

# KORIŠTENJE INDUSTRIJSKIH ROBOTA KOD ZAVARIVANJA

---

**Filipan, Robert**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:210382>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-10**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

ROBERT FILIPAN

**KORIŠTENJE INDUSTRIJSKIH ROBOTA  
KOD ZAVARIVANJA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2022.

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
PROFESSIONAL UNDERGRADUATE STUDY OF MECHATRONICS

ROBERT FILIPAN

# **USE OF INDUSTRIAL ROBOTS IN WELDING**

FINAL WORK

KARLOVAC, 2022.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

ROBERT FILIPAN

**KORIŠTENJE INDUSTRIJSKIH ROBOTA  
KOD ZAVARIVANJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Marijan Brozović, dipl.ing.stroj., v.pred.

KARLOVAC, 2022.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:  
602-07/\_\_\_-01/\_\_\_

Ur.broj:  
2133-61-04-\_\_\_-01

Datum:

## **ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA**

* Ime i prezime	Robert Filipan		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0112618070		
JMBAG	0248072875		
Studij (staviti znak <b>X</b> ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Stručni studij Mehatronike		
Godina upisa	2018.		
Datum podnošenja molbe	30.08.2022.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

\* Naslov teme na hrvatskom:

**KORIŠTENJE INDUSTRIJSKIH ROBOTA KOD ZAVARIVANJA**

\* Naslov teme na engleskom:

**USE OF INDUSTRIAL ROBOTS IN WELDING**

Opis zadatka:

U ovom završnom radu potrebno je obraditi tehnologiju zavarivanja, vrste zavarivanja, vrste elektroda, ispitivanje i kontrola zavarenog spoja kao i pogreške kod zavarivanja. Za industrijske robote, napraviti podjelu robota, vrste pogona, vrste senzora u robotici, te programiranje robota.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno, koristeći znanje stečeno tijekom studija, služeći se navedenom stručnom literaturom.

Karlovac, 21.09.2022.

Potpis:\_\_\_\_\_

## **SAŽETAK**

Razvojem tehnologije proizvodnja se sve više automatizira. Roboti se koriste u svim sferama življenja: medicini, poljoprivredi, industriji, znanosti. Oni preuzimaju sve više teških, opasnih i monotonih poslova, a time omogućavaju čovjekov daljnji rad u humanijim uvjetima. Jedno od takvih zanimanja je zavarivanje. Prednosti korištenja robota u zavarivanju su: zaštita radnika od različitih ozljeda i profesionalnih bolesti, veća brzina rada, automatiziranje proizvodnje, preciznost, obavljanje poslova bez pauza, bolovanja i godišnjih odmora, prenošenje većih i težih tereta. Roboti nemaju emocije pa nisu podložni stresu, dugoročno su isplativiji.

Ključne riječi: industrijski roboti, zavarivanje, dijelovi robota, postupci zavarivanja

## **SUMMARY**

With the development of technology production is increasingly automated. Robots are used in all spheres of life: medicine, agriculture, industry, science. They take on more and more difficult, dangerous and monotonous jobs, thereby enabling people to continue working in more humane conditions. One such occupation is welding. The advantages of using robots in welding are: protection of workers from various injuries and occupational diseases, greater speed of work, automation of production, precision, performing work without breaks, sick days and vacations, carrying larger and heavier loads. Robots have no emotions and are therefore not subject to stress, they are more profitable in the long term .

Keywords: industrial robots, welding, robot parts, welding procedures



# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA .....	4
1. UVOD .....	1
2. ZAVARIVANJE .....	2
2.1. Vrste zavarivanja .....	2
2.1.1. MIG / MAG zavarivanje .....	3
2.1.2. Elektrolučni postupak zavarivanja .....	4
2.1.3. Točkasto zavarivanje .....	5
2.1.4. Lasersko zavarivanje .....	6
2.2. Elektrode .....	7
2.3. Ispitivanje i kontrola zavarenog spoja .....	7
2.4. Pogreške kod zavarivanja .....	9
2.5. Izvori opasnosti .....	11
3. INDUSTRIJSKI ROBOTI .....	13
3.1. Podjela robota .....	13
3.2. Vrste Pogona .....	17
3.2.1. Elektromotorni pogoni .....	17
3.2.2. Hidraulički pogoni .....	17
3.2.3. Pneumatski pogoni .....	17
3.3. Senzori .....	18
3.3.1. Vizualni senzori .....	18
3.3.2. Taktilni senzori .....	18
3.3.3. Senzori udaljenosti .....	18
3.3.4. Optički senzori .....	18
3.3.5. Ultrazvučni senzori .....	19
3.3.6. Određivanje brzine .....	19
3.4. Programiranje robota .....	20
3.4.1. On-line metoda .....	20
3.4.2. Off-line metoda .....	20
3.4.3. Hibridna (miješana metoda) .....	20
3.5. Primjer robota u industriji .....	22
3.5.1. CoboFlex .....	22
4. RAZRADA ZADATKA .....	23
5. ZAKLJUČAK .....	41
LITERATURA .....	42

## POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela postupaka zavarivanja taljenjem [6].....	2
Slika 2. Podjela postupaka zavarivanja pritiskom [6].....	3
Slika 3. MIG/MAG proces zavarivanja [12].....	3
Slika 4. Elektrolučno zavarivanje [13].....	4
Slika 5. Primjer točkastog zavarivanja u autoindustriji [14].....	5
Slika 6. Lasersko zavarivanje [1].....	6
Slika 7. Elektromagnetsko ispitivanje pogrešaka u materijalu [2].....	8
Slika 8. Pukotine u zavarenom spoju [1].....	10
Slika 9. Zaštitna sredstva za rad pri zavarivanju [2].....	12
Slika 10. Industrijski robot za zavarivanje [16].....	13
Slika 11. Pravokutna konfiguracija robota [7].....	14
Slika 12. Cilindrična konfiguracija robota [7].....	14
Slika 13. Sferna konfiguracija robota [7].....	15
Slika 14. Robot tipa SCARA [7].....	15
Slika 15. Rotacijska konfiguracija robota [7].....	16
Slika 16. Rotacija robotske ruke uz pomoć hidrauličkog cilindra [7].....	17
Slika 17. Hvataljka robota sa sensorima dodira [7].....	19
Slika 18. CoboFlex robot [15].....	22
Slika 19. Robotska ćelija za zavarivanje YASKAWA [17].....	23
Slika 20. Upravljački pult robotske ćelije [17].....	24
Slika 21. Dio robota s upravljačkom jedinicom [17].....	24
Slika 22. Napajanje sistema [17].....	25
Slika 23. Postolje okretnog stola [17].....	26
Slika 24. Robot s pištoljem za zavarivanje [17].....	26
Slika 25. Postolje robota [17].....	27
Slika 26. MIG/MAG aparat za zavarivanje [17].....	27
Slika 27. Upravljački ormar s džojstikom i MIG/MAG aparatom za zavarivanje [17].....	28
Slika 28. Sklopni crtež postolja [17].....	30
Slika 29. Sklopni crtež s dimenzijama [17].....	31
Slika 30. U profil za izradu noge postolja [17].....	32
Slika 31. Poklopac za U profil [17].....	33
Slika 32. Okretni radni stol – položaj 1 [17].....	34
Slika 33. Programiranje džojstikom [17].....	35
Slika 34. Džojstik za ručno programiranje [17].....	36
Slika 35. Pištolj u polaznoj točki prije zavarivanja [17].....	37
Slika 36. Pištolj u polaznoj točki nakon zavarivanja [17].....	38
Slika 37. Prilaženje pištolja poziciji [17].....	39
Slika 38. Kontrola procesa zavarivanja [17].....	40

## POPIS OZNAKA

OZNAKA	OPIS	MJERNA JEDINICA
$Q$	Oslobođena energija u ele. luku	J
$I$	Jakost struje zavarivanja	A
$U_1$	Količina elektroda	N/m
$U_2$	Napon između elektrode i obratka	V
$\gamma$	Specifična težina	N/dm <sup>3</sup>
$A$	Površina presjeka žlijeba	mm <sup>2</sup>
$t$	Vrijeme	S

## 1. UVOD

Robotiku možemo definirati kao spoj mehanike, elektronike, informatike odnosno različitih tehničkih disciplina, a primjena im se nalazi u medicini, industriji ( autoindustriji, brodogradilištima ), istraživanju svemira, obrazovanju, poljoprivredi i mnogim drugim područjima, a služi kao pomoć čovjeku za obavljanje monotonih, opasnih i štetnih radnji.

Radna okolina u kojima roboti mogu raditi su visoka temperatura, vlaga, onečišćenje zraka, radioaktivnost.

Najveću primjenu robota pronalazimo kod zavarivanja, drugih opasnih radnji i okoline, te kod prijenosa materijala.

Roboti omogućuju industrijski napredak, i njihova primjena je postala rastući trend u EU, koji se proširio iz Japana i SAD-a, a programiranjem se roboti prilagođavaju različitim aktivnostima te se s njima mogu obavljati poslovi većom brzinom ili preciznošću nego što to može čovjek, ali zbog svoje cijene potrebna je ekonomska opravdanost za njihovu nabavku.

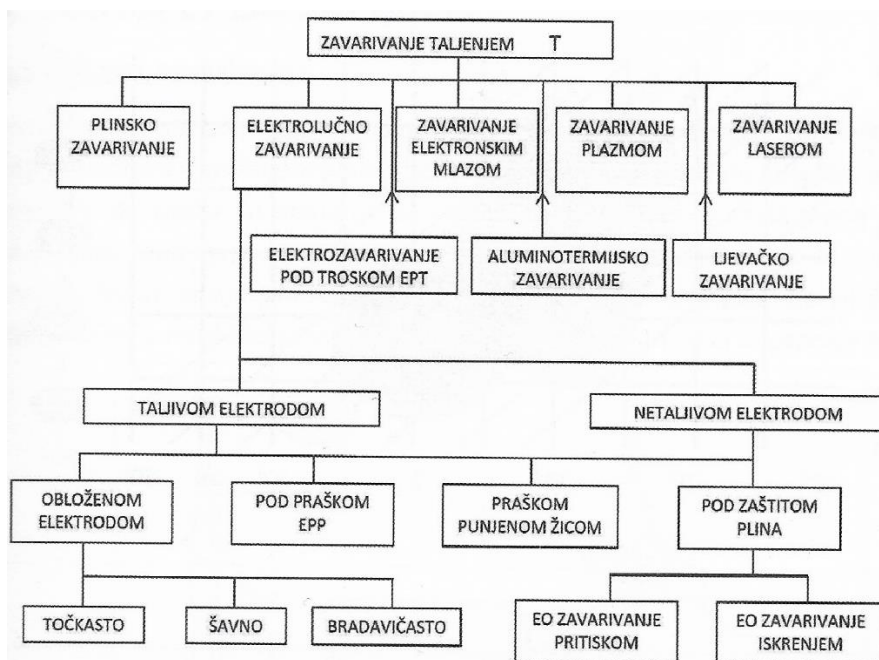
## 2. ZAVARIVANJE

Zavarivanje je način spajanja dijelova sličnih materijala, sa ili bez dodavanja materijala, te se pri tome spojni materijali istope i plastično deformiraju u zavar, a može se izvoditi taljenjem (uz pomoć topline – toplina izaziva promjene oblika materijala pa je potrebno ove neželjene posljedice držati pod kontrolom i to pažljivim izborom materijala i načina izrade) ili pritiskom (korištenjem toplinske i mehaničke energije). [1]

### 2.1. Vrste zavarivanja

Nisu svi postupci zavarivanja pogodni za robotizaciju, kao kod postupaka kod kojih je potrebno zaustaviti proces zavarivanja radi zamjene elektrode ili zbog dodavanja materijala.

Najviše korišteni postupak zavarivanja uz pomoć robota je MIG/MAG postupak jer elektroda i dodatni materijal čini žica koja se automatski dodaje. Također se često koristi i elektrootporno točkasto zavarivanje posebno u automobilskoj industriji, zatim elektrolučno i TIG zavarivanje.



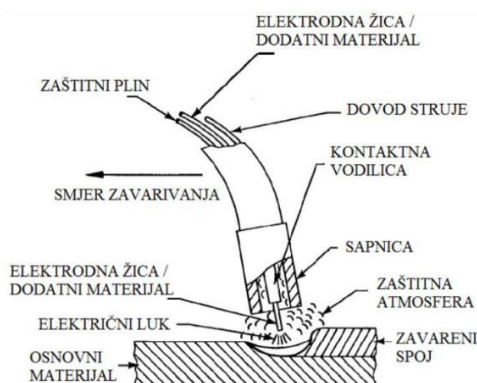
Slika 1. Podjela postupaka zavarivanja taljenjem [6]



Slika 2. Podjela postupaka zavarivanja pritiskom [6]

### 2.1.1. MIG / MAG zavarivanje

MIG (Metall Inert Gas) i MAG (Metall Aktiv Gas) su postupci zavarivanja gdje se koristi žica pri zavarivanju i to kao elektroda i kao dodatni materijal za taljenje, a automatski se odmotava s koluta na kojem se nalazi. Zaštitni plin (sprječava pristup kisiku i dušiku iz zraka te štiti metal od oksidacije) kod MIG zavarivanja je argon, a kod MAG zavarivanja uglavnom CO<sub>2</sub> ili mješavina argona i CO<sub>2</sub>. Kod MIG/MAG zavarivanja na kvalitetu zavarenog spoja utječu: jakost struje, promjer žice, napon električnog luka, količina zaštitnog plina, a prije samog početka zavarivanja obavlja se proba za postavljanje optimalnih parametara. [2]



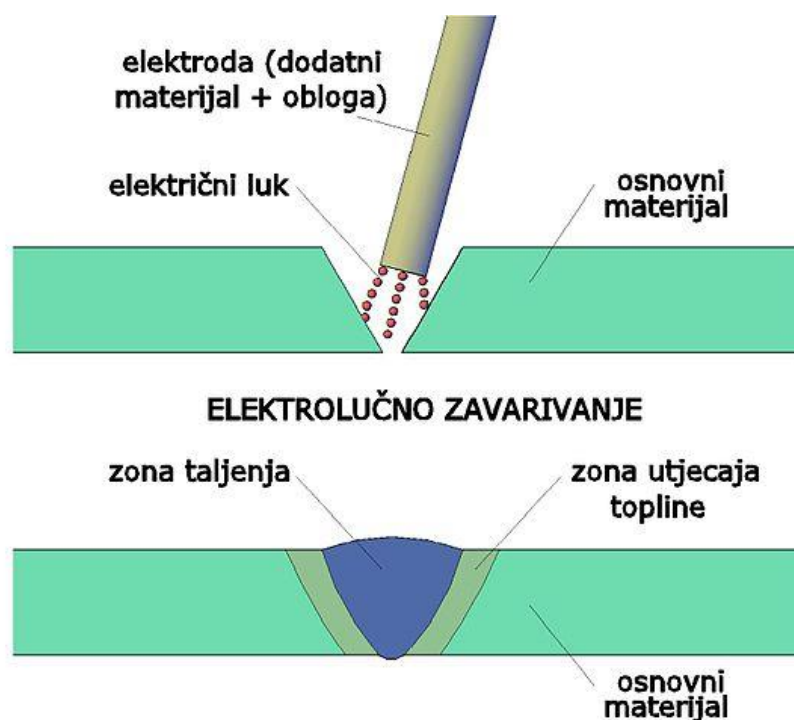
Slika 3. MIG/MAG proces zavarivanja [12]

### 2.1.2. Elektrolučni postupak zavarivanja

Elektrolučni postupak zavarivanja je postupak gdje zavareni spoj nastaje taljenjem metalnih dijelova. Izvor topline je električna energija električnog luka koji nastaje između radnog materijala i elektrode. Električni luk je električni izboj elektriciteta u plinovima različitih materijala, a potječe od metala elektrode. Energiju oslobođenu u električnom luku možemo prikazati jednadžbom:

$$Q = I * U * t \quad (1)$$

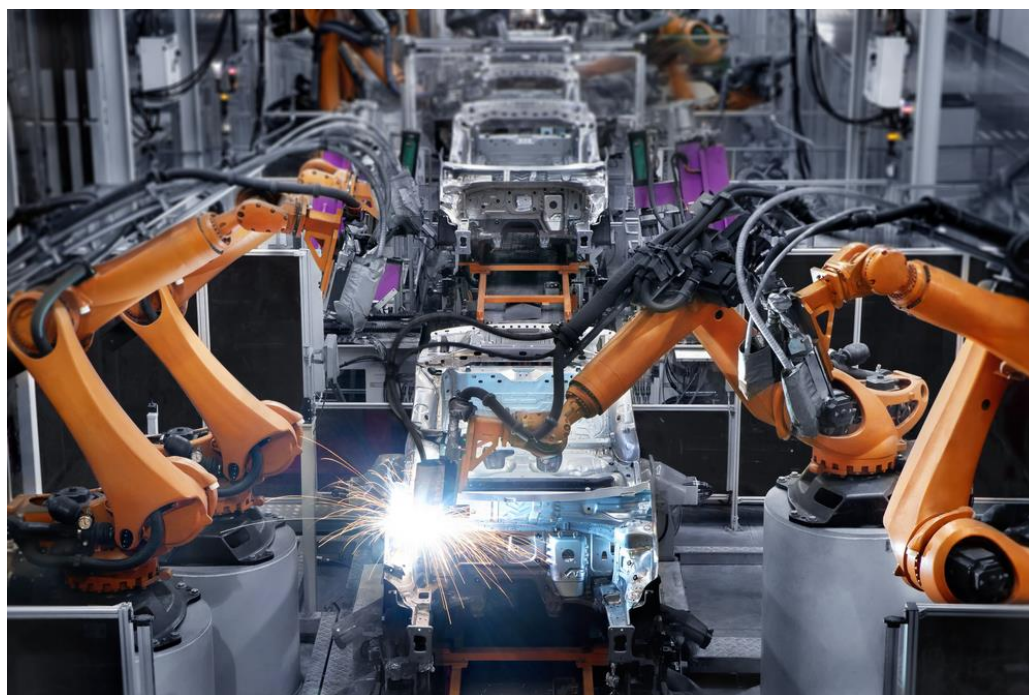
Izvori struje kod elektrolučnog zavarivanja nisu iz mreže ( 220V / 380V, 50Hz ) već je potrebno osigurati relativno jaku struju (50 – 1000A) s niskim naponom (nekoliko desetaka V). Kao izvori istosmjerne struje služe generatori i ispravljači, a kao izvori izmjenične struje transformatori i pretvarači frekvencije. Održavanje električnog luka se postiže tako da se elektroda ravnomjerno primiče kako se troši što utječe na kvalitetu zavarivanja. [3]



Slika 4. Elektrolučno zavarivanje [13]

### 2.1.3. Točkasto zavarivanje

Točkasto zavarivanje spada pod elektrootporno zavarivanje pod pritiskom gdje se elektrodama vrši pritisak na limove a zatim se pušta struja s jedne ili sa obje strane radne plohe. Stoga razlikujemo obostarno i jednostrano točkasto zavarivanje. Uglavnom se koristi za zavarivanje tanjih limova. Pritisak na elektrode ostvaruje se oprugom, pneumatskim ili hidrauličkim cilindrom a pri prolasku električne struje kroz lim stvara se otpor, povećava se temperatura te se mjesto dodira rastali, a zbog djelovanje sile nastaje zavareni spoj točkastog oblika. Na točkasto zavarivanje utječe debljina lima, promjer i pritisak elektrode, jakost struje i vrijeme prolaska struje. Točkasto zavarivanje koristi se u serijskoj proizvodnji okova, alata, kućišta, električnih uređaja, industriji vozila (automobili, zrakoplovi, bicikli), građevinarstvu.

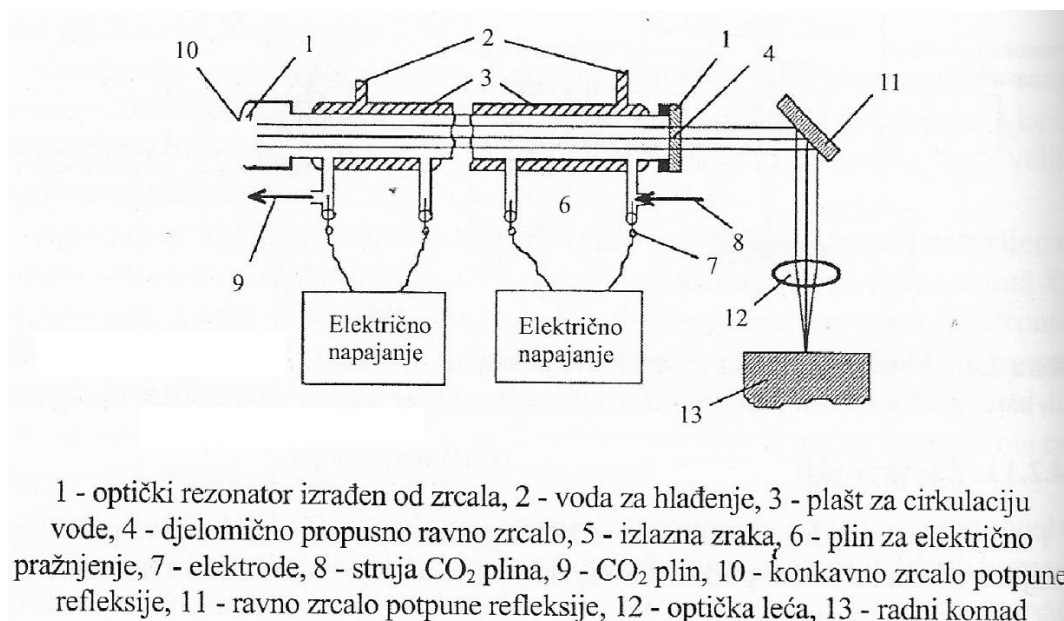


Slika 5. Primjer točkastog zavarivanja u autoindustriji [14]



## 2.1.4. Lasersko zavarivanje

Najčešće se koristi za zavarivanje u mikrotehnici i to plinskim laserima ( CO<sub>2</sub> laser ) sa koncentriranjem velike količine energije čime se metal zagrijava na visoku temperaturu, a spoj nastaje brzo i bez deformacija.



Slika 6. Lasersko zavarivanje [1]

„Za obradu metala najviše se koristi CO<sub>2</sub> laser. Plinska smjesa u staklenoj cijevi pobuđuje se malom strujom visokog napona. Električno izbijanje plinom pobuđuje CO<sub>2</sub> molekule koje pri povratku u prvobitno stanje emitiraju mlaz fotona (laserska zraka). Na jednoj strani cijevi nalazi se potpuno reflektirajuće, a na drugoj djelomično propusno zrcalo koje dopušta izlazak zrake.“ [1]

## 2.2. Elektrode

Imaju oblik štapića te se umeću u štipaljku odnosno „pištolju“. Dodirom radnog tijela s elektrodom dolazi do paljenja električnog luka, a visokom temperaturom električnog luka elektroda se topi te omogućuje stvaranje zavara. Također dolazi do topljenja i samog mjesta na predmetu gdje se električni luk zatvara.

Tri osnovna tipa elektroda su:

- Gola elektroda
- Elektroda s jezgrom (ispunom)
- Obložene elektrode

Gole elektrode su metalne, lijevane ili vučene žice. Jezgra punjenih elektroda mogu biti nemetalne (kemikalije, minerali) i metalne.

Obložene elektrode su presvučene plaštom različitih oksida, karbonata i ferolegura.

Ovisno o tipu i promjeru elektrode mijenja se i jakost struje zavarivanja.

Uz svaku elektrodu daju se napuci za ispravnu uporabu (boja raspoznavanja, vrsta električne struje, jačina struje, tvrdoći i žilavosti zavara). [4]

Postoji i način izračuna utroška elektroda:

$$U = \frac{1,1 A}{10^3} \gamma \quad (2)$$

## 2.3. Ispitivanje i kontrola zavarenog spoja

Za ispitivanje kvalitete zavarenih spojeva koriste se metode sa i bez razaranja.

Kod metode s razaranjem uzima se uzorak (epruveta) koji je posebno zavaren od istog materijala i izrađen pod istim uvjetima, te se taj uzorak mehanički ispituje na sljedeće načine:

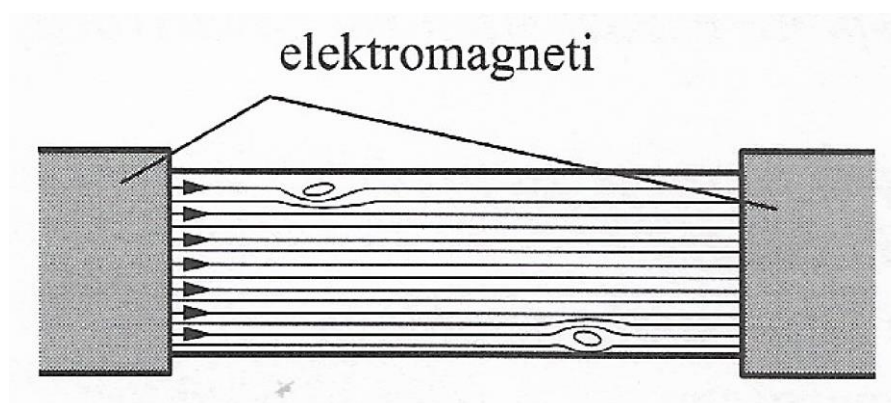
- Savijanjem, čiji je cilj saznati sposobnost deformacije zavarenog spoja
- Ispitivanjem žilavosti
- Ispitivanjem tvrdoće utiskivanjem čelične kuglice ili piramide u materijal određenom silom te izračunavanjem tvrdoće s obzirom na površinu otiska

- Ispitivanjem čvrstoće s obzirom na tlačjenje i vlak

Ispitivanja bez razaranja daje mogućnost ispitivanje materijal bez oštećenja, a izvodi se direktno na materijalima. Razlikujemo:

- Ispitivanje rendgenskim zrakama zasniva se na osnovi promjena intenziteta ionizirajućeg zračenja pri prolasku kroz materijali, analizi tih promjena što daje informacije o homogenosti predmeta. Šupljine u zavarima daju različit otpor pri prolazu rendgenskih zraka , a to se onda u obliku sjena očitava na rendgenskom filmu.
- Ispitivanje zavarenih spojeva vrši se i s obzirom na nepropusnost vodenog ili plinskog medija pod tlakom ili sa uljnom probom. Kod tih ispitivanja pogreške se uočavaju vizualno, uz pomoć bijelog kontrasta.
- Ultrazvučnu kontrolu – zvučni valovi prolaze kroz materijal te se odbijaju na stijenkama, zatim se vraćaju u uređaj i pretvaraju u električne impulse. Kod greške u materijalu imamo slabljenje ili odbijanje ultrazvučnih valova.

Magnetno ispitivanje se temelji na magnetskim svojstvima materijala tako da se predmet ispitivanja postavi između dva jaka magneta. Kod homogenog materijala magnetne silnice pravilno prolaze, a kod grešaka one zaobilaze ta mjesta. [5]



Slika 7. Elektromagnetsko ispitivanje pogrešaka u materijalu [2]

## 2.4. Pogreške kod zavarivanja

Greške pri zavarivanju, u zavarenim spojevima je vrlo teško izbjeći, te ih je potrebno dobro poznavati i preventivno utjecati na njihovo smanjivanje. Uzroci nastanka grešaka mogu se nalaziti u vještini zavarivača, izboru materijala, tehnici spajanja itd.

Greškama se smanjuje kvaliteta zavarenih spojeva, a time i mehaničkih svojstava, smanjuje se nosivost, vijek trajanja proizvoda, može doći i do loma i time do ozbiljnih posljedica.

Greške se obično svrstavaju kao:

- Pukotine
- Šupljine
- Čvrsti uključci
- Nedovoljno vezivanje
- Greške oblike zavara
- Ostale greške

Pukotine spadaju u najveće pogreške zavara, jer prilikom naprezanja i mala pukotina može dovesti do prijeloma, te se stoga smatraju nedopuštenim pogreškama.

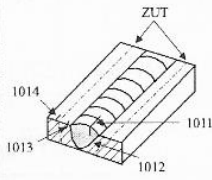
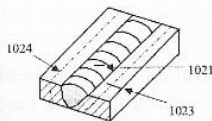
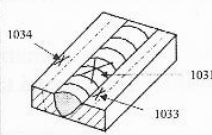
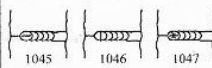
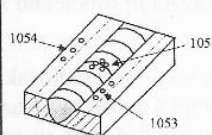
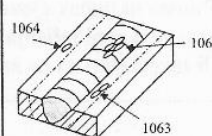
Šupljine predstavljaju mjesta sa zarobljenim mjehurićima plina. Uzroci njihovog stvaranja su nečistoće i vlaga, te neispravne tehnike rada.

Čvrsti uključci predstavljaju strana tijela kao što je troska ili prašak zarobljen u masi materijala zavara.

Nedovoljno vezivanje je nepostojanje čvrste veze u zavarenom spoju. Najčešće se događa zbog nepravilne pripreme spojeva, te pogrešnih parametara zavarivanja i nepravilne tehnike rada.

Pogreške oblike zavara je odstupanje od zadanog oblika.

Ostale pogreške nastaju kao površinska oštećenja materijala.

Naziv	Prikaz	Oznaka		Opis
		EN	IIW	
Pukotina		100	E	Pukotine su mjestimično razdvojen materijal u zavarenom spoju zbog loma nastalog utjecajem zavarivanja
Mikropukotina		1001	-	Mikropukotina je sitna, mikroskopom vidljiva pukotina
Uzdužne pukotine		101	Ea	Uzdužne pukotine su one koje se protežu uglavnom, uzdužno na zavar, a mogu biti:
		1011	-	- u zavaru
		1012	-	- na granici pretaljivanja
		1013	-	- u zoni utjecaja topline (ZUT)
		1014	-	- izvan ZUT-a (u osnovnom materijalu)
Poprečne pukotine		102	Eb	Poprečne pukotine se protežu poprečno na os zavora, a mogu biti:
		1021	-	- u zavaru
		1023	-	- u zoni utjecaja topline (ZUT)
		1024	-	- izvan ZUT-a (u osnovnom materijalu)
Pukotine zvjezdastog oblika		103	E	Pukotine zvjezdastog oblika polaze iz jednog mjesta i zrakasto se šire, a mogu biti:
		1031	-	- u zavaru
		1033	-	- u zoni utjecaja topline (ZUT)
		1034	-	- izvan ZUT-a (u osnovnom materijalu)
Pukotine u završnom krateru		104	Ec	Pukotine u završnom krateru, mogu biti oblika:
		1045	-	- uzdužno u pravcu zavora
		1046	-	- poprečno na zavar
		1047	-	- zvjezdastog oblika
Pukotine u odvojenim skupinama		105	E	Pukotine u odvojenim skupinama koje nisu povezane, a mogu biti:
		1051	-	- u zavaru
		1053	-	- u zoni utjecaja topline (ZUT)
		1054	-	- izvan ZUT-a (u osnovnom materijalu)
Razgranate pukotine		106	E	Razgranate pukotine međusobno su ovisne i polaze iz jedna zajedničke pukotine. Razlikuju se od pukotina pod 103 i 105, a mogu biti:
		1061	-	- u zavaru
		1063	-	- u zoni utjecaja topline (ZUT)
		1064	-	- izvan ZUT-a (u osnovnom materijalu)

Slika 8. Pukotine u zavarenom spoju [1]

## 2.5. Izvori opasnosti

Različite opasnosti koje se javljaju kod zavarivanja jesu buka, bljeskanje, električni udar, plinovi, neprirodan položaj tijela.

Prilikom zavarivanja koriste se zaštitni plinovi, ali se također dodatno pojavljuju i štetni plinovi za zdravlje kao što je ozon, nitrozni plinovi, plinoviti fluor. Dimovi su suspenzije sitnih čestica, a najviše se pojavljuju kod ručnog elektrolučnog zavarivanja obloženom elektrodom. Ukoliko je koncentracija plinova, dimnih plinova i para viša od dozvoljenih vrijednosti potrebno je nositi plinske maske s ulošcima od aktivnog ugljena ili respiratore s filterima. Zaštita se postiže i dobrom ventilacijom radnog prostora. Udisanje metalnih para (oksida Zn, Sn, Cu, Ni i Fe) može dovesti do metalne groznice, nekoliko sati nakon udisanja. Ona brzo prolazi te ne ostavlja štetne posljedice, ali kod zavarivanja visokolegiranih čelika (Ni, Cr) koji spadaju u kancerogene tvari, inkubacija je 20-30 godina.

Kod zavarivanja dolazi i do elektromagnetnog zračenja u području ultraljubičastog vidljivog i infracrvenog dijela spektra. Budući da zavarivač ne vidi zračenje, zjenice se ne sužavaju, te se stoga moraju koristiti filteri i tamna stakla kao zaštita, a oni ujedno štite oči i od mehaničkih oštećenja od prskanja i iskri.

Zavarivači se također susreću i sa podvodnim zavarivanjem gdje je potrebno jako dobro planiranje zaštite. Izvori opasnosti kod takvog zavarivanja su električna struja (uporaba električne struje u vodi je izuzetno opasna), eksplozivni plinovi nastali izgaranjem elektroda i isparavanjem vode, povećani tlak, te udisanje plinova pod povećanim tlakom.

Zavarivački poslovi često se obavljaju u skućenim prostorima gdje je potrebno mjeriti količinu kisika, toksičnosti plinova, vlažnost i eksplozivnost, te je u tim uvjetima obvezna upotreba vatrootporne odjeće.

I na kraju, rad u takvim teškim uvjetima, pod utjecajem visokih i niskih temperatura, vlage, strujanja zraka, može dovesti do različitih psihofizičkih posljedica po radnika.

Prednosti korištenja robota u zavarivanju su zaštita radnika od različitih ozljeda i profesionalnih bolesti, veća brzina rada, automatiziranje proizvodnje, preciznost, obavljanje poslova bez pauza, bolovanja i godišnjih odmora prenošenje većih i težih tereta, roboti nemaju emocije pa nisu podložni stresu, dugoročno su isplativiji.

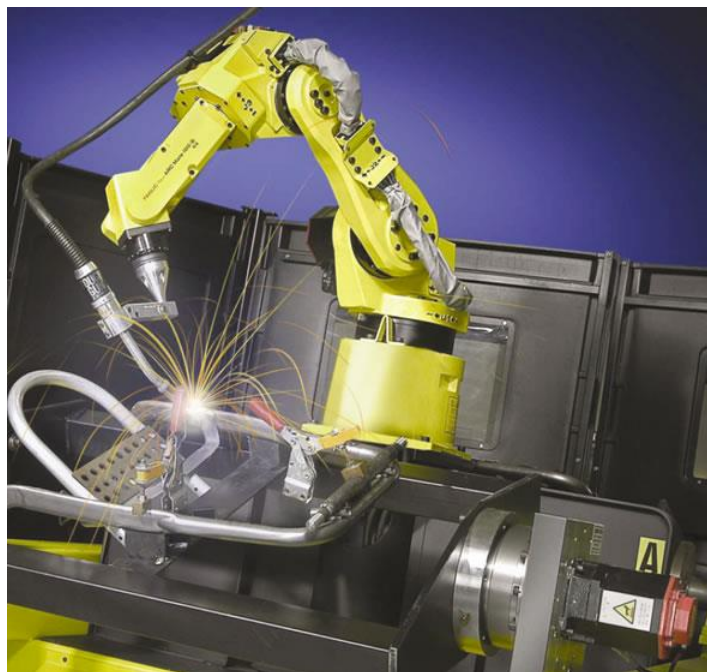


Slika 9. Zaštitna sredstva za rad pri zavarivanju [2]



### 3. INDUSTRIJSKI ROBOTI

Industrijski roboti su se pojavili u nastojanju za oslobađanjem čovjeka od monotonog i opasnog, teškog fizičkog rada, a u želji za povećanjem profita. Bitne značajke robota su broj stupnjeva slobode gibanja, točnost u pozicioniranju, upravljanje robotom, način programiranja, mogućnost priključka dodatnih osjetila.



Slika 10. Industrijski robot za zavarivanje [16]

#### 3.1. Podjela robota

Robote možemo podijeliti mehanički na:

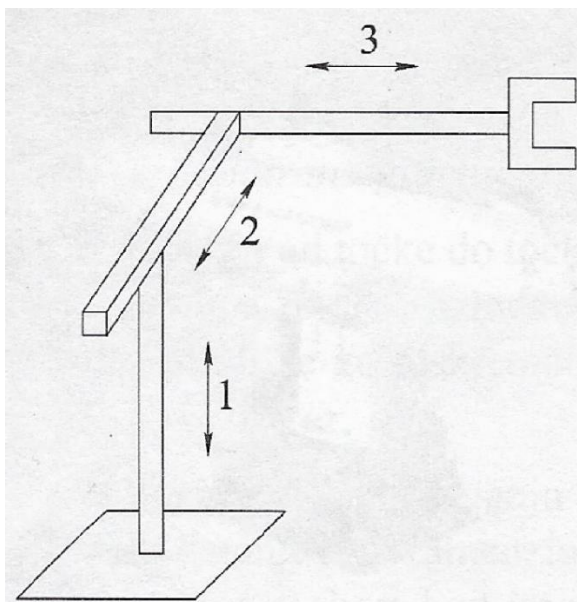
- Konstrukciju robota s pogonskim sustavima
  - Senzore koji omogućavaju komunikaciju s okolinom, te daju informacije o položajima robotskih dijelova
  - Upravljačke uređaje
- Tijelo robota ima završni mehanizam u obliku robotske ruke koja se sastoji od zglobova. Kod industrijskih robota u upotrebi su dva osnovna tipa zglobova:
- Rotacijski (rotira oko osi)
  - Translacijski (giba se linijski)

Različitim kombinacijama rotacijskih (R) i translacijskih (T) zglobova određuju se konfiguracije robota (pravokutna, cilindrična, rotacijska, sferna, robot tipa SCARA).



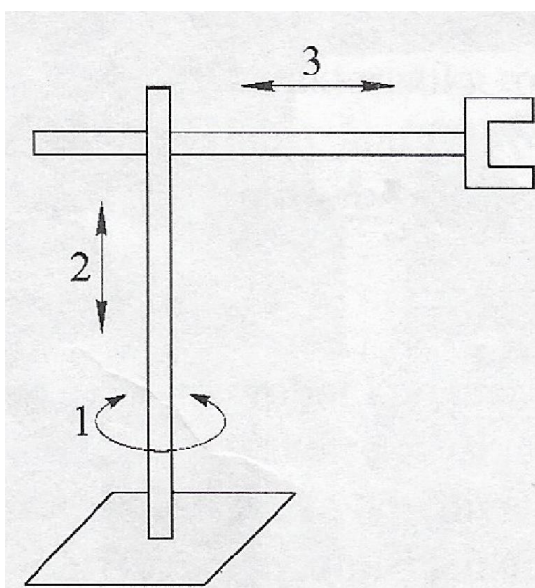
Industrijski robot s pravokutnom konfiguracijom (TTT) ima 3 translacijska zgloba.

Odlikuju se velikom preciznošću u radu, ali su slabo pokretljivi jer se radi o linijskom kretanju. Pokretanje zglobova uglavnom se obavlja uz pomoć električnih ili pneumatskih motora.



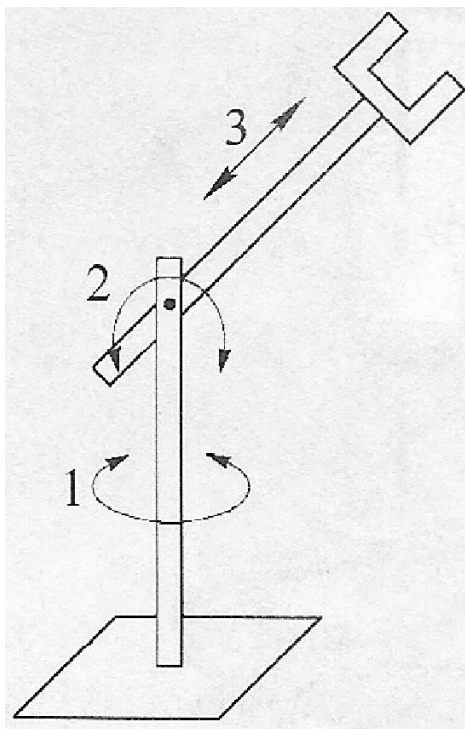
Slika 11. Pravokutna konfiguracija robota [7]

Kod zamjene prvog zgloba pravokutne konfiguracije sa rotacijskim zglobom nastaje robot cilindrične konfiguracije (RTT). Radni prostor takvog robota je volumen između dva vertikalna koncentrična plašta valjka.



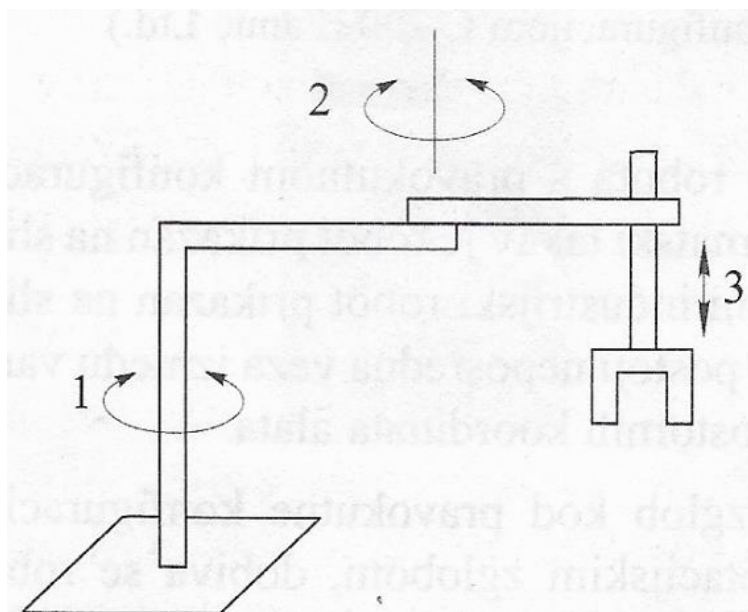
Slika 12. Cilindrična konfiguracija robota [7]

Kod zamjene drugog zgloba cilindrične konfiguracije rotacijskim zglobom nastaje robot sferne konfiguracije (RRT).



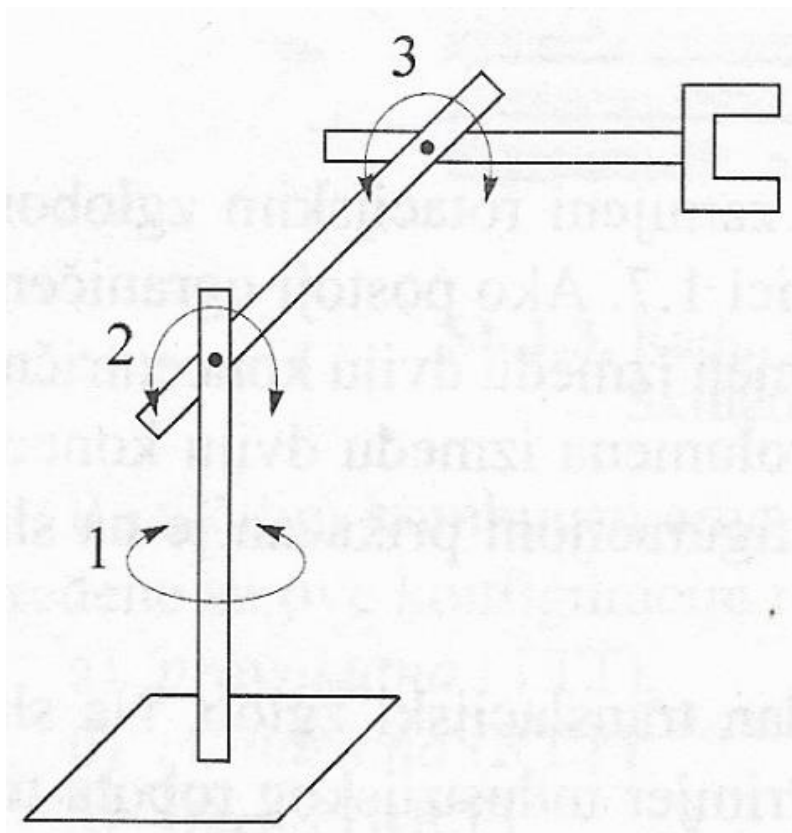
Slika 13. Sferna konfiguracija robota [7]

Robot tipa SCARA (engl. Selective Compliance Assembly Robot Arm) – RTR, TRR ili RRT, sadrži jedan translacijski i dva rotacijska zgloba.



Slika 14. Robot tipa SCARA [7]

U slučaju gdje robot ima sva tri translacijska zgloba, tada kažemo da ima rotacijsku konfiguraciju (RRR). Radni prostor takvog robota je kugla. [7]



Slika 15. Rotacijska konfiguracija robota [7]

## 3.2. Vrste Pogona

Roboti mogu biti pokretani:

- Električnim motorima
- Hidrauličkim pogonima
- Pneumatskim pogonima

### 3.2.1. Elektromotorni pogoni

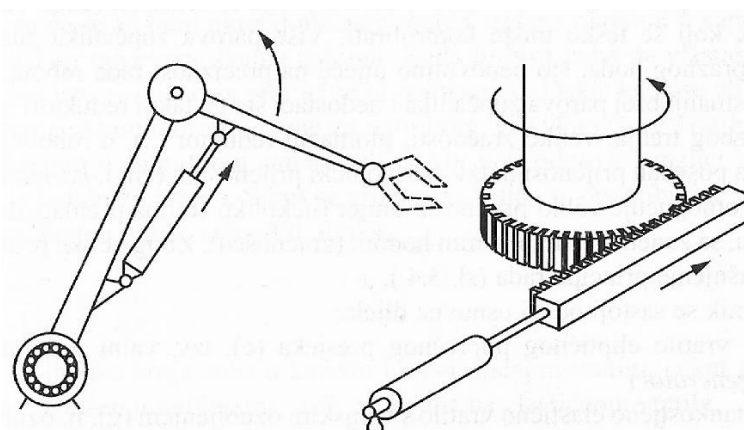
Za pokretanje robota najčešće se upotrebljavaju elektromotori (istosmjerni, izmjenični i koračni). Relativno su jeftini, brzi i točni, daju manju razinu šuma, te mogućnost daljinskog prijenosa signala. Ograničeni su u snazi kod prenošenja teških tereta, te se tu daje prednost hidrauličkim pogonima.

### 3.2.2. Hidraulički pogoni

Imaju zadovoljavajuću brzinu rada. Zbog nestlačivosti ulja mogu mirno održavati položaj. Nedostatak im je visoka cijena, te onečišćenje okoliša zbog mogućeg istjecanja ulja. Uglavnom se postavljaju u zglobove robota, jer zbog velikog izlaznog momenta ostvaruju istodobno pogonski moment.

### 3.2.3. Pneumatski pogoni

Ovo je najstariji način pokretanja robota, a ostvaruju veliku brzinu rada, ali ju je teško regulirati. Zrak se izbacuje kroz ventil u okolinu, te tako stvaraju veliku buku. Pogodni su za jednostavnije radnje kao što je prenošenje tereta. [8]



Slika 16. Rotacija robotske ruke uz pomoć hidrauličkog cilindra [7]

### 3.3. Senzori

Senzore možemo podijeliti na unutarnje ( pozicija, brzina...) i vanjske ( taktilni, vizualni...).

Uz pomoć senzora roboti dobivaju informacije o svojoj okolini.

#### 3.3.1. Vizualni senzori

Vizualni senzori daju robotima „vid“ i mogućnost da obavljaju vrlo složene poslove. Njima je omogućeno bolje snalaženje robota u prostoru, identifikacija odnosno prepoznavanje oblika položaja predmeta. Robot sliku dobiva uz pomoć kamere, a jedan od važnih zahtjeva za to je način osvjetljenja, bez sjene i refleksije. Što se tiče prepoznavanja potrebno je pomoći i robotu unaprijed definirati neku skupinu raspoređivanjem ( rupe, trake ).

#### 3.3.2. Taktilni senzori

Taktilni senzori pripadaju unutarnjim i vanjskim sensorima, postavljaju se na unutarnju stranu hvataljki kako bi robot držao npr. pištolj za zavarivanje ili sa vanjske strane hvataljke kako bi izbjegavao dodire.

#### 3.3.3. Senzori udaljenosti

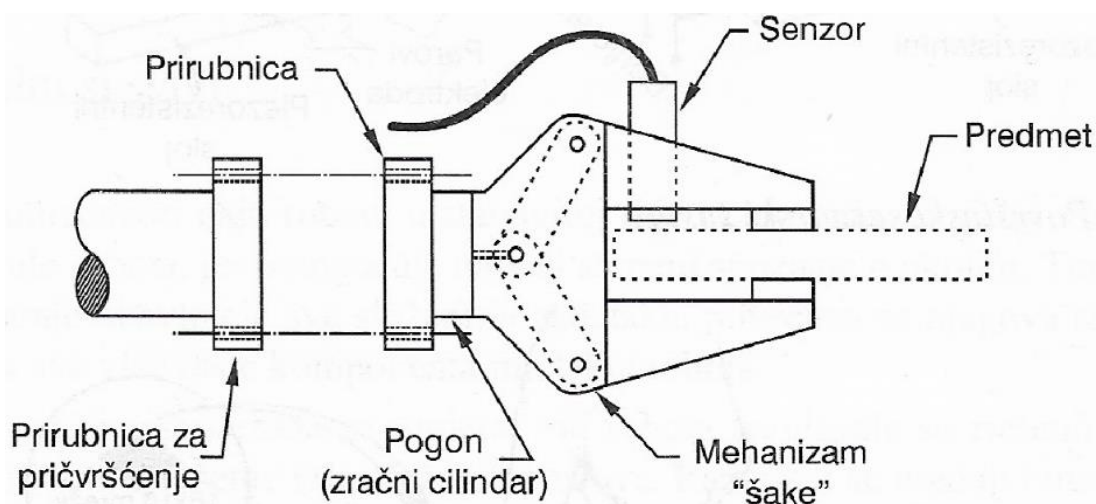
Senzori udaljenosti mogu biti induktivni senzori s magnetima koji robotu na temelju inducirane elektromotorne sile koja je proporcionalne udaljenosti od metalnog predmeta, dojavljuje tu udaljenost.

#### 3.3.4. Optički senzori

Optički senzori odbijaju lasersku svjetlost od predmet.

### 3.3.5. Ultrazvučni senzori

Ultrazvučni senzori identificiraju blizinu predmeta uz pomoć odbijenog zvučnog signala i vremena između emitiranja i primanja signala te brzine rasprostiranja ultrazvuka u prostoru.



Slika 17. Hvatiljka robota sa sensorima dodira [7]

### 3.3.6. Određivanje brzine

Kako bi odredili brzinu gibanja zglobova koriste se tahogeneratori i digitalni tahometri, a za robote s translacijskim zglobovima brzina se određuje uz pomoć mjerenja okretaja pretvarajući ih u brzinu uzdužnih pomaka.

Digitalni tahometri mjere kut zaokreta koji dijeljen s vremenskim intervalom daje kutnu brzinu. Tahogenerator radi kao generator. Mjeri se kutna brzina osovine a izlaz je napon koji je proporcionalan brzini vrtnje.

### 3.4. Programiranje robota

Osnovne metode programiranja robota su:

- On-line metoda
- Off-line metoda
- Hibridna (miješana) metoda

#### 3.4.1. On-line metoda

On-line programiranje izvodi se direktno na radnom mjestu, a robotom se upravlja „ručnom „ kontrolom. Kursorom se pomiču zglobovi robota do točke zavarivanja i taj položaj se pohranjuje u memoriju, a dvije pohranjene točke položaja i parametara zavarivanja sačinjavaju jedan program. Nakon toga robot automatski ponavlja programirano gibanje. Takvo programiranje namijenjeno je za veće serije jer nije podložno čestim promjenama.

#### 3.4.2. Off-line metoda

Off-line programiranje obavlja se bilo gdje, neovisno o tome gdje se robot nalazi. U ovoj metodi zadatak je zadan uz pomoć teksta ili grafički, programskim jezikom. Programski se sustavi mogu povezivati s CAD sustavima, te se tako koriste podaci o izratku, stanici za zavarivanje i robotu. Ovim programiranjem omogućena je ekonomična proizvodnja malih serija te grafički prikaz objekata i podataka koji se mogu pohranjivati. Za ovo programiranje potrebni su stručni kadrovi koji uz tehnologiju zavarivanja moraju biti upoznati sa CAD i osnovama programiranja.

#### 3.4.3. Hibridna (miješana metoda)

U slučaju visoke cijene programskih sustava off-line programiranja te sporosti u izmjenama kod on-line programiranja često se kombiniraju te dvije metode.

Robotizacija elektrolučnog zavarivanja je vrlo složena gdje robotska ruka sa pištoljem za zavarivanje i elektrodom mora točno putovati točno određenom putanjom i ujedno upravljati i velikim brojem zavarivačkih parametara.

Starije generacije robota ponavljaju naučenu putanju , a za ravni zavar zadaje mu se početna i završna točka . Takvo zavarivanje ograničeno je na jednostavne oblike dijelova.

Tu se javljaju nedostaci vezano za:

- odstupanje od linije spoja od one programirane (zbog nepravilne montaže, deformacija)
- promjene napona i jakosti struje luka od one programirane

Danas je taj problem riješen instaliranjem vanjskih senzora koji raspoznaju potrebnu putanju, također senzori daju podatke koji se odnose na liniju zavara, suvremena rješenja su i beskontaktni senzori gdje se približavanje rubu određuje na temelju promjena električnih karakteristika luka.



### 3.5. Primjer robota u industriji

#### 3.5.1. CoboFlex

Robot za zavarivanje smanjuje troškove proizvodnje, može se brzo integrirati u proizvodnju, brzo se postavlja i programira. Može se koristiti za male serije zavarivanja. U fazi učenja robotom se može ručno upravljati a u slučaju prekoračenja brzine aktivira se sigurnosno isključivanje. Ne zahtijeva dodatnu sigurnosnu opremu a zauzima samo dva metra kvadratna prostora. Relativno je male nosivosti od 10 kg, visoke točnosti od +/- 0,05 mm. Brzina pomicanja je 1 m/s a domet mu je 1300 mm. [15]



Slika 18. CoboFlex robot [15]

#### 4. RAZRADA ZADATKA

Da bi se moglo kvalitetno pristupiti praktičnom dijelu zadatka, morao sam se upoznati s karakteristikama robotske ćelije instalirane u pogonu tvrtke Kontal d.o.o. – Karlovac, koja mi je i omogućila izradu praktičnog dijela u svom proizvodnom pogonu. Slike 19. do 26 iz arhive tvrtke Kontal d.o.o.– Karlovac prikazuju montažu robotske ćelije.



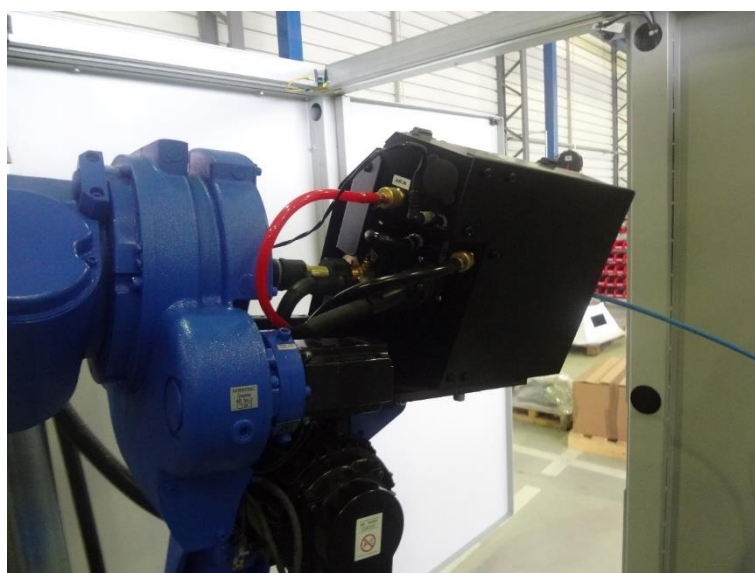
Slika 19. Robotska ćelija za zavarivanje YASKAWA [17]

Robotska ćelija ima okretni stol s dvije radne ploče, tako da se pozicije za zavarivanje postave na jednu ploču, koja se zatim zakretanjem za  $180^{\circ}$  uvede u radni prostor robota koji se nakon toga zatvara i vrši se zavarivanje. Istovremeno na drugu ploču okretnog radnog stola postavljaju se nove pozicije na već ranije pripremljene pozicije.

Bez obzira što je zavarivanje robotima vrlo efikasno, možemo reći da je jednako toliko i teško. Jako je bitno obratiti pažnju na sve detalje, jer sve to u konačnici može utjecati na kvalitetu i količinu proizvoda kao i na same troškove proizvodnje. Zavarivanje robotima zahtjeva iskustvo i znanje te sposobnost maksimalnog iskorištavanja potencijala robota. Slijedeće slike prikazuju dio postupka montaže robota i robotske ćelije koja je vrlo bitna za njegovo daljnje korištenje.



Slika 20. Upravljački pult robotske ćelije [17]



Slika 21. Dio robota s upravljačkom jedinicom [17]

Alatna središnja točka (TCP-Transmission Control Protocol). Jedan od osnovnih uvjeta pravilnog zavarivanja spojeva je određivanje središnje točke alata odnosno sinkronizacija robota, a postavlja se na vrh ili točku od koje su barem 3 osi (X,Y,Z) kalibrirane s razine. Što je više točaka, TCP je precizniji (ovisi o vrsti robota). Robot uvijek zadržava navedenu postavku, čak i kod nagiba radne ploče.



Slika 22. Napajanje sistema [17]

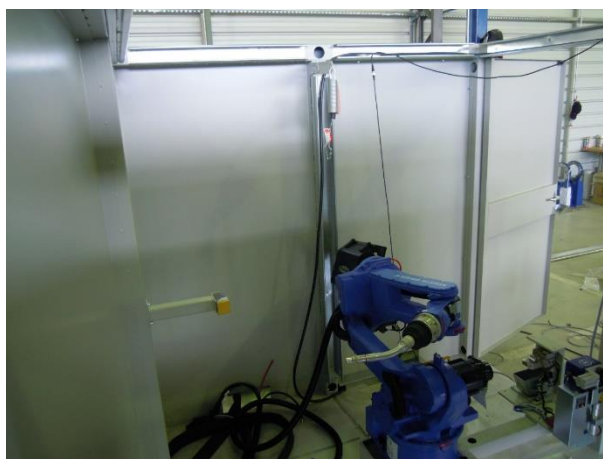
Ukoliko robot za zavarivanje napravi sudar sa glavom gorionika pri brzom kretanju ona se može deformirati te se tako i svi zavareni spojevi također pomaknu, ali se oštećenja ne primijete odmah. Stoga bi bilo poželjno da svaki robot ima zaštitu od sudara odnosno postupak isključivanja. U tom slučaju gorionik za zavarivanje je zaštićen i vraća se na izvorni TCP nakon resetiranja, a time se zaštićuje i kompletna oprema za zavarivanje. Bez takve zaštite od sudara bilo bi potrebno zaustavljati proces te ispravljati deformirani gorionik i ponovno ga kalibrirati na robot, što znači resetirati i TCP. Sve to zahtijeva puno vremena a postoji nekoliko desetaka ili više postavljenih programa za tu jedinu središnju točku alata. Zato možemo reći da se isplati imati automatsko isključivanje u slučaju sudara.





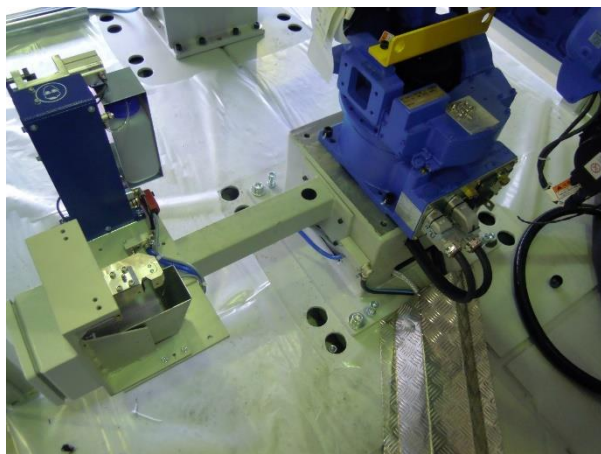
Slika 23. Postolje okretnog stola [17]

Stezni uređaji također moraju biti iznimno precizni jer u suprotnom mogu dovesti do neispravnih zavora. Optički senzori su ti koji otkrivaju da li komponente imaju prevelike tolerancije. Oni ih mogu ispravljati izravno pri samom postupku zavarivanja što direktno umanjuje broj neispravnih dijelova.



Slika 24. Robot s pištoljem za zavarivanje [17]

Kod izmjene glave gorionika ona se prije ponovnog korištenja mora obavezno provjeriti. Postoji sustav gdje robot automatski preuzima glavu gorionika te se time umanjuje vrijeme zastoja, ali u slučaju da to želimo ručno napraviti u ćeliji za zavarivanje neophodno je da nova glava ima isti kut i duljinu od prethodne jer samo tako možemo biti sigurni u točnost TCP-a.



Slika 25. Postolje robota [17]

Kod profesionalnog zavarivanja robotima, nije dovoljno zavarivače obučiti tako što ćemo ih poslati na tečaj robotike od nekoliko mjeseci. Potrebno je koristiti napredne programe obuke koje organiziraju proizvođači robota. Takvo stečeno znanje može se odmah i primijeniti u praksi. Naravno, nije uvijek moguće izbjeći greške ali one nas također uče što i kako raditi, ali i što treba izbjegavati.

U konačnici vrlo je važan odabir opreme za zavarivanje za proizvodni program. za ovu robotsku ćeliju odabran je MIG/MAG postupak zavarivanja – Slika 26.



Slika 26. MIG/MAG aparat za zavarivanje [17]



Slika 27. Upravljački ormar s džojstikom i MIG/MAG aparatom za zavarivanje [17]

Za praktični dio završnog rada odabrano je zavarivanje noge postolja. Na slici 28. vidimo sklopni crtež postolja s pozicijama. Pozicije 2, 3, 4 i 5 su U profili prikazani na slici 30., a pozicije 6, 7, 8 i 9 su poklopci prikazani na slici 30., kojima se zatvara U profil. Zadatak je pripremiti te dvije pozicije za zavarivanje pomoću robota. Iste je potrebno postaviti na radni stol u za to predviđenu pripremu i pomoću džojstika odrediti putanju i položaj pištolja za zavarivanje.

Na slici 19. vidljivo je da je radni stol puna čelična ploča i to se pokazalo nepraktičnim, pa su djelatnici tvrtke Kontal d.o.o.– Karlovac iste zamijenili s pločama s provrtima jer su na njima lakše pozicionirali i stezali pozicije za zavarivanje.

3D model radnog stola s rupičastim pločama (slika 32), napravljen je u programskom paketu SolidWorks i služi za pripremu pozicija za zavarivanje. 3D modeli pozicija postavljaju se na model okretnog stola i radi se plan stezanja i plan putanje pištolja za zavarivanje.

Pri tome je vrlo bitno kako postaviti stezače, jer isti ne smiju smetati mjestima predviđenim za zavarivanje, a isto tako vrlo je bitno odrediti pravilan redoslijed zavarivanja da ne dođe do deformiranja izratka.

Prema već naprijed navedenom osnovne metode ili vrste programiranja robota su:

- on-line programiranje
- off-line programiranje
- hibridno (mješano) programiranje

Unutar navedenih osnovnih metoda programiranja također postoje i daljnje podjele.

On-line programiranje:

- Programiranje se vrši na radnoj poziciji robota,
- Robot za vrijeme programiranja ne može obavljati proizvodnu funkciju.

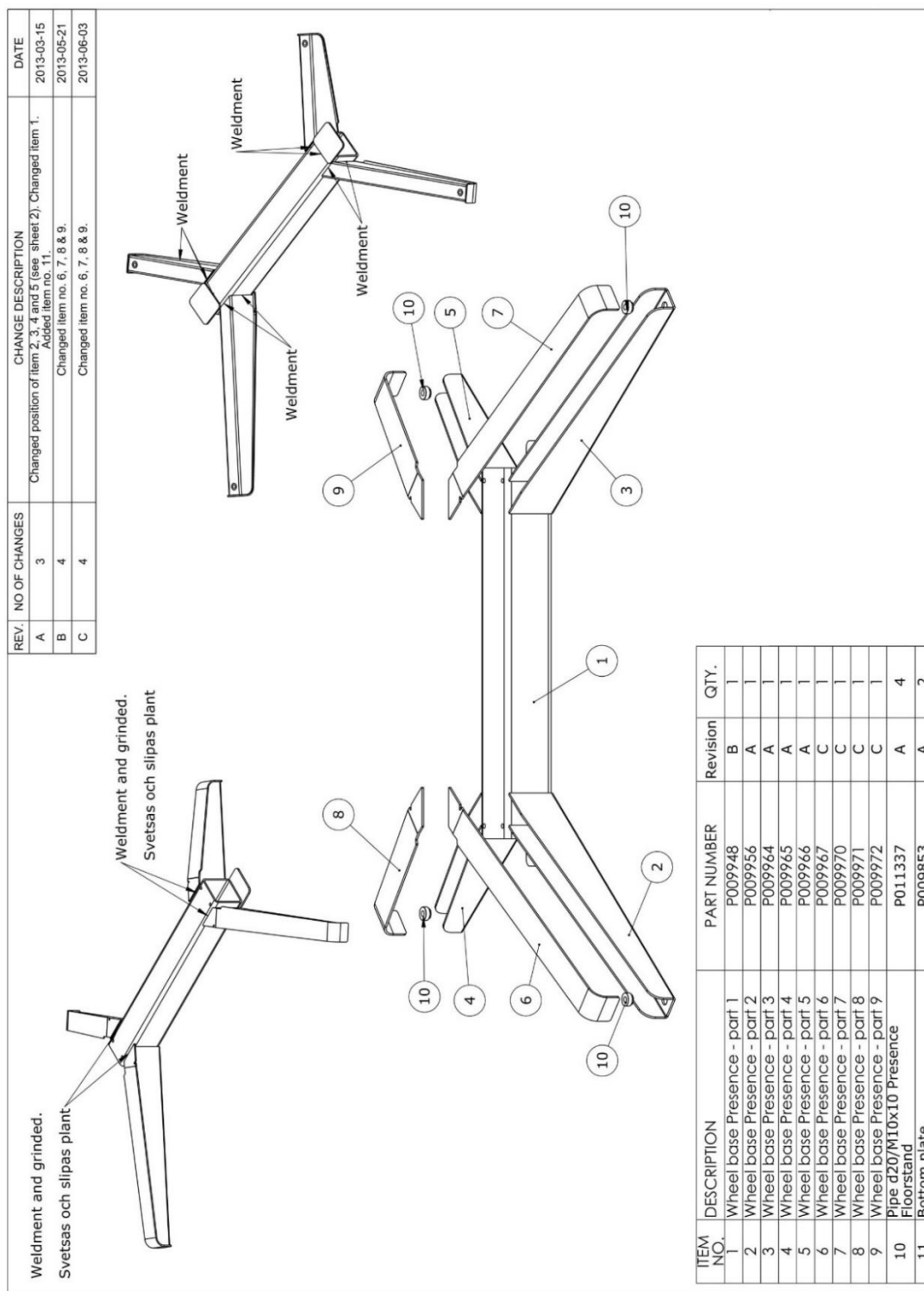
Najčešća metoda koja se spominje i upotrebljava je tzv. "teach in" metoda programiranja ili možemo reći učenje robota. Teach in metoda dijeli se na:

- izravno učenje - izvodi se tako da operater ručno pomiče ruku robota preko željenih točaka u prostoru, pozicije tih točaka pohranjuju se u memoriju što omogućuje kasnije kretanje robota po stazi definiranoj tim točkama.  
Danas je to vrlo rijedak način programiranja robota

- neizravno učenje – bit će objašnjeno kod praktičnog primjera

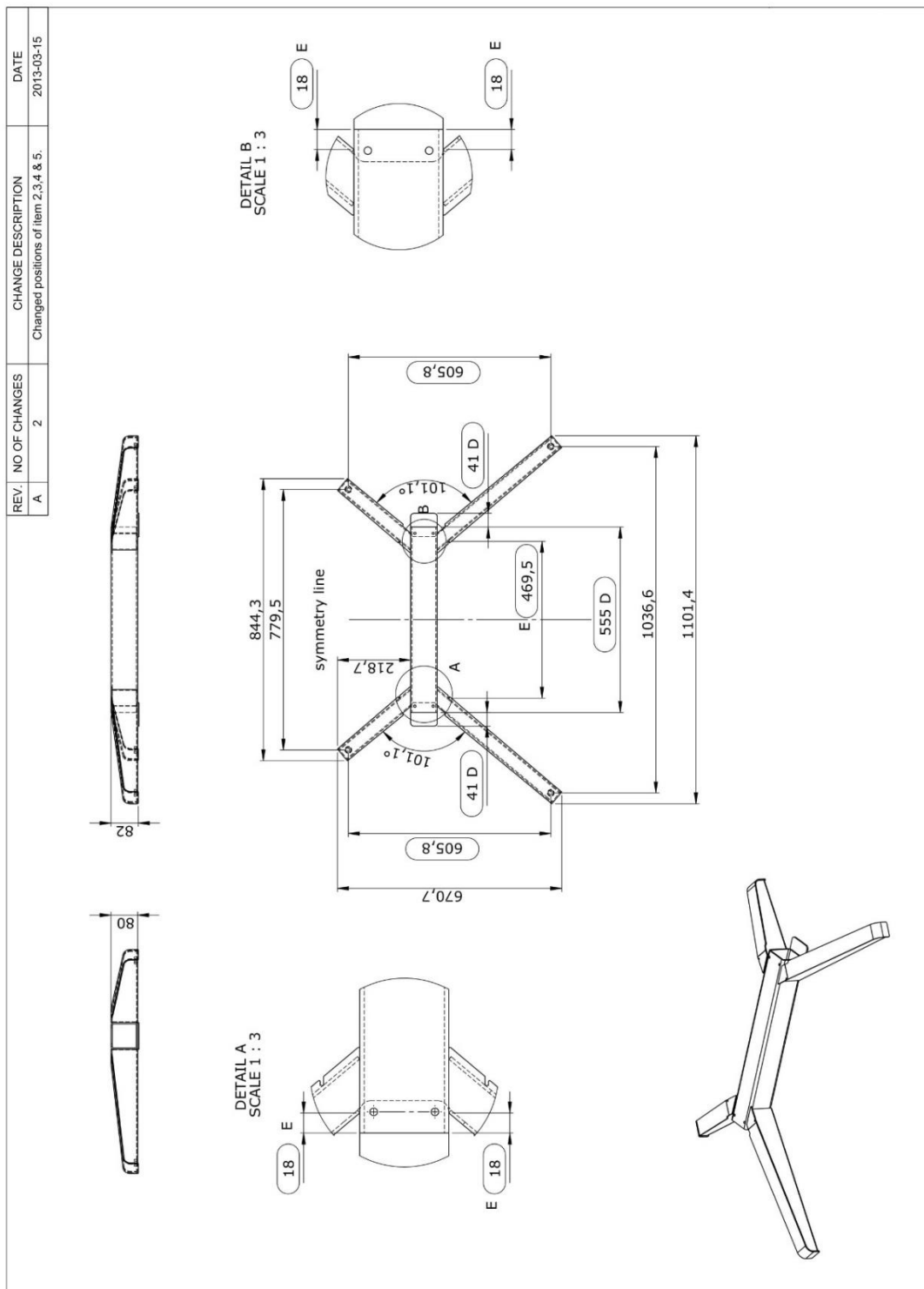
Da bi mogli kvalitetno pripremiti pozicije i odrediti način stezanja na radni stol robotske ćelije, potrebno je proučiti kompletnu dokumentaciju i crteže postolja te odrediti koje pozicije su prikladne za robotsko zavarivanje.





Slika 28. Sklopni crtež postolja [17]

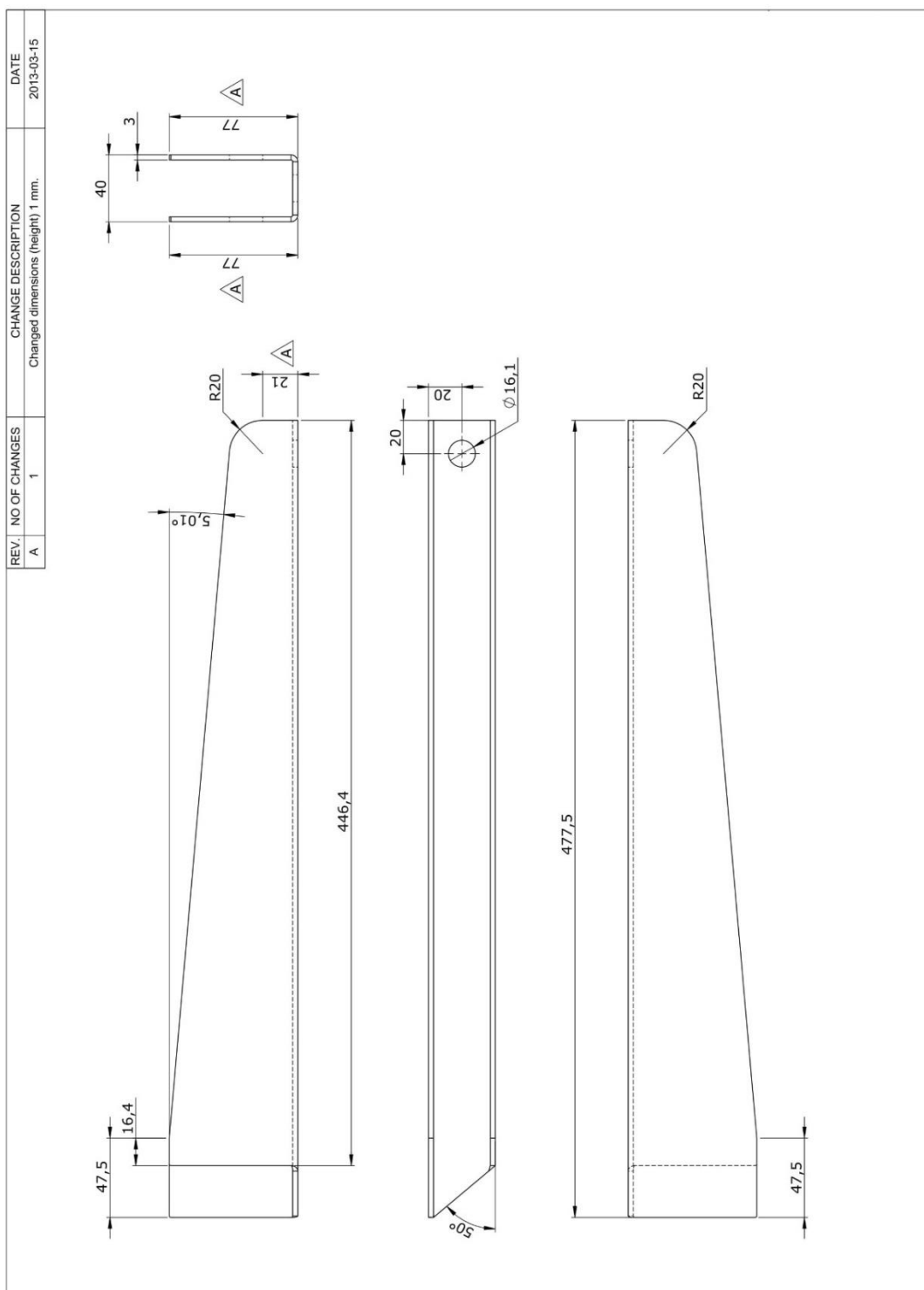
Cijelo postolje zbog svojih dimenzija, a i kompliciranog pritezanja za radni stol zavaruje se ručno, nakon zavarivanja noga pomoću robota u roboskoj ćeliji, kako je već naprijed odabrano.



Slika 29. Sklopni crtež s dimenzijama [17]

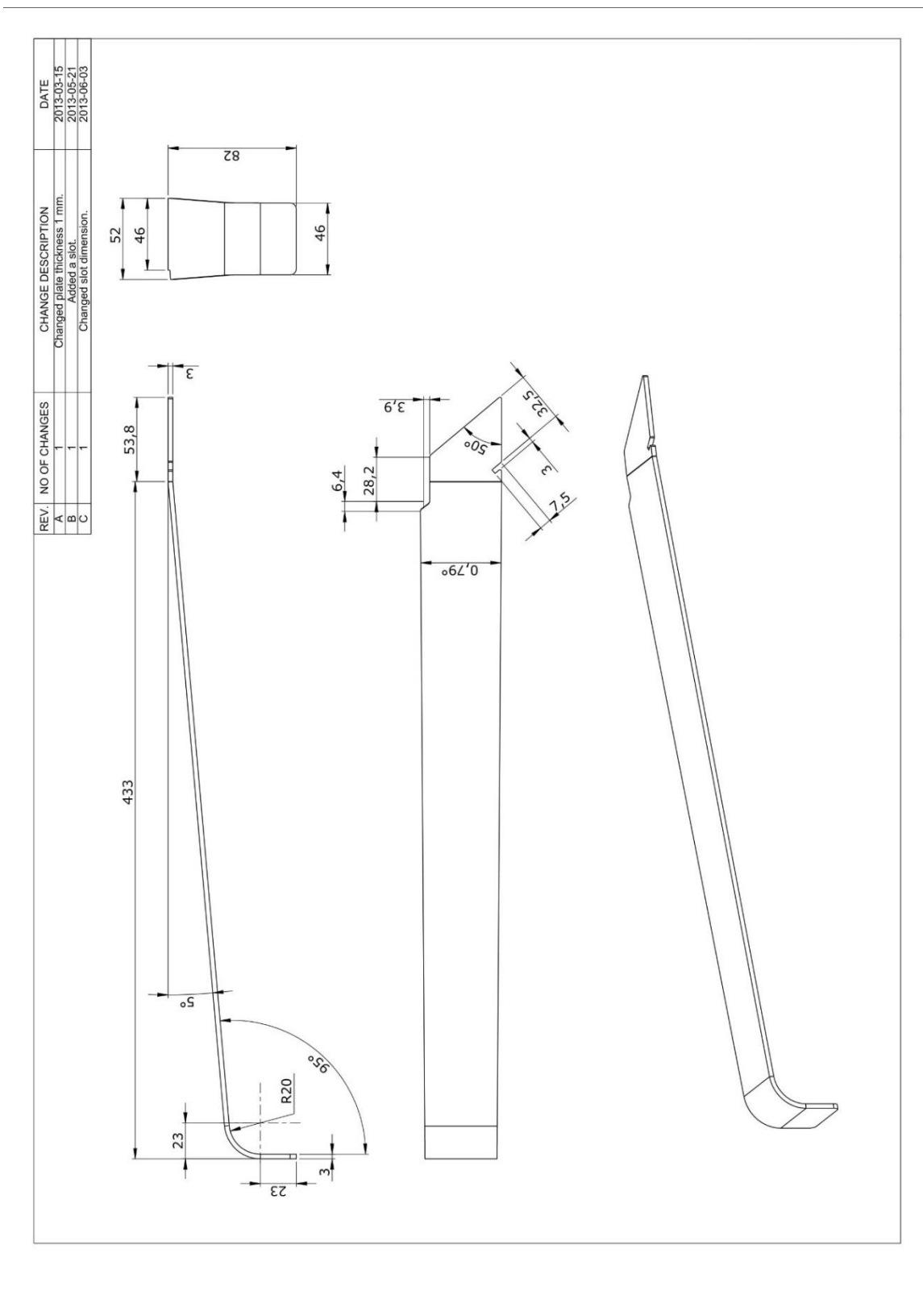
Noga postolja izrađena je iz dvije pozicije koje se međusobno spajaju zavarivanjem. jedna pozicija je U profil izrađen iz lima debljine 3 mm, a isti je prile savijanja izrezan

laserom – slika 30. Druga pozicija je također izrađena izrezivanjem pomoću lasera i naknadno oblikovana – slika 31.



Slika 30. U profil za izradu noge postolja [17]

Ako pogledamo crteže na slikama 30. i 31. i sklopni crtež slika 28. vidimo noge na postolju kao i kako je potrebno izvršiti spajanje pozicija označenih na sklopnom crtežu s brojevima 2 i 6.



Slika 31. Poklopac za U profil [17]

### Off-line programiranje

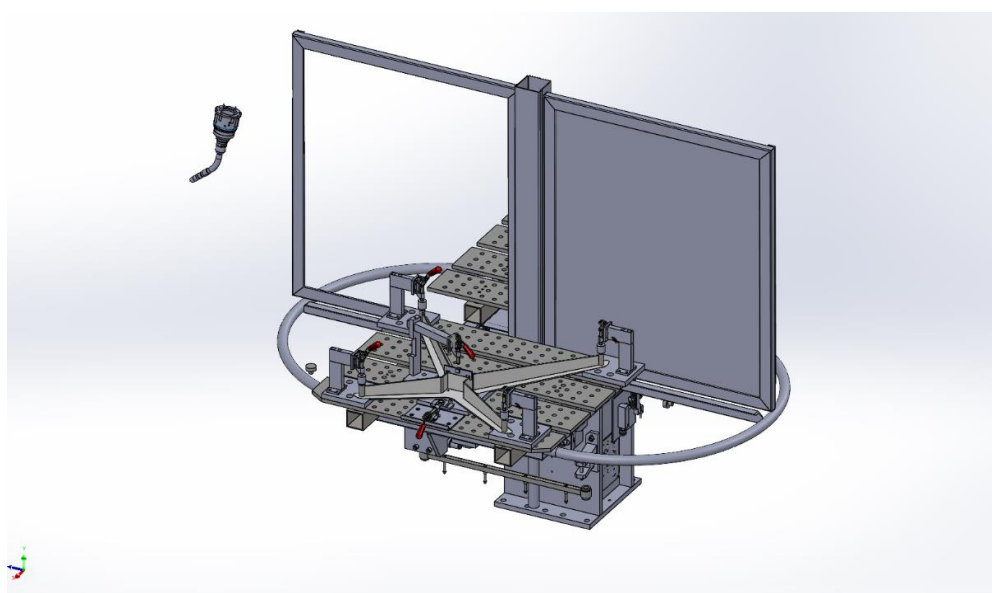
- vrši na mjestu gdje je programiranje neovisno o robotu
- za takovo programiranje potreban je specijalizirani softver na računalu odgovarajućih karakteristika (npr. ROBCAD software instaliran na radnoj stanici)
- potrebna je 3D simulacija robotske ćelije, obradaka za zavarivanje, robota i njihovog gibanja (virtual reality). Slika 32. prikazuje 3D model robotske ćelije.

Faze off-line programiranja su:

- 3D konstruiranje i kalibriranje robotske stanice (radi se samo jednom – Slika 32.)
- 3D konstruiranje radnog komada (za svaki komad posebno)
- programiranje robota (prema radnom komadu-nacrtu)

Prednosti i mane off-line programiranja:

- potrebna je dodatna nabavka softwera i hardwera (vrlo skupo!)
- potrebno je puno vremena za osposobljavanje programera
- potreban je visokoobrazovani kadar
- robot za vrijeme programiranja može obavljati proizvodnu funkciju
- moguće je unaprijed programirati robote za zavarivanje radnih komada prema nacrtu
- moguće je prije samog procesa zavarivanja izvršiti simulaciju zavarivanja sa svim radnim vremenima (virtual reality)
- moguća je jednostavna provjera na koliziju (sudar robota s nečim iz okoline)



Slika 32. Okretni radni stol – položaj 1 [17]

Jedan od načina programiranja robota je i neizravno učenje. Ovaj postupak programiranja se uobičajeno naziva „teach in“ metoda učenja i to je najčešći način programiranja, odnosno slobodno možemo reći da se on-line metoda programiranja izjednačuje sa „teach in“ metodom.

Robota se, odnosno robotsku ruku, jer je robot fiksiran na okretnom stolu, pomoću kursorskih tipki ili džojstika pomiče preko željenih točaka zavarivanja u prostoru. Uz koordinate dobivenih točaka u memoriju je potrebno pohraniti i željene parametre gibanja kao što su: linear, jog mode, circle i dr., a kod robota za zavarivanje, kao što je ovdje slučaj, u memoriju se pohranjuju i parametri zavarivanja.

Džojstik odnosno kursorske tipke smješteni su na „teach pendantu“ ili privjesku za učenje. Slika 33. prikazuje djelatnika s džojstikom i džojstik za programiranje robota - slika 34.



Slika 33. Programiranje džojstikom [17]



Slika 34. Džojstik za ručno programiranje [17]

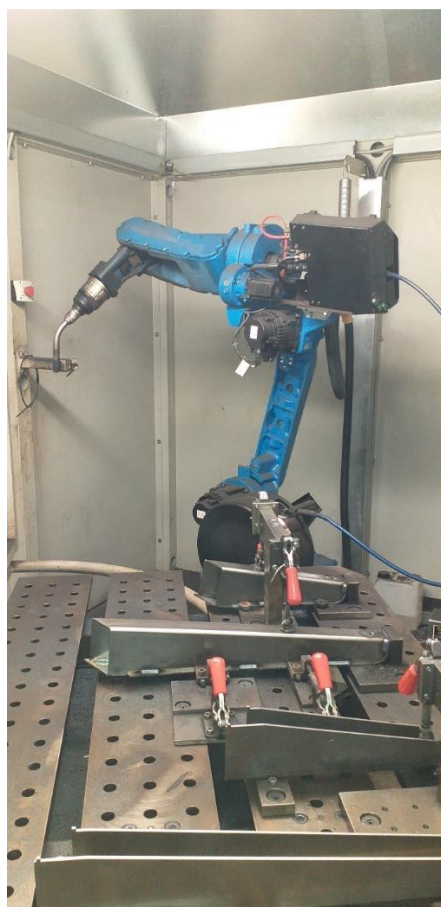
Programiranje ili učenje robota u pravilu se izvodi u nekoliko koraka i to:

- Programiranje prvog koraka
  - o postavljanje robota na poziciju prve točke mjesta zavarivanja i
  - o pohranjivanje parametara odnosno koordinata u memoriju.
  
- Programiranje drugog koraka
  - o postavljanje robota na poziciju druge točke mjesta zavarivanja,
  - o odabir funkcije ili parametra gibanja za pomak od prve do druge točke (linear),
  - o pohranjivanje parametara odnosno koordinata i odabranih funkcija u memoriju.



- Programiranje trećeg koraka
  - postavljanje robota na poziciju treće točke mjesta zavarivanja,
  - odabir funkcije ili parametra gibanja za pomak od prve do druge točke (linear, circle),
  - pohranjivanje parametara odnosno koordinata i odabranih funkcija u memoriju.
  
- Programiranje n-tog koraka
  - postavljanje robota na poziciju n-te točke mjesta zavarivanja,
  - odabir funkcije ili parametra gibanja za pomak od (n-1)-e do n-te točke (linear, circle),
  - pohranjivanje parametara odnosno koordinata i odabranih funkcija u memoriju.

Slika 36. prikazuje nam nulti položaj ruke robota, odnosno samog pištolja za zavarivanje i iz tog položaja kreće programiranje

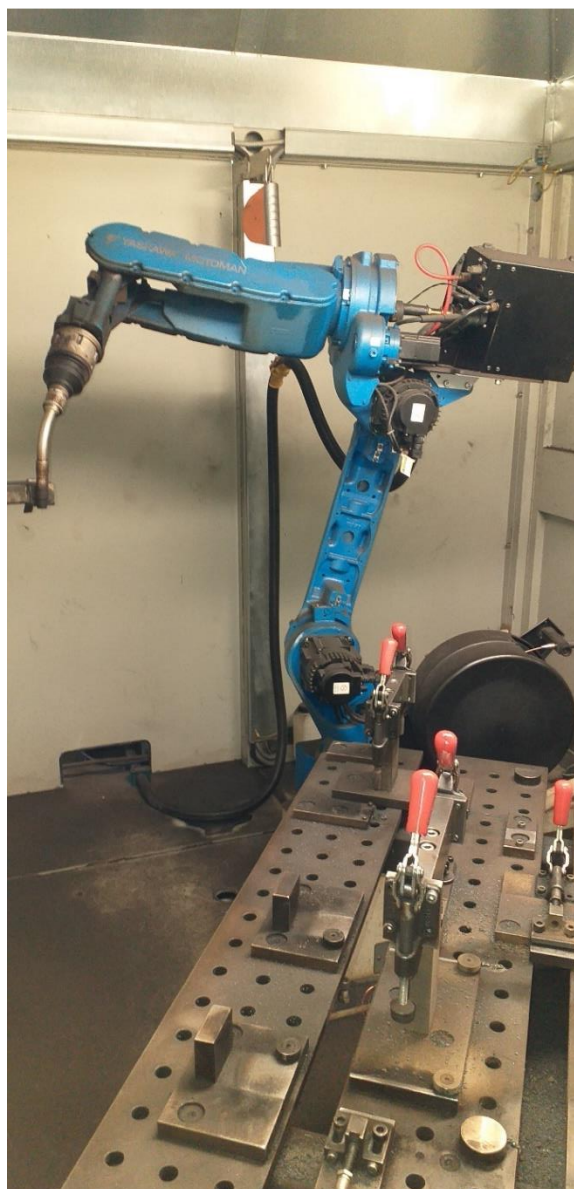


Slika 35. Pištolj u polaznoj točki prije zavarivanja [17]



Prednosti i mane on-line programiranja pomoću džojstika:

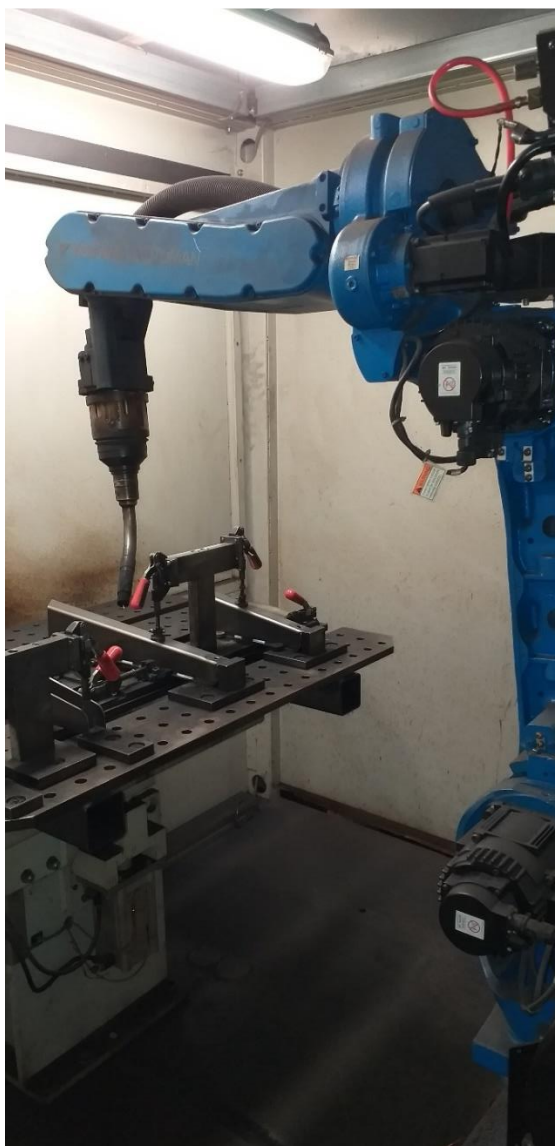
- Nije nužna dodatna nabava software-a i hardware-a
- Lako se usvaja znanje upravljanja
- Tijekom programiranja proizvodna funkcija je nedostupna
- Dugotrajnost postupka u slučaju više robota u pogonu



Slika 36. Pištolj u polaznoj točki nakon zavarivanja [17]

Slika 37. prikazuje nam programiranje prvog koraka. Operater iz nultog položaja preko džojstika upravlja robotskom rukom i istu postavlja na poziciju prve točke mjesta zavarivanja i istovremeno postavlja i pohranjuje parametare odnosno koordinate u memoriju. Nakon memoriranja koordinata i parametara za prvu točku, vodi robotsku ruku na slijedeću točku i tako redom do konačnog mjesta zavarivanja memorirajući svaku promjenu s dodavanjem parametara zavarivanja i oblika putanje.

Svaku radnju koja se izvršava na robotu moguće je pratiti na LCD zaslonu privjeska za učenje. LCD zaslon privjeska za učenje prikazan je na slici 34.

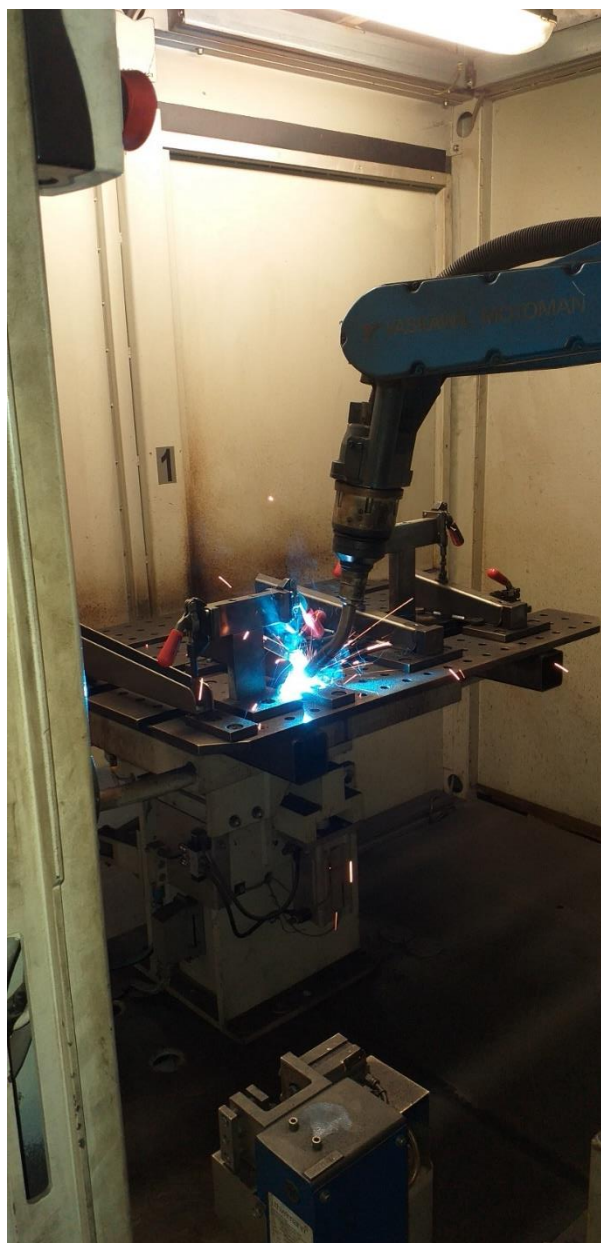


Slika 37. Prilaženje pištolja poziciji [17]

Možemo zaključiti slijedeće:

Korake on - line programiranja industrijskog robota moguće je opisati kronološki prema tijeku izvođenja. Prvi korak je uključivanje robota uz uvjet da ne postoje nikakve prethodno detektirane pogreške. Drugi korak je odabir režima rada, tj. potrebno je uskladiti odabire režima rada na svim kontrolnim sklopkama robotskog sustava.

Zadnji korak je puštanje u rad, odabirom automatskog režima rada. U slučaju hitnog zaustavljanja radi greške u programu ili neke nepredviđene situacije, koristi se tipka za hitno zaustavljanje, tzv. gljiva.



Slika 38. Kontrola procesa zavarivanja [17]

## 5. ZAKLJUČAK

U početku su se metali prerađivali i spajali lijevanjem ili kovanjem, a zavarivanje i srodne tehnike svoj začetak bilježi još u 19 – om stoljeću, dok svoj snažni razvoj ostvaruje nakon drugog svjetskog rata. 1970. godine obilježena je kao početak robotizacije u industriji u svijetu, dok je u Hrvatsku prvi robot za zavarivanje (Gramip TPS) pristigao 1988. godine. Industrijski roboti su omogućili oslobađanje čovjeka od monotonih i fizički teških poslova, te opasnih uvjeta rada, a ujedno svojom brzinom i preciznošću doprinose povećanju profita u industriji.

Zavarivanje je jedna od djelatnosti u kojoj se pojavljuju brojne opasnosti za čovjeka, javljaju se plinovi (acetilen, ugljični monoksid, ugljični dioksid), čovjek dolazi u kontakt s električnim uređajima pod naponom, toplinskim ili infracrvenim zračenjem, posebno kod elektro-lučnog zavarivanja, te može nastradati ili oboljeti od različitih profesionalnih bolesti. Stoga je nužno vršiti konstantne provjere ispravnosti uređaja, te koristiti osobnu zaštitnu opremu koja će ih štititi od štetnih utjecaja prašine, dima, rastaljenog materijala, električne struje, zračenja. Tako se od osobne zaštitne opreme koriste zaštitne naočale i maske za oči i lice, respiratori, zaštitne rukavice, te zaštitna radne odijela i obuća. Sve navedeno predstavlja trošak koji kod upotrebe industrijskih robota nije potreban. Međutim da bi se u proizvodnju uvelo korištenje robota neophodno je provesti brojne analize radi opravdanosti ulaganja sredstava za njihovu nabavu, te osposobljavanje radnika za rad s robotom.

Također treba istaknuti da postoji i određeni strah od gubitka posla radnika. To je zapravo neopravdani strah jer se upotrebom robotike otvaraju mnogo kvalitetnija i prihvatljivija zanimanja za čovjeka, a razvojem umjetne inteligencije i senzorne tehnologije prednosti robotike dolaze do još većeg izražaja.

Nažalost, u Hrvatskoj primjena robotike u industriji je slabo zastupljena zbog deindustrijalizacije i strukturnih problema, ali upravo sa područja Hrvatske dolaze mnoga inovativna rješenja u primjeni umjetne inteligencije i sensorike.

Programiranje industrijskih robota kompleksan je posao. Roboti su naša bliska budućnost jer robotizacija donosi gospodarski razvoj, a tome svi težimo.

## LITERATURA

- [1] Gojić, M.: *Tehnike spajanja i razdvajanje materijala*, Sisak, 2003.
- [2] Nikolić, G., Hiti, I.: *Tehnike spajanja*, Zagreb, 2007
- [3] Hase, C., Reitze, W.: *Elektrolučno zavarivanje*, Beograd, 1982.
- [4] Elektroda Zagreb, dostupno na: <https://www.ezg.hr/index.html>, pristupljeno 15.8.2022.
- [5] Milićević, R.: *Zavarivanje – postupci · ispitivanje · zaštita*, Beograd, 2011.
- [6] Kralj, S., Kožuh, Z., Andrić, Š.: *Zavarivački i srodni postupci*, Zagreb, 2015.
- [7] Krstulović, A.: *Uvod u industrijsku robotiku*, Zagreb, 2003.
- [8] Kovačić, Z., Bogdan, S., Krajči, V.: *Osnove robotike*, Zagreb, 2002.
- [9] Sivac, S.: *Robotizirano MAG zavarivanje*, Travnik, 2019.
- [10] Radić, M.: *Robotizacija točkastog zavarivanja karoserije automobila*, Zagreb, 2019.
- [11] Gjuretek, D.: *Greške kod MAG zavarivanja*, Zagreb, 2015.
- [12] Sermek, M.: *Primjeri modificiranih i visokoučinskih postupaka zavarivanja*, Varaždin, 2019.
- [13] Wikiwand., dostupno na:  
<https://www.google.com/search?q=elektrolu%C4%8Dno+zavarivanje&tbm=isch#imgrc=f8O0W1-VZgrzBM>, pristupljeno 18.7.2022.
- [14] Robotics and automation., dostupno na:  
<https://roboticsandautomationnews.com/2021/04/22/robot-applications-in-auto-manufacturing/42632/>, pristupljeno: 18.7.2022.
- [15] Virs., dostupno na: <https://www.virs.si/en/coboflex>, pristupljeno: 18.7.2022.
- [16] icm., dostupno na: <http://www.icm.rs/vesti.html>, pristupljeno: 18.7.2022.
- [17] (Izvor autor) fotografirno u tvrtci Kontal d.o.o. na datum 19.5.2022.

## **PRILOG**

### **Prikaz naredbi i koordinata gibanja robotske ruke**

**Prikaz naredbi i koordinata gibanja robotske ruke, a iste su dobivene programiranjem pomoću džojstika.**

```
/DIR PRESENCE_NOGARI_L_STOL_2_W
/JOB
//NAME PRESENCE_NOGARI_L_STOL_2_W
//POS
///NPOS 110,0,0,0,0,0
///TOOL 0
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=36510,30144,45658,38885,9837,-21782 – koordinate pištolja (tri translacijske i tri
rotacijske)
C00001=23870,16726,7867,5711,10458,-9192
C00002=20934,9147,-10973,-4352,10581,-2536
C00003=20934,9147,-10973,-4352,10581,-2536
C00004=19580,8286,-12124,-4614,11280,-5737
C00005=18339,7034,-13250,-4816,11780,-9014
C00006=20013,26389,22040,-1663,-1186,-3645
C00007=-6560,-486,-1121,-5137,-6519,-33427
C00008=5698,-28461,-27486,-5212,-2332,-50977
C00009=24902,-45987,-46514,-6107,5011,-71729
C00010=18181,-23883,-43711,-8913,12848,-64863
C00011=18151,-23744,-43393,-8913,12735,-64853
C00012=18151,-23744,-43393,-8913,12735,-64853
C00013=23924,-25238,-44383,-6792,14060,-73175
C00014=32526,-28422,-48152,-1042,18941,-83127
C00015=32402,-44147,-45670,-5397,6102,-73534
C00016=44209,-28087,-43582,-4366,15576,-76140
C00017=40750,-14002,-35433,-7784,15149,-70664
C00018=40750,-14002,-35433,-7784,15149,-70664
C00019=40750,-14002,-35433,-7784,15149,-70664
C00020=45584,-15509,-36706,-5846,17086,-78672
C00021=51486,-12557,-34453,-1496,19344,-90472
C00022=58575,-31650,-38651,-2606,10873,-79898
C00023=68855,22168,15533,9765,5649,-114833
C00024=34205,44105,49157,-2,-6151,-136388
C00025=36679,31505,23720,-175,1095,-136984
C00026=39504,22200,4858,112,6488,-135989
C00027=39468,22310,5123,112,6400,-135980
C00028=39468,22310,5123,112,6400,-135980
C00029=37907,21857,4393,-759,6586,-139012
C00030=36571,20398,2436,-1617,6980,-142043
C00031=37652,22813,6652,-718,5916,-138781
C00032=36200,34799,30295,-142,-756,-136869
C00033=33521,43313,47869,45,-5883,-136220
C00034=19326,44446,52445,5429,-1906,-99079
C00035=9904,50060,46962,5632,3877,-103724
C00036=10120,45213,38772,5655,5694,-103851
C00037=11485,44404,40850,5636,3868,-104113
C00038=10475,37480,26409,5706,8152,-104056
C00039=10842,31820,17933,5742,9616,-104209
C00040=12904,17614,6465,5361,8893,-97921
C00041=11752,15468,-4090,5603,12994,-105439
```

C00042=12075,11576,-8944,5620,13422,-105537  
C00043=13588,-768,-16845,5041,11601,-99522  
C00044=13498,-1626,-23702,5672,13659,-106571  
C00045=13995,-5180,-27206,5672,13482,-106682  
C00046=14946,849,-17093,5335,9386,-114951  
C00047=21215,12272,-12887,15005,-1558,-116558  
C00048=21191,12700,-14818,15000,-175,-116715  
C00049=18838,-7958,-28118,5456,13015,-103253  
C00050=22625,-23653,-41515,5459,10896,-104099  
C00051=5635,-48468,-56724,-2111,7421,-69049  
C00052=-23499,-45538,-55211,-4592,6691,-57112  
C00053=-30931,-21000,-39108,-3025,6299,-25385  
C00054=-25843,-5473,-25154,-3324,7942,-26572  
C00055=-25843,-5472,-25154,-3324,7941,-26571  
C00056=-51310,-2088,-37723,-41793,9946,73  
C00057=-44571,9937,-27050,-42874,314,7342  
C00058=-44407,10657,-28583,-42931,1362,7714  
C00059=-40409,10839,-14990,-27245,33,-5631  
C00060=-21581,-3519,-21398,-3659,7164,-28181  
C00061=-20088,-2923,-24776,-4508,10281,-32421  
C00062=-19354,792,-20872,-4538,10340,-32597  
C00063=-32321,-6224,-14145,-4791,2311,-35168  
C00064=-31463,4889,21101,-4965,-11646,-35889  
C00065=-25422,32110,57126,-5279,-15641,-37547  
C00066=-16691,17084,-1843,-4670,9410,-33443  
C00067=-16161,20681,2791,-4680,8941,-33589  
C00068=-17023,30243,21711,-5171,4753,-38558  
C00069=-17649,33006,26521,-5196,3650,-38703  
C00070=-14843,33789,21324,-4913,6638,-35644  
C00071=-14536,37245,26558,-4914,5720,-35745  
C00072=-15134,41321,35668,-4677,2518,-34217  
C00073=-18668,47004,48372,-3588,-2550,-28018  
C00074=-5616,32766,25872,5353,4357,13769  
C00075=-11378,18409,1932,8,14101,25827  
C00076=-11931,14812,-3262,-206,15097,26359  
C00077=-11601,16580,2214,1251,13038,19854  
C00078=-12098,11531,-4055,1226,13596,19972  
C00079=-12333,15258,-3433,2114,10455,19973  
C00080=-12663,12629,-6724,2123,10759,20046  
C00081=-4154,26696,44023,1627,-5673,18236  
C00082=-9529,-14194,-2890,-3421,-4437,40652  
C00083=-20832,-12617,-32889,-4284,13738,45907  
C00084=-21981,-13186,-33479,-4315,13694,46203  
C00085=-21243,-10138,-30772,-4300,14019,46021  
C00086=-3262,-43985,-58472,2862,28680,36969  
C00087=17438,-17709,-48098,40668,19640,8412  
C00088=13466,-991,-36913,38678,9711,4591  
C00089=13353,-323,-38315,38912,10734,4262  
C00090=4128,-8671,-33899,24037,16539,9214  
C00091=-13745,-6886,-16638,1236,9470,19819  
C00092=-26407,-32193,-36722,-4644,2718,50761  
C00093=-57557,-8546,-17630,669,1169,90824  
C00094=-40047,18699,12824,4674,3095,114052  
C00095=-37325,35763,16639,-1206,-12230,113962  
C00096=-37213,36186,15140,-1240,-11060,113943  
C00097=-41528,-2365,-22906,-1012,12527,98809



```
C00098=-41507,-2374,-23006,-1012,12584,98812
C00099=-40550,-196,-20691,-1008,12587,98579
C00100=-42180,324,-17467,-949,11070,96515
C00101=-40270,3717,-16772,-2178,12182,99769
C00102=-39155,6541,-13591,-2178,12086,99496
//INST
///DATE 2018/05/22 08:14
///ATTR SC,RW
///GROUP1 RB1
NOP
*****
'POZOVI PARAMETRE
DOUT OT#(34) ON
DOUT OG#(4) 61
*****
DOUT OT#(5) ON
MOVJ C00000 VJ=100.00 MOVJ – linearno gibanje u brzom hodu do točke C00000 VJ-
brzina gibanja od 0 do 100 (100)
MOVJ C00001 VJ=100.00
MOVJ C00002 VJ=100.00
ARCON – početak zavarivanja
MOVC C00003 V=3.3 MOVC – kružno gibanje od točke C00003 do C00004 brzinom 3.3
MOVC C00004 V=3.3
MOVC C00005 V=3.3
ARCOF – kraj zavarivanja
MOVJ C00006 VJ=100.00
MOVJ C00007 VJ=100.00 PL=1
MOVJ C00008 VJ=100.00
MOVJ C00009 VJ=100.00
MOVJ C00010 VJ=100.00
MOVC C00011 V=10.0
ARCON
MOVC C00012 V=3.7
MOVC C00013 V=3.7
MOVC C00014 V=3.7
ARCOF
MOVJ C00015 VJ=100.00 PL=3
MOVJ C00016 VJ=100.00 PL=5
MOVJ C00017 VJ=100.00
MOVC C00018 V=10.0
ARCON
MOVC C00019 V=3.7
MOVC C00020 V=3.7
MOVC C00021 V=3.7
ARCOF
MOVJ C00022 VJ=100.00
MOVJ C00023 VJ=100.00
MOVJ C00024 VJ=100.00
MOVJ C00025 VJ=100.00
MOVJ C00026 VJ=100.00
MOVC C00027 V=10.0
ARCON
MOVC C00028 V=3.3
MOVC C00029 V=3.3
MOVC C00030 V=3.3
ARCOF
```

MOVJ C00031 VJ=100.00  
MOVJ C00032 VJ=100.00  
MOVJ C00033 VJ=100.00  
MOVJ C00034 VJ=100.00  
MOVJ C00035 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16) – **uključeno vijuganje prilikom zavarivanja**  
WVOF – **isključeno vijuganje prilikom zavarivanja**  
MOVL C00036 V=6.7 **MOVL – linearno gibanje prilikom zavarivanja do točke C00036  
brzinom 6.7**  
ARCOF  
MOVJ C00037 VJ=100.00  
MOVJ C00038 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00039 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00040 VJ=100.00  
MOVJ C00041 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00042 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00043 VJ=100.00  
MOVJ C00044 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00045 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00046 VJ=100.00  
MOVJ C00047 VJ=100.00 PL=5  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00048 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00049 VJ=100.00  
MOVJ C00050 VJ=100.00  
MOVJ C00051 VJ=100.00  
MOVJ C00052 VJ=100.00  
MOVJ C00053 VJ=100.00  
MOVJ C00054 VJ=100.00  
MOVJ C00055 VJ=100.00  
MOVJ C00056 VJ=100.00  
MOVJ C00057 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(15)  
WVOF  
MOVL C00058 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00059 VJ=100.00  
MOVJ C00060 VJ=100.00 PL=2  
MOVJ C00061 VJ=100.00

ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00062 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00063 VJ=100.00 PL=5  
MOVJ C00064 VJ=100.00 PL=5  
MOVJ C00065 VJ=100.00 PL=5  
MOVJ C00066 VJ=100.00 PL=5  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00067 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00068 VJ=100.00  
MOVJ C00069 VJ=100.00  
MOVJ C00070 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00071 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00072 VJ=100.00  
MOVJ C00073 VJ=100.00 PL=1  
MOVJ C00074 VJ=100.00 PL=3  
MOVJ C00075 VJ=100.00 PL=5  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00076 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00077 VJ=100.00  
MOVJ C00078 VJ=100.00  
MOVJ C00079 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(16)  
WVOF  
MOVL C00080 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00081 VJ=100.00 PL=2  
MOVJ C00082 VJ=100.00  
MOVJ C00083 VJ=100.00 PL=2  
MOVJ C00084 VJ=100.00  
ARCON  
WVON WEV#(15)  
WVOF  
MOVL C00085 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00086 VJ=100.00  
MOVJ C00087 VJ=100.00  
MOVJ C00088 VJ=100.00 PL=5  
ARCON  
MOVL C00089 V=6.7  
ARCOF  
MOVJ C00090 VJ=100.00  
MOVJ C00091 VJ=100.00

```
MOVJ C00092 VJ=100.00
MOVJ C00093 VJ=100.00
MOVJ C00094 VJ=100.00
MOVJ C00095 VJ=100.00
ARCON
MOVL C00096 V=6.7
ARCOF
MOVJ C00097 VJ=100.00
MOVJ C00098 VJ=100.00
ARCON
WVON WEV#(16)
WVOF
MOVL C00099 V=6.7
ARCOF
MOVJ C00100 VJ=100.00
MOVJ C00101 VJ=100.00
ARCON
WVON WEV#(16)
WVOF
MOVL C00102 V=6.7
ARCOF
MOVJ C00103 VJ=100.00
MOVJ C00104 VJ=100.00
MOVJ C00105 VJ=100.00
MOVJ C00106 VJ=100.00
ARCON
WVON WEV#(16)
WVOF
MOVL C00107 V=6.7
ARCOF
MOVJ C00108 VJ=100.00
MOVJ C00109 VJ=100.00
END
/CDATA
//WEAV 15
1,0,1
00000000
7.000,7.000,90.00,10.00,10.000,4.0
0.1,0.0,0.1,0.0,0.1,0.0,0.1,0.0
0,0.0,0
//WEAV 16
1,0,1
00000000
7.000,7.000,90.00,-10.00,10.000,4.0
0.1,0.0,0.1,0.0,0.1,0.0,0.1,0.0
0,0.0,0
//TOOL 0
///NAME STANDARD TOOL
-104.872,1.000,338.491,0.0000,45.0000,0.0000
0.000,0.000,0.000
2.100
0.000,0.000,0.000
0.000,0,2
```