Čas svařovacího cyklu není zpožděn o čas nutný ke změření posunutí, vyhledávání. Tím je dosaženo nižšího svařovacího času a tím i nižší ceny výrobku za svaření.

### Rozsah dodávky manipulátoru

Dodávka manipulátoru se skládá ze samotného manipulátoru, skříně řízení a napájení manipulátoru, přenosného ovladače pro programování, kabelu na propojení ovladače se skříní řízení a manipulátorem. Viz viz obrázek 2.5.



- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| ① Ruční programátor      | ④ Návod k montáži |
| ② Řídicí jednotka robota | ⑤ Kabel           |
| ③ Robot                  |                   |

Figure 2.5 Rozsah dodávky manipulátoru

Další věc, co budeme ještě potřebovat jsou servomotory s převodovkou a servopacký pro pohon a řízení polohovadel a propojovací kabely mezi servomotorem a skříní řízení. Servomotory je vhodné koupit u stejného výrobce jako manipulátor, aby nevznikly komplikace s komunikací řízení manipulátoru a řízením servomotorů polohovadel.

Manipulátor a jednotlivá polohovadla bude nutné po instalaci se synchronizovat. Jde o to, aby manipulátor v synchronním režimu kopíroval např. rotační pohyb polohovadla. Tím část pohybu při svařování bude konat polohovadlo. Synchronizace je důležitá pro udržení konstantní svařovací rychlosti. Tento způsob je častý při svařování velkých svařenců, jako jsou např

nádrže, velké kruhové rámy apod. Tímto způsobem můžeme svařovat v optimální svařovací pozici bez nutnosti přerušovat svar.

Propojení manipulátoru s řídicí jednotkou probíhá sadou dodaných kabelů, které jsou na každém konci osazené konektorem. Je nutné před objednáním vědět přesnou délku, ve které je dodavatel manipulátoru vyrobí. Zapojení je nutno provést dle dodaných schémat. viz viz obrázek 2.6.

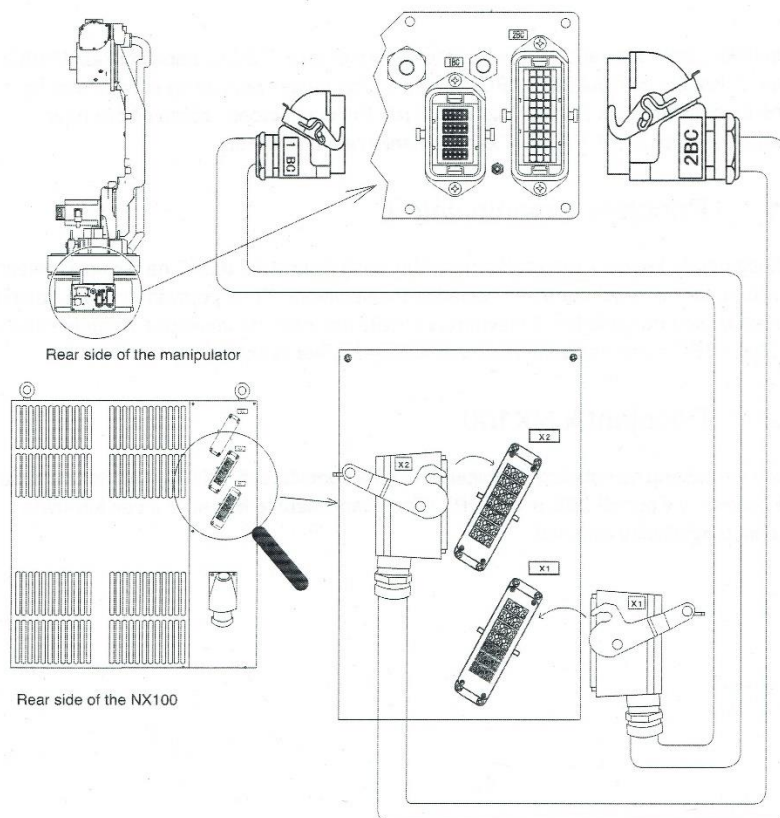


Figure 2.6 Schéma zapojení propojovacích kabelů.

### 2.3 Návrh polohovacího zařízení

Polohovadlo pro polohování svařenců je jednou ze základních částí robotického pracoviště. Polohovací zařízení umožňuje polohovat díl tak, aby bylo možné svařovat v optimálních svařovacích pozicích (ideálně v poloze PA) a zároveň umožnit manipulátoru, aby se dostal i do míst svařovaného dílu, které jsou ve výchozí – základací pozici nepřístupné. Další výhodou je svaření dílu bez nutnosti svařenec uvolnit, otočit a opět upnout.

Výrobci manipulátorů nabízejí podle požadavků zákazníků různé varianty polohovadel, které se liší podle několika základních pravidel.

- Zda bude mít svařovací buňka jedno, nebo více základacích míst. V případě více základacích míst, slouží polohovadlo pouze pro polohování dílu při svařování a změnu pracovní pozice si obstará manipulátor tím, že se přesune nad vybrané pracoviště s polohovadlem. V případě jednoho základacího místa, musí polohovadlo zároveň umožnit výměnu základacích pozic.

- Zda jde o rotační, nebo o lineární osu. Pro manipulaci se svařovaným dílem je častější i výhodnější používat rotační osy. Lineární osy se častěji používají pro manipulaci se samotným manipulátorem. Délka lineární osy nám pak zvětší dosah manipulátoru. Využívají se až 3 lineární osy pro svařování velkých svařenců. Tímto způsobem můžeme obsáhnout libovolně veliký svařovaný díl.
- Počet os na jedné svařovací pozici. Určuje nám počet stupňů volnosti, ve kterém můžeme se svařovaným dílem manipulovat. Nejčastěji jedna, nebo dvě osy.
- Nosnost polohovacího zařízení – Schopnost polohovadla bezpečně manipulovat s výrobky o dané hmotnosti a zachovat tuhost a bezpečnost celé sestavy
- Krouticí moment – Schopnost polohovadla bezpečně manipulovat s výrobky o dané hmotnosti a dodržet nastavenou rychlost a zrychlení.

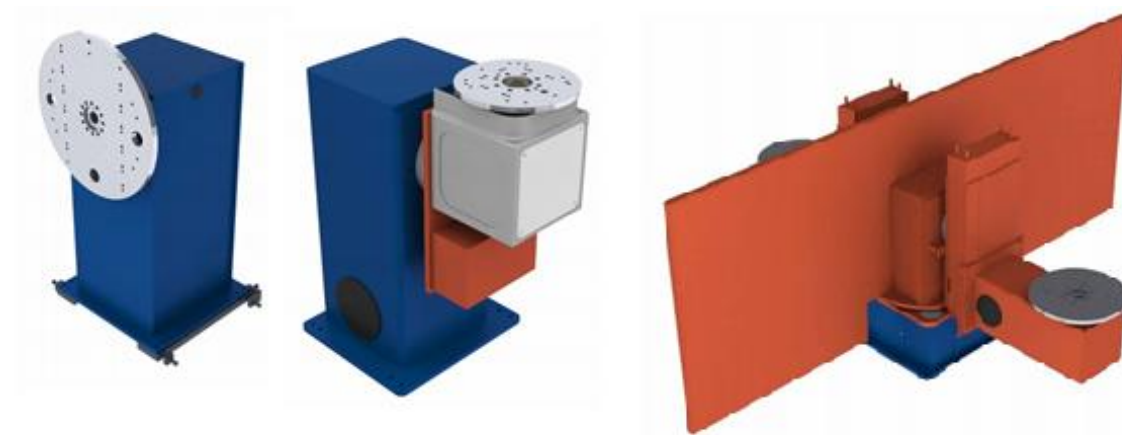


Figure 2.7 Typy polohovadel: jednoosé, dvouosé, víceosé

Protože cena polohovadla může až několika násobně převýšit cenu manipulátoru byl požadavek na vytvoření jednoosého polohovadla vlastní konstrukce s ohledem na dostupné technologie. Mezi dostupné technologie patří laserové pálení, ohýbání, cnc soustružení a frézování, broušení, svařování a lakování. Jednoosé polohovadlo je kompromis mezi pořizovací cenou a užitnou hodnotou. Jednoosé polohovadlo umožňuje svařenec otočit o  $180^\circ$  a zpřístupnit tak spodní stranu svařence. Ale není možné vždy natočit díl tak, aby svařování probíhalo v optimální poloze.

## 2.4 Upnutí svařovacího přípravku

Je velmi důležité dopředu promyslet způsob upínání a výměny svařovacích přípravků. Nejdůležitější kritéria pro upnutí jsou: tuhost a opakovaná přesnost upnutí. Dalším vedlejším kritériem může být rychlost výměny svařovacího přípravku za jiný, nebo cena výroby tohoto upínání. Navržený způsob upínání ovlivní také výrobu svařovacích přípravků, které je nutné koncipovat stejně. Příliš složitý způsob upínání může mít za následek jeho nízkou životnost a vysokou výrobní cenu. Je potřeba brát v úvahu prostředí, kterému je vystaveno. Kromě základní aretace přípravku namáhané na tah a smyk je nutné počítat se změnou teplot a odlétávajícími kapičkami roztaveného kovu, které ulpívají na všem, co se nachází v blízkosti svarů.

Protože se nejedná o první stroj v této firmě, musel jsem použít stávající systém upínání, který plně vyhovuje svojí pevností a přesností upnutí. V celku dobrá je i cena výroby tohoto upnutí.



Nevýhodou je pouze rychlost výměny přípravku a nutnost speciálního nářadí na vytažení středících čepů z vodicích pouzder.

Upínání se skládá ze dvou vodicích čepů  $\text{Ø } 16\text{m6} \times 40 \text{ mm}$ , čtyř vodicích válcových pouzder a dvou upevňovacích šroubů M16x30. V rámu polohovadla je vyvrtán rastr pro nalisování vodicích pouzder. Výkres viz přílohy. Jsou zde dvě možnosti. Buď velký rám o rozměrech 1020x520 viz obrázek 2.9. (který je zde standardním rozměrem pro přípravkové základní rámy), nebo malý přípravek bez rámu viz obrázek 2.8

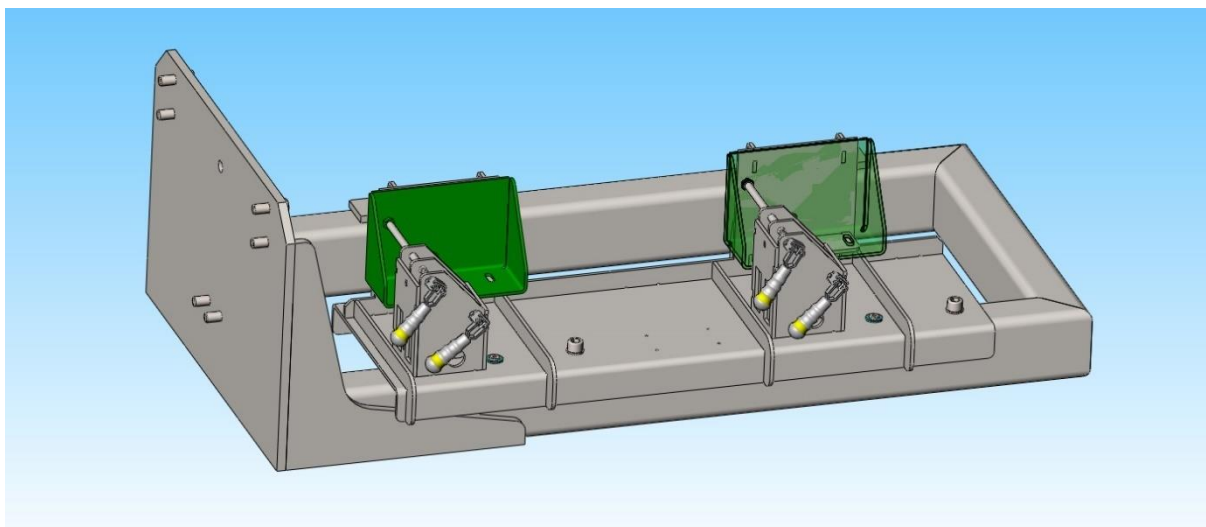


Figure 2.8 Upnutí malého přípravku.

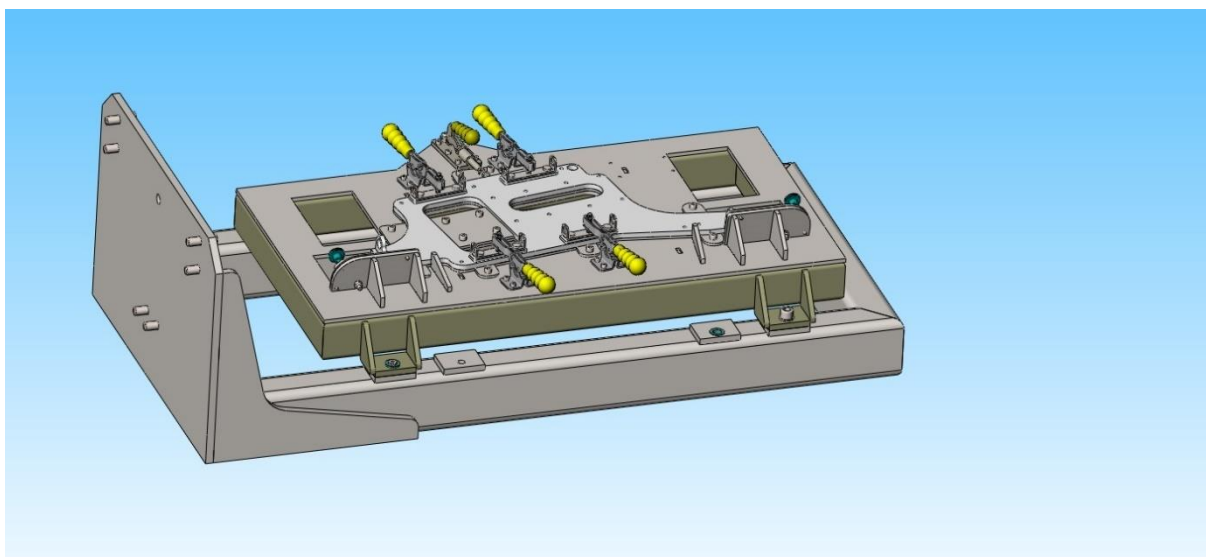


Figure 2.9 Upnutí standardního přípravkového rámu.

## 2.5 Připojení efektoru k manipulátoru

Připojení efektoru k manipulátoru je možné provést několika způsoby. Od pevného uchycení efektoru přes ruční manuální výměnný systém, až po automatickou výměnu efektoru během probíhajícího programu. Volba varianty závisí na druhu aplikace, pro kterou bude určen.

Pokud bude manipulátor stále osazen jedním typem efektoru a nebude potřeba jej měnit za jiný je optimální a nelevnější řešení použít pevné uchycení. Nejčastěji jde o obrobenu konzoli, která zajistí požadovanou geometrii efektoru. Tato konzole je pevně spojená s manipulátorem a efektorom pomocí šroubového spoje a vodicích přesných čepů, aby bylo možné efektor demontovat a opět vrátit zpět do původní pozice. Tato demontáž se provádí s minimální četností, zpravidla při nutnosti servisních prací.

Další možností uchycení efektoru je manuálně ovládaná rychloupínací příruba např. od firmy Schunk viz. obrázek 2.10. Toto řešení nám umožní rychlou a opakovaně přesnou výměnu efektoru. Tyto příruby umožňují převést různá média z konce manipulátoru do efektoru, stejně jako elektrický signál pro ovládání např. elektromagnetických ventilů na efektoru, nebo naopak přenášet informace ze senzorů zpět do řízení manipulátoru. Nevýhodou tohoto způsobu uchycení je, že se musí provádět při zastaveném stroji a musí ho provádět manuálně obsluha stroje. Tento systém je vhodný pro občasné výměny efektorů, ale je náročnější na kvalifikaci obsluhy stroje. Jde o zásah do zařízení a po špatně provedené výměně může dojít k poškození manipulátoru, nebo efektoru.

Tato výměna může rozšířit možnost využití pracoviště o další technologie. S výměnou jsou spojené další operace, které jsou nutné provést obsluhou při výměně. Např. změna TCP a TOV manipulátoru.



Figure 2.10 Příruba Schunk pro ruční výměnu.

Další možností uchycení efektoru je automatizované ovládní rychloupínací příruby např. od firmy Schunk nebo Abicor Binzel. Upínání a uvolňování probíhá za pomoci elektromagnetických cívek, které ovládají upínací mechanismy uvnitř příruby viz příruha Schunk, nebo pneumaticky viz rotační výměna hořáků od firmy Binzel. Pneumatika je samozřejmě také ovládána za pomoci elektromagnetických ventilů viz obrázek 2.11.

Toto řešení nám umožní nejrychlejší a opakovaně přesnou výměnu efektoru bez nutnosti zásahu obsluhy stroje. Tato výměna probíhá automaticky a je nutné programově ošetřit veškeré změny. Změna svařovacího zdroje, změna technologie, změna TCP a TOV. Tuto výměnu využijeme v aplikacích, kde je nutné například svařovat metodou MIG a WIG současně v jednom programu na jednom dílu. Nebo je možné vyměnit typ svařovacího hořáku za jiný např. za delší z důvodu lepší dostupnosti manipulátoru

Další využití může být úplná změna technologie např. ze svařování na broušení, nebo řezání. Nespornou výhodou je, že není zapotřebí tak kvalifikovaná obsluha stroje, protože neprovádí žádné zásahy do zařízení.

Výhodou této aplikace je, že odstraní možnou chybu lidského faktoru při výměně efektoru. Veškeré operace výměny jsou programově ošetřeny a obsluha stroje na ně nemá žádný vliv.

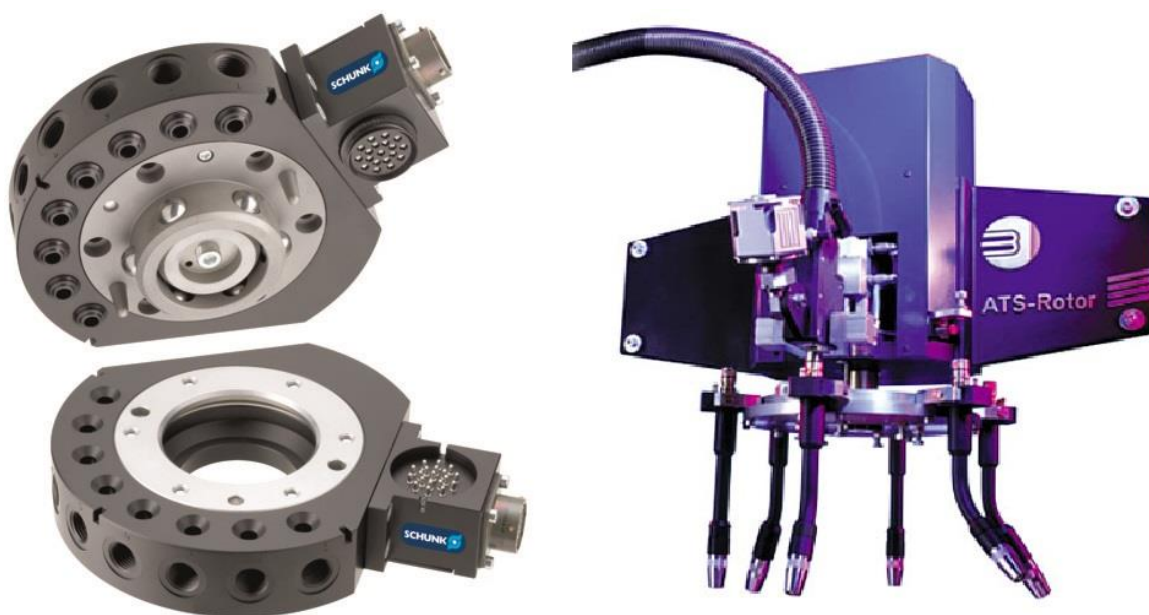


Figure 2.11 Příruby pro automatické výměny efektorů.

## 2.6 Efektory

Efektor je pracovní orgán manipulátoru. Pro svařovací aplikace jsou za efektoru považovány:

- svařovací hořáky MIG/MAG
- svařovací hořáky WIG/TIG
- Plazmové hořáky
- Laserové hlavy
- Kombinace předchozích zařízení (Laser/ MIG)



Pro další aplikace se používají např.:

- Mechanická chapadla
- Sklíčidla (soustředné, nesoustředné)
- Magnetické upínače
- Podtlakové přísavky

### Svařovací hořáky MIG/MAG

Jde o koncový efektor určený ke svařování metodou MIG nebo MAG. Jde o jednu z nejpoužívanějších aplikací. Jedná se o metodu tavícího se přídavného drátu v ochranném aktivním, nebo inertním plynu. Přídavný drát je podáván ze zásobníku 5-500 kg (cívka, sud) podavačem drátu, který může být součástí svářečky, nebo jako samostatné zařízení. U robotických systémů je téměř vždycky jako samostatné zařízení, které je umístěné co nejbližší ke svařovacímu hořáku. Je možné i samotný efektor vybavit pomocným podavačem drátu. Viz kapitola příslušenství. Příliš velká vzdálenost podavače od svařovacího hořáku má za následek nestabilní a tím pádem i nekvalitní svařovací proces. Viz. obrázek 2.12



Figure 2.12 MIG/MAG svařovací hořák

### Svařovací hořák TIG/WIG

Jde o koncový efektor určený ke svařování metodou WIG nebo TIG. Tyto dvě metody jsou naprosto totožné. Jedná se o svařování neodtavující se elektrodou v ochranném plynu. Přídavný drát může být dodáván z externího zásobníku (sud, cívka) pomocí podavače drátu, nebo je možné svařovat i bez přídavného materiálu pouze natavením a slinutím základních materiálů v ochranné atmosféře inertního plynu.



Figure 2.13 WIG/TIG svařovací hořák

### Plazmový hořák

Plazmové hořáky mají velmi široké spektrum použití. Nejčastěji používají na dělení a svařování různých materiálů vyšších tloušťek, zejména tam, kde lasery nestačí se svým výkonem. Anebo naopak, na velmi malé tenké materiály, např. při výrobě elektroniky, kde není možné použít konvenční obloukové svařování. Plazmové svařování je v podstatě podobný postup jako svařování metodou wolfram-inertní plyn, nabízí však některé nesporné výhody. Hlavními argumenty pro použití plazmového svařovacího systému, je špičková kvalita a vyšší rychlost svařování, a naopak menší tepelně ovlivněná oblast svařovaného materiálu. Využití pro všechny materiály obsahující chrom/nikl, potažené a nepotažené oceli, titan a veškeré materiály na bázi niklu. Viz obrázek 2.14.

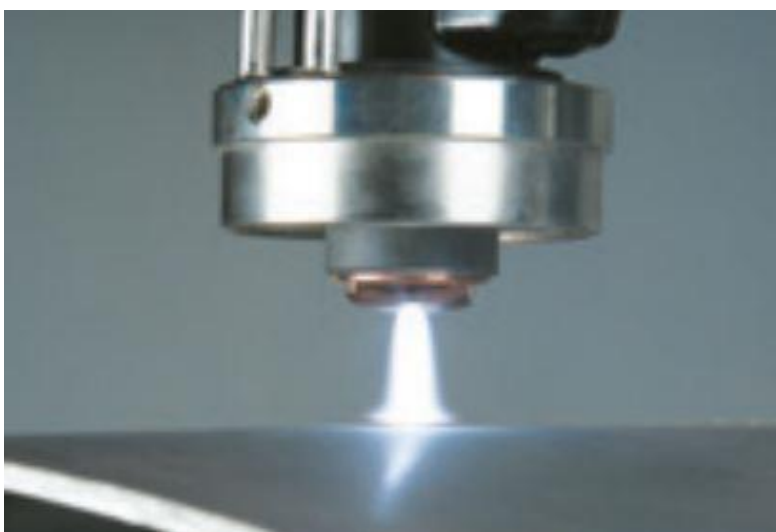


Figure 2.14 Plazmový svařovací hořák

## Laserové hlavy

Efektor s laserovou hlavou je v dnešní době top zařízení, které můžeme instalovat na rameno manipulátoru. Tuto aplikaci můžeme použít pro řezání nebo svařování. Svařování můžeme ještě doplnit o tzv. studený, nebo teplý drát viz obrázek 2.15., který nám zajistí dostatek přídavného materiálu ve svařované spáře. Další formou přídavného materiálu jsou různé kovy ve formě prášku.

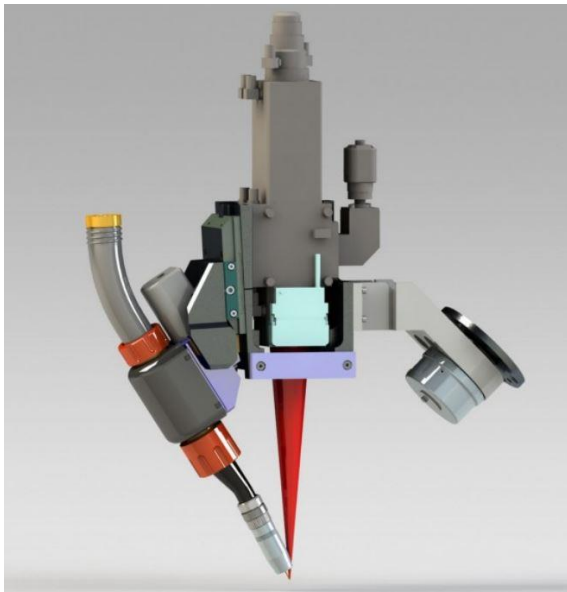


Figure 2.15 Laserová svařovací hlava s teplým drátem

Laser Hybrid je svařovací postup Laser-MIG, který kombinuje výhody svařovacího procesu MIG používaného v průmyslové výrobě se svařováním využívajícím laserový paprsek. A to vše s vyloučením stávajících nevýhod jednotlivých postupů. Výhody svařování MIG, kterými jsou vynikající přemostitelnost spár a nekomplikovaná příprava svaru, spojuje metoda Laser Hybrid s nízkým vnosem tepla, hlubokým průvarem a vysokou rychlostí laseru. Laser Hybrid umožňuje automatizované svařování různých hliníkových a ocelových dílů rychlostí až 8 metrů za minutu.

## 2.7 Ochrana před kolizí.

Součástí efektoru je také tzv. kolizní skříňka, která má za úkol ochránit celé zařízení v případě nenadálé události, např. při kolizi hořáku se svařovaným dílem. Během pracovních cyklů vykoná efektor velký počet pohybů v těsné blízkosti dalších objektů. Díky velkému akčnímu rádiu, je koncový efektor vystaven největšímu nebezpečí kolize. Proto byl vyvinut systém ochrany před kolizí, který slouží jako vypínací pojistka. Systém se aktivuje v případě, že byla překročena některá hranice zatížení. Tato zařízení, absorbující silové působení na efektor, se montují mezi přírubu manipulátoru a koncový efektor.

Nejjednodušší řešení představují mechanické spojky, které tvoří část propojení mezi robotem a efektozem. Normální provozní stav je zajištěn přítlačnou pružinou, která působí do tvarovaného protikusu. Efektor je ve metastabilní poloze, přidržován silou pružiny. Při nárazu do jiného

tělesa dojde k překonání přitlačné síly pružiny a vyhnutí efektoru. Připojovací příruba je vyražena ze své metastabilní polohy.

Častější řešení však představují vypínací pojistné systémy. Viz obrázek 2.16. Fungují tak, že dovolí efektoru v případě silového působení určitou výchylku, po jejímž překročení dojde k aktivaci funkce centrálního stop. Záminkou pro vypnutí je z pravidla tlak, který působí na efektor. Po nárazu musí následovat okamžité vypnutí manipulátoru. Kolizní skříňka je umístěna jako mezi-příruba mezi přírubou manipulátoru a koncovým efektozem.

Existují i jiné řešení. např. firma Panasonic používá podtlakové držení efektoru, nebo firma Fronius používá magnetické upnutí efektoru. Výhodou těchto řešení je jednak zastavení stroje stejně jako u předchozích řešení, ale další výhodou těchto řešení je uvolnění efektoru z jeho základní polohy.

Poslední ochranou před nechtěnou kolizí je měření proudu na jednotlivých servomotorech. Při překročení maximální hodnoty proudu pro daný motor dojde k okamžitému přerušení napájení pohonů všech motorů a současně k okamžité aktivaci brzd všech motorů. K nárůstu proudu dojde při nárazu některé části manipulátoru na pevnou překážku. Zde už není žádný pružný člen, který by vstřebal kinetickou energii nárazu, a proto při takovém to zastavení může dojít k poškození celého manipulátoru.



Figure 2.16 Pojistný vypínací systém.

## 2.8 Senzory pro korekci trajektorie při svařování

### Dotykový senzor:

Pro měření využívá plynovou trysku hořáku, svařovací drát nebo dotykový kolík. Na jednu z těchto částí svařovacího hořáku přivedeme stejnosměrné napětí a Dotykem se svařovaným dílem dojde k uzavření elektrického obvodu. V okamžik dotyku dojde k vytvoření a uložení pozice o daných souřadnicích  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Tato měření se provádí před samotným začátkem svařování. Je tak možné, odměřit posunutí prvního, posledního nebo všech bodů svařovací

trajektorie. Počtem měření od 1 do 3 můžeme zjistit posunutí ve všech směrech kartézské soustavy pro každý bod trajektorie. Ne vždy je nutné odměřovat ve všech směrech a ve všech bodech trajektorie. Někdy stačí posunutí např. pouze v jednom vybraném směru pro první bod a další korekci trajektorie můžeme přenechat na obloukový senzor. Samotný výpočet posunutí porovnává naměřené hodnoty na prvním referenčním dílu s nově naměřenou hodnotou na každém novém dílu a svar je posunut o rozdíl těchto hodnot v daném směru měření.

Nejpřesnější měření je za použití dotykového kolíku. Dotykový kolík má dostatečnou tuhost a pevnost a nepodléhá znečištění od svařování. Naopak může nastat situace kdy nám bude dotykový kolík na rameni manipulátoru překážet a omezovat nás při svařování např. ve stísněných prostorech svařovaného dílu.

Použití plynové trysky hořáku, tato část je také dostatečně tuhá a pevná, na druhou stranu podléhá značným teplotním změnám, protože se nachází velmi blízko svarové lázně. Další nevýhodou je, že je vystaven rozstříku svarového kovu od svařování, který ulpívá na plynové trysce a tím může zkreslovat celé měření. V případě využívání tohoto způsobu měření je vhodné doplnit zařízení o čističku plynové trysky z vnější strany

Měření svařovacím drátem. Toto měření má nejmenší přesnost, která je způsobena malou tuhostí svařovacího drátu (standartní průměr svařovacího drátu je od 0,8 do 1,2 mm), jeho zakřivením při navíjení na cívku anebo vůli drátu v proudové trysce, která se po čas svařování neustále zvětšuje. Přesto malý průměr drátu může být i výhodou. Dokážeme změřit i malé hrany, které by jinou částí, než drátem vyhledat nešly. Podmínka pro měření drátem je, že drát musí být přesně zastřižen a za aretován, aby nedocházelo k jeho posouvání v proudové trysce během pohybu manipulátoru. Tím by se celé měření znehodnotilo. K aretaci drátu v hořáku je vhodné využít druhý podavač drátu umístěný před svařovacím hořákem. Např Duo-drive od firmy Cloos. Při měření je vhodné nejprve provést veškerá měření, tyto hodnoty si uložit a pak během svařování si je vyvolávat. Jinak bychom musely opakovaně před každým měřením nechat zastříhnout drát.

### **Obloukový senzor:**

Použití obloukového senzoru má praktické využití především u koutových svarů. Rozevření svařovaných ploch je v ideálním případě 90°. Obloukový senzor lze použít již od rozevření ploch 60° až do 150° Při větších, nebo meších úhlech svarových ploch, již nejde zaručit kvalitní odměření. Stejně tak jde využít u tupých spojů silnějších materiálů. Pro svaření je nutné připravit úkos, aby došlo k provaření celé tloušťky materiálu, a senzor bude sledovat vytvořený úkos.

Snímač oblouku používá svařovací oblouk k měření polohy svařovacího hořáku. Snímač oblouku provádí měření a svařování současně. Princip měření spočívá v měření napětí na svařovacím oblouku. Svařovací robot koná kývavý pohyb (od 1 mm a více) kolmo na svařovací trajektorii. Naměřené hodnoty v krajních polohách se odlišují od hodnoty naměřené uprostřed kývavého pohybu. Na základě tohoto měření dojde posunutí svařovací trajektorie v daném směru. Výhodou tohoto měření je změna trajektorie v reálném čase, například při kompenzaci tepelných deformací. Pro lepší výsledek je vhodné použít v kombinaci s dotykovým senzorem pro odměření prvního bodu trajektorie. Také je možné využít posunuté svařovací trajektorie pro

vytvoření nové trajektorie. To je výhodné při vícevrstvých svarech. Odchylka od původní trajektorie vytvoří trajektorii novou, která je pak použita pro výpočet dalších vrstev svaru. Viz obrázek 2.17

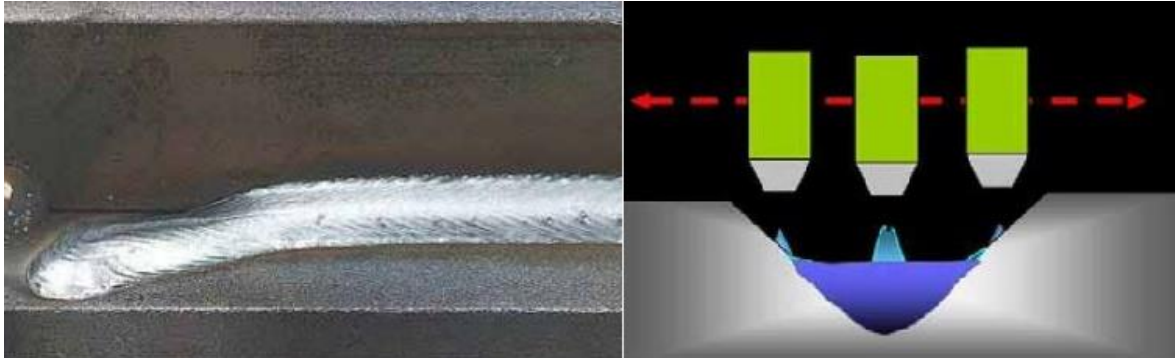


Figure 2.17 Obloukový senzor

### Laserový off-line senzor:

Jedná se o bezkontaktní optický měřicí systém, který je umístěn na rameni svařovacího robota u svařovacího hořáku. Měření probíhá před začátkem samotného svaru. Princip je v detekci a uložení aktuální pozice svarové hrany. Tato měření jsou velmi citlivá na nečistoty a kvalitu svařovaného materiálu. Rýha ve svařovaném materiálu může celé měření a následné svařování znehodnotit. Viz obrázek 2.18



Figure 2.18 Laserový off-line senzor



**Laserový online senzor:**

Jde o nejpokročilejší metodu měření a korekce svařovací trajektorie. Stejně jako v předchozím případě je senzor umístěn na rameni svařovacího robota u svařovacího hořáku. Samotné měření probíhá během svařování. To je výhodné například při kompenzaci tepelných deformací. Další výhodou je možnost změny svařovacích parametrů v závislosti na naměřené velikosti svařovací spáry. Pokud během svařování dojde ke změně velikosti svarové spáry může program upravit svařovací parametry a trajektorii svaru zároveň.



Figure 2.19 Laserový online senzor

Přesto všechny tyto senzory slouží pouze jako podpůrná funkce při robotickém svařování. Nejdůležitější stále zůstává kvalitní příprava svařovaných dílů a funkční přípravky pro sestavení a ustavení svařovaných dílů na svařovacím místě.

**2.9 pomocný podavač drátu (duo-drive)**

Jedná se o pomocný podavač přídavného svařovacího materiálu, který slouží k optimálnímu podávání přídavného materiálu do svarové lázně. Je umístěn za poslední osou na manipulátoru před svařovacím hořákem. Výhodou tohoto podavače je stabilnější svařovací lázeň, protože nedochází ke změnám v rychlosti podávání drátu. Podavač eliminuje cukání – zadržávání drátu způsobené délkou svařovacích kabelů od hlavního podavače ke svařovacímu hořáku. Čím má manipulátor delší rozsah, tím delší musí být i propojení mezi hlavním podavačem a hořákem. A protože při pohybu manipulátoru dochází k ohýbání a kroucení tohoto propojení, dochází k proměnlivému nárůstu odporu přídavného materiálu. Protože vedení drátu v bowdenu není přesné, může tato změna rychlosti podávání drátu způsobit nepřijatelné svarové vady. Použitím tohoto podavače dojde k výraznému zlepšení svarového procesu. Viz obrázek 2.20.

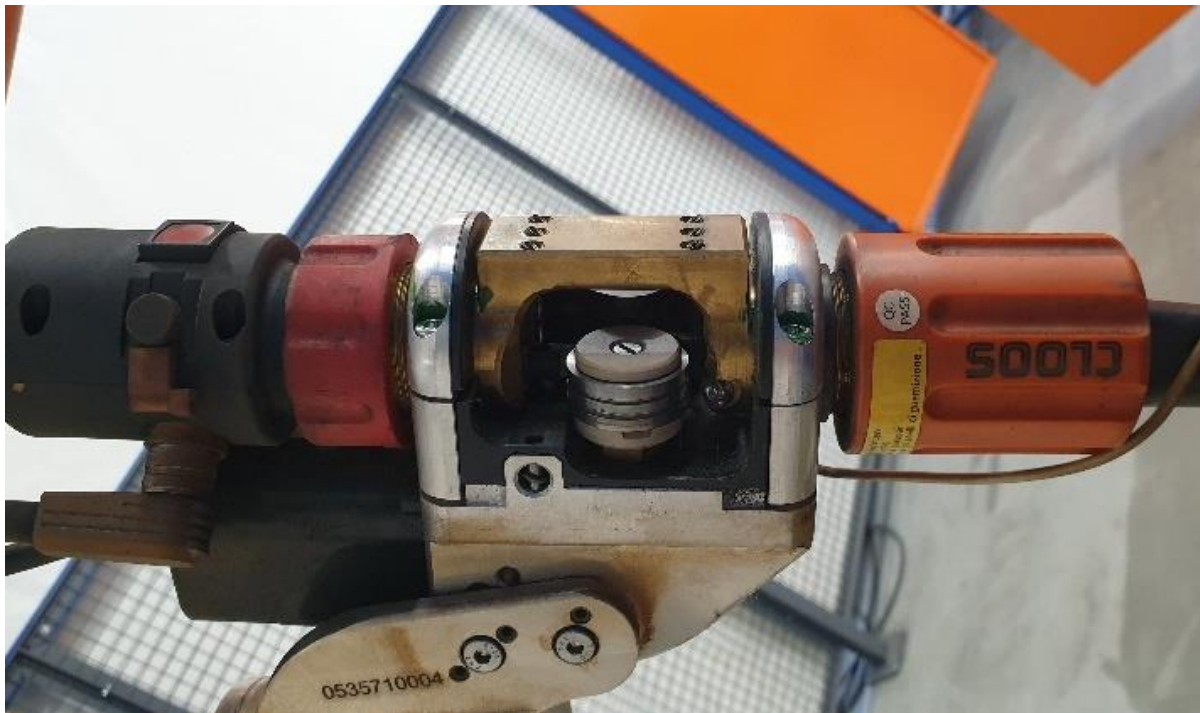


Figure 2.20 Pomocný podavač drátu.

Pokud hodláme používat přídavný materiál s menším průměrem než 1 mm, je jeho použití naprosto nezbytné. Stejně tak jako u materiálů s nižší pevností, např. u drátů s vysokým obsahem hliníku.

Další výhodou je možnost pulzování drátem. U dlouhého vedení se takové pulzy téměř ztratí v délce nepřesného vedení drátu, ale pokud můžeme tuto reakci přenášet na drát přímo u svařovacího hořáku, je výsledek stoprocentní.

Další výhodou je pevná aretace přídavného materiálu v případě že jej používám pro odměřování vzdálenosti posunutí dílu, kde je nutné, aby nedocházelo k posunutí drátu při přesunu mezi jednotlivými měřeními.

## 2.10 Svařovací zdroj

Svařovací zdroj je zařízení, které nám umožní přeměnu elektrické energie na tepelnou energii koncentrovanou v malém prostoru, kde dochází k natavování základních materiálů a současně k odtavování přídavného materiálu. Svařovací zdroj dodává potřebnou elektrickou energii pro zapálení a hoření elektrického oblouku. Tzn. dodává do elektrického oblouku proud a napětí požadovaných vlastností pro danou metodu svařování. Svařovací zdroje musí vyhovovat požadavkům technologie svařování a bezpečnostním předpisům. Svařovací zdroje jsou stavěny na jmenovité napájecí napětí 230 V 50 Hz jednofázové (jedná se většinou o malé svařovací zdroje pro domácí použití.). Profesionální zdroje pracují s napájením 3 x 400 V 50 Hz. Z hlediska bezpečnosti se udává napětí na prázdko, které může být naměřeno mezi jednotlivými svorkami pro svařování. Tato hodnota nesmí přesáhnout 113 V.



Požadavky na svařovací zdroje:

- Dobré zapalování oblouku a stabilní oblouk.
- Plynulá a jemná regulace svařovacího proudu, napětí, podávání drátu a dalších parametrů důležitých pro svařování.
- Odolnost proti krátkodobým zkratům při zkratovém přenosu kovu z elektrody
- Konstrukce musí zajistit bezpečnost provozu v souladu s platnými normami
- Jednoduchá a nenáročná obsluha
- Vysoká provozní spolehlivost a dlouhá životnost
- Přiměřené pořizovací a nízké provozní náklady

Rozdělení svařovacích zdrojů:

1. Podle způsobu přeměny energie
  - a) Rotační zdroje (dynama)
  - b) Statické zdroje (transformátory, usměrňovače, měniče, invertory)
2. Podle druhu dodávaného proudu
  - a) Zdroj stejnosměrného proudu (dynama)
  - b) Zdroj usměrněného proudu (invertor, měnič, usměrňovač)
  - c) Zdroj střídavého proudu. (trafa)

Pro navrhovanou aplikaci, je nejvhodnější invertorový zdroj s digitálním řízením, který umožňuje plynulé nastavení v celém rozsahu výkonu a je možné za pomoci digitálních výstupů manipulátoru svařovací zdroj ovládat.

Invertorový zdroj je primárně řízený zdroj s výkonovými tranzistory pracující na principu středofrekvenčních měničů o frekvenci 20 až 100 kHz. Základním rysem invertorových zdrojů je umístění transformátoru v energetickém řetězci až za spínacím tranzistorem. Důvodem tohoto uspořádání je závislost hmotnosti a objemu transformátoru na jeho pracovní frekvenci. Čím vyšší frekvence, tím menší objem a také hmotnost. Proto mají tyto zdroje malou hmotnost i malé rozměry, aniž by došlo k poklesu jejich výkonnosti. Proudová hmotnost prakticky nepřesahuje hodnotu 0,05 kg/A. Další předností je hodnota vysoké elektrické účinnosti cca 90 %. Aby bylo možné využít vysokou taktovací frekvenci, je nutné střídavé napětí nejprve usměrnit. Stejnosměrné napětí, které je k dispozici za primárním usměrňovačem se prostřednictvím tranzistorového spínače přemění na vysokou frekvenci. Výstupní napětí transformátoru se pak ještě usměrní. Srdcem celého zařízení je řídicí elektronická jednotka, která reguluje vzájemnou součinnost funkčních bloků svařovacího zdroje s jednotkami podávání drátu a dodávky ochranného plynu, kontroluje správnou činnost zařízení, komunikuje s obsluhou prostřednictvím displeje pro nastavování a kontrolu parametrů. Zároveň funguje jako knihovna parametrů [5, str. 102]

Pracoviště bude osazeno svařovacím zdrojem Fronius TransPuls synergic 5000 viz Viz obrázek 2.21. Důvody pro výběr svařovacího zdroje jsou stejné jako u manipulátoru. Kvalita svařovacího zdroje a dostupné servisní zázemí v blízkém okolí.

Jedná se o zcela digitalizovaný a mikroprocesorem řízený invertorový svařovací zdroj MIG/MAG pro krátký, rozstříkový a impulzní oblouk a libovolně často reprodukovatelné výsledky svařování. Výkon 500 A splňuje a převyšuje zadané požadavky. Zařízení umožňuje svařování ocelových materiálů, dále materiálů se zvýšeným obsahem chromu a niklu, nebo hliníkových slitin a řízení je dále možné po výměně svařovacího hořáku použít jako WIG svařovací zdroj netavící se elektrodou v ochranném plynu.

Svařovací zařízení bylo ještě rozšířeno o modul RCU5000i. Tím narostl počet uložitelných svařovacích jobů na 9999. Zařízení dále umožňuje archivaci Jobů na SD kartu a monitorování svařovacího procesu se záznamem také na SD kartu. Dále je možné nastavení mezních hodnot svařovacích parametrů, ale tato funkce je vhodná jen pro ruční svařování pro dodržování parametrů předepsaných ve WPS protokolech.



Figure 2.21 Svařovací zdroj Fronius.

Součástí svařovacího zdroje pro MIG/MAG svařování je podavač přídavného svařovacího materiálu. Pro ruční aplikace bývá součástí svařovacího zdroje. Pro robotické aplikace se jedná o samostatné zařízení, které se umístí na rameno svařovacího manipulátoru, nebo na rám, kde je manipulátor připevněn. Viz obrázek 2.22 Samotný svařovací zdroj zůstává v bezpečné výšce na lépe přístupném místě. Což je výhodné pro nastavování parametrů, nebo pro údržbu zařízení. Podavač drátu je se svařovacím zdrojem spojený proudovým kabelem, který vede svařovací proud a ovládacím kabelem, který napájí a ovládá chod podavače. Součástí vedení bývá i vedení chladiva pro svařovací hořák. Důležitým měřítkem kvality podavače je, kolik je poháněných kladek, které pohánějí přídavný svařovací drát. V ideálním případě jsou to všechny 4 kladky.

Podavač se svařovacím hořákem je spojen souborem propojovacích kabelů a hadic v jednom chráněném svazku. Tento svazek kabelů může být vedený mimo tělo manipulátoru viz zařízení Cloos, což je omezující při rotaci 6 osou, kde potom vzniká omezení rotace na maximálně 360°. Jde o jednodušší řešení, hlavně v případech, pokud je svařovací hořák chlazený kapalinou. Naopak u Yaskawy, je svazek kabelů vedený středem těla manipulátoru i středem rotace 6 osy a je zde možná teoreticky neomezená rotace 6 osy. Je zde ale nutné vyřešit rotační přechod pro svařovací drát, ochranný plyn a chladící kapalinu.



Figure 2.22 Umístění podavačů drátu na jednotlivých typech manipulátorů.

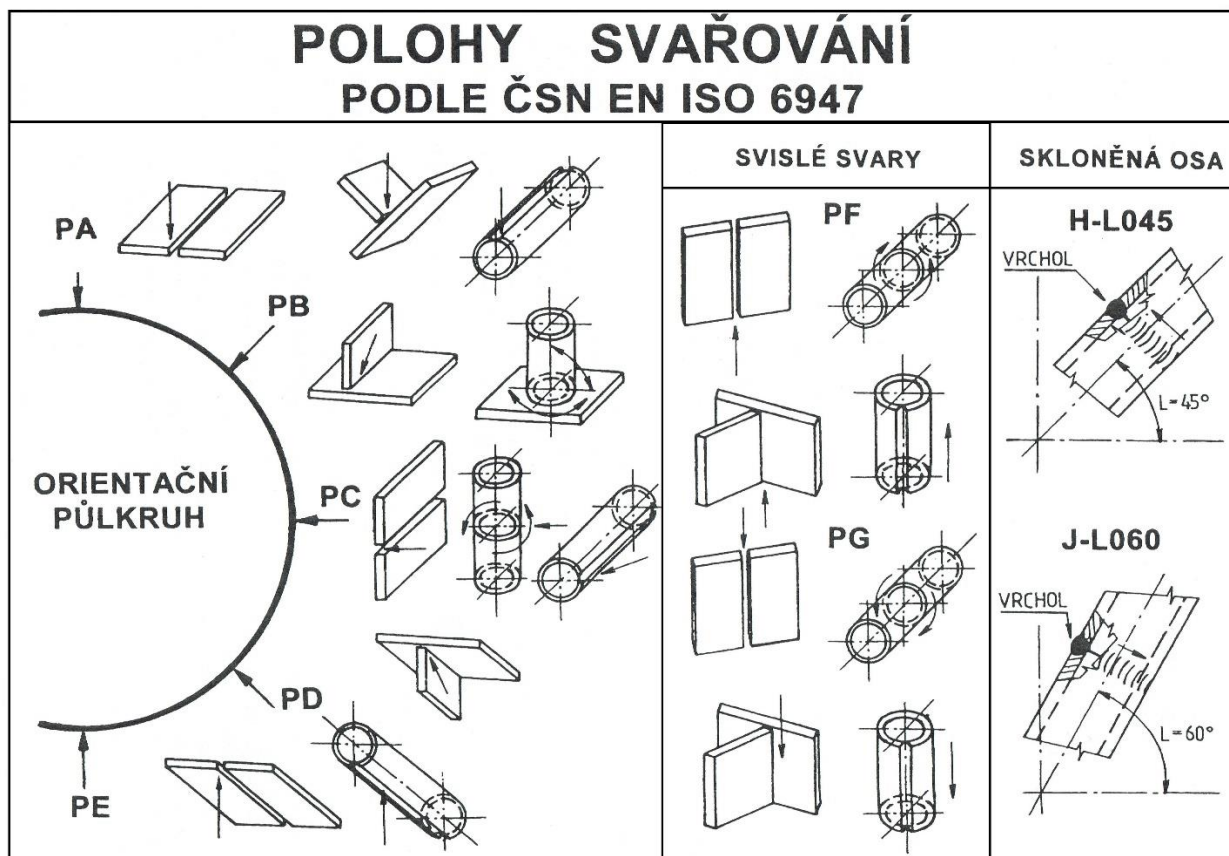
Dalším zařízením, které je nutné pro propojení manipulátoru se svařovacím zdrojem je interface. Toto zařízení bude dodáno společně se svařovacím zdrojem. Interface je společná hranice mezi dvěma hardwary, kde probíhá výměna informací. Interface umožní komunikaci mezi svařovacím zdrojem a řízením manipulátoru. Tyto zařízení dodává výrobce svařovacích zdrojů a jsou uzpůsobeny pro konkrétní výrobce manipulátorů. Bez tohoto zařízení, není možné smysluplně ovládat svařovací zdroj řízením manipulátoru a zpětně získávat informace o průběhu svařování a reagovat na vzniklé situace.

## 2.11 Svařovací polohy

Svařovací poloha zahrnuje orientovanou polohu a směr pohybu svařovacího hořáku. Pro zlepšení podmínek svarové lázně je vhodné využít gravitační sílu, která nám zlepšuje přenos kovu mezi elektrodou a základním materiálem. Nejlepších svařovacích výsledků dosáhneme v polohách PA a PB. Můžeme využít vyšší rychlost svařování, zvětšit velikost průvaru, nebo využít lepší přemostitelnosti spár.

Pojmenování	Popis	Symbol
Poloha vodorovná shora	Vodorovný směr svařování, svislá osa svaru, krycí vrstva nahoře	<b>PA</b>
Poloha vodorovná šikmo shora	Vodorovný směr svařování, krycí vrstva směrem šikmo nahoru	<b>PB</b>
Poloha vodorovná	Vodorovný směr svařování, vodorovná osa svaru	<b>PC</b>
Poloha vodorovná šikmo nad hlavou	vodorovný směr svařování, nad hlavou, krycí vrstva směrem šikmo dolů	<b>PD</b>
Poloha vodorovná nad hlavou	Vodorovný směr svařování, nad hlavou, svislá osa svaru, krycí vrstva dole	<b>PE</b>
Poloha svislá nahoru	Svislý směr svařování zdola nahoru	<b>PF</b>

Poloha svislá dolů	Svislí směr svařování shora dolů	<b>PG</b>
Svařování nahoru k vrcholu svaru	Směr svařování nahoru a úhlem sklonu 45°	<b>H-L045</b>
Svařování od vrcholu svaru dolů	Směr svařování dolů a úhlem sklonu 60°	<b>J-L060</b>



## 2.12 Svařovací metoda MIG/MAG

Jde o svařovací metodu tavící se elektrody v ochraně aktivního, nebo inertního plynu. Jde o světově nejrozšířenější svařovací metodu pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Výhody této svařovací metody spočívají ve vhodnosti pro robotickou automatizaci a ve velkém výběru přídavných materiálů a ochranných plynů pro různé typy svařovaných materiálů.

Svařování metodou MIG/MAG je založeno na principu hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře aktivního, nebo inertního plynu. Viz obrázek 2.23. Napájení drátu elektrickým proudem probíhá třením v kontaktním průvlaku v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená část drátu byla co nejkratší. Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, který je uchycen na rameni robota. Drát se odvíjí z cívky 5 nebo 15 kg, nebo ze sudového balení 60, 250, nebo 500 kg. Využití MIG/MAG

metody je pro tloušťky od 0,8 mm, kde se svařovací proudy se pohybují od 30 A až do 800 A pro silné materiály. Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a ochranném plynu. Zkratový proces je pro tenké materiály, naopak sprchový je pro větší tloušťky. Pulzní přenos je vhodný využít především na hranici mezi zkratovým a sprchovým přenosem kde nám zajistí stabilní oblouk a bezchybný přenos kovu. Pulzní přenos lze využít v celém proudovém rozsahu svařovacího zdroje. Ale to není vždy výhodné. U vysokých proudů se mění charakter přenosu kovů a vlivem elektromagnetických sil se dosahuje rotujícího oblouku. Teplota kapek při MAG svařování se pohybuje v rozmezí 1700–2500 °C a teplota tavné lázně se v závislosti na technologii, parametrech svařování, chemickém složení a vlastnostech materiálu pohybuje mezi 1600 až 2100 °C

Díky vysokým proudům se svařovací rychlost blíží hranici 150 cm/min<sup>-1</sup> a rychlost kapek přenášených obloukem přesahuje 130 m/s<sup>-1</sup>.

Ochranný plyn se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku. V současnosti se na ochranu oblouku používají jednosložkové, nebo vicesložkové plyny. Podle charakteru se ochranné plyny projevují neutrálním, oxidačním nebo nahličujícím vlivem na svarovou lázeň. Nejčastěji používaným plynem je oxid uhličitý, nebo směs argonu s oxidem uhličitým, popřípadě ještě s dalším doplňujícím plynem.

Výhody MIG/MAG svařovací metody:

- Svařování ve všech polohách od tloušťky 0,8 mm
- Minimální tvorba strusky
- Možnost vizuálně kontrolovat přenos kovu a svarovou lázeň
- Vysoká efektivita, úspora přídavného materiálu (tzv. nekonečný drát)
- Snadný start oblouku
- Velmi dobrý profil svaru a hluboký závar
- Malá tepelně ovlivněná oblast především u vysokých rychlostí svařování.
- Vysoká proudová hustota
- Vysoký výkon odtavení
- Široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu
- Stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů
- Nízká pórovitost
- Malý, nebo žádný rozstřík kovu elektrody
- Snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování.

[5, str 112]

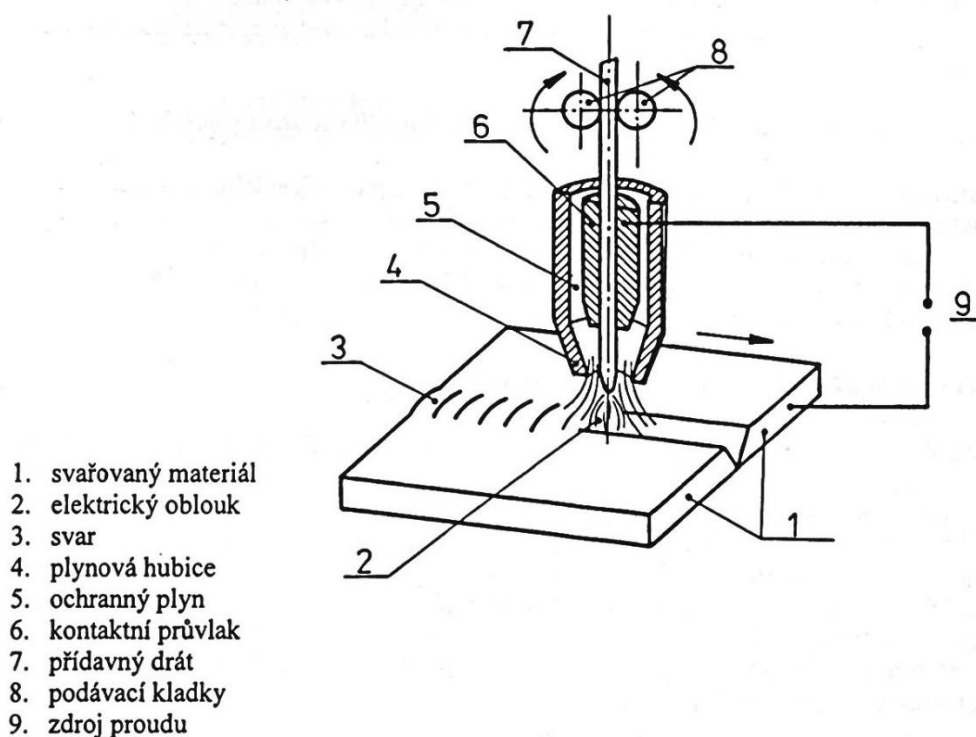


Figure 2.23 Svařovací metoda MIG/MAG

## 2.13 Svařovací metoda WIG/TIG

Při svařování metodou WIG hoří oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Viz obrázek 2.24. Ochranu elektrody i tavné lázně před okolní atmosférou zajišťuje inertní plyn o vysoké čistotě minimálně 99,995 % používá se Argon, nebo Helium. Svařovat lze bez přídavného materiálu pouze natavením a slitím základního materiálu, nebo s použitím přídavného materiálu ve formě drátu podávaného ručním způsobem, nebo automatické svařování s podávčem drátu s proměnnou rychlostí jeho podávání podle postupu svařování.

Obecně lze svařování rozdělit dle druhu proudu na svařování střídavým proudem pro hliník, hořčík a jejich slitiny a svařování stejnosměrným proudem pro středně a vysokolegovanou ocel, měď, nikl, titan, zirkon, molybden atd. Svařování wolframovou elektrodou se používá i pro spojování obtížně svařitelných materiálů s vysokou afinitou ke kyslíku, např. titan, zirkon.

Lze svařovat i různorodé materiály. Ocel s mědí, bronzem nebo niklovými slitinami a návary v oblasti renovací např. nástrojové oceli, niklové a kobaltové návary

Svařování WIG má významný růst objemu svářečských aplikací, což se připisuje vysoké kvalitě spojů, operativnosti řízení procesu svařování a vysokému stupni automatizace a robotizace.

Výhody WIG svařovací metody

- Inertní plyn zabezpečuje efektivní ochranu svarové lázně a přehřáté oblasti základního materiálu před účinky vzdušného kyslíku
- Inertní plyn zabraňuje propalu prvků a tím i vzniku strusky. Výsledkem je čistý povrch svaru
- Vytváří velmi příznivé formování svarové housenky na straně povrchu i kořenové části svaru



- Nevyžaduje použití tavidel (ale lze je použít)
- Vytváří elektrický oblouk vysoké stability v širokém rozsahu svařovacích proudů
- Zajišťuje vysokou operativnost při svařování v polohách
- Jednoduchá obsluha a přesná regulace parametrů svařování
- Svary mají malou tepelně ovlivněnou oblast
- Možnost vizuálně kontrolovat přenos kovu a svarovou lázeň
- Snadná ovladatelnost svarové lázně
- Možnost velmi přesného dávkování tepla vneseného do svaru
- Svařovací oblouk je velmi flexibilní, jeho tvar a směr lze snadno ovládat magnetickým polem

[5, str 110]

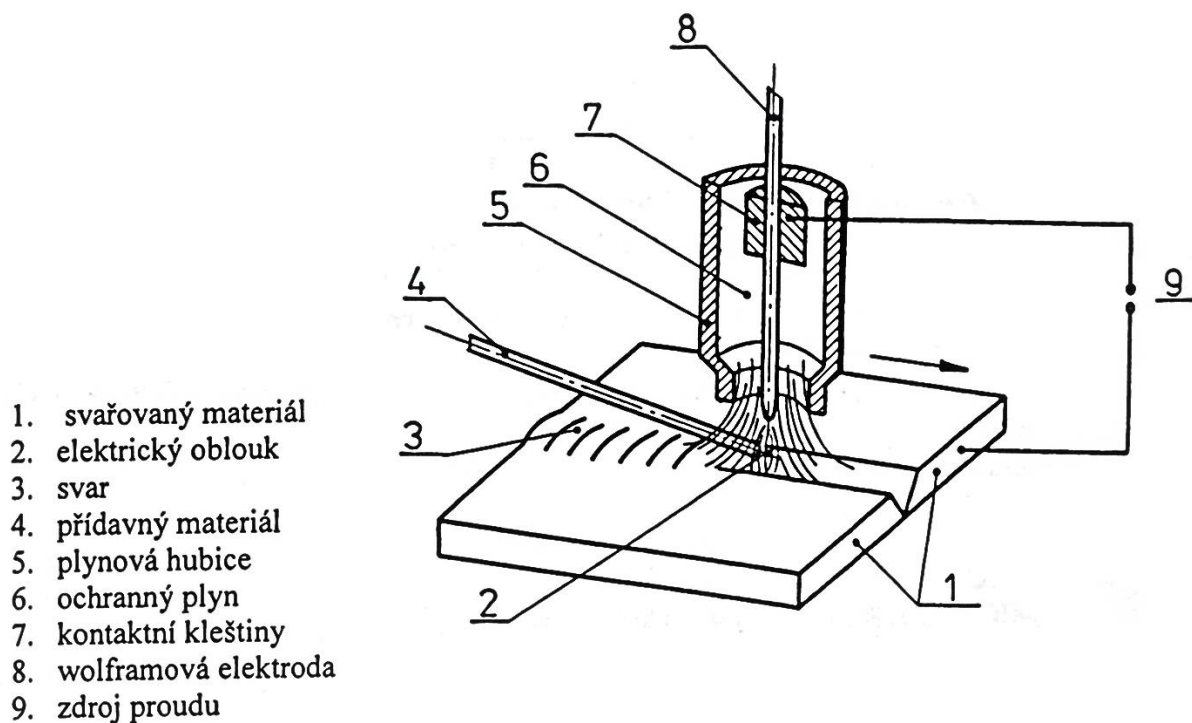


Figure 2.24 Svařovací metoda WIG/TIG

## 3 Návrh pracoviště

### 3.1 Ukázka dílu

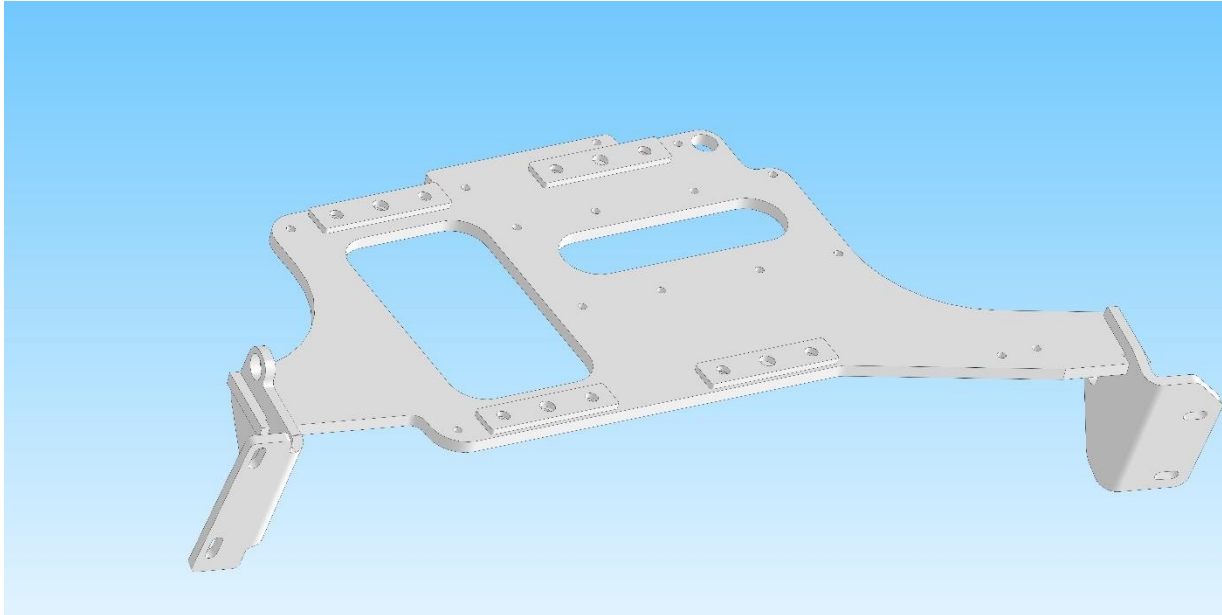


Figure 3.1 Typový díl.

Díl viz obrázek 3.1. byl vybrán jako typový díl. Délka dílu 900 mm, šířka 450 mm, výška dílu je jen 150 mm a váha 27 kg. Nejedná se o složitý výrobek, ale protože jsou svary na dílu ze všech stran, je nutné zachovat přístupnost pro svařovací hořák ze všech stran. Toto pracoviště bude primárně určeno ke svařování dílů podobných rozměrů a hmotností. V případě svařování malých dílů, je vhodné vyplnit svařovací prostor více díly. Při takovém to rozložení je potřeba, zachovávat mezi jednotlivými díly stejnou vzdálenost, což umožní snazší tvorbu programu. Bude možné využití funkcí kopírování a posouvání jednotlivých částí programu. Nutnost svařovat díl ze spodní strany nás nutí pořídit polohovací zařízení, které umožní přístup i ze spodní strany a nebude zde vadit svojí zástavbou.

### 3.2 Půdorysný návrh

Jedním z důležitých požadavků na výrobu pracoviště byla malá prostorová náročnost. Zde je nutné počítat nejen s půdorysným rozměrem samotného pracoviště, ale je nutné k němu připočítat prostor nutný k obsluze samotného stroje.

Do tohoto prostoru patří:

- Prostor pro palety, kde jsou připravené díly, které se použijí do vyráběných sestav.
- Prostor pro pracovní stůl, kde bude možné provést vizuální kontrolu svarů, popřípadě díl očistit od kovových nečistot, které ulpívají na plochách dílu během svařování.
- Prostor pro paletu, pro již svařené díly



- Ulička na výměnu dílů z přípravku a založení nových dílů ke svaření a prostor pro samotnou obsluhu stroje. Dostupnost ovládacích prvků stroje.
- Prostor pro nástroje potřebné k obsluze a provozu stroje.

Na obrázku 3.2. je vidět půdorysný návrh kompaktní cely CC-6 firmy Cloos, která má zástavbovou plochu 2,2 x 5,5 m. Což je velmi nízká hodnota. Ale po připočtení uličky potřebné pro přístup k servisním dveřím a prostoru obsluhu, rázem naroste velikost pracoviště na 3,2 x 7,5 m. Navíc velikost svařovaných dílů je omezena do pracovního prostoru o  $\varnothing$  1000 mm. Zde se jedná se o maximální možný rozměr. Pokud ale potřebujeme díl více polohovat klesá velikost pracovní plochy pod 800 mm.

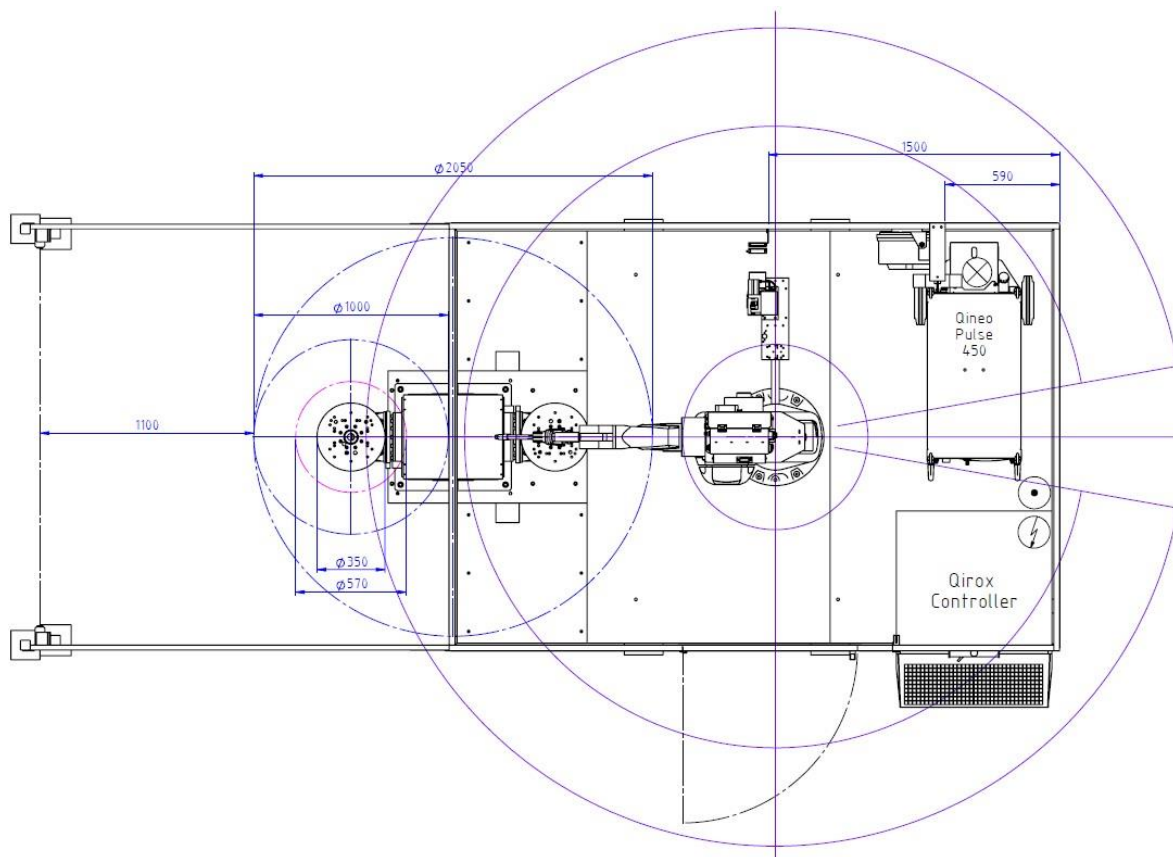


Figure 3.2 Půdorysné rozložení CC-6 od firmy Cloos

Na základě těchto zkušeností jsem se rozhodl k tvorbě pracoviště, které má tvar Obdélníku se dvěma ukosenými rohy. Má o trochu větší zástavbovou plochu, ale zcela odpadá servisní ulička, která zapříčinila zvýšení plochy téměř o 30 %. Budou zde větší nároky na prostor pro obsluhu, ale na druhou stranu je přínosem že mohou na stroji pracovat 2 lidé současně. Každý na jedné straně pracovitě. Při vhodném výběru svařovaných dílů, bude možné pracoviště vytížit na téměř 100 % strojního času. Vhodným výběrem svařovaných dílů rozumíme díly, kde čas na samotné svaření dílu je stejný, nebo jen nepatrně delší než čas, na znovu založení dalšího dílu do svařovacího přípravku. Pokud tato podmínka není splněna dojde k tomu, že jedna strana pracoviště nemá dostatek strojní kapacity a člověk obsluhující danou stranu zřejmě nesplní výrobní normu.

Pokud nemůžeme podmínku o rovnosti přípravného a svařovacího času z nějakého důvodu do-  
držet, je pak vhodné svařovat jen na jedné svařovací pozici.

Obě varianty jsou velmi podobné. Hlavní rozdíl je v umístění rozvaděče s řídicím systémem.  
Protože systém bude vybaven obrazovkou o stavu jednotlivých bezpečnostních okruhů a stavu,  
kde se program v danou chvíli nachází, je tedy vhodné, aby byl umístěn v přední části praco-  
viště, kde se bude pohybovat obsluha stroje.

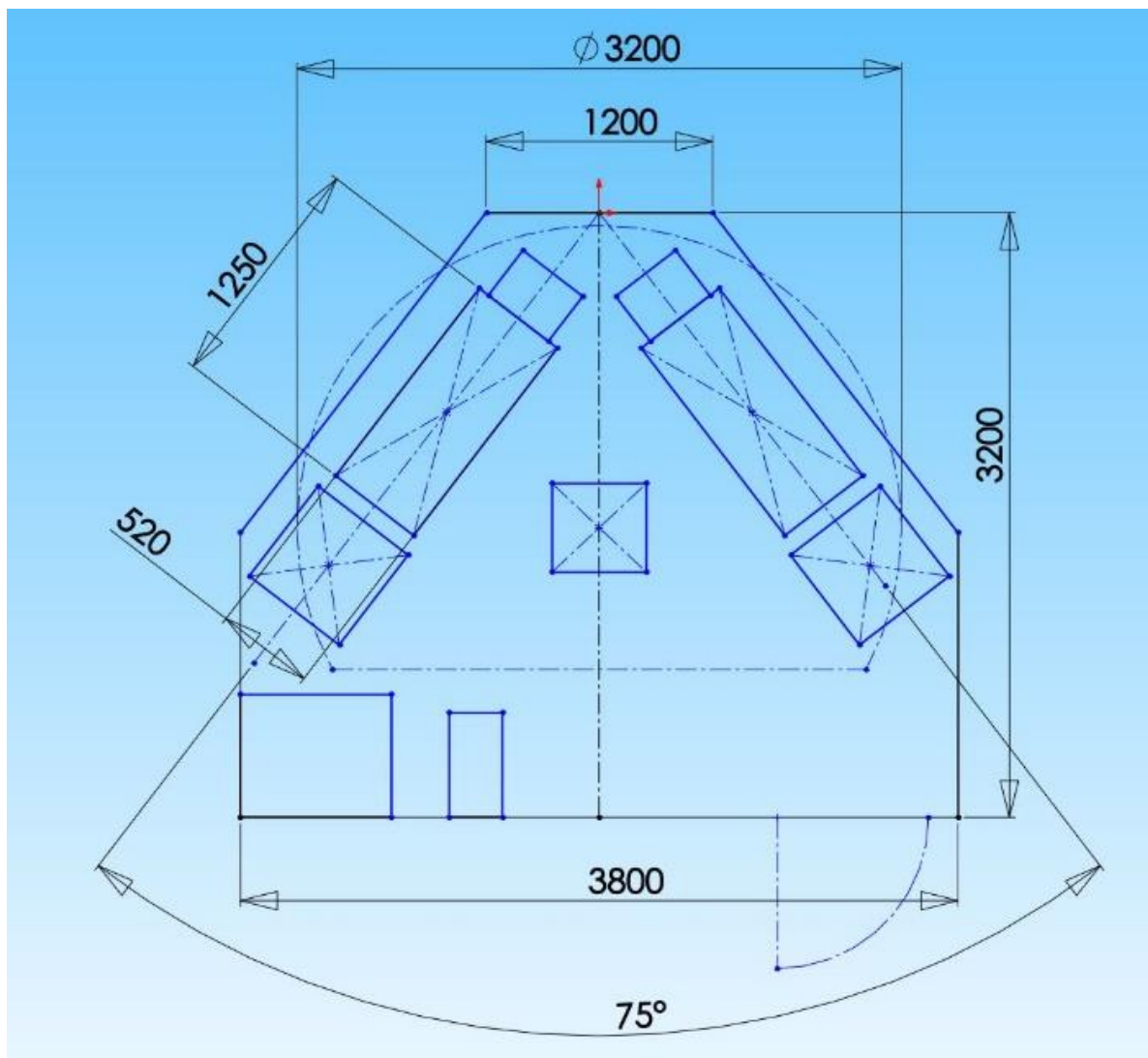


Figure 3.3 Půdorysný návrh 1

Další výhoda tohoto uspořádání spočívá v tom, že není nutné řešit výměnu svařovacích pozic další rotační osou, která by musela mít dostatečnou tuhost a přesnost, jinak by nebylo možné zaručit opakovatelnost svařovacích cyklů a docházelo by k posunu svařovacích trajektorií na svařovanému dílu. Tím by mohli vznikat nepřijatelné vady ve svarech, respektive zmetky. Zanedbatelná není ani finanční úspora spojená s náklady na další externí osu.

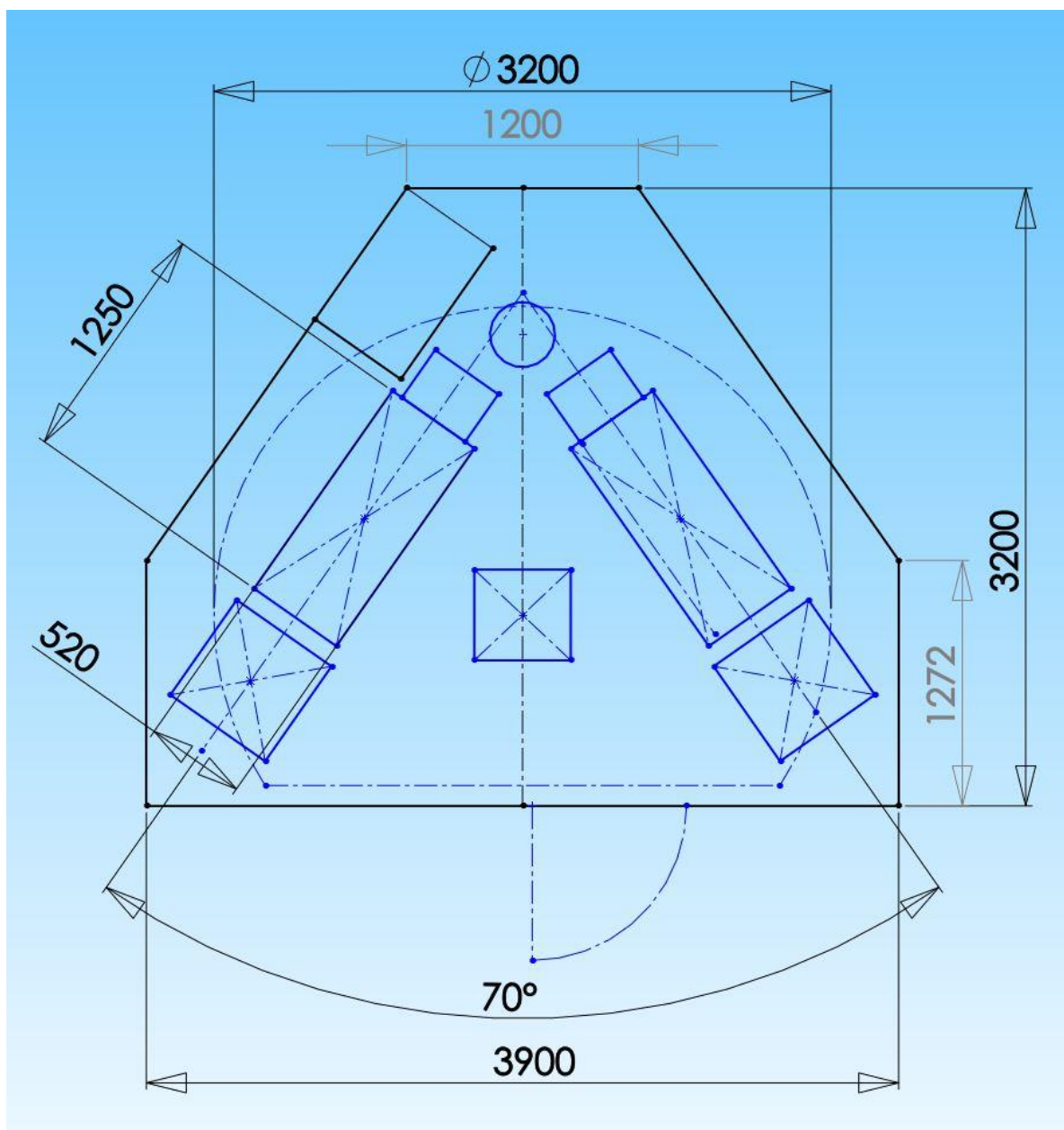


Figure 3.4 Půdorysný návrh 2

### Pracovní plocha

Pracovní plochou rozumíme místo, kde se v dosahu manipulátoru bude upínat svařovací přípravek. Pracovní plocha, která je vyhrazena pro výrobek na jednu svařovací pozici musí být minimálně 1200 mm x 500 mm x 800 mm. Jedná se o maximální rozměr svařovaného dílu. Rozměry jsou délka x šířka x výška. Výškový rozměr není zcela hraniční. V případě že nebude potřeba díl polohovat, může být výška dílu zvýšena až na 1500 mm.

Jednotlivé svařovací přípravky se budou upínat do rámu dvěma šrouby M16 a dvěma válcovými čepy 16x40. Tento systém je ve firmě nastavený již několik let a bylo by velmi pracné a nákladné všechny již hotové svařovací přípravky předělávat na jiný systém upínání. Toto upínání bezpečně ustaví svařovací přípravek do správné polohy a zajistí jeho dostatečnou fixaci v rámu

polohovadla. Jediná nevýhoda tohoto systému spočívá v relativně časově náročné výměně svařovacího přípravku a nutnosti použít speciální nářadí pro vytažení aretačních čepů. Tato výměna zabere od 10 do 30 minut, podle velikosti svařovacího přípravku.

### 3.3 Konstrukce pracoviště

Nosný rám viz obrázek 3.5. je základní prvek svařovací buňky. Jeho rozměry nám pak určují kompaktnost pracoviště, nebo velikost vnitřního pracovního prostoru.

Volbou návrhů byl vybrán trojúhelníkový tvar s ukosenými rohy, kde jsou dvě jednoosá polohovadla, které svírají úhel  $70^\circ$ . V oblasti pracovního prostoru, kde se bude pohybovat obsluha stroje, jsou ze spodní části odstraněny části nosných profilů, aby se zvýšil komfort obsluhy a předešlo se pracovním úrazům zakopnutím. Je důležité získat dostatečnou tuhost konstrukce mezi uchycením manipulátoru a uchycením polohovadel. Z toho důvodu byl nosný rám doplněn o řadu vnitřních příček, které zesilují tuhost celého rámu. Na výrobu nosného rámu byly použity silnostěnné ocelové profily 120x80x8 z materiálu S355. Celý svařený rám je pak zaklopen ocelovými výpalky, které tvoří i pochozí vrstvu. V těchto výpalcích jsou již před pálené otvory pro navaření stojin na spojení s horním rámem. Tím při stavbě odpadne pracné odměřování polohy stojin. Zároveň jsou zde gravírované značky, pro ustavení přírub, které se následně přivaří koutovým svarem a slouží pro montáž manipulátoru a polohovadel. Protože plocha pracoviště je větší než velikost použitých plechů, je zákryt rozdělen na menší části, a to i z důvodu lepší manipulace. Tyto výpalky jsou opatřeny zámky, které umožní přesné ustavení plechových výpalků do správné polohy a tím i snazší výrobu celého pracoviště.

Nosný rám byl ještě doplněn o možnost uchycení kloubového jeřábu v přední části rámu. Výhoda kloubového jeřábu spočívá v tom, že dokáže obsáhnout obě pracovní plochy.

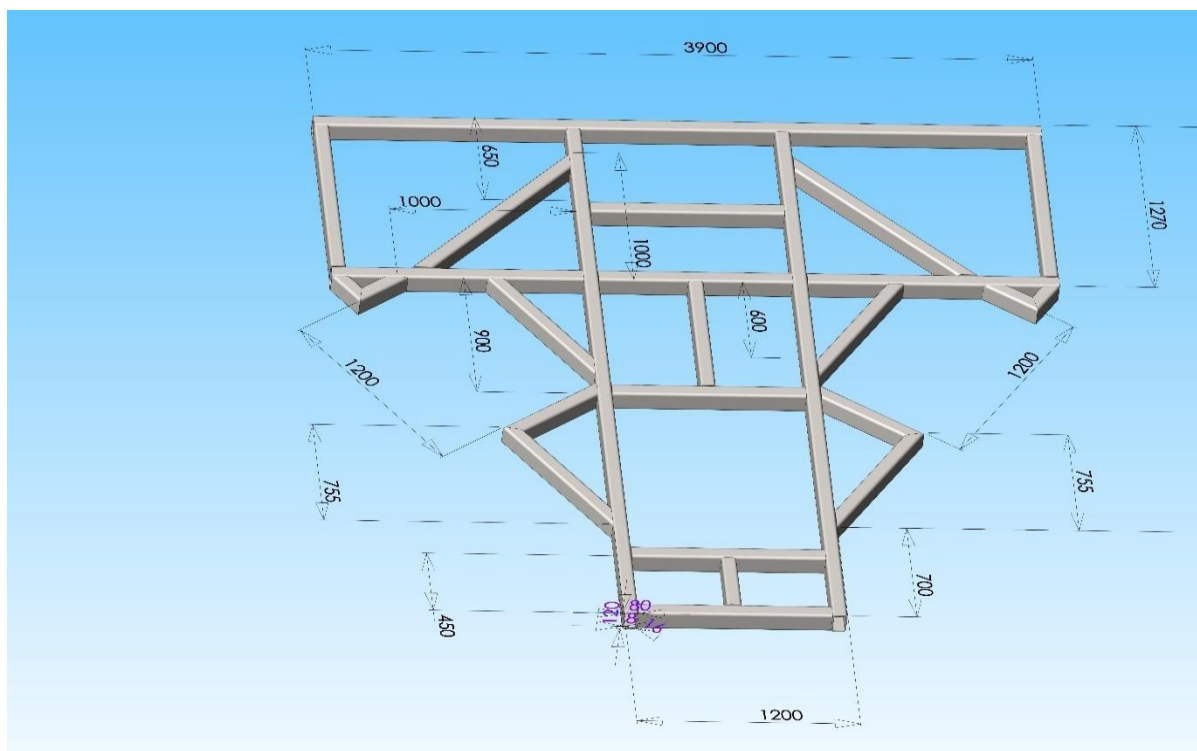


Figure 3.5 Nosný spodní rám.

U stropního rámu viz obrázek 3.6., už není potřeba takové pevnosti, proto je vyroben z ocelových profilů 80x60x4, stejně jako stojiny, které spojují spodní a horní rám. Stropní část nese pouze vedení pohyblivého vnitřního stínění, které zajišťuje odstínění mezi jednotlivými pracovními pozicemi. Pohyb závěsu zajišťuje elektromotor s převodovkou. Celý cyklus je ovládán řízením manipulátoru. Horní část rámu je uzavřená, jen nad každou pracovní pozicí je umístěna digestoř pro odsávání zplodin. Ty jsou napojené na centrální odsávání. Přívodní potrubí odsávání je osazené klapkami se servomotorem a otevírání a zavírání je ovládáno řízením manipulátoru podle toho na které straně právě probíhá svařovací cyklus.

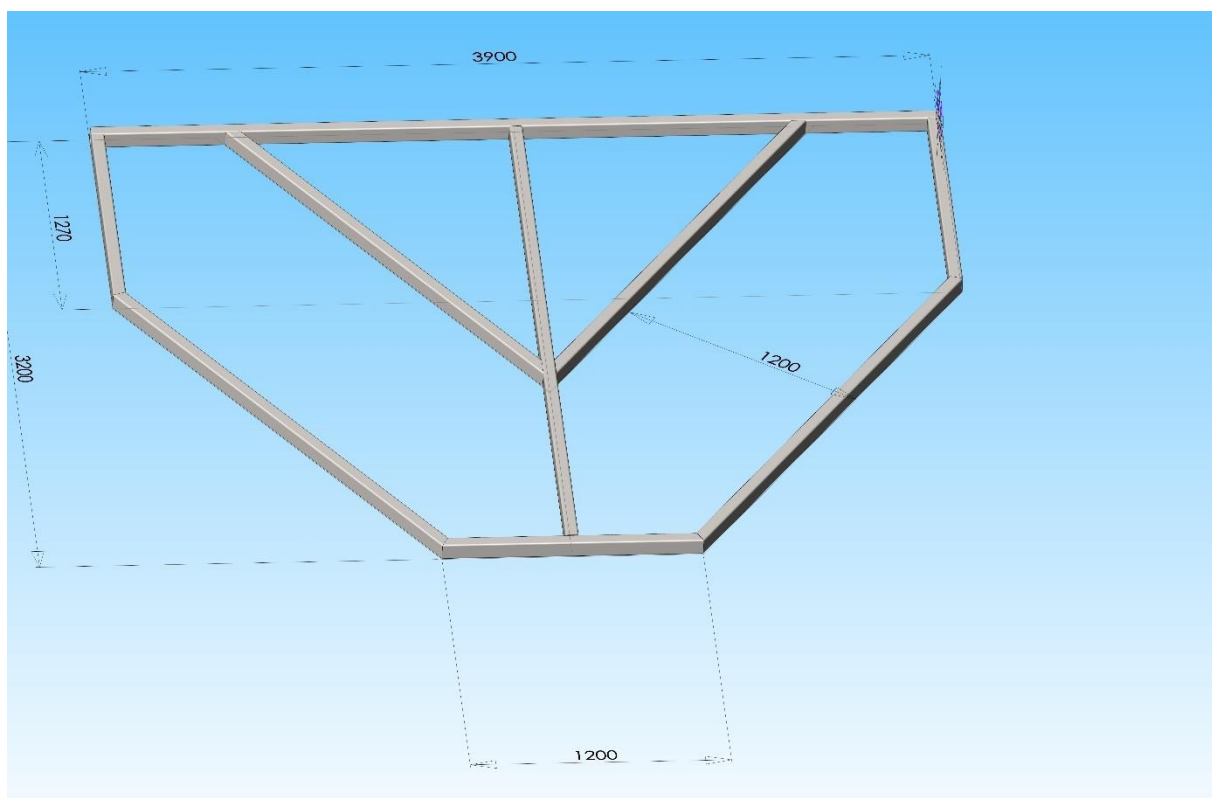


Figure 3.6 Stropní rám

Spojením horního a spodního rámu vznikne vymezený prostor pro svařovací buňku. Na tyto stojiny pak přijdou přichytit ochranné plechy, které pak tvoří pevný obal celého pracoviště a zabraňují vstupu nepovolaným osobám. Zároveň chrání své okolí před zářením z probíhajícího svařovacího procesu.

V zadní části pracoviště jsou umístěny servisní dveře, které slouží k bezpečnému přístupu k manipulátoru při údržbě, nebo při servisních pracích. Je proto nutné dopředu počítat s rozmístěním stojin. Servisní dveře je nutné zabezpečit tak, aby je bylo možné otevřít jen v případě údržby, nebo čištění manipulátoru. Jinak musí zůstat bezpečně uzamčené.

Dále je nutné zabezpečit prostor pro přístup obsluhy do pracovního prostoru, kde probíhá samotná výměna svařovaných dílů. Zde jsem navrhl lehké posuvné dveře z hliníkového plechu. Aby dveře nevyjížděly příliš do boku, jsou tyto dveře dělené. Vedení dveří zajišťují čtyři lineární vedení s plným výsuvem od firmy Chambrelan. Plný výsuv znamená, že rozdíl mezi zasunutým



a vysunutým stavem je přesně dvojnásobek. U těchto dveří je nutné kontrolovat jejich polohu. V případě že obsluha otevře tyto dveře během probíhajícího svařovacího cyklu, musí se manipulátor okamžitě zastavit. Proto je koncová poloha dveří v zavřeném stavu hlídána bezpečnostním indukčním senzorem.

### 3.4 Návrh polohovadla

Návrh vlastního polohovadla viz obrázek 3.7. Před samotnou konstrukcí polohovadla bylo nutné vybrat motor s převodovkou pro návrh zástavby do skeletu polohovadla. Na doporučení výrobce byl zakoupen motor ze série SGMGH o výkon 4500 W, 28,4 Nm a 1500 ot/min a byl doplněn harmonickou převodovkou s čelní přírubou a převodovým poměru 1:25. Motor musí podporovat stejnou verzi systému řízení manipulátoru, v našem případě NX100. jenom tak je možné využít veškerých možností řízení polohovadla, jako například synchronní řízení pohybu manipulátoru a polohovadla. V současné době je již k dispozici novější verze DX 200. Tato verze ale není zpětně kompatibilní se staršími systémy.

Skelet polohovadla je vyroben z laserových výpalků z ocelového plechu S355. Část výpalků základního skeletu je nutné ohnout na ohraňovacím lisu. Před samotným svařením skeletu je ještě nutné obrobít ocelový výpalek použitý na přírubu pro uchycení převodovky s motorem. Převodovka je zde uchycena 32 šrouby M12x45 DIN 912 se zvýšenou pevností 10.9. Byly také předvrtány závity ve spodní desce. Závity budou sloužit k vyrovnání polohovadla. Samotné svaření skeletu bylo provedeno na svařovací robotu Motoman metodou MAG. Jednalo se přibližně o 40 metrů svaru na dvou kusech polohovadel.

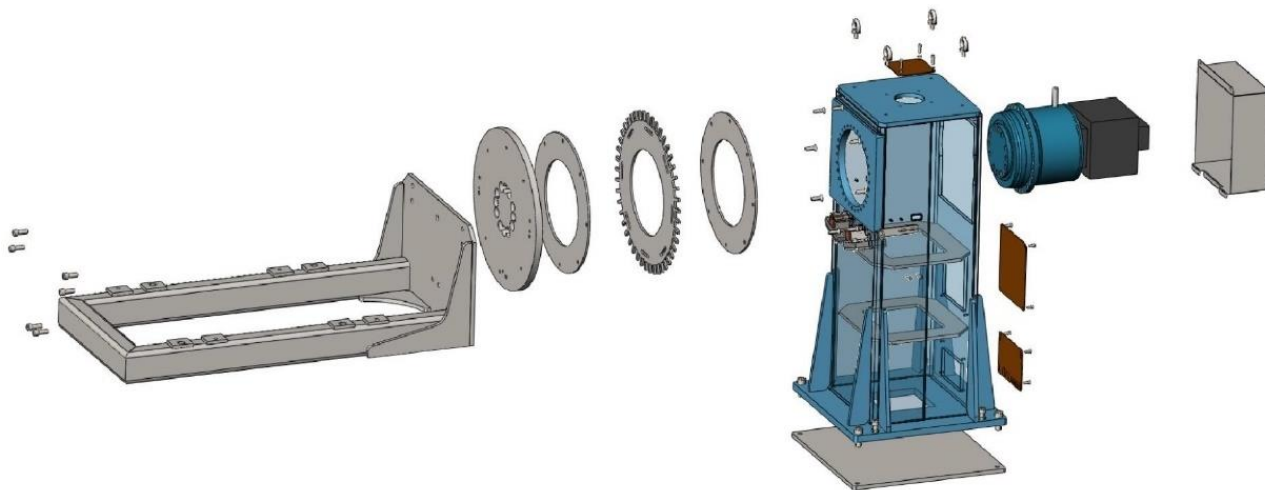


Figure 3.7 Sestava jednoosého polohovadla.

Polohovadlo je přišroubované do ocelových desek s připravenými závity, které jsou přivařeny k základnímu rámu svařovací buňky. Vyrovnání polohovadla se provádí štelovacími šrouby ve spodní části příruby.

Další důležitou součástí je přívod svařovacího proudu od svařovacího zdroje, na těle polohovadla je připravená deska se závity pro uchycení izolační položky zemnicího segmentu. Je důležité zamezit tomu, aby svařovací proud procházel přes převodovku, nebo pomocná ložiska

polohovadla. Vlivem přechodových proudů by došlo k jejich poškození, nebo zničení. Je vhodné přivést proud co nejbližší svařovanému dílu. Dále je nutné vyřešit přechod přes rotační osu polohovadla tak, aby nedošlo k ukroucení přívodního proudového kabelu.

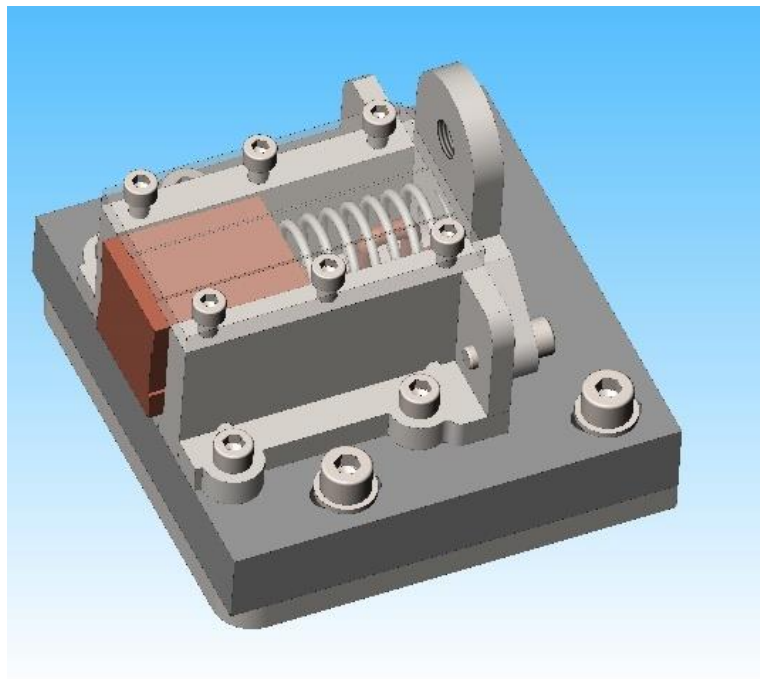


Figure 3.8 Zemnicí segment.

Na obrázku 3.8. je vidět návrh zemnicího segmentu. Ve spodní části se nachází ocelová deska, která je součástí nosné konstrukce polohovadla. K této desce je celý segment přišroubován přes izolační podložku. Drážky slouží k nastavení správné vzdálenosti a tlaku na rám polohovadla.

Izolaci svařovacího proudu od skeletu zajišťuje destička z PA materiálu s drážkami, které umožňují přesné nastavení polohy. Velikost a počet uhlíků byl po konzultaci dimenzován na  $1\text{cm}^2 = 30\text{ A max}$ . Při výkonu svářecího zdroje  $500\text{ A}$  bylo nutné mít kontaktní plochu minimálně  $17\text{cm}^2$ . Bylo nutné přizpůsobit velikost dostupným polotovarům uhlíkových elektrod. Použil jsem elektrody  $30\times 30\text{ mm}$  a každé polohovadlo osadil dvěma kusy uhlíků. Tím byla překročena minimální velikost styčné plochy o  $6\%$ . Běžné svařovací parametry pro metodu MIG/MAG a pro průměr přídavného materiálu  $0,8 - 1,2\text{ mm}$  se pohybují od  $60\text{ A}$  do  $320\text{ A}$ . Využití maximálního výkonu svařovacího zdroje  $500\text{ A}$  je spíše pro speciální svařovací aplikace.

### 3.5 Rám polohovadla

Rám polohovadla slouží k upínání jednotlivých svařovacích přípravků. Upínací systém na rámu má zajistit jejich snadnou výměnu a jejich opakovaně přesné uložení. Rám polohovadla je pevně spojen s přírubou převodovky umístěné v polohovadle. Rám je spojen s přírubou převodovky pomocí pevnostních šroubů. Při namontování rámu je přesná poloha zajištěna pomocí válcových čepů.

Rám polohovadla musí splňovat požadavky na tuhost konstrukce a na možnost upnutí obou typů přípravků. Rám je vyroben z ocelových výpalku materiál S355 metodou laserového a plazmového pálení, vždy podle tloušťky materiálu. Laserové výpalky jsou přesnější, ale maximální síla páleného plechu v podmínkách firmy je 15 mm. Větší síly materiálu je nutné objednat v kooperaci.

Pro výpočet tuhosti rámu byla použita metoda konečných prvků. Konstrukce rámu byla optimalizována tak, aby maximální posunutí při maximálním zatížení nepřekročilo 0,5 mm. Na obrázku 3.9. jsou znázorněné síly v upínání k přírubě převodovky (zeleně) a síly zatížení od přípravku (fialově). Pro zvýšení tuhosti příruby byly doplněny boční výstužné žebra, které zvýšily pevnost celé soustavy v kritickém místě konstrukce.

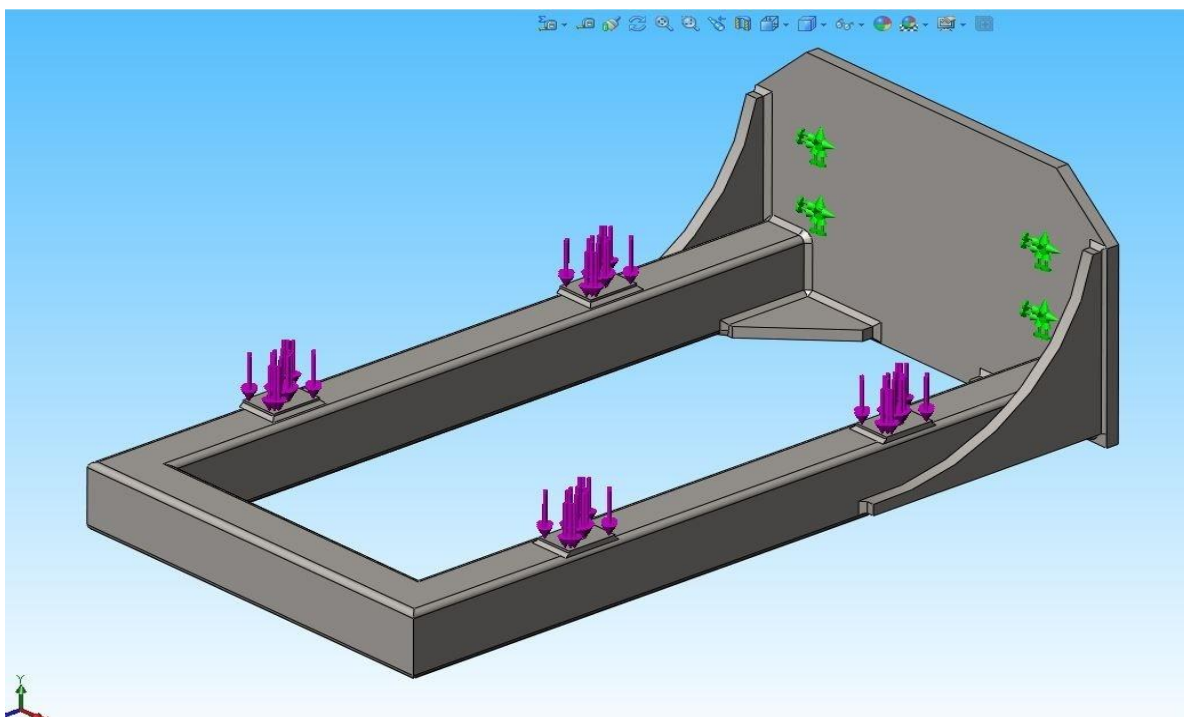


Figure 3.9

*Síly v upínání a síly v zatížení.*



## Výsledky studie

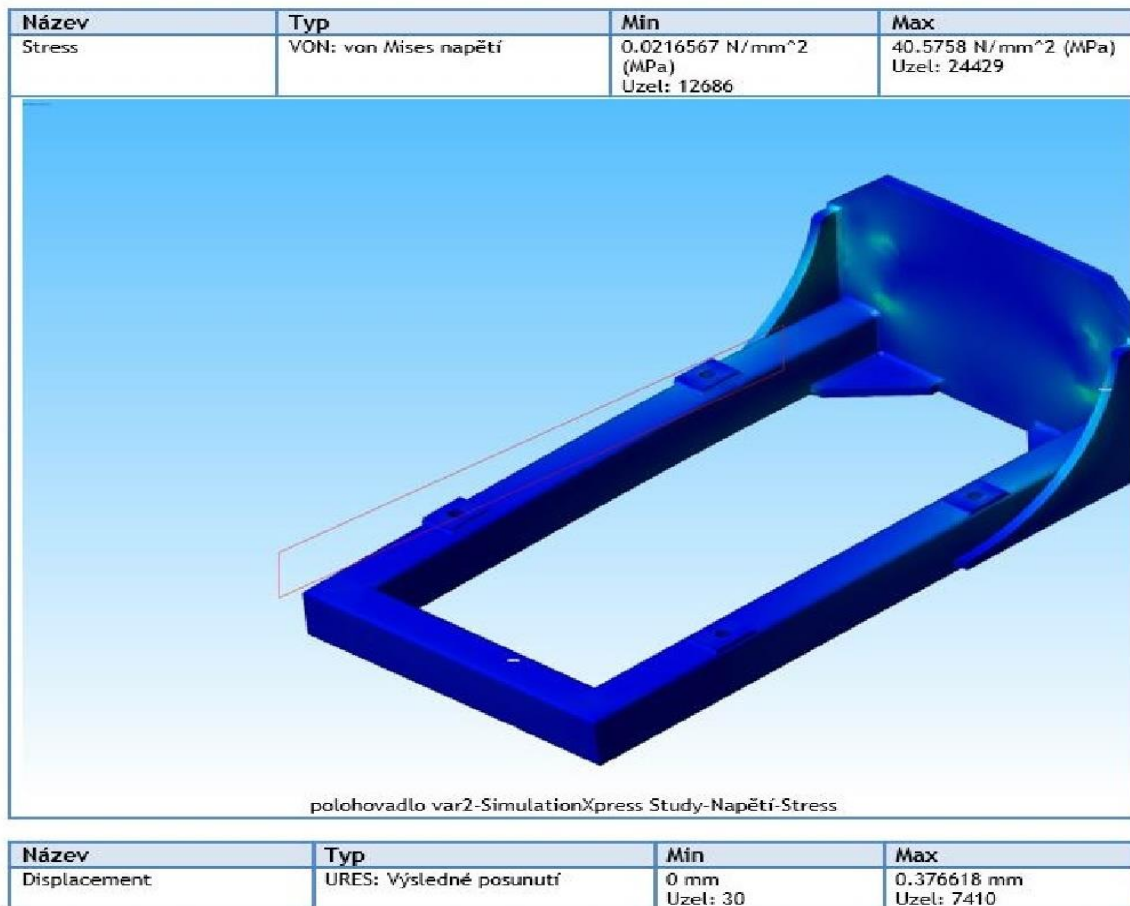


Figure 3.10 Výsledná deformace.

### 3.6 Bezpečnostní prvky zařízení

Bezpečnost pracoviště musí odpovídat podle normy ČSN EN ISO 13849-1 z roku 2006. Je nutné zabezpečit přístup do vnitřních částí buňky, aby nebylo možné dostat se během automatického cyklu do bezprostřední blízkosti pohybujiícího se manipulátoru. Zároveň je nutné zajistit odstínění jedné svařovací pozice od druhé.

Vzhledem ke konstrukci pracoviště bude nutné zajistit tři vstupní místa do prostoru svařovací buňky. Dvě místa pro zakládání dílů a jedny servisní dveře. Viz obrázek 3.11.

U servisních dveří, kde není tak vysoká četnost otevírání, bude použit elektromagnetický zámek od firmy Sick s výstupní informací o stavu zámku. Ten dveře uzamkne při přepnutí stroje do automatického provozu.

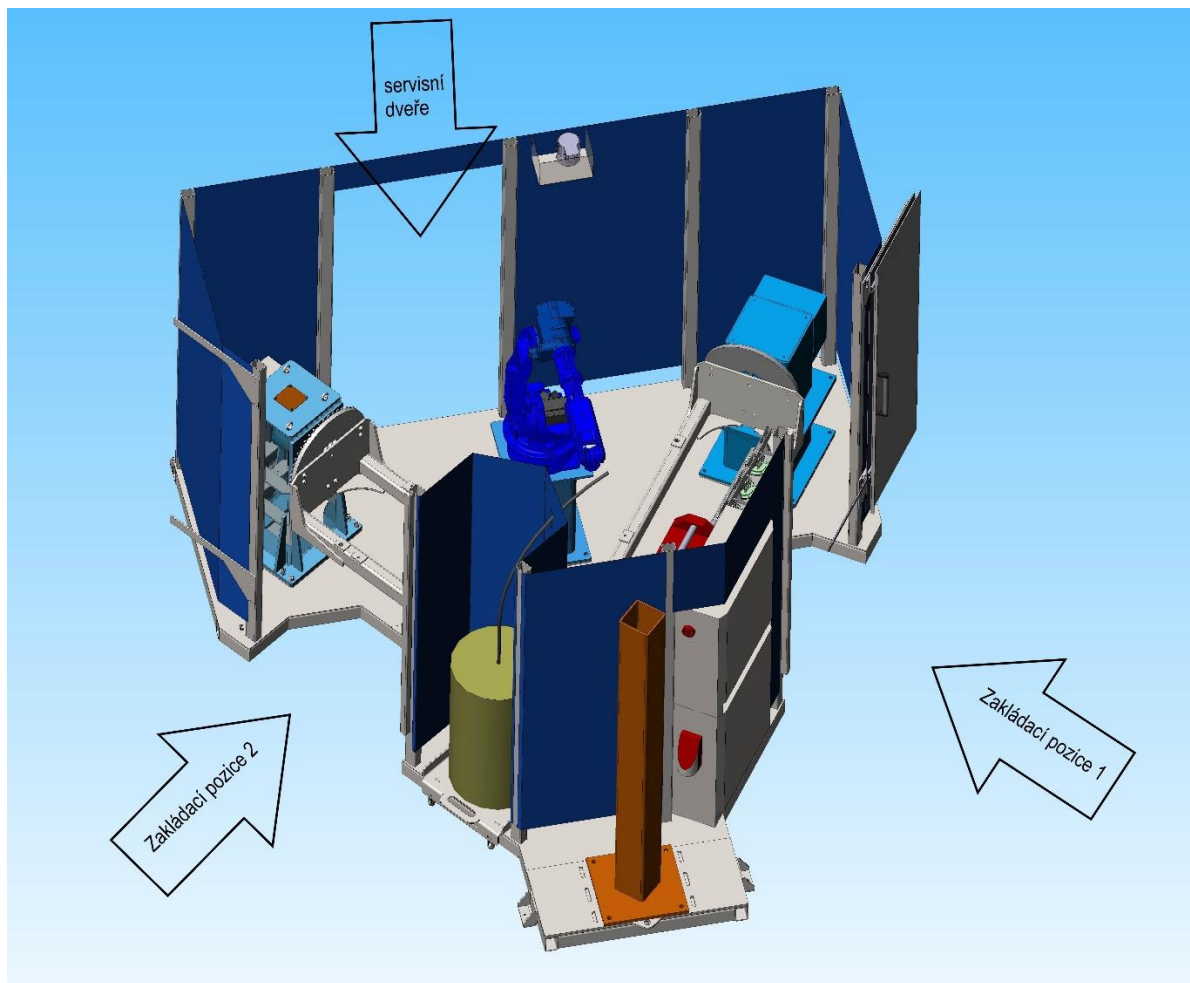


Figure 3.11 Jednotlivé vstupy na svařovací pracoviště.

Zámek Sick i110-SA225 viz obrázek 3.12. jedná se o bezpečnostní spínač skládající se ze dvou částí. Na statickou – nepohyblivou část zařízení se montuje tělo zámku a na pohyblivou část se montuje pouze malý díl který se při zavření dveří zasune do těla zámku. Při přepnutí na automatický režim dojde k napájení elektromagnetu uvnitř zámku a dojde k uzamknutí. Zároveň s uzamknutím dojde ke spojení kontaktů a tím máme informaci o uzamčeném stavu. Samotný zámek ověřuje, zda je zasunutá druhá část zámku. V případě nedovření dveří, se zámek nezačme, a tudíž chybí informace o uzamčení. Bez této informace není možné spustit automatický režim.

Je nutné zamezit vstupu všech osob do prostoru buňky při automatickém režimu, kdy se manipulátor pohybuje 100 % rychlostí. Takový to incident by mohl mít tragické následky.

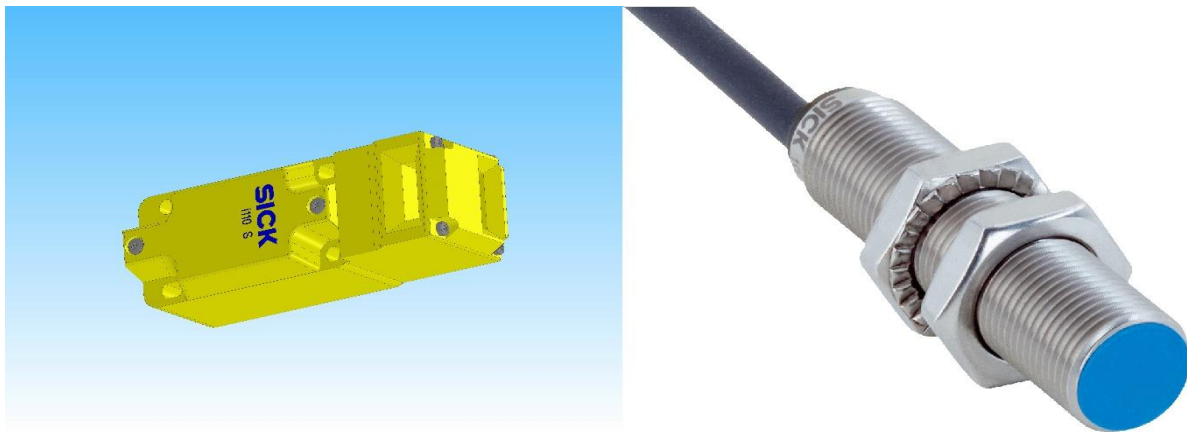


Figure 3.12 Bezpečnostní zámek a indukční čidlo.

Zakládací pozice jsou z venkovní strany chráněny posuvnými skládacími dveřmi. Pro snížení hmotnosti dveří, jsou navrženy z hliníku. Dveře jsou ručně ovládané, proto je zde žádoucí co nejnižší hmotnost. Poloha dveří v zavřeném stavu je hlídána bezpečnostním indukčním snímačem v horním rohu dveří. Softwarově je ošetřeno, že je hlídána pouze pozice, na které se aktuálně svařuje. Na opačné straně je možné připravovat další díl ke svaření.

Všechny informace ze všech snímačů jsou přivedeny do bezpečnostního relé, odkud je posílána informace o splnění bezpečnostních podmínek do řízení manipulátoru. Bezpečnostní snímače a relé se odlišují od standardních tím, že musí uzavřít dva okruhy současně v řádu milisekund. To je z důvodu, aby se zamezilo obcházení bezpečnostních podmínek např. překlémováním. Sice obvod bude uzavřený, ale nebude splněna podmínka současného sepnutí. Bezpečnostní relé také monitoruje, zda po zapnutí napájení dojde k rozepnutí kontaktů. Je nutné obvod rozpojit a znovu spojit. (otevřít a opět zavřít dveře) Pokud nebude souhlasná informace z bezpečnostního relé, řízení manipulátoru neumožní spuštění automatického režimu.

### **Odstínění opačné svařovací pozice.**

Samotná konstrukce svařovací buňky zamezuje vstupu do prostoru manipulátoru ze zakládacích pozic. Proto nebylo nutné vytvářet pevné zábrany mezi jednotlivými svařovacími pozicemi. Odstínění mezi jednotlivými pozicemi je zajištěno závěsem z nehořlavého materiálu, který nepropouští světelné záření. Závěs je umístěn za oka přes karabiny na ložiskových jezdících v kolejnici, která je pevně ukotvena v horní části svařovací buňky. Závěs je na jednom konci pevně přichycen a druhý konec závěsu je připevněn k ovládacímu lanu. Tím dochází k jeho zatažení, nebo roztažení. Použil jsem jednomotorové ovládání na nekonečném laně. To znamená že se vždy pohybují oba závěsy současně, jeden se zatahuje a druhý se roztahuje. Pro ovládání byl použit třífázový motor, aby bylo možné snadno a levně měnit smysl otáčení motoru. Krajní pozice závěsu, vypnutí a reverzace jsou zajištěna indukčními senzory a sadou relé. Ovládání závěsu je zajištěno automaticky odstartováním daného pracovního místa. Svařovací program čeká na informaci z indukčního čidla, že je závěs na správném místě, pak teprve začne samotný svařovací program.

## 4 Pomocné periferie

### 4.1 Čistička svařovacího hořáku

Zařízení je určeno k čištění plynových a proudových trysek svařovacích hořáků. Během svařovacího procesu dochází k rozstříku přídavného materiálu do okolí, na kterém postupně vytváří vrstvu kovu. K největšímu ulpívání kovu dochází na svařovacím hořáku, zejména na plynové a proudové trysce. Pokud bychom tento nános v pravidelných intervalech neodstraňovali, došlo by k ucpání plynové trysky a svařová lázeň by zůstala bez plynové ochrany, což by způsobilo pórovitost svarů. Plynová tryska je odizolována keramickým kroužkem od těla hořáku a zároveň od proudové trysky. Pokud by došlo k takovému zanesení, že by vzniklo vodivé propojení mezi proudovou a plynovou tryskou, mohlo by dojít ke zkratu mezi tělem hořáku a svařovaným dílem přes plynovou trysku. Tím by došlo ke zničení plynové a proudové trysky, nebo dokonce celého svařovacího hořáku.

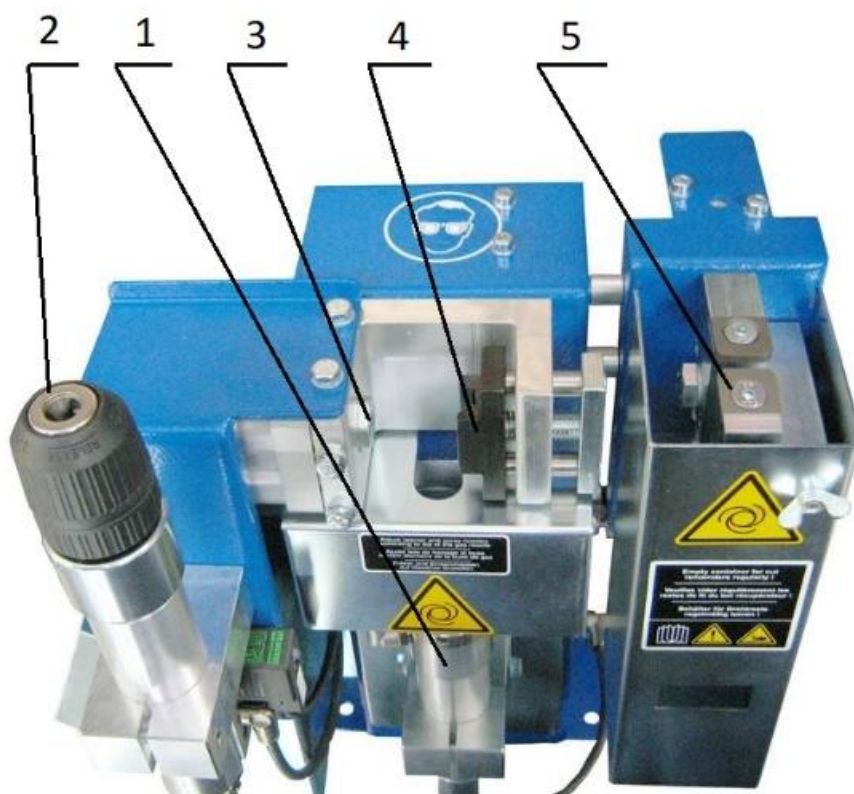


Figure 4.1 Čistící stanice svařovacího hořáku

Poz. 1	<i>Pneu motor s čistící frézou pro vnitřní čištění plynové a proudové trysky</i>
Poz. 2	<i>Pneu motor se skličidlem pro uchycení drátěného kotouče pro vnější čištění plynové trysky</i>
Poz. 3	<i>Vzduchový píst pro přidržení plynové trysky při čištění</i>
Poz. 4	<i>Stavitelné prizma pro nastavení přesné pozice plynové trysky při čištění</i>
Poz. 5	<i>Zastřihovač drátu</i>



Zařízení na čištění robotických hořáků viz obrázek 4.1. se skládá z pneumotoru s čistící frézou a přidržovače svařovacího hořáku. Pro každý typ svařovacího hořáku se používá jiná fréza. Odlišují se vnitřním a vnějším průměrem a délkou. Manipulátor najede svařovacím hořákem nad čistící stanicí, tam dojde k upnutí svařovacího hořáku. Jde o přitlačení svařovacího hořáku za plynovou trysku do držáku ve tvaru prizma. Pak dojde k roztočení pneumotoru s frézou a k pomalému zasunutí do svařovacího hořáku. Frézka má válcový dutý tvar a přesně pasuje mezi proudovou špičkou a plynovou trysku. Tím dojde k odstranění nánosu. Současně je vhodné zapnout profukování trysky plynem nebo vzduchem, pokud je tato možnost k dispozici. Proud plynu, nebo vzduchu účinně odstraní zbytky uvolněného kovu. Profuk vzduchem je účinnější, protože přívod plynu bývá zredukován pouze na průtok potřebný pro svařování.

Proto je nutné, každé automatizované svařování vybavit tímto to zařízením. Přesto všechno je nutné, aby obsluha po určité době zkontrolovala stav proudové trysky a znečištění plynové trysky. Po určitých odpracovaných hodinách je nutné, svařovací hořák rozebrat a vyčistit ručně místa kam čistící fréza nedosáhne.

Čistící stanicí je možné vybavit i čištěním plynové trysky z vnější strany. To je vhodné, pokud používáme plynovou trysku pro odměřování vzdálenosti. Pak by mohla pokaždé odlišná tloušťka nánosu znehodnocovat naměřené hodnoty. Jde o jednoduché zařízení, které se skládá z pneu motoru a na výstupní hřídeli je osazena vrtačková hlavice pro upnutí drátěného kotouče. Samotné čištění pak probíhá tak, že manipulátor vykoná kruhový pohyb okolo roztočeného drátěného kotouče. Tím dojde k očištění plynové trysky po obvodu z vnější strany plynové trysky. Spouštění zařízení se provádí řízením manipulátoru.

Součástí čistící procedury je také zastřížení drátu na optimální vzdálenost. To je výhodné, pokud používáme přídavný materiál pro odměřování dotykovým senzorem.



Figure 4.2 *Separáční a zastříhovací stanice.*

Na konci čistící procedury je vyčištěný svařovací hořák, a plynová tryska naimpregnována kapalinou, snižující ulpívání kovového rozstříku. Velmi se mi osvědčila impregnační stanice od firmy TBI. Stanice se nazývá TBI Fine Spray-2 viz obrázek 4.2. Největší výhodou je čistota a účinnost procesu. Manipulátor zasune svařovací hořák do hliníkového profilu, který je v horní části vybaven silikonovou krytkou, tak že během aplikace kapaliny nedochází k jejímu rozstříku po okolí. Přebytková kapalina, je zachycená ve spodní části profilu a odtéká do sběrné nádoby. Spouštění zařízení se provádí řízením manipulátoru a je součástí celé procedury čištění.

Celou čistící proceduru je nutné naprogramovat a odladit, skládá se z několika kroků.

- Očištění plynové trysky z vnitřní strany
- Profuk vzduchem
- Očištění plynové trysky z vnější strany
- Zastřížení drátu
- Impregnace kapalinou proti ulpívání rozstříku
- Profuk ochranným plynem

## 4.2 Svařovací přípravky

Svařovací přípravek slouží k rychlému a přesnému ustavení svařovaných dílů. V případě jednodušších svařenců, je možné jednotlivé díly v přípravku poskládat a současně nastehovat a svařit robotem. V případě komplikovanějších svařenců je vhodnější díl napřed nastehovat, teprve pak ho upnout ve svařovacím přípravku. Při tomto postupu je možné díl předepnout a eliminovat tak deformace, vznikající při svařování. Přílišná složitost přípravku, může způsobit špatnou přístupnost svařovaných dílů pro svařovací hořák, nebo překážet rameni manipulátoru.

Kvalita přípravku a jeho jednoznačnost přímo ovlivní výslednou přesnost svařovaného dílu. Upínání polotovarů, nebo nastehovaných dílů je buď pomocí ručních upínek, nebo pomocí upínačů se vzduchovými, nebo hydraulickými písty. Ty pak mohou být ovládány mechanickým ventilem, nebo elektromagnetickým ventilem. Při vyšším stupni automatizace, je pak možné tyto ventily ovládat manipulátorem, který může v přesně daný okamžik díl uvolnit, např. pro vyjmutí svařence jiným manipulátorem a opět upnout nově založený díl, nejlépe založený taky manipulátorem bez účasti lidské obsluhy.

Přípravky je možné vybavit senzory pro kontrolu přítomnosti dílu a kontrolu správnosti založení. Signál z tohoto senzoru je možné sledovat řídicím systémem manipulátoru a v případě chybně založeného dílu, zobrazit alarm na displeji ovladače, nebo rozsvítit jinou externí signalizaci např. výstražná kontrolka, maják, zvukové znamení, .... Ale hlavně zastavit svařovací program. Tím zabráníme výrobě zmetků, zničení svařovacího přípravku, poškození svařovacího hořáku, nebo samotného manipulátoru. Nejčastěji se na to používají indukční, kapacitní, ultrazvukové, nebo optické snímače.

Toto řešení je vhodné při monotónních pracích, kde je nejpravděpodobnější vznik těchto chyb.

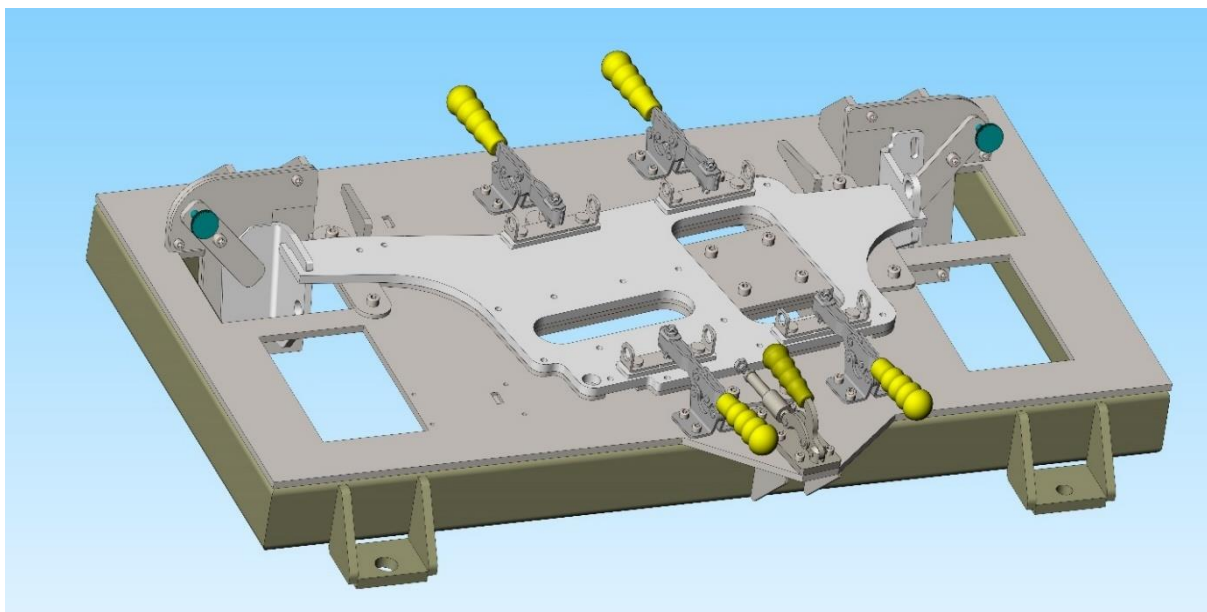


Figure 4.3 Svařovací přípravek typizovaný rám

Na obrázku 4.3. je typový díl umístěný v přípravku. Základem přípravku je typizovaný rám pro přípravky, který má připravené otvory pro vycentrování a uchycení do rámu polohovadla. Upnutí bylo navrženo ručními upínkami UZ230. Přesnou polohu svařence zajišťují pevné dorazy a z opačné strany tlačná upínka 310. Díl je umístěn tak, aby byly přístupné všechny svary. Nezbytnou podmínkou pro dosažení spodních svarů je otočení celého přípravku o 180° v polohovadle.

Druhý přípravek viz obrázek 4.4. ukazuje možnost využití pracovní plochy při svařování malých dílů. Na svařovacím přípravku je umístěno 10 kusů svařovaných dílů. Upnutí je pomocí ručních upínek UZ120.

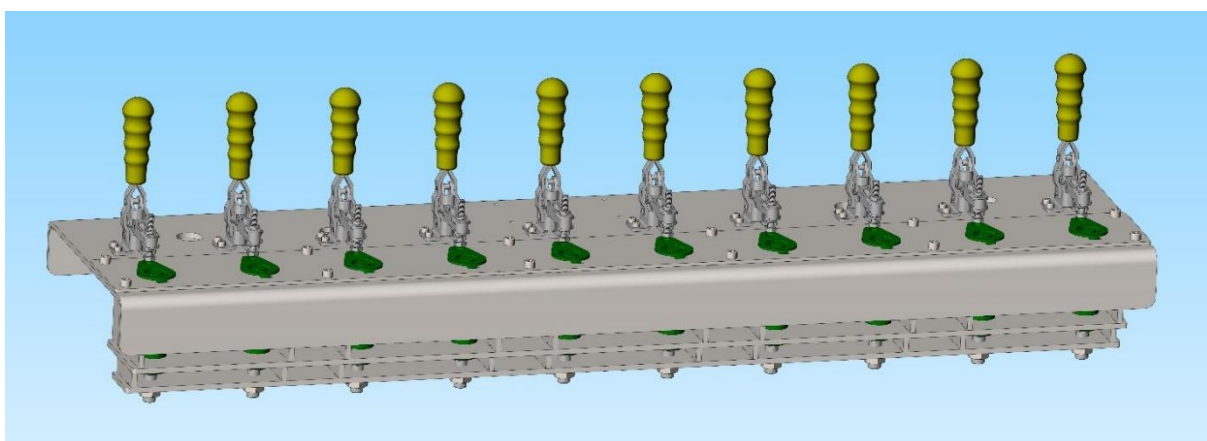


Figure 4.4 Svařovací přípravek malý rám,



## Ruční upínky

Na obrázku 4.5. jsou zobrazeny základní typy ručních upínek pro upínání svařenců na svařovacích přípravcích. Upínky jsou konstruovány tak, aby vyvíjely potřebný tah, nebo tlak a umožňovaly rychlé a snadné odepnutí. Pro uchycení na přípravek jsou připraveny otvory pro šrouby a k nastavení přesné přitlačné síly slouží šroub v tlačné části upínky. Upínky se vyrábějí v několika velikostních řadách od přitlačné síly 100 N až do 10 kN. Pro větší přitlačnou sílu již musíme použít upínání pomocí šroubových upínačů.

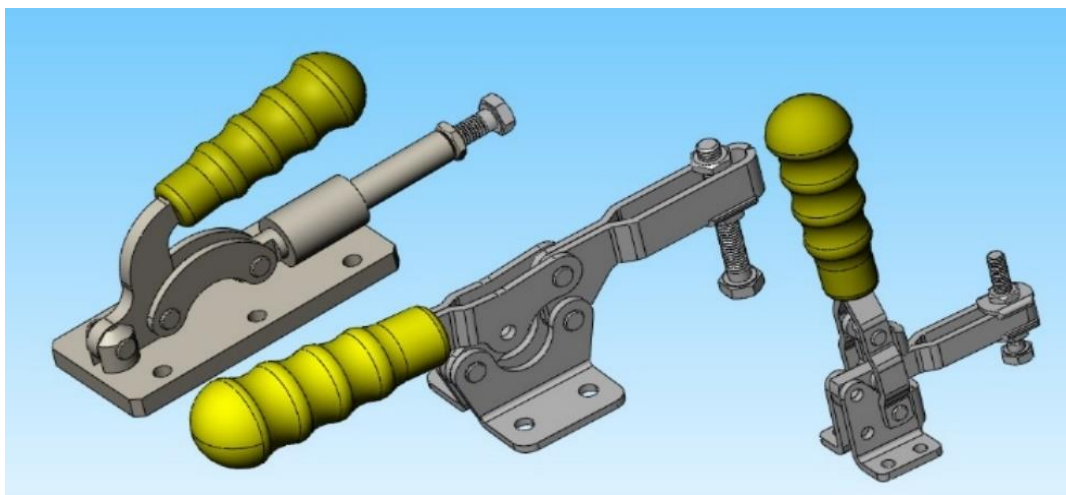


Figure 4.5 Upínky pro ruční upínání, různé typy.

## Upínky se vzduchovým pístem

Princip upínek se vzduchovým pístem je stejný jako u ručních upínek s tím rozdílem, že lidská síla potřebná na otevírání a zavírání upínky je zde nahrazena vzduchovým pístem. To je výhodné zejména tehdy, je-li upínka hodně frekventovaná. Pro ovládání se použije mechanický pákový ventil, nebo elektromagnetický ventil ovládaný pomocí spínacího tlačítka, nebo nadřazeným systémem.



Figure 4.6 Upínky se vzduchovým pístem.

Výhodou těchto upínek je, že odpadá veškerá ruční síla potřebná k otevírání a zavírání. Naopak nevýhodou je složitější řešení, potřeba tlakového vzduchu, vyšší pořizovací náklady a náklady na údržbu. Další náklady jsou spojené s volbou ovladače. Také je potřeba ochránit vedení tlakového vzduchu před mechanickým poškozením a před účinky svařování. Upínací síla záleží

na typu upínky a velikostní řadě. Pohybuje se od 1 kN do 10 kN. V případě potřeby ještě větší přitlačné síly můžeme použít např. hydraulické upínky.

### Elektromagnetické ventily pro ovládání upínek se vzduchovým pístem

Pákové, nebo tlačítkové ruční mechanické ventily viz obrázek 4.7. Tyto ventily jsou jen pro přímé ruční ovládání, nelze je řídit systémem na dálku. Nicméně je možné sledovat polohu pístu na upínce a tím i stav upínky.



Figure 4.7 Ruční ovládací ventily

Elektromagnetické ventily viz obrázek 4.9. pro ovládání upínek se vzduchovým pístem (za předpokladu že se jedná o dvojčinný píst) potřebujeme ventil s označením 5/2 se 2 výstupy, přívodem tlaku a 2 výfuky. Ještě můžeme volit mezi ventilem s vratnou pružinou, nebo ventilem se 2 cívkami. Ventil se 2 cívkami má výhodu v tom, že pokud během cyklu dojde k výpadku el. energie, nedojde ke změně polohy ventilu a tím například k otevření upínky v nejméně vhodné situaci.

Pro jednočinné vzduchové písty s vratnou pružinou postačí ventil 3/2.

Standard executions			
Version	Symbol	Code	Item
5/2 solenoid/spring		034011	A1E150
5/2 solenoid/solenoid		034021	A1E151

Figure 4.8 Schéma solenoidových ventilů.



Figure 4.9 Solenoidové ventily.

## 5 Programování manipulátorů

Existují dva základní způsoby tvorby programu. Dělí se podle toho, zda se provádí na samotném zařízení „on-line programování“, nebo zda probíhá tvorba programu mimo stroj „off-line programování“. On-line programování je součástí řízení každého manipulátoru, naopak pro off-line programování je nutné dokoupit hardware a software. To je možné udělat později, nicméně je pak velmi obtížné, programy vytvořené v on-line režimu exportovat a upravovat zpět v PC.

### 5.1 Online programování

Při on-line programování probíhá tvorba programu pomocí ovladače manipulátoru. Samotný program obsahuje jednotlivé body trajektorie, které je nutné fyzicky projet a uložit. Zároveň se s tvorbou trajektorie do programu vkládají jednotlivé příkazy, např. pro ovládání svařovacího zdroje, nebo dalších periférií.

Největší výhodou tohoto způsobu programování je, že již nepřináší žádné další náklady jako třeba nákup dalšího hardwaru a softwaru. Další výhodou je že není nutné mít veškerá data výrobků a přípravků ve 3D formátech. Naopak nevýhodou je, že po dobu tvorby programu je zařízení neproduktivní a není na něm možné vyrábět. Stejně tak jako další úpravy, nebo korekce programu vyžadují odstávku zařízení z výroby.

### 5.2 Off-line programování

Při off-line programování probíhá tvorba programu na externím PS zařízení s nainstalovaným softwarem. Téměř každý výrobce manipulátorů má svůj off-line software pro programování manipulátorů. Tento software je pouze pro konkrétní značku manipulátoru viz obrázek 5.1. a 5.2. Nebo můžeme použít software od externích firem např. Octopuz nebo SprutCAM Robot,

který umí generovat strojní kódy pro manipulátory různých výrobců. Samotná tvorba programu může probíhat v klidném a čistém prostředí. Programátor importuje 3D modely výrobků a přípravků a umístí je do 3D modelu pracoviště. Hotový program se převede do strojového kódu a přeneseme jej do manipulátoru. K přenesení programu můžeme použít paměťové zařízení (USB flash, nebo paměťové karty), které musí podporovat řízení manipulátoru, nebo můžeme použít síťové propojení.

Výhodou je minimální čas odstavení pracoviště při tvorbě nového programu, nebo při nutnosti nových změn a úprav. Další výhodou je zlepšení pracovních podmínek pro programátory manipulátorů. Obzvláště u velkých svařovacích pracovišť se může trajektorie nacházet i v několika metrové výšce. Nevýhodou je naopak vysoká pořizovací cena softwaru, nebo nutnost mít veškeré data jak výrobků, tak svařovacích přípravků ve 3d formátu.

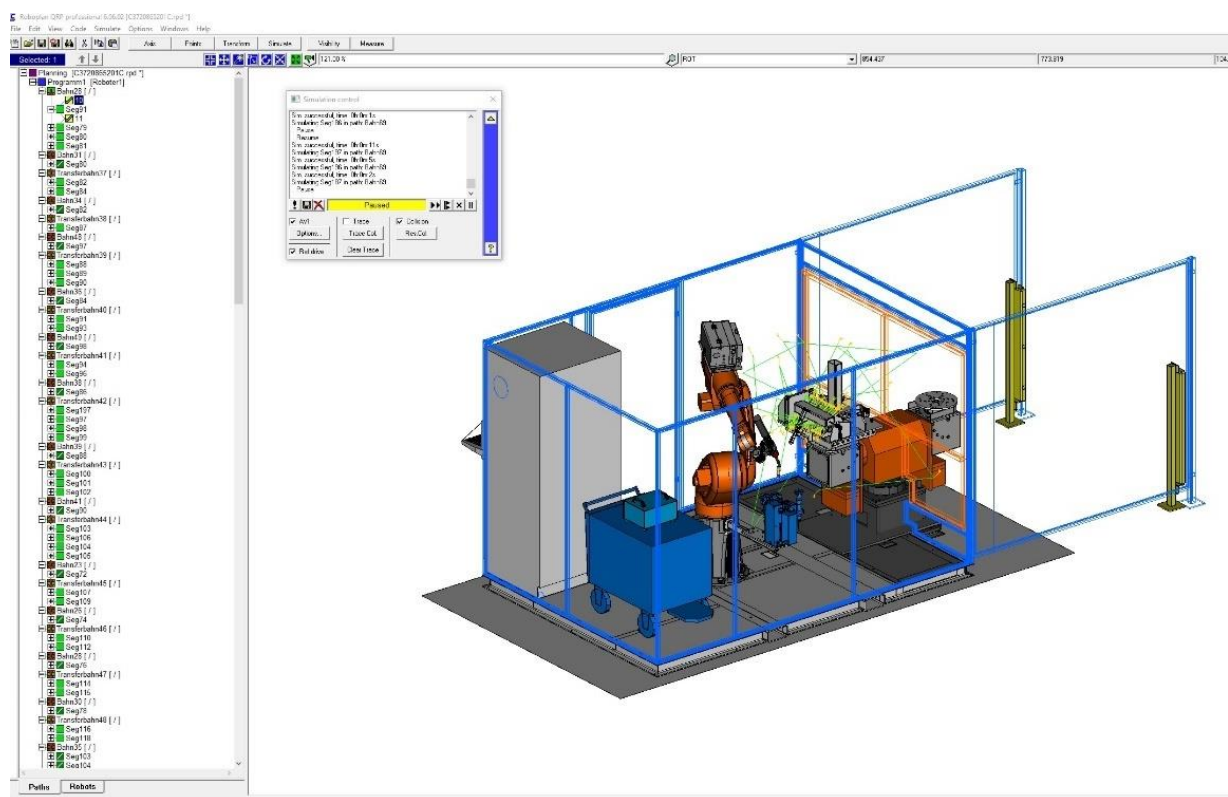


Figure 5.1

Programovací prostředí Roboplan pro manipulátory Cloos.

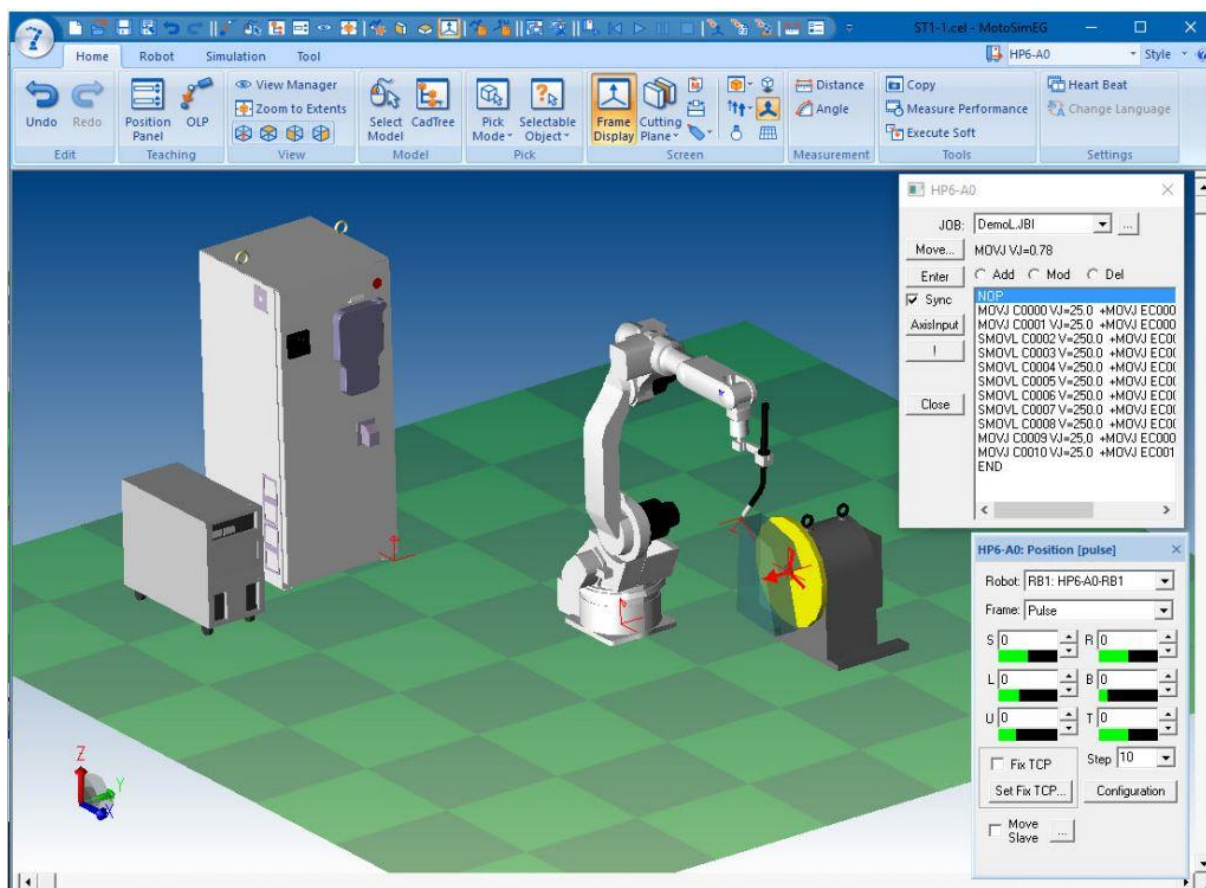


Figure 5.2 Programovací prostředí pro manipulátory Motoman.

### 5.3 Trajektorie v operačním prostoru

Manipulátor se může pohybovat několika různými typy trajektorie. Záleží, co přesně vyžadujeme. Zda přesné najetí pozice, co nejplynulejší pohyb, pohyb po přímce, po kružnici nebo oblouku, nebo jde o co nejrychlejší přejezd mezi pracovními operacemi (jednotlivými svary)

Pro přejezd v prostoru mezi jednotlivými svary se použije trajektorie s označením:

MOVJ C00003 VJ=100.00 PL=1 + MOVJ EC00003 VJ=80.00

MOVJ	Typ interpolace
C00003	číslo bodu pro manipulátor
VJ=100.00	rychlost manipulátoru v%
PL=1	přesnost najetí bodů (ořezání)
EC00003	číslo externího bodu pro polohovadlo
VJ=80.00	rychlost polohovadla v %

Jde o nejrychlejší přesun z bodu do bodu (point to point) Rychlost je udávána v %. Manipulátor se nepohybuje přímou trasou, ale pohybem pro něho nejrychlejším. I při malých vzdálenostech bodů, může dojít k velkému vychýlení efektoru z trasy od obou bodů. viz obrázek 5.3.



Pro pohyb po přímce, kružnici nebo oblouku se použijí

MOV C00005 V=40 PL=1 + MOVJ EC00005 VJ=100.00 nebo

MOVL C00006 V=45 PL=1 + MOVJ EC00015 VJ=100.00

MOV C Typ interpolace (kruhová)

MOVL Typ interpolace (lineární)

C00005 číslo bodu pro manipulátor

VJ=40 rychlost manipulátoru v cm/min

PL=1 přesnost najetí bodů (ořezání)

EC00005 číslo externího bodu pro polohovadlo

VJ=100.00 rychlost polohovadla v %

Jde o nejpřesnější pohyb po naprogramované trajektorii. viz obrázek 5.3. Je zde citlivé nastavení rychlosti v cm/min. Tento druh pohybu je využíván pro pracovní operace např svařování, manipulace atd. Při kruhovém pohybu je nutné pro výpočet trajektorie zadat nejméně 3 po sobě jdoucí body ležící na kružnici / oblouku, nebo střed kružnice / oblouku a počátek a konec rádiusu.

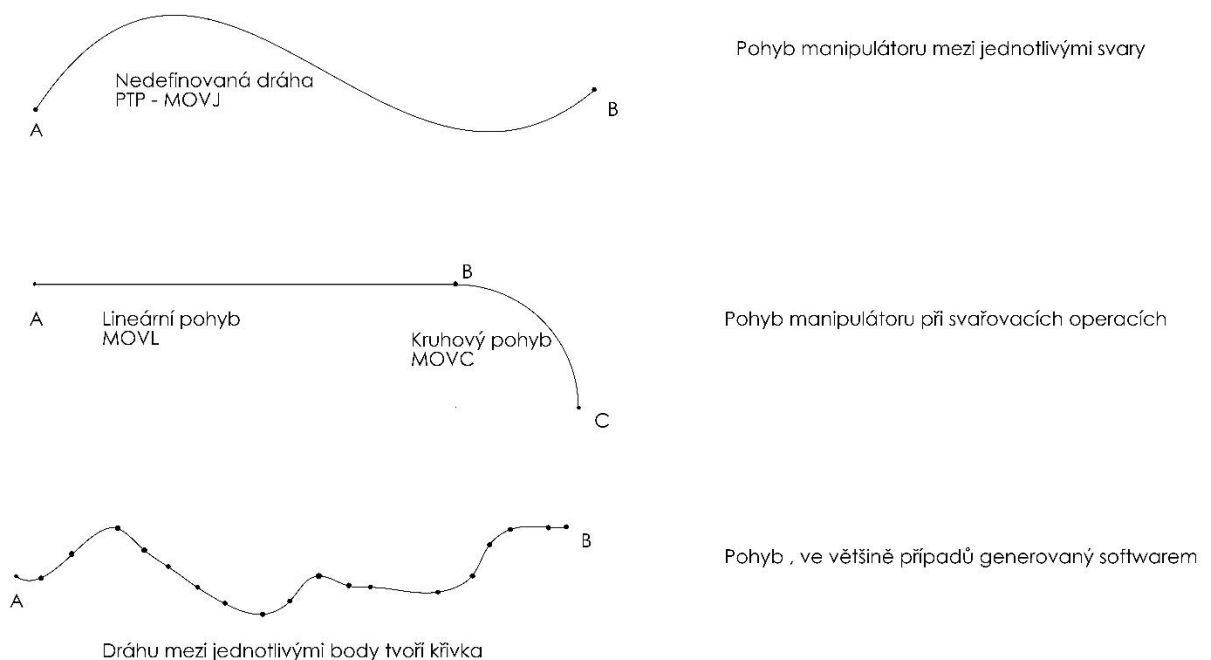
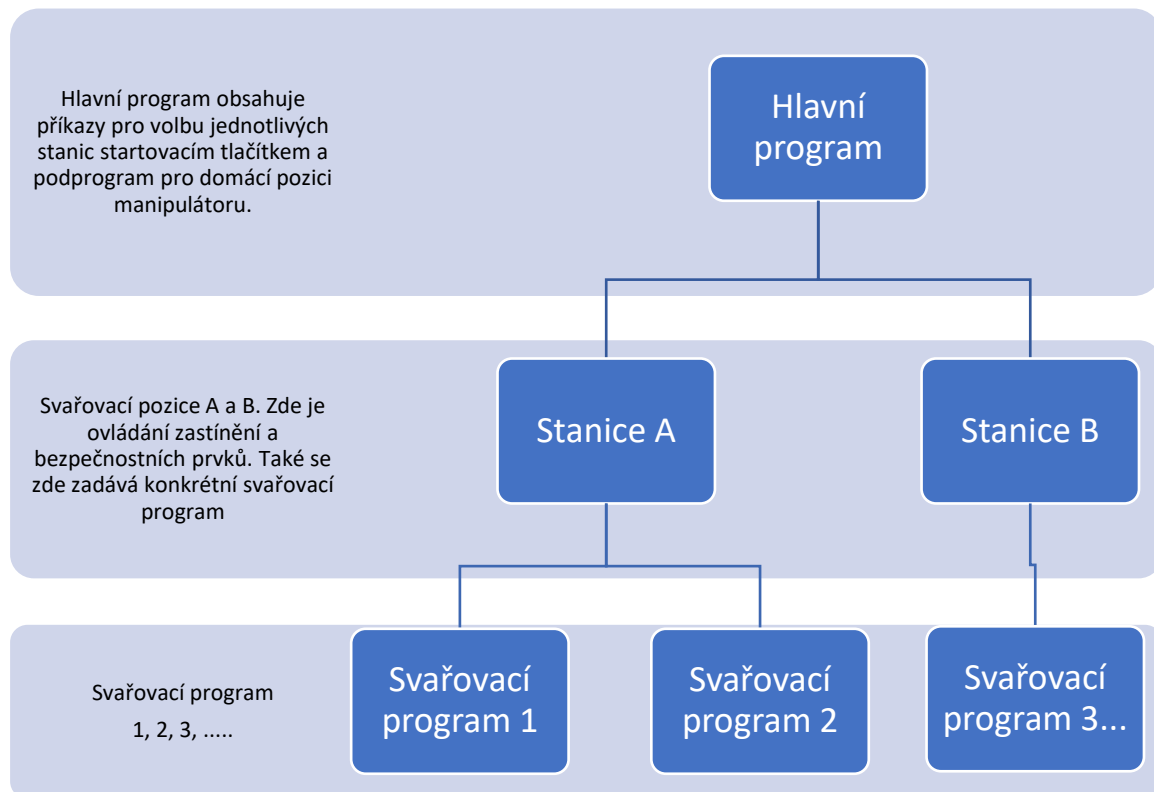


Figure 5.3 Jednotlivé typy trajektorií.

## 5.4 Struktura hlavního programu



### Hlavní program

```

/JOB //text popis
//NAME HLAVNI //text popis
//POS //text popis
//NPOS 0,0,0,0,0 //text popis
//INST //text popis
//DATE 2019/10/24 06:28 //text popis
//COMM =====RIDICI (MASTR JOB)===== //text popis
//ATTR SC, RO //text popis
NOP //no operation
*START //Návěští skoku
CALL JOB:HOME_R //Podprogram – Manipulátor do základní pozice
*****
CALL JOB:STANIC_A IF IN#(8)=ON //Tlačítková volba stanice 1 digit. vstup 8
CALL JOB:STANIC_B IF IN#(6)=ON // Tlačítková volba stanice 2 digit. vstup 6
*****
  
```



```

DOUT OT#(905) OFF    /// Vypnout výstup 905
DOUT OT#(906) OFF    /// Vypnout výstupu 906
TIMER T=0.50        ///Časová prodleva na zpracování
CALL JOB:HOME_ALL    ///Podprogram – Manipulátor i polohovadla do základní pozice
TIMER T=0.50        ///Časová prodleva na zpracování
JUMP *START         ///Skoč na začátek
END

```

**Program stanice A**

```

/JOB                ///text popis
//NAME STANIC_A     ///text popis
//POS              ///text popis
///NPOS 0,0,0,0,0,0 ///text popis
//INST            ///text popis
///DATE 2019/10/24 08:06 ///text popis
///ATTR SC,RW      ///text popis
NOP               ///no operation
PULSE OT#(10) T=14.50 ///Sepnutí výstupu 10 na 14,5s (ovládání odstínění)
DOUT OT#(3) ON     ///Zapnout výstup 3
WAIT IN#(10)=ON    /// čekej na vstup 10
WAIT IN#(9)=OFF    ///Čekej na vypnutí vstupu 9.
DOUT OT#(906) ON   /// Zapnout výstup 906
*****
CALL JOB:013_A     ///Zde se zadává konkrétní svařovací program např. „013_A.“
*****
TIMER T=0.50      ///Časová prodleva na zpracování
PSTART JOB:CISTICKA SUB1 ///Start podprogramu čistička uloženo pod proměn. SUB1
PWAIT SUB1        ///Počkej na dokončení podprogramu
TIMER T=0.50      ///Časová prodleva na zpracování
DOUT OT#(3) OFF   /// Vypnout výstup 3
DOUT OT#(906) OFF /// Vypnout výstup 906
DOUT OG#(7) 0     ///Nastavení výstupu 7 na hodnotu 0
END

```

## 6 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout kompaktní svařovací pracoviště vybavené robotickým manipulátorem.

V úvodu této práce jsem uvedl důvody, které motivují firmy k zavádění robotizace a celkové automatizace výroby.

V rešerši jsem se věnoval podrobnému popisu dostupných zařízení a technologií, ze kterých bylo potřeba vybrat konkrétní komponenty. Ale ne všechny popisované komponenty byly na stavbu zařízení použity. Na základě specifikace bylo vytvořeno svařovací pracoviště na přesně danou skupinu svařovaných dílů.

Další kapitola se zabývá popisem konstrukčního řešení celé svařovací buňky. Na začátku bylo nutné vytvořit půdorysný návrh, od kterého se bude odvíjet vše ostatní. Manipulátor a dvojice polohovadel byla rozmístěna tak, aby bylo možné zajistit bezpečnost celého pracoviště a zároveň zachovat dobrou dostupnost manipulátoru na svařovaných dílech.

Další kapitola se věnuje doplňkovým zařízením, periferiím a přípravkům, která jsou nezbytná pro plynulý provoz svařovacího pracoviště.

Poslední kapitola popisuje strukturu hlavních ovládacích programů, která zajišťuje funkčnost a bezpečnost celého pracoviště.

Nyní je svařovací pracoviště již v provozu a svařuje se na něm přes padesát typů výrobků.

## Použité knižní zdroje:

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [2] PISKAČ, Luděk. *Průmyslové roboty*. 2. přeprac. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004. ISBN 80-7043-278-0.
- [3] Kolektiv autorů. *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.
- [4] HESSE, Stefan. *Industrieroberpraxis: Automatisiere Handhabung in der Fertigung*. Wiesbaden: Vieweg, 1998. ISBN 3-528-06887-6.
- [5] Kolektiv autorů *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
- [6] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 2000. Edice strojaře. ISBN 80-7226-202-5.
- [7] CLOOS: Startseite. CLOOS: Startseite [online]. Copyright © 2018 Carl Cloos Schweisstechnik GmbH [cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <https://www.cloos.de/>
- [8] Robotic Automation Solutions | Yaskawa Motoman. *Robotic Automation Solutions* Yaskawa Motoman [online]. Copyright © 2018, Yaskawa America, Inc. All Rights Reserved. [cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <https://www.motoman.com>

## **Použité zkratky**

- MIG metal inert gas (za inertní plyn považujeme plyn, který neovlivňuje svařovou lázeň. Např. argon, helium, dusík)
- MAG metal aktiv gas
- WIG wolfram inert gas
- TIG tulsgen inert gas
- TCP tools center point
- TOV tools orientation vektor
- WPS Zkoušky postupu svařování

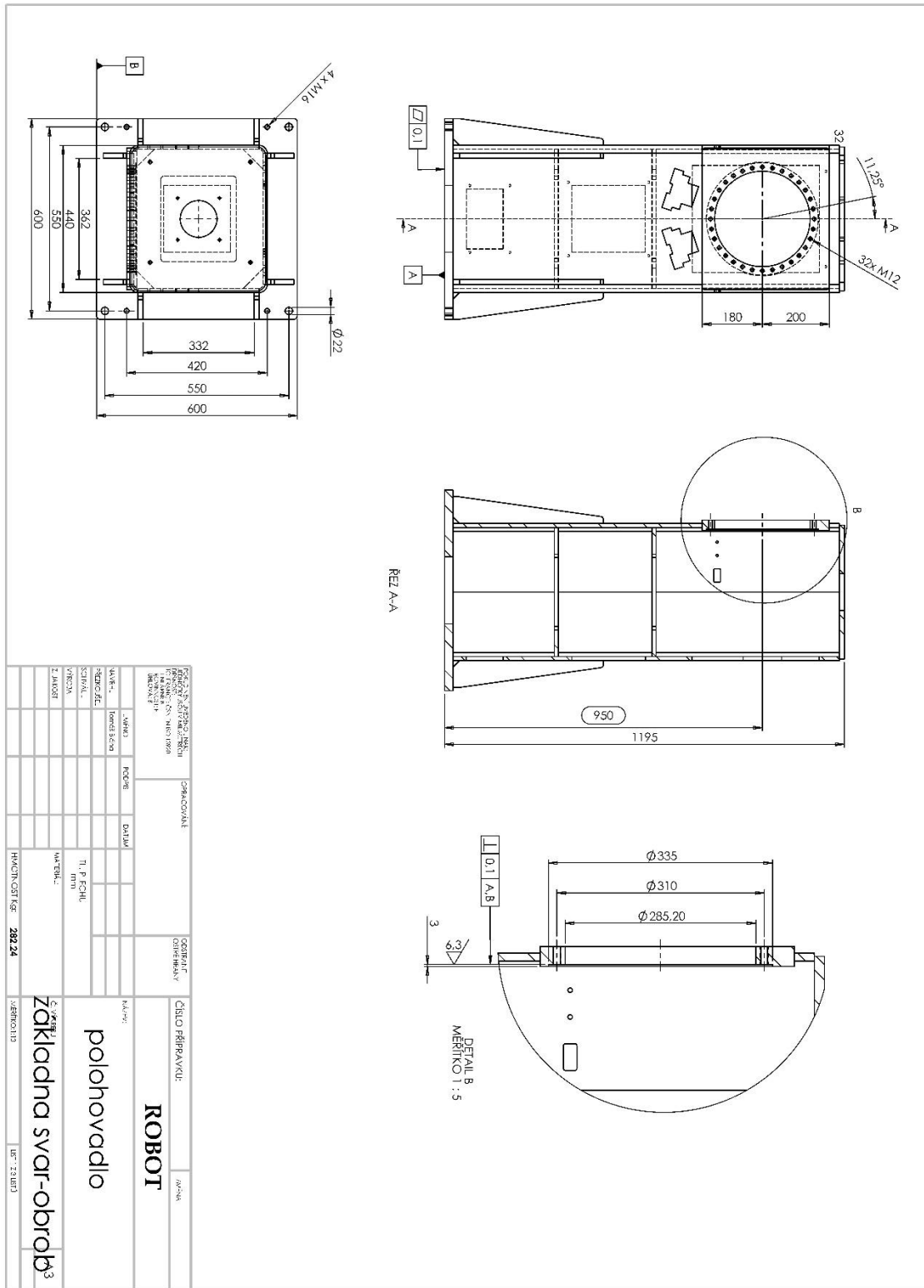
## **Přílohy**

Přílohy na zvláštních listech

Seznam příloh:

PŘÍLOHA 1 – Nosná část polohovadla .....	61
PŘÍLOHA 2 – Rám polohovadla levý .....	62
PŘÍLOHA 3 – Držák uhlíku.....	63
PŘÍLOHA 4 - Kompletní svařovací buňka .....	64

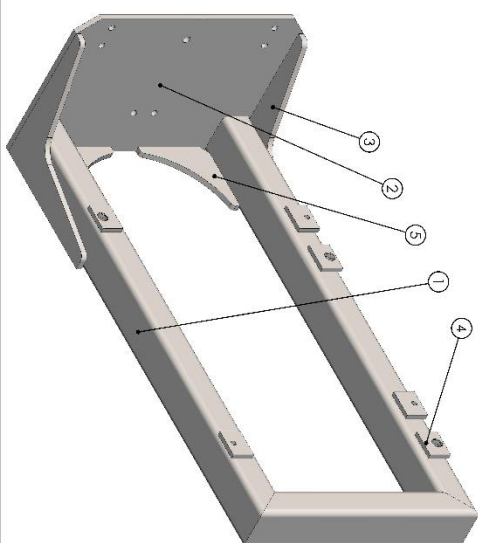
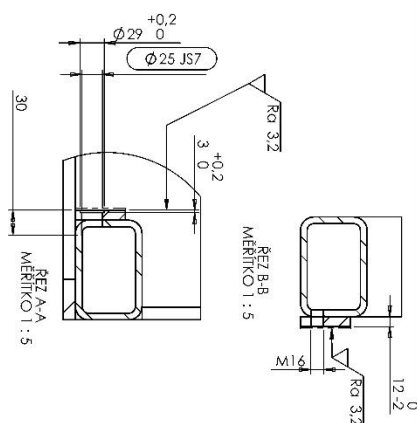
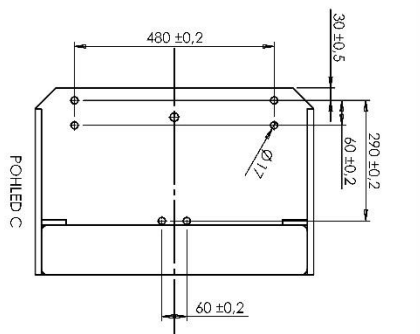
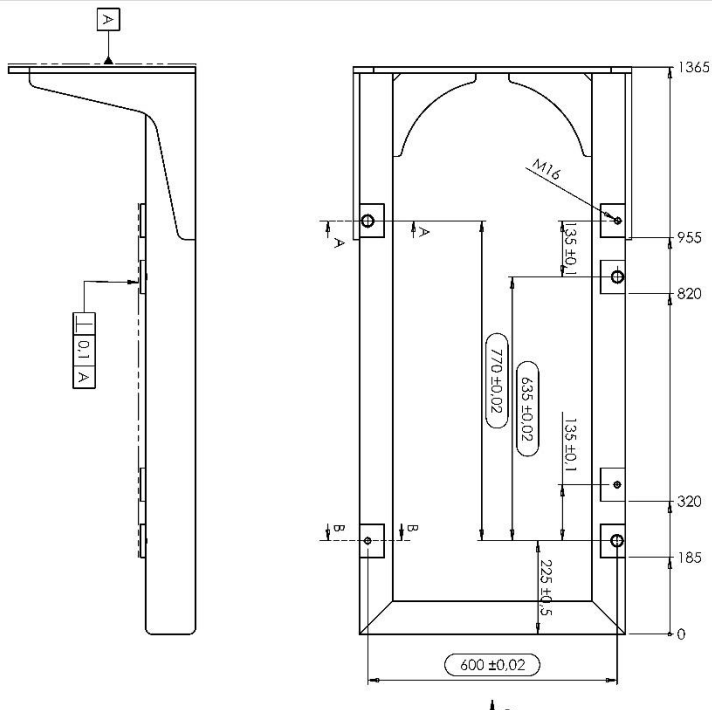
PŘÍLOHA 1 – Nosná část polohovadla



PŘÍLOHA 2 – Rám polohovadla levý

C. POL	C. dílu	Tloušťka dílečků	Popis	levý/pravo- závní	Hmotnost	Dotl. hodiny
1	Rám polohovadla R3	6	kolíčka R3	1	68,94	22.01.2020
2	Plech kolíčka R3 24	15	plech kolíčka	1	34,79	10.03.2019
3	Plech kolíčka R3 25	15	Plech kolíčka	2	5,93	10.03.2019
4	Plech kolíčka R3 26	12	plech	6	0,45	10.03.2019
5	Plech kolíčka R3 37	15	Plech	2	1,98	10.03.2019

**POZOR, LEVÝ A PRAVÝ RÁM SE ODLIŠUJE V POLOZE  
PLATÍ, ROZMÍSTĚNÍ ZÁVITŮ A OTVORŮ PRO ČEPY.  
VIZ. DALŠÍ VÝKRES**



PRŮBĚH VÝROBY		PRŮBĚH VÝROBY		PRŮBĚH VÝROBY	
NAZEV	ROZMĚRY	DATA	PRŮBĚH VÝROBY	DATA	PRŮBĚH VÝROBY
ROBOTA	132,06	13.12.2019			

PRŮBĚH VÝROBY	PRŮBĚH VÝROBY	PRŮBĚH VÝROBY
NAZEV	ROZMĚRY	DATA
ROBOTA	132,06	13.12.2019

PRŮBĚH VÝROBY	PRŮBĚH VÝROBY	PRŮBĚH VÝROBY
NAZEV	ROZMĚRY	DATA
ROBOTA	132,06	13.12.2019

**Rám polohovadla R3**

**ROBOT**





