

Moderni robotski sustavi za elektrolučno zavarivanje

Petrović, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

2010

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:369302>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-30**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering
and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada:
prof. dr. sc. Zoran Kožuh

Vedran Petrović

Zagreb, 2010.

Created with



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Vedran Petrovi

Zagreb, 2010.

Created with



SAŽETAK

U uvodnom dijelu rada opisani su roboti za elektrolu no zavarivanje te osnovni dijelovi moderne robotske stanice. Nadalje su navedeni i opisani senzori koji se danas naj eš e koriste kod robotiziranog elektrolu nog zavarivanja. Tako er su opisane i glavne metode programiranja robota; on-line, off-line i mješovite metode, te je napravljen priručnik za on-line programiranje osnovnih funkcija robotske stanice s robotom OTC ALMEGA AX V-6. U eksperimentalnom dijelu su provedene i prezentirane zavariva ke mogu nosti robota kod zavarivanja klasi nih spojeva, su eljenog i kutnog, s naglaskom na programiranje robota, te je za iste prikazana mogu nost korištenja senzora elektri nog luka kod pra enja zavara. U zadnjem dijelu doneseni su zaklju ci o uporabljivosti te zavariva kim i programerskim mogu nostima robotske stanice VRC-1G MIG+1G TIG / 1dm.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio potpuno samostalno na temelju znanja koje sam stekao tijekom dosadašnjeg školovanja i prikupljene literature.

Petrovi Vedran

Created with



download the free trial online at nitropdf.com/professional

ZAHVALA

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli u pripremi ovog rada: voditelju rada prof.dr.sc. Zoranu Kožuhu, dr.sc. Ivici Garaši u, Maji Remenar mag.ing.mech te laborantima laboratorija za zavarivanje: g. Šoki i u, g. Sukobljevi u i g. Batin i u.

Hvala

Created with



SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	XI
POPIS TABLICA.....	XII
POPIS OZNAKA.....	XIII
1. UVOD.....	1
1.1 Podjela robota.....	2
1.1.1 Vrsta pogon.....	2
1.1.2 Način upravljanja gibanjem.....	3
1.1.3 Geometrija radnog prostora.....	4
1.2 Građevina robota i osnovne strukture manipulatora.....	4
1.3 Roboti za elektrolučno zavarivanje.....	8
1.4 Uređaji za pozicioniranje.....	10
1.5 Izvori struje za zavarivanje	14
1.5.1 Transformatori.....	15
1.5.2 Ispravljači i inverteri.....	16
1.6 Pištolj za zavarivanje.....	18
1.7 Dodavač žice.....	21
1.8 Ista pištolja.....	22
2. PRIMJENA SENZORA KOD ROBOTIZIRANOG ZAVARIVANJA.....	23
2.1 Taktilni senzori	23
2.2 Optički senzori	25
2.3 Senzori električnih luka	30
2.3.1 Oscilirajući senzori	32
2.3.2 Rotirajući senzori	32
3. METODE PROGRAMIRANJA ROBOTSКИH SUSTAVA	34
4. ONLINE PROGRAMIRANJE ROBOTSKE STANICE S ROBOTOM OTC ALMEGA AX V6	37
4.1 Robotski sustav OTC Almega AX V6.....	37
4.1.1 AX-C kontroler.....	38
4.2 Operacijska ploha (kod AX-C kontrolera).....	39
4.3 Privjesak za učenje.....	40
4.3.1 Značenje tipki i prekidača.....	41
4.3.1.1 Funkcija operacijskih tipki.....	42
4.3.1.2 Prikaz zaslona privjeska za učenje.....	47
4.4 Uključivanje robota.....	49
4.5 Odabir režima rada.....	50
4.6 Uključivanje motora	51
4.7 Ručno upravljanje robotom.....	53
4.7.1 Smjer gibanja.....	53

4.7.2 Ručno pomicanje robota.....	55
4.8 Isključivanje motora.....	56
4.9 Isključivanje kontrolera.....	56
4.10 Postupak prije samogručenja robota	57
4.10.1 Upisivanje broja programa.....	57
4.10.2 Pretraga već kreiranih programa.....	58
4.11 Učenje (teaching).....	59
4.11.1 Osnovne značajke kod učenja.....	60
4.11.1.1 Vrsta interpolacije.....	61
4.11.1.2 Stupanj točnosti.....	61
4.12 Praktično izvođenje učenja.....	62
4.13 Funkcijske naredbe.....	71
4.13.1 Direktni odabir naredbe pomoću funkcijskih brojeva.....	72
4.13.2 Odabir naredbi iz kategoriziranih grupa.....	72
4.13.3 Podešavanje i snimanje parametara funkcijskih naredbi.....	74
4.14 Provjera ispravnosti kreiranih programa.....	75
4.15 Modificiranje programa.....	79
4.15.1 Modificiranje položaja robota.....	79
4.15.2 Dodavanje novog koraka.....	81
4.15.3 Brisanje funkcijskih naredbi i naredbi gibanja.....	82
4.16 Automatska operacija (playback)	83
4.16.1 Metode izvođenja automatske operacije	83
4.16.2 Priprema za izvođenje automatske operacije.....	84
4.16.3 Metode automatskog rada (5 režima).....	85
4.16.4 Određivanje operacijske brzine.....	85
4.17 Izvođenje automatske operacije (Metoda unutrašnjeg pokretanja).....	87
4.18 Izvođenje automatske operacije (Metoda vanjskog pokretanja).....	89
4.19 Operacije u osnovnim metodama rada.....	91
4.20 Osnovne operacije kod elektrolužnog zavarivanja.....	94
4.20.1 Izvlačenje i uvlačenje žice	94
4.20.2 Postavljanje opcije zavarivanja na uključeno ili isključeno (welding ON/OFF)..	95
4.20.3 Provjera zaštitnog plina.....	95
4.20.4 Uključivanje i isključivanje njihovih pištolja	96
4.20.5 Učenje elektrolužnog zavarivanja.....	97
4.20.6 Učenje njihovih.....	101
4.21 Praćenje stvarnih parametara zavarivanja (Arc monitor).....	104
5. EKSPERIMENTALNI DIO.....	105
5.1 Robotska stanica VRC-1G MIG + 1G TIG/1dm	105
5.1.1 Mehanički sustav robota ALMEGA AX-V6	107
5.1.2 Izvori struje	111
5.1.2.1 VPS 4000 digit.....	111

5.1.2.2 VARTIG 3500 digit AC/DC	113
5.2 Robotizirano zavarivanje kutnog i su eljenog spoja.....	115
5.2.1 Osnovni i dodatni material te priprema spoja.....	115
5.2.2 Zavarivanje su eljenog spoja.....	118
5.2.2.1 Izrada programa za robotizirano zavarivanje.....	120
5.2.3 Zavarivanje kutnog spoja.....	134
5.2.4 Zavarivanje zakrenutog kutnog spoja	143
5.2.5 Pra enje zavara pomo u senzora elektri nog luka.....	150
6. ZAKLJU AK	154
7. LITERATURA	155

POPIS SLIKA

Slika 1.	Neki tipovi zglobova [2].....	4
Slika 2.	Pravokutna konfiguracija robota [2].....	6
Slika 3.	Cilindri na konfiguracija robota [2].....	6
Slika 4.	Sferna konfiguracija robota [2].....	7
Slika 5.	SCARA robot [2].....	7
Slika 6.	Rotacijska konfiguracija robota [2].....	7
Slika 7.	Razli ite vrste robota za elektrolu no zavarivanje [3].....	9
Slika 8.	Prikaz pozicionera s jednim stupnjem slobode gibanja [4].....	10
Slika 9.	Prikaz pozicionera s dva stupnja slobode gibanja [4].....	11
Slika 10.	Prikaz orbitalnog pozicionera [4].....	11
Slika 11.	Prikaz pozicionera s dva stupnja slobode gibanja s ve om autonomijom pokreta [4].....	12
Slika 12.	Prikaz stanice na kojoj je kombinirano više vrsta pozicionera [4].....	12
Slika 13.	Prikaz razli itih vrsta pozicionera [5, 6, 7].....	13
Slika 14.	Usporedba veli ine konvencionalnih i inverterskih ure aja [8].....	17
Slika 15.	Moderne izvedbe invertera za MIG/MAG zavarivanje [9].....	17
Slika 16.	Osnovne komponente pištolja s vodenim hla enjem za MIG/MAG zavarivanje [10].....	19
Slika 17.	Vrh pištolja za MIG/MAG zavarivanje [11].....	20
Slika 18.	Pištolj za zavarivanje [12].....	20
Slika 19.	Pištolj za zavarivanje [12].....	20
Slika 20.	Dodava žice [12].....	21
Slika 21.	Ista pištolja [12].....	22
Slika 22.	Prikaz traženja zavara pomo u jedne koordinate [4].....	23
Slika 23.	Prikaz traženja zavara pomo u dvije koordinate [4].....	24
Slika 24.	Prikaz metode triangulacije [13].....	26
Slika 25.	Pra enje zavara pomo u principa skeniranja i metode triangulacije [13].....	27
Slika 26.	Prikaz tipi nog laserskog senzora smještenog na pištolju za zavarivanje [13].....	28
Slika 27.	Prikaz koraka za dobivanje zna ajki iz procesa.....	29
Slika 28.	Princip rada senzora elektri nog luka [4].....	31
Slika 29.	Osciliraju i senzor za MIG/MAG zavarivanje [14].....	32
Slika 30.	Rotiraju i senzor elektri nog luka [15].....	33
Slika 31.	Dijagram osnovne konfiguracije robota (AX-C kontroler) [17].....	37
Slika 32.	AX-C kontroler [17].....	38
Slika 33.	Operacijska kutija [17].....	39
Slika 34.	Privjesak za u enje [17].....	40
Slika 35.	Gibanje robota u kartezijevom susutavu [17].....	53
Slika 36.	Gibanje robota u strojnom koordinatnom sustavu [17].....	54
Slika 37.	Stupanj to nosti [17].....	61
Slika 38.	Gibanje robota sigurnosnom brzinom [12].....	86
Slika 39.	Prikaz robotske stanice [19].....	106

Created with

Slika 40.	Prikaz robota Almega AX-V6 [20].....	107
Slika 41.	Radni prostor robota AX-V6 [3].....	108
Slika 42.	Struktura robota AX-V6 [3].....	109
Slika 43.	Izvor struje VPS 4000 digit [19].....	111
Slika 44.	Prikaz funkcija izvora struje VPS 4000 digit [19].....	112
Slika 45.	Izvor struje VARTIG 3500 digit AC/DC [19].....	113
Slika 46.	Prikaz funkcija izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC.....	114
Slika 47.	Izvedeni oblik spoja za su eljeno zavarivanje.....	116
Slika 48.	Izvedeni oblik spoja za kutno zavarivanje.....	117
Slika 49.	Prikaz redoslijeda zavarivanja i broja prolaza kod zavarivanja su eljenog spoja.....	118
Slika 50.	Zavarivanje korijenskog prolaza kratkim spojevima s funkcijom njihanja....	119
Slika 51.	Zavarivanje drugog prolaza; impulsnim lukom; bez njihanja	119
Slika 52.	Zavarivanje završnog prolaza; štrcaju im lukom; bez njihanja,	119
Slika 53.	Prozor za izbor ili kreiranje zavariva ke datoteke.....	120
Slika 54.	Namještanje parametara zavarivanja.....	121
Slika 55.	Namještanje parametara njihanja.....	122
Slika 56.	Funkcije njihanja.....	122
Slika 57.	Šablona njihanja.....	123
Slika 58.	Izgled šablone njihanja kad je prednji omjer kruga 10%, a stražnji 75 %.....	123
Slika 59.	Izgled amplitude njihanja.....	123
Slika 60.	Vrijeme zadržavanja.....	124
Slika 61.	Gibanje u zaustavnoj to ci.....	124
Slika 62.	Odabir strane za po etak njihanja.....	125
Slika 63.	Kut njihanja.....	125
Slika 64.	Nagib pištolja.....	125
Slika 65.	Izgled programa za zavarivanje su eljenog spoja (I dio).....	126
Slika 66.	Izgled programa za zavarivanje su eljenog spoja (II dio).....	126
Slika 67.	Prikaz redoslijeda zavarivanja kutnog spoja.....	134
Slika 68.	Zavarivanje korijenskog prolaza.....	134
Slika 69.	Zavarivanje drugog prolaza.....	135
Slika 70.	Zavarivanje tre eg prolaza.....	135
Slika 71.	Izgled programa za zavarivanje kutnog spoja (I dio).....	136
Slika 72.	Izgled programa za zavarivanje kutnog spoja (II dio).....	136
Slika 73.	Redoslijed zavarivanja zakrenutog kutnog spoja.....	143
Slika 74.	Zavarivanje korijenskog prolaza.....	143
Slika 75.	Zavarivanje drugog prolaza.....	144
Slika 76.	Zavarivanje tre eg prolaza.....	144
Slika 77.	Zavarivanje etvrtog prolaza.....	145
Slika 78.	Zavarivanje petog prolaza.....	145

Slika 79.	Izgled programa za zavarivanje zakrenutog kutnog spoja (I dio).....	146
Slika 80.	Izgled programa za zavarivanje zakrenutog kutnog spoja (II dio).....	146
Slika 81.	Prikazuje pomak radnog komada u odnosu na snimljeni program.....	150
Slika 82.	Izgled programa s naredbom za praćenje zavora.....	150
Slika 83.	Uključenje funkcije "SYNCHRO".....	151
Slika 84.	Parametri senzora električnog luka.....	151
Slika 85.	Izgled zavora s neuspjelim praćenjem pomoću senzora električnog luka.....	153
Slika 86.	Izgled zavora s uspješnim praćenjem pomoću senzora električnog luka.....	153

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Funkcije tipki na operacijskoj kutiji [17].....	39
Tablica 2.	Funkcije tipki i prekidača [17].....	41
Tablica 3.	Funkcije operacijskih tipki [17].....	42
Tablica 4.	Prikaz statusa na inarada [17].....	47
Tablica 5.	Vrste raspoloživih koordinatnih sustava [17].....	48
Tablica 6.	Zaslon za prikaz brzine [17].....	48
Tablica 7.	Vrsta interpolacije [17].....	61
Tablica 8.	Tipične funkcijske naredbe [17].....	71
Tablica 9.	Način pokretanja [17].....	83
Tablica 10.	Tipke koje se koriste kod automatske operacije [17].....	84
Tablica 11.	Metode automatskog rada [17].....	85
Tablica 12.	Alternative za tipke [Start] i [Stop] [17]	91
Tablica 13.	Stvarni parametri zavarivanja koje je moguće pratiti [18].....	104
Tablica 14.	Tehničke karakteristike robota AX-V6 [3].....	110
Tablica 15.	Tehničke karakteristike izvora struje VPS 4000 digit [19].....	111
Tablica 16.	Tehničke karakteristike izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC [19]	113
Tablica 17.	Kemijski sastav elika S 235 [22].....	115
Tablica 18.	Mehanička svojstva elika S 235 [22]	115
Tablica 19.	Prikaz lica korijenskog prolaza dobivenog prijenosom metala kratkim spojevima.....	127
Tablica 20.	Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza s prijenosom metala kratkim spojevima i kružnom funkcijom njihanja.....	128
Tablica 21.	Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza koje zadovoljava vizualnu kontrolu.....	129
Tablica 22.	Prikaz drugog prolaza prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja....	130
Tablica 23.	Prikaz drugog prolaza prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja, koji zadovoljava vizualnu kontrolu.....	131
Tablica 24.	Prikaz trećeg prolaza s variranim parametrima.....	132
Tablica 25.	Prikaz trećeg prolaza prijenosom metala štrcajućim lukom koji zadovoljava vizualnu kontrolu.....	133
Tablica 26.	Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza prijenosom metala s kratkim spojevima i s kružnom frekvencijom njihanja.....	137
Tablica 27.	Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza s prijenosom metala kratkim spojevima s variranim parametrima.....	138
Tablica 28.	Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza prijenosom metala kratkim spojevima koji zadovoljava vizualnu kontrolu.....	139
Tablica 29.	Prikaz izvedbe drugog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama i kružnom funkcijom njihanja	140
Tablica 30.	Prikaz drugog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja koji zadovoljava vizualnu kontrolu.....	141
Tablica 31.	Prikaz trećeg prolaza prijenosom metala impulsnim strujama bez njihanja koji zadovoljava vizualnu kontrolu.....	142
Tablica 32.	Prikaz korijenskog i drugog prolaza.....	147
Tablica 33.	Prikaz trećeg i četvrtog prolaza impulsnim strujama.....	148
Tablica 34.	Prikaz petog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja....	149

POPIS OZNAKA

U	Napon (V)
I	Jakost struje (A)
e	Intermitencija (%)
CP	Konstantna snaga
CV	Konstantni napon
x,y,z	Osi kartezijevog koordinatnog sustava
CCD	Charged couple device
TCP	Tool center point
L	Lijeva strana zavora
C	Centar oscilacije
D	Desna strana zavora
CAD	Computer aided manufacturing
CAM	Computer aided manufacturing
CAP	Computer aided production
TTT	3 translacije
RTT	1 rotacija i 2 translacije
RRT	2 rotacije i 1 translacija
RRR	3 rotacije
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm
A_r	Argon
CO₂	Ugljični dioksid
MIG/MAG	Elektrolu no zavarivanje u zaštiti inertnog/aktivnog plina
TIG	Elektrolu no zavarivanje netaljivom elektrodom sa ili bez dodatnog materijala
REL	Ru no elektrolu no zavarivanje

1. UVOD

Industrijski roboti su se pojavili onog trenutka kada je tehnika tehnološki razvoj dostigao potrebnu razinu radi želje za oslobođenjem od nehumanog, monotonog i opasnog rada i nastojanjem za povećanjem profita. Vrlo brzo se pokazalo da se klasični oblici proizvodnje nisu mogli natjecati sa modernim robotiziranim i kompjutorskim sustavima proizvodnje.

Roboti se mogu podijeliti u 3 generacije:

Prva generacija robota se naziva programirani roboti. Njih karakterizira isto upravljanje. To je upravljački lanac; upravljački uređaj – prigon – mehanizam ruke – prihvatač, pa nema povratne informacije. Ti su roboti bez osjetila i s vrlo ograničenom "inteligencijom". Zapravo, od atributa inteligencije imaju samo pamćenje (memoriju), u koju je pohranjen program. Uz ograničenu inteligenciju i osjete, znatno zaostaju u spretnosti i pokretljivosti u odnosu prema ljudskoj ruci. Ipak, djelotvorno mogu obavljati niskokvalificirani rad uz visokoorganiziranu okolinu.

Druga generacija robota (senzitivni roboti) opremljena je nizom senzora (vizualni, taktilni, sluh), a mogu imati i sustave za raspoznavanje. Roboti preko senzora dobivaju informacije o stanju okoline, a pomoću jednostavne logike, ugrađene u računalo, takvi roboti imaju mogućnost reagiranja na utjecaje okoline. U tim slučajevima vezanje o regulaciji s petljom povratne veze. Uz pamćenje, ti roboti imaju mogućnost donošenja jednostavne logičke odluke: da ili ne. Na taj se način kontrolom sile mogu zaštititi uređaji, smanjiti organiziranost okoline (slaganje, orijentacija predmeta).

Treća generacija robota (inteligentni roboti) opremljena je, osim sustavima za raspoznavanje i računalima nove generacije pomoću kojih je moguće vršiti vođenje multivarijabilnog procesa s više izlaznih i ulaznih varijabli. Cijeli sustav bi trebao imati svojstva višeg stupnja inteligencije, tj. donošenja odluke u determiniranim uvjetima (analiza), uvođenje i odlučivanje u nedeterminiranim uvjetima (sinteza). Za tu je umjetnu inteligenciju najbitnija mogućnost učenja (povezuje nova iskustva s postojećim znanjem). To se može postići i modelom okoline ugrađenim u memoriju računala, odnosno datotekom. Usporedivanjem s dobivenim informacijama iz okoline, robot samostalno reagira na vanjske promjene, tj. donosi odluke bez programske upute. [1]

1.1 Podjela robota

Roboti se općenito mogu podijeliti prema vrsti pogona, načinu upravljanja gibanjem i geometriji radnog prostora:

1.1.1 Vrsta pogona

Pomicanje tijela, ruke i zgloba robotskog manipulatora omogućeno je upotrebom pogonskog sustava robota. Pogonski sustav određuje brzinu pomicanja ruke, jakost i dinamičke performanse manipulatora. U određenim mjerima, pogonski sustav određuje područje primjene robotskog manipulatora. U upotrebi su najčešće tri vrste pogona:

- Električni pogon,
- hidraulični pogon,
- pneumatski pogon

Za većinu današnjih robota danas se koriste električni motori i to istosmjerni, izmjenični i korakni, jer su relativno jeftini, zauzimaju malo prostora, s velikom brzinom i točnosti te je kod njih moguća primjena složenijih algoritama upravljanja. Međutim, kod specifičnih primjena kada se zahtijeva manipulacija velikim teretima, češće se koriste roboti s hidrauličnim motorom. Hidraulični motor osim velike brzine i snage, omogućuje mirno održavanje pozicije zbog nestlaživosti ulja. Koriste se kod robota većih dimenzija. Glavni nedostaci ovih motora su njihove visoke cijene i zagađivanje okoline zbog buke i mogućeg istjecanja ulja. Pneumatski motori primjenjuju se kod malih robota. Prednost im je relativno niska cijena, velika brzina rada i nezagađivanje okoline. Takvi motori nisu pogodni za rad s velikim teretima, jer je zbog stlaživosti zraka nemoguće mirno održavati željenu poziciju. Uz to je prisutna buka te je potrebno dodatno filtriranje i sušenje zraka zbog nepoželjne prašine i vlage. Ako se zahtijeva samo otvaranje i zatvaranje hvataljke (vrh manipulatora), tada se u završnom mehanizmu koristi pneumatski motor da se grubim stiskom ne bi oštetio lomljivi predmet. [2]

1.1.2 Način upravljanja gibanjem

- Od točke do točke (nije bitna putanja nego točnost pozicioniranja)
- Kontinuirano gibanje po putanji (bitna i trajektorija i točnost pozicioniranja)

Važna karakteristika svakog robota je broj njegovih osi za rotacijsko ili translacijsko gibanje. Današnji industrijski roboti imaju obično 6 osi.

Da bi robot mogao obavljati neki posao nužno je moći upravljati položajem i orijentacijom alata. To se postiže određivanjem veze između varijabli zglobova robota te položaja i orijentacije alata tj. rješava se direktni kinematički problem.

Da bi se definirao zadatak kojeg robot treba obaviti, potrebno je zadati točke u prostoru kroz koje alat mora proći, a to znači da je potrebno naći koordinate zglobova iz poznatih koordinata alata. To se rješava inverznim kinematičkim problemom.

Gibanje robotske ruke zadaje se tako da se definiraju pozicije i orijentacije kroz koje mora proći njegov vrh (alat) tijekom gibanja kroz prostor.

Glavni dijelovi industrijskog robota su:

1. Mehanička struktura ili manipulator sastoji se od niza krutih segmenata povezanih pomoću zglobova. Ponašanje manipulatora određeno je rukom koja osigurava pokretljivost, ručnim zglobom koji daje okretljivost i vrhom manipulatora koji izvršava operacije koje se zahtijevaju od robota.
2. Aktuatori (pogoni) postavljaju manipulator u određeno kretanje pomicanjem zglobova. Najčešće se upotrebljavaju električni i hidraulični motori, a ponekad i pneumatski.
3. Senzori detektiraju status manipulatora (proprioceptivni senzori) i ako je potrebno, status okoline (heteroceptivni senzori).
4. Sustav upravljanja (računalo) omogućuje upravljanje i nadzor kretanja manipulatora

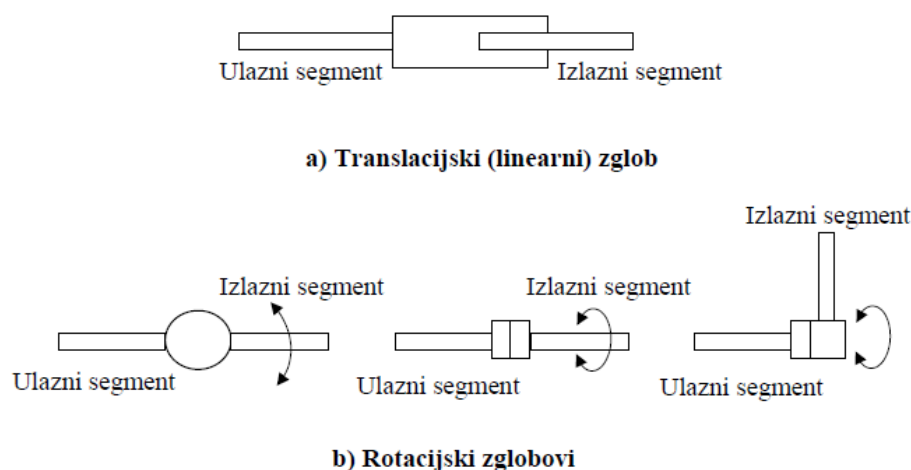
1.1.3 Geometrija radnog prostora

Podjela manipulatora s obzirom na geometriju radnog prostora je:

1. Pravokutna ili TTT
2. Cilindrična ili RTT
3. Sferna ili RRT
4. Rotacijska ili RRR

1.2 Građa robota i osnovne strukture manipulatora

Robotski manipulator sastoji se od tijela, ruke i ručnog zgloba. U proizvodnim procesima najčešće se koriste roboti pri vršenju poslova za podlogu. Na kraju ruke nalazi se ručni zglob sastavljen od više komponenti koje mu omogućavaju orijentaciju u različitim položajima. Relativna kretanja među različitim komponentama tijela, ruke i ručnog zgloba ostvaruju se pomoću niza zglobova. Kod industrijskih robota koriste se dva osnovna zgloba: rotacijski i translacijski. Rotacijski zglob vrši rotaciju oko osi, a translacijski (linearni) linijsko kretanje po osi. Dva susjedna zgloba spojena su pomoću krutih segmenata. Na ručni zglob pri vršenju je šaka koja se u tehničkom žargonu naziva vrh manipulatora, alat ili hvataljka. Vrh manipulatora se ne smatra dijelom robota, već služi za obavljanje određenih zadataka koji se traže od robota. Neki tipovi zglobova su prikazani na slici 1.



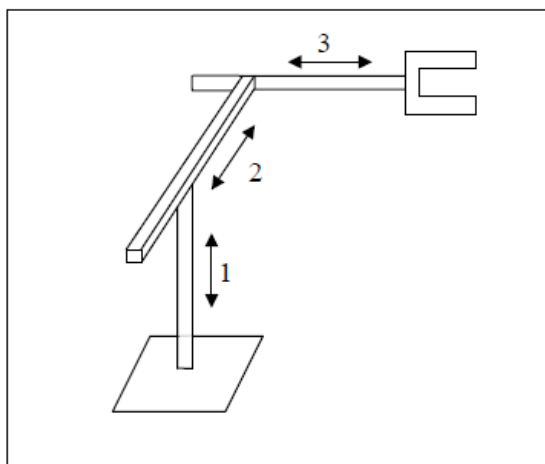
Slika 1. Neki tipovi zglobova [2]

Za svaki robot karakterističan je broj osi za rotacijsko ili translacijsko kretanje njegovih segmenata. Kako se kretanje robota odvija u trodimenzionalnom prostoru, prve tri osi se najčešće koriste za određivanje pozicije ruku nog zgloba, dok preostale osi određuju orijentaciju vrha manipulatora. Radni prostor predstavlja skup točaka u trodimenzionalnom prostoru koje se mogu dohvatiti vrhom manipulatora. Oblik i zapremina radnog prostora ovise o strukturi manipulatora, kao i prisutnim ograničenjima mehaničkih zglobova.

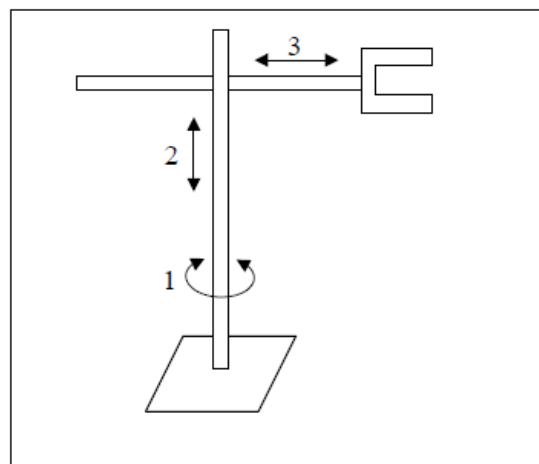
Danas se najviše susreću slijedeće četiri osnovne strukture manipulatora:

1. pravokutna ili TTT
2. cilindrična ili RTT
3. sferna ili RRT
4. rotacijska ili RRR

Pravokutna konfiguracija robota, slika 2., ima tri translacijska zgloba čije su osi međusobno okomite. S obzirom na jednostavnu geometriju, svaki stupanj pokretljivosti je korespondantan sa stupnjem slobode u Kartezijском prostoru, budući da se radi o pravocrtном kretanju. Struktura pokazuje dobru mehaničku vrstou. Točnost pozicioniranja ruku nog zgloba je konstantna u cijelom radnom prostoru. Nasuprot visokoj točnosti, struktura ima slabu pokretljivost, jer su svi zglobovi translacijski. Radni prostor ovog robota je prizma. Najčešće se primjenjuje u rukovanju materijalima montaži. Motori za pokretanje zglobova manipulatora se električni, a rijetko pneumatski. Ako se prvi zglob kod pravokutne strukture zamijeni rotacijskim zgloboм, tada se dobiva robot cilindrične konfiguracije, prikazan na slici 3. Radni prostor takvog robota je volumen između dva vertikalna koncentrična plašta valjka (zbog ograničenog translatornog gibanja). Cilindrični manipulator pokazuje dobru mehaničku vrstou, ali se točnost pozicioniranja ruku nog zgloba smanjuje sa povećanjem horizontalnog hoda. Uglavnom se upotrebljava za prijenos objekata većih dimenzija i koristi hidraulične motore za pogon zglobova češćenoelektrične.

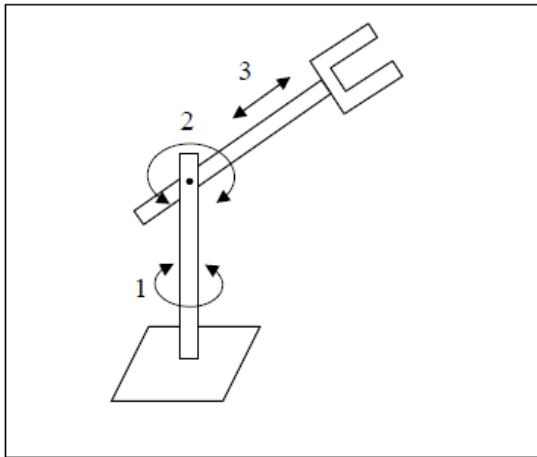


Slika 2. Pravokutna konfiguracija robota [2]

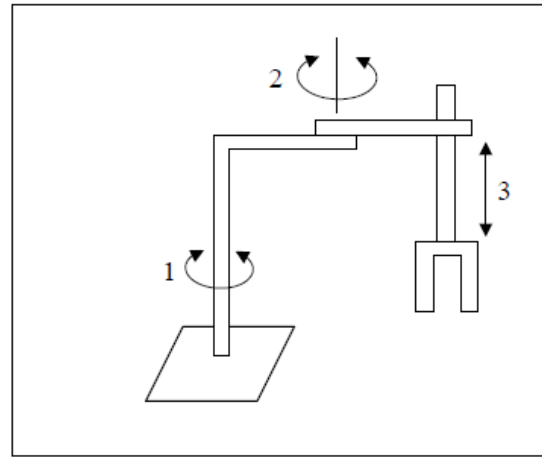


Slika 3. Cilindrična konfiguracija robota [2]

Zamjenom drugog zgloba cilindrične konfiguracije robota rotacijskim zglobovima dobiva se robot sferne konfiguracije, slika 4. Ako postoji ograničenje translacijskog gibanja, tada je radni prostor tog tipa robota volumen između dvije koncentrične sfere, a uz ograničenje svih kretanja, radni prostor je dio između dvije koncentrične sfere. Mehanička vrsta je manja u odnosu na prethodne strukture zbog složenije geometrijske i mehaničke konstrukcije. Točnost pozicioniranja se smanjuje sa porastom radijalnog hoda. Sferni manipulator se uglavnom koristi u strojarstvu industriji. Obično se koriste električni motori za pokretanje zglobova manipulatora. Robot tipa SCARA (eng. Selective Compliance Assembly Robot Arm) također ima dva rotacijska i jedan translacijski zglob kao što je prikazano na slici 5. Kod ovog tipa robota su sve tri osi vertikalne. SCARA manipulator karakterizira visoka vrsta za opterećenja na vertikalnoj osi i popustljivost za opterećenja u horizontalnoj osi. Zbog toga se SCARA koristi za zadatke montiranja po vertikalnoj osi. Točnost pozicioniranja se smanjuje sa porastom udaljenosti između drugog zgloba i osi prvog zgloba.

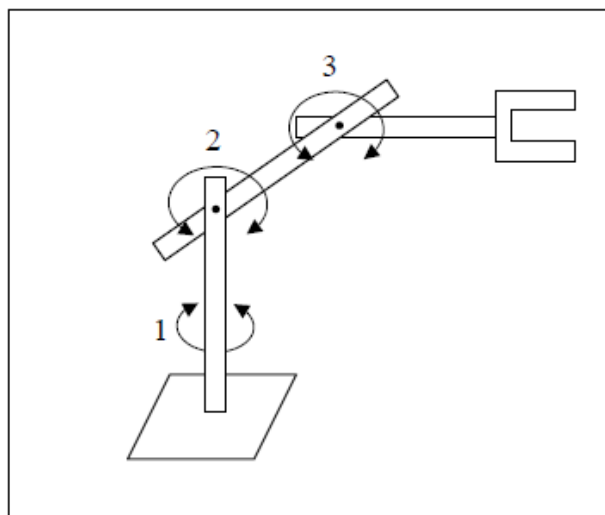


Slika 4. Sferna konfiguracija robota [2]



Slika 5. SCARA robot [2]

Ako su upotrebljavana sva tri rotacijska zgloba dobiva se rotacijska struktura manipulatora, koja se još naziva zglobova ili antropomorfna, slika 6. Osi rotacije drugog i trećeg zgloba su paralelne i okomite na os rotacije prvog zgloba. Ako ne postoje ograničenja rotacijskih kretanja, tada je radni prostor tog robota kugla, a uz ograničenja to je dio kugle složenog oblika čiji je presjek sa strane najčešće u obliku polumjeseca. Zbog sličnosti s ljudskom rukom, drugi zglob se naziva vratni zglob, treći zglob lakat jer povezuje gornji dio ruke s podlakticom. Za pogon zglobova antropomorfne strukture koriste se električni motori. Područje primjene je raznoliko.



Slika 6. Rotacijska konfiguracija robota [2]

Navedene strukture manipulatora dobivene su na osnovu zahtjeva na poziciju ru nog zgloba i orijentaciju vrha manipulatora. Ako se želi posti i odgovaraju a orijentacija u trodimenzionalnom prostoru, ru ni zglob mora posjedovati najmanje tri stupnja pokretljivosti ostvarenih rotacijskim zglobovima. [2]

1.3 Roboti za elektrolu no zavarivanje

Automatizacija postupaka zavarivanja po ela se intenzivnije razvijati i upotrebljavati nakon Drugog svjetskog rata. Sredinom 60-ih godina došlo je do naglog pove anja primjene automata za zavarivanje.

Krajem 70-ih godina nagli razvoj ra unala i robota omogu io je izradbu robotiziranih zavariva kih stanica.

Glavna komponenta robotizirane zavariva ke stanice je robot obi no sa 6 upravljanih osi (stupnjeva slobode gibanja). Na vrhu ruke robota montiran je pištolj za zavarivanje. Uz robota, potreban je pozicioner sa steznim napravama za pri vrš ivanje radnog komada, izvor struje te dobavlja žice. Ra unalo upravlja gibanjem robota i manipulatora.

Uvo enje kompjutorske tehnologije (CAD, CAM, CAP, CAE...), te posebice uvo enje robotizacije omogu ilo je kvalitetan pomak u proizvodnji zavarivanjem.

Roboti za elektrolu no zavarivanje imaju znatno teže zadatke u odnosu na robote za to kasto zavarivanje (pritisak odre enom silom u odre enom vremenu, dostizanje odre ene to ke u prostoru bez obzira na putanju). Upravlja ka jedinica robota treba voditi pištolj za zavarivanje to no odre enom putanjom i brzinom, pištolj treba imati to no odre enu orijentaciju odnosno nagib u odnosu na zavareni spoj itd. Moderni zavariva ki roboti danas s "lako om" rješavaju navedeno te je njihova primjena mogua za gotovo sve elektrolu ne postupke zavarivanja.

Brojni problemi koji se javljaju pri robotiziranom zavarivanju (prevelike tolerancije radnih komada koje treba zavariti, nemogu nost to nog pozicioniranja složenih radnih komada zbog velikih dimenzija ili razli itih situacija za koje robot nije programiran) zahtijevaju robote više inteligencije sa senzorima.

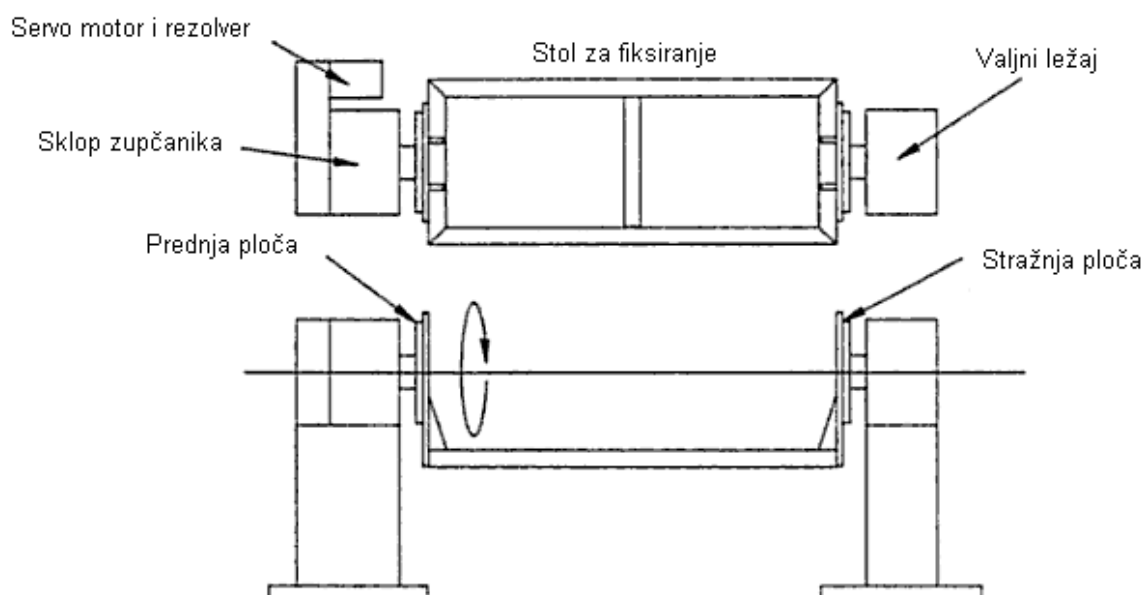
Laserski daljinomjeri, algoritmi za prepoznavanje oblika, razni tipovi video i laserskih kamera, kao i elementi umjetne inteligencije upotrebljavaju se danas za uspješno robotizirano zavarivanje. Neki od poznatijih proizvo a a robota su ABB, FANUC, PANASONIC, KUKA, MOTOMAN, OTC. Na slici 7. prikazane su razli ite vrste robota za elektrolu no zavarivanje.



Slika 7. Različite vrste robota za elektrolužno zavarivanje [3]

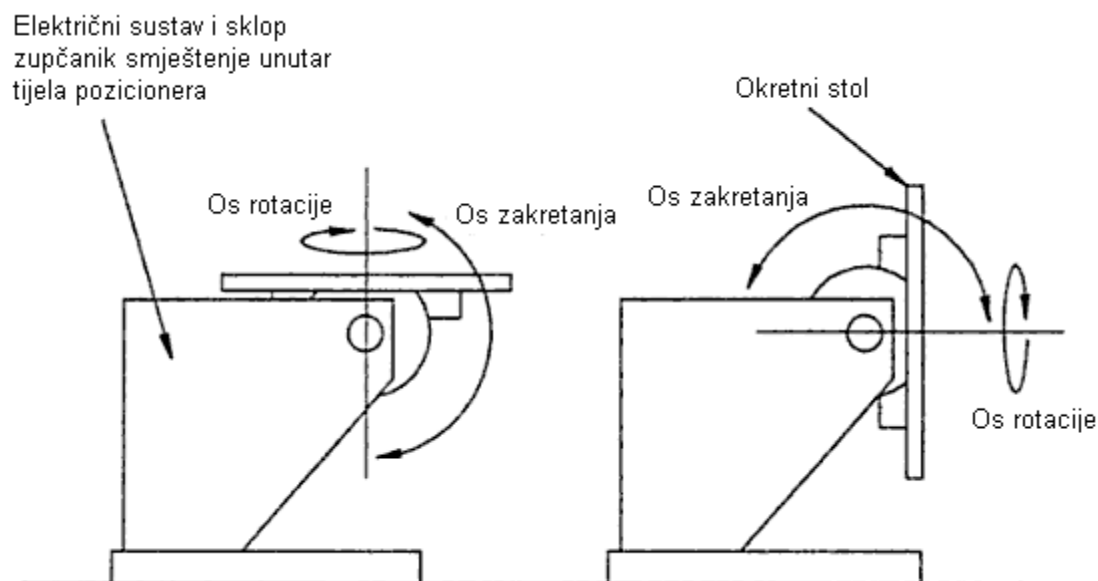
1.4 Uređaj za pozicioniranje

U ovom tekstu su prikazane i opisane neke vrste pozicionera koje su integrirane u robotskim stanicama. Pozicioneri služe za manipulaciju radnim komadima za vrijeme zavarivanja. Moraju omogućiti kvalitetno i jednostavno stezanje radnih komada, njihovo umetanje, izuzimanje te ovisno o vrsti omogućiti robotu što jednostavniji pristup svim spojevima predviđenim za zavarivanje na radnom komadu. Slika 8. prikazuje pozicioner s jednim stupnjem slobode gibanja. Ovakvi pozicioneri su pogonjeni programabilnim servomotorom i resolverom. Stol za prihvrat radnih komada se nalazi između prednje i stražnje rotacijske ploče koje su uglavljenje u valjnim ležajima.



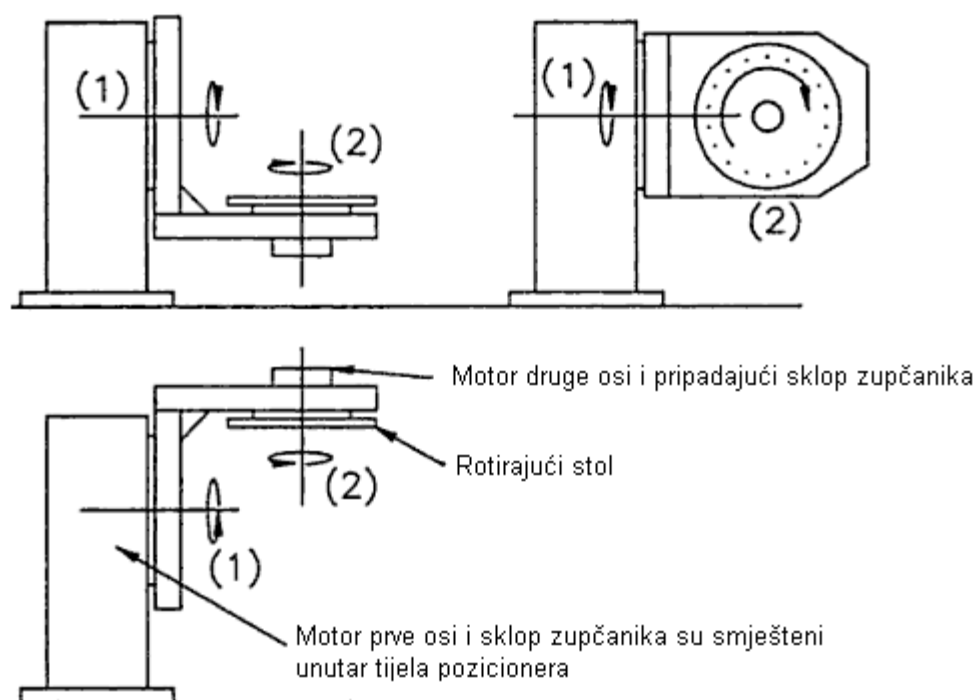
Slika 8. Prikaz pozicionera s jednim stupnjem slobode gibanja [4]

Na slici 9. je prikazan pozicioner s dva stupnja slobode gibanja. Ova vrsta pozicionera je također pogonjena sa programabilnim servomotorom i resolverom. Stol za prihvat radnih komada može rotirati oko svoje osi (za 360°) te se može zakrenuti oko x osi za 90° ili više. Motor i sklop zupčanika su smješteni u samom tijelu pozicionera. Iako su fleksibilniji što se tiče stupnjeva slobode gibanja od prethodnih pozicionera, kod njih nije moguće ostvariti pristup radnom komadu sa donje strane okretnog stola.



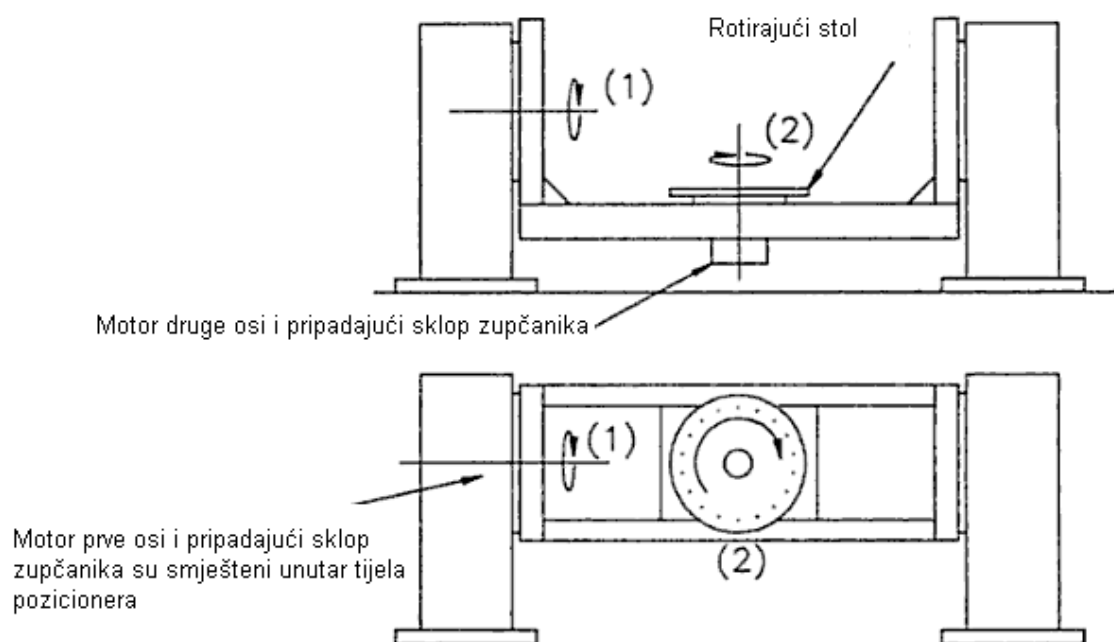
Slika 9. Prikaz pozicionera s dva stupnja slobode gibanja [4]

Na slici 10. prikazani su orbitalni pozicioneri koji također imaju dva stupnja slobode gibanja. Međutim kod ovih pozicionera stupanj rotacije je veći nego kod prethodnih. Tzv. ruka rotira oko horizontalne osi (za 360°) te okretni stol rotira oko vertikalne osi (za 360°). [4]



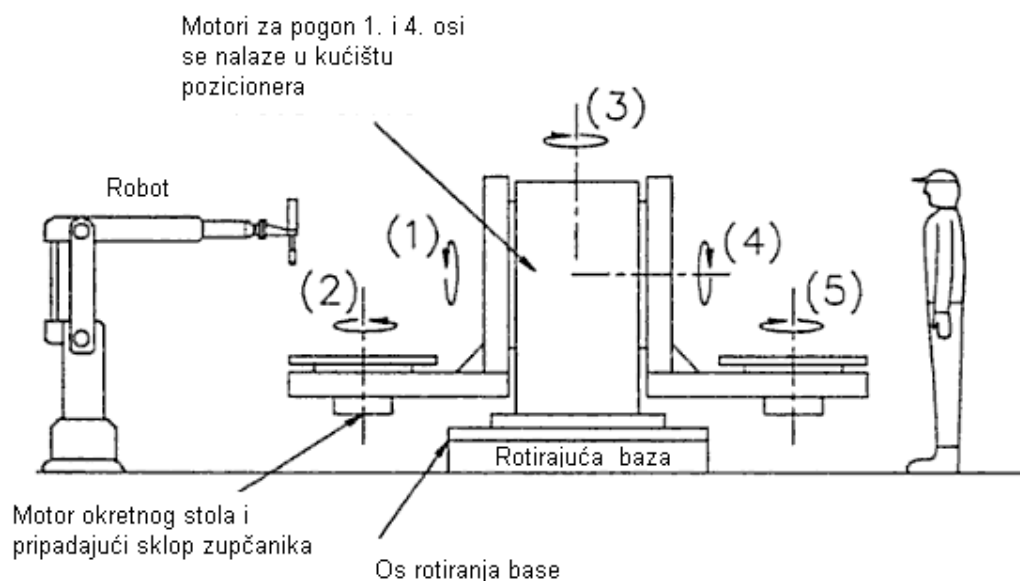
Slika 10. Prikaz orbitalnog pozicionera [4]

Također postoje još razne varijacije ovakvih pozicionera kao što pokazuje slika 11



Slika 11. Prikaz pozicionera s dva stupnja slobode gibanja s većom autonomijom pokreta [4]

Ukoliko se koristi više robota moguće je kombinirati više pozicionera na samostojećoj bazi koja rotira oko svoje osi kao što je prikazano na slici 12.



Slika 12. Prikaz stanice na kojoj je kombinirano više vrsta pozicionera [4]

Svi navedeni pozicioneri imaju mogućnost sinkronog gibanja u kombinaciji s robotom za zavarivanje. Na slici 13. prikazani su pozicioneri različitih proizvođača.



Slika 13. Prikaz različitih vrsta pozicionera [5, 6, 7]

1.5 Izvori struje za zavarivanje

Izvori struje trebaju osigurati jačinu struje i napon luka u radnom opsegu kao i lako uspostavljanje luka i njegovu stabilnost. Osim toga u nekim slučajevima se postavljaju specifični zahtjevi, kao što je impulsna struja kod MIG/ MAG postupka ili uspostavljanje luka kod TIG postupka.

Kada su priključeni na električnu mrežu (trofaznu ili monofaznu) uređaj je pod naponom, spreman za rad, ali se još nije uspostavio električni luk. Napon praznog hoda mora biti dovoljan da se uspostavi električni luk ali ne smije biti previsok da bi ugrozio uvijekov život u nekim nepovoljnim slučajevima. Obično je napon praznog hoda kod ručnih uređaja oko 60 volti, a kod automatskih ne iznad 100 V (110 V).

Uređaji za zavarivanje se po konstrukciji dijele na:

1. Transformatore,
2. Ispravljače,
3. Invertere

Za MIG/MAG zavarivanje najčešće se koriste istosmjerni izvori konstantnog napona CV, regulacije od 12 do 50 V, s ravnomjernom blagopadajućom statičkom karakteristikom izvora koja u presjecištu sa statičkom karakteristikom električnog luka definira parametre zavarivanja (Iz i Uz).

Za elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštiti plina u pravilu se koristi istosmjerna struja jer daje stabilan luk, ravnomjeran prijenos dodatnog metala (po potrebi prijenos u mješovitom luku, čak i pri korištenju aktivnih zaštitnih plinova) s malim gubicima uslijed rasprskavanja i dobre karakteristike zavara u širokom rasponu jačine struje. Intermitencija izvora (odnos vremena zavarivanja prema vremenu rada izvora dok je isti uključen na mrežu) mora biti što veća a posebno pri automatskom zavarivanju.

Izvori struje pri zavarivanju u zaštitnoj atmosferi plinova su pretežno ispravljači i inverteri dok i neki generatori odgovaraju istim zahtjevima. Za MIG/MAG postupak zavarivanja, moraju osiguravati unutarnju regulaciju visine električnog luka.

Prema načinu podešavanja napona dijele se na:

- Izvori struje s ručnim podešavanjem, koji su jednostavni, pouzdani i ekonomski prihvatljivi, konstruiraju se uglavnom u rasponima od 100 do 500 A i primjenjuju se uglavnom za klasično MIG/MAG zavarivanje
- Izvori struje s elektroničkim podešavanjem (tiristori, inverteri), podešavanje napona vrši se u cijelom rasponu regulacije i uglavnom se izražuju u području od 300 do 600 A, zbog veće složenosti i cijene u odnosu na izvore s mehaničkim podešavanjem. Primjenjuju se za MIG/MAG zavarivanje, posebice za MIG impulsno zavarivanje.

Kod MIG impulsnog postupka izvor struje generira promjenljiv oblik struje (impuls), koji omogućava otkidanje jedne kapljice tijekom impulsa a količina prijenosa materijala se regulira promjerom žice i brojem impulsa (frekvencijom).

1.5.1. Transformatori

Transformatori za zavarivanje su najprošireniji, najviše upotrebljavani izvori struje za zavarivanje koji izmjeničnu električnu struju transformiraju u također izmjeničnu struju s karakteristikama pogodnim za zavarivanje.

Rad transformatora se zasniva na principu elektromagnetske indukcije. Kada kroz primar transformatora prolazi električna struja, formira se magnetsko polje (smjer silnica magnetskog polja se određuje po pravilu “desne ruke”). Kada se vodič nalazi u promjenljivom magnetskom polju tada se na njegovima krajevima detektira razlika potencijala, tj. napon prema izrazu:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad [1]$$

Kod običnih transformatora konstrukcijom se nastoji postići neovisnost veličine napona o u sekundarnom krugu o opterećenju, tada se teži ravnoj karakteristici (MIG/MAG). Kod zavarivačkih transformatora želi se osigurati pad napona pri porastu opterećenja odnosno struje zavarivanja i tada se teži padajućoj karakteristici.

Transformatori ravne karakteristike ne bi se mogli koristiti za ručne postupke zavarivanja zbog loših dinamičkih karakteristika pri promjeni duljine električnog luka.

1.5.2 Ispravljači i inverteri

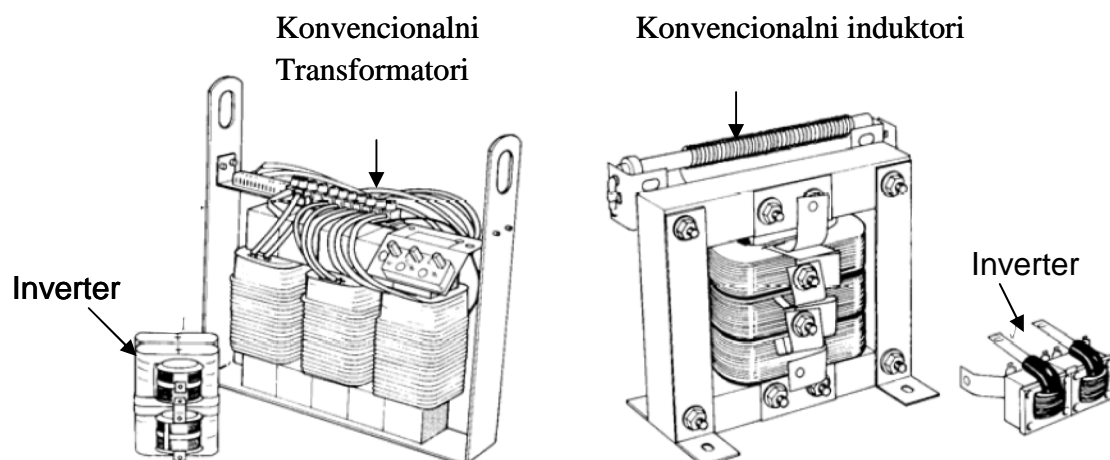
Ispravljači mogu raditi s velikim jačinama struje pa se koriste za sve postupke zavarivanja. Karakteristika može biti strmopadajuća ili ravna tj. blagopadajuća. Iako struja na izlazu iz ispravljača ima izvjesni blagi sinusoidalni oblik (do 5%, što nema bitnog utjecaja na stabilnost luka), ovaj izvor istosmjernje struje se znatno više koristi od pretvarača jer je jeftiniji i stvara manje buke.

Uobičajeno se napajaju trofaznom izmjeničnom strujom. Nakon transformacije struje pomoću transformatora za zavarivanje slijedi ispravljanje struje (poluvodičke diode, tiristori, tranzistori, ...). Ispravljanje se vrši pomoću prethodno navedenih ispravljačkih elemenata koji propuštaju struju samo u jednom smjeru, dok za drugi smjer predstavljaju vrlo veliki otpor.

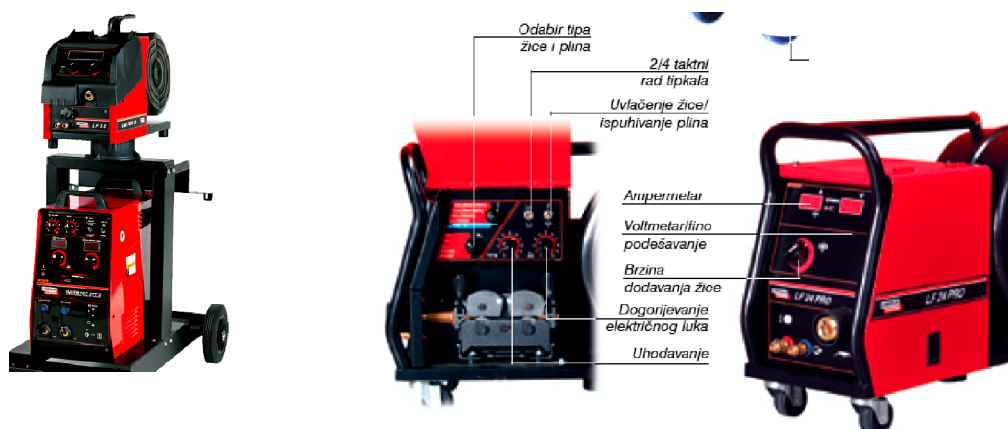
U novije vrijeme sve više se koriste inverterski ispravljači koji su znatno lakši i pogodniji za upotrebu od ostalih izvora struje za zavarivanje.

Inverteri daju istosmjernu ili visokofrekventnu pulsirajuću struju. U inverterskom krugu se istosmjerna struja pretvara u izmjeničnu ali se ujedno znatno povećava njena frekvencija (sa 50 Hz na 5-50 kHz). Ova struja se zatim svodi na potrebni napon i jačinu pomoću transformatora koji je znatno manji od klasičnog jer radi na principu visoke frekvencije.

Dodatna prednost invertera je njihova povećana efikasnost jer su gubici u željeznoj jezgri transformatora manji u odnosu na konvencionalne transformatore pa je stupanj iskorištenja invertera veći od svih ostalih izvora zavarivanja.



Slika 14. Usporedba veličine konvencionalnih i inverterских uređaja [8]



Slika 15. Moderne izvedbe invertera za MIG/MAG zavarivanje [9]

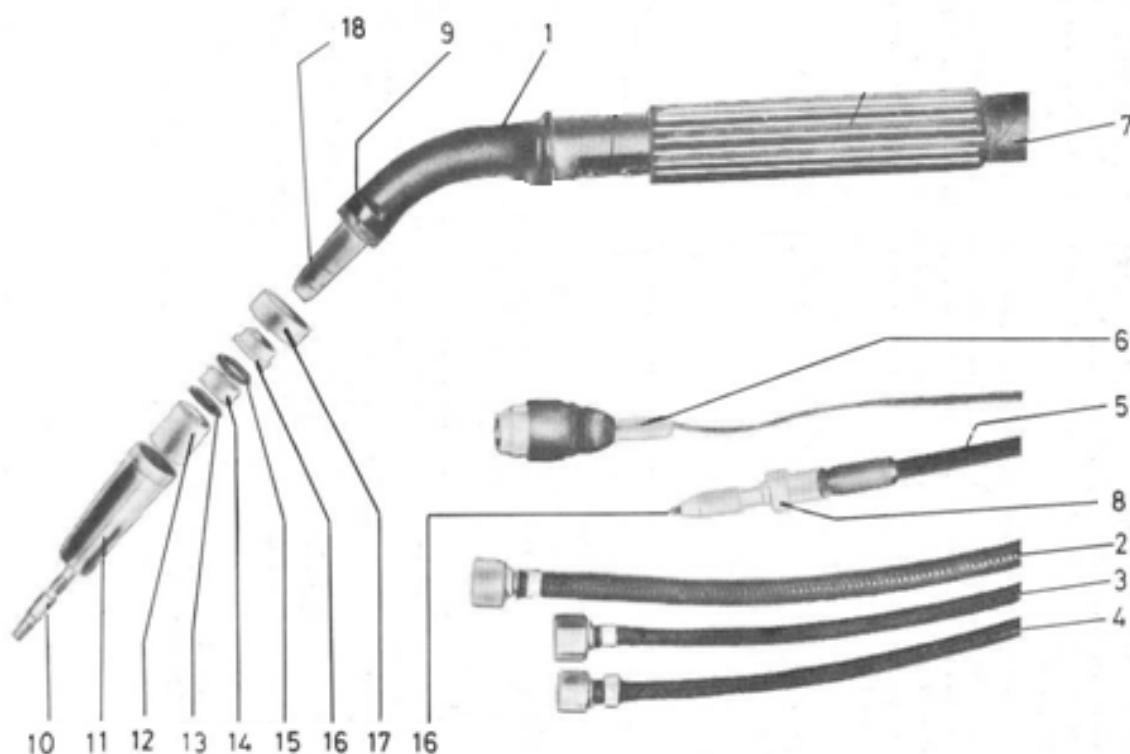
1.6 Pištolj za zavarivanje

Konstrukcija pištolja za zavarivanje ovisi o snazi uređaja i izabranog rješenja za dovodjenje anode elektrode. Izrađuju se u dvije osnovne varijante: sa zračenjem i vodenim hlađenjem. Do oko 400 A jačine struje zavarivanja pištolji se mogu izrađivati bez vodenog hlađenja dok su pri zavarivanju većim strujama od 400 A oni hlađeni vodom posebnom izvedbom kanala kroz pištolj za zavarivanje.

Vrh pištolja za zavarivanje se praktično nalazi u električnom luku što znači da je izložen vrlo velikim mehaničkim i toplinskim naprezanjima. Kroz pištolj prolazi žičana elektroda za zavarivanje, struja, zaštitni plin, upravljački signali, a ponekad i rashladna tekućina ukoliko je takva izvedba pištolja. Pištolji za zavarivanje su potrošni materijali te sadrže komponente koje se, ovisno o režimima zavarivanja, brže ili sporije troše.

Pištolji za poluautomatsko zavarivanje konstruirani su tako da omogućuju lagano korištenje pri ručnoj uporabi, da budu lagani za manipulaciju i izdržljivi.

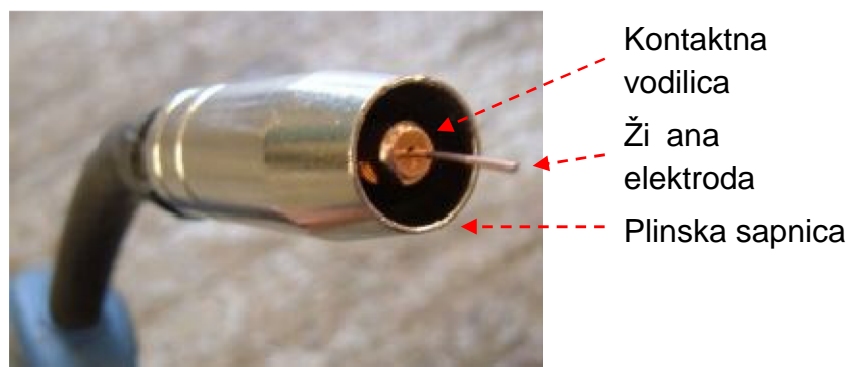
Zrakom hlađeni su preporljiviji jer ne zahtijevaju dobavu vode, ali vodom hlađeni su kompaktniji i obično imaju više nazivne struje zavarivanja. Maksimalna struja zavarivanja koju pištolj podnosi doseže 600 A uz 100 %-tnu intermitenciju. Pištolji mogu imati ravne ili zakrivljene sapnice koje variraju od 40° do 60°; zakrivljene sapnice poboljšavaju fleksibilnost i lako u manipulacije elektrodom. Na slici 16. prikazane su osnovne komponente pištolja s vodenim hlađenjem za MIG/MAG



Slika 16. Osnovne komponente pištolja s vodenim hlađenjem za MIG/MAG zavarivanje [10]

- | | |
|---|--|
| 1. Tijelo pištolja | 13. Brtveni prsten |
| 2. Vodi struje s vodenim hlađenjem | 14. Prsten |
| 3. Crijevo za rashladnu vodu | 15. Tlačni prsten |
| 4. Crijevo za zaštitni plin | 16. Prsten za povezivanje |
| 5. Crijevo za dovodjenje žice elektrode | 17. Umetak za dovodjenje žice elektrode za zavarivanje aluminija (MIG) |
| 6. Kontrolni kabel | 18. Plinska kontaktna vodilica |
| 7. Zaštitno crijevo | |
| 8. Ulazna vodilica za žicu elektrodu | |
| 9. Prsten | |
| 10. Kontaktna vodilica | |
| 11. Sapnica za plin | |
| 12. Izolacijski prsten | |

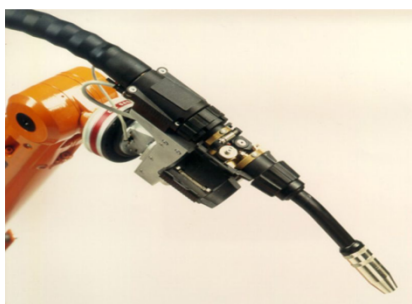
Glavni potrošni dijelovi su plinska sapnica i kontaktna vodilica, zbog toga se vrlo lako zamjenjuju. Kontaktna vodilica vodi žanu elektrodu te prenosi struju zavarivanja na istu. Za svaki promjer žane elektrode postoji odgovarajuća kontaktna vodilica koja ima nešto veći promjer od same žice. Kromirana bakrena plinska sapnica za plin se uglavnom isporučuje u tri veličine i to sa promjerom otvora 13, 15 i 17 mm. Pri MIG zavarivanju aluminija i bakra koriste se po mogućnosti veći promjeri sapnice za plin. Na slici 17. Prikazana je sapnica pištolja za MIG/MAG zavarivanje.



Slika 17. Vrh pištolja za MIG/MAG zavarivanje [11]

Kod MAG zavarivanja u zaštitnoj atmosferi CO_2 plina zračni pištolj može se znatno više opteretiti jačom strujom nego kada se zavarivanje izvodi MIG postupkom u zaštitnoj atmosferi argona ili mješavine.

Pištolj za zavarivanje je montiran na robotsku prihvaticu sa pripadajućom montiranom rukom. Poželjno je koristiti spojku za zaštitu od kolizije kako bi se spriječila oštećenja skupe opreme za zavarivanje u slučaju zaljepljivanja žice i udesa za vrijeme instalacije i pokretanja. Na slici 18. i 19. su prikazane neke vrste pištolja za zavarivanje. [8]



Slika 18. Pištolj za zavarivanje [12]



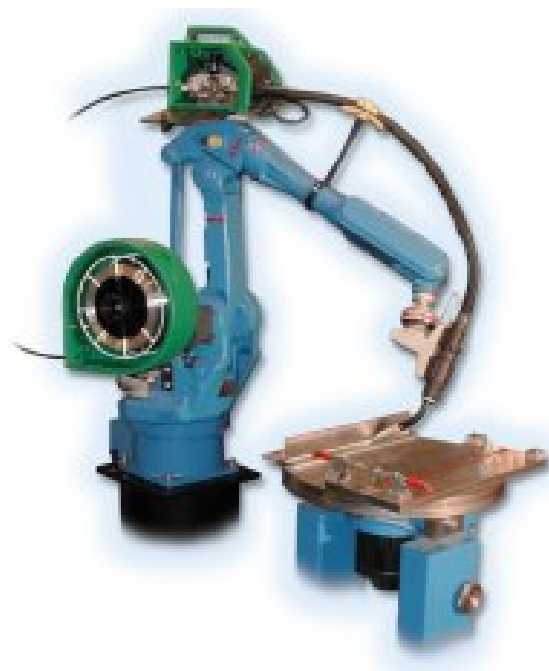
Slika 19. Pištolj za zavarivanje [12]

1.7 Dodava žice

Dodava žice prikazan na slici 20. služi za dobavljanje dodatnog materijala za vrijeme zavarivanja. On omogućava fleksibilnost i postizanje različitih brzina dovođenja žice u svrhu zadovoljavanja specifičnih zahtjeva sklopa. Uobičajeno je da je dodava žice za robotsko zavarivanje montiran na robotskoj ruci odvojeno od izvora struje. Kod zavarivanja robotom, potrebna je kontrola sučelja između robotske regulacije, izvora struje i dobavljača žice. Sustav dobave žice mora odgovarati postupku zavarivanja i tipu uređaja za zavarivanje.

Postoje dva osnovna tipa dobavljača žice. Prvi se koristi kod kontinuiranog dovođenja žice. Žica je u ovom slučaju dio zavarivačkog kruga i rastaljeni metal od žice prolazi kroz luk i u zavar. Dva su tipa takvog dobavljača žice. CP izvor struje zahtijeva sustav dobave žice s naponskim osjetnicima kod kojih se brzina dobave žice može kontinuirano mijenjati, a CV sustav zahtijeva konstantnu brzinu žice za vrijeme zavarivanja.

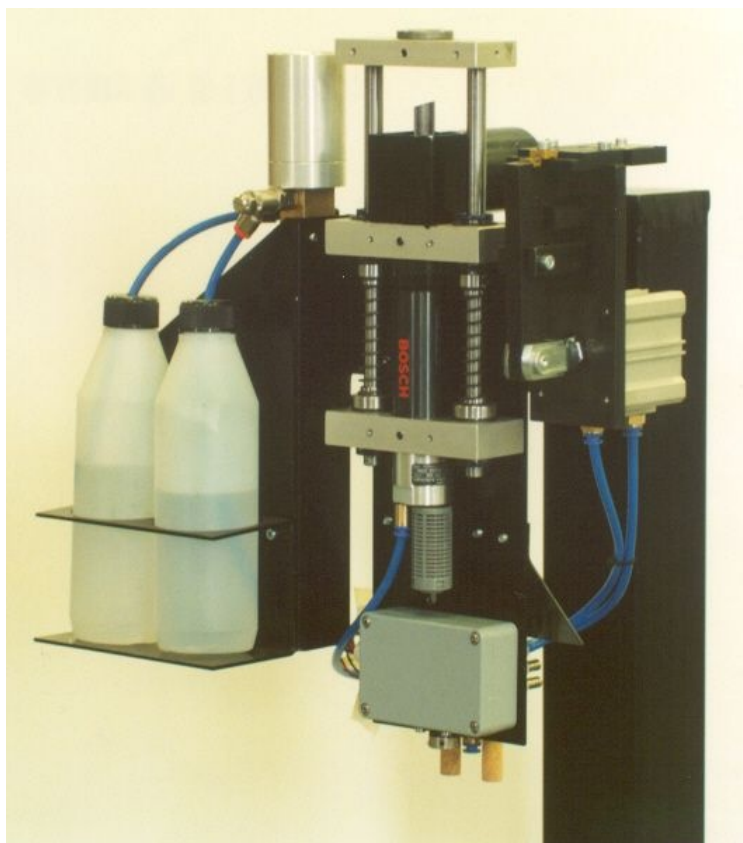
Drugi tip dobavljača žice je poznat kao *hladni dodavač žice* i koristi se samo za TIG zavarivanje. Žica ovdje nije dio strujnog kruga i dodatni materijal se dovodi do električnog luka gdje se tali toplinom dobivenom u električnom luku. [12]



Slika 20. Dodava žice [12]

1.8 ista pištolja

Povremeno iš enje pištolja za zavarivanje je potrebno za pravilan i pouzdan rad opreme za robotizirano MIG/MAG zavarivanje. Visoki radni ciklus automatiziranog postupka zahtjeva automatizirano iš enje pištolja za zavarivanje. Sustavi imaju instaliran raspršiva sredstva protiv prskanja u otvor pištolja. Nadalje, dostupni su alati koji razvrtavaju sapnicu kako bi se uklonile nakupljene kapljice i koji režu žicu na vrhu pištolja. Sustav iš enja se automatski aktivira nakon odre enog vremena od strane regulacijskog sustava zavarivanja. Na slici 21. prikazan je tipičan ista pištolja za MIG/MAG zavarivanje. [12]



Slika 21. ista pištolja [12]

2. PRIMJENA SENZORA KOD ROBOTIZIRANOG ZAVARIVANJA

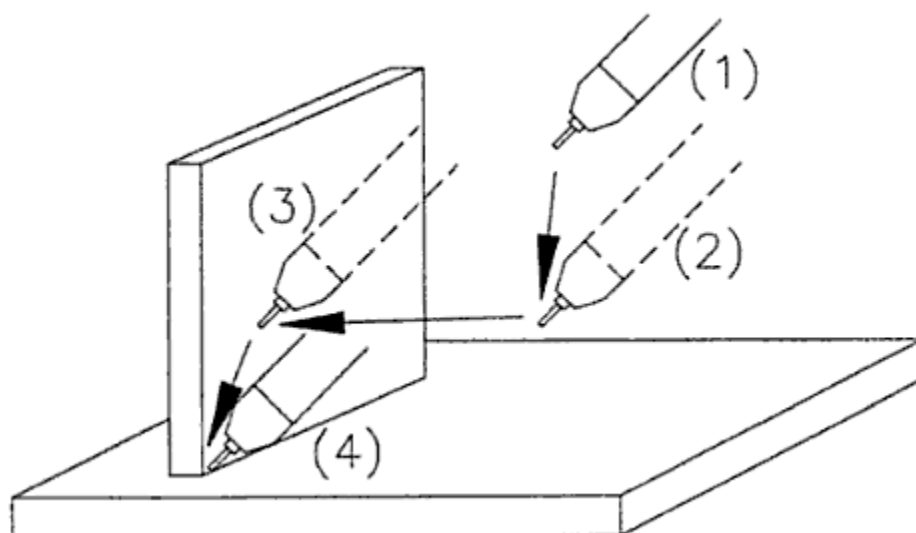
Danas je sve češća uporaba senzora pri robotiziranom zavarivanju. Dva su osnovna razloga:

- pad cijena senzora
- uporabom senzora vrlo kvalitetno se rješava problem uvođenja visoko organizirane okoline

Najpoznatiji senzori koji se koriste jesu: taktilni senzori, optički senzori te senzori električnog luka.

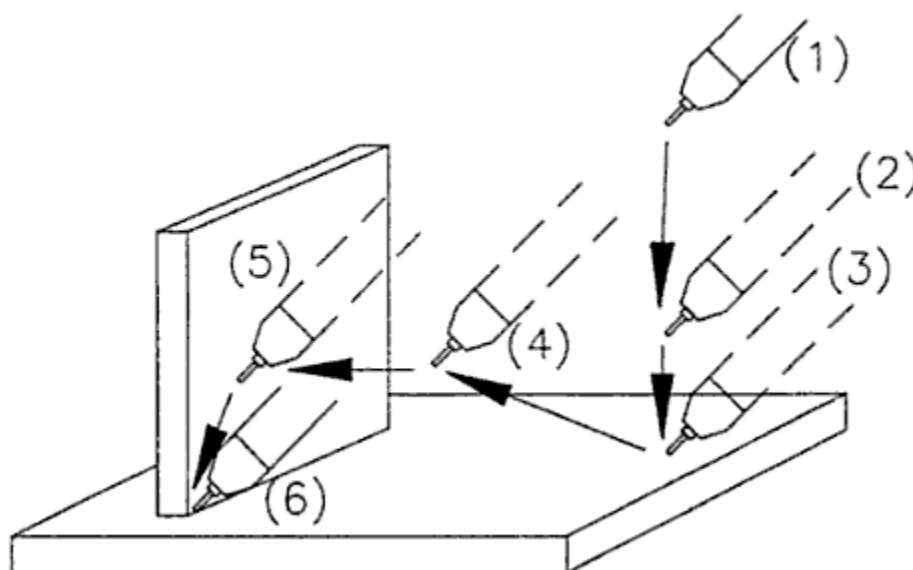
2.1 Taktilni senzori

Taktilni ili dodirni senzori služe za detektiranje položaja zavara pomoću dodirne žice za zavarivanje ili nekog drugog sredstva. Na taj način se omogućuje robotu da prilagodi gibanje pozicijama zavara koje variraju od komada do komada. Robot je programiran tako da se u svakom ciklusu pomiče lagano prema radnom komadu dok ga konačno i ne dotakne. Na taj način robot "shvaća" gdje se nalazi radni komad te shodno tome prilagođava svoje gibanje. Prikaz rada taktilnog senzora vidljiv je na slici 22.



Slika 22. Prikaz traženja zavara pomoću jedne koordinate [4]

Pozicija (1.) je početna pozicija. Pozicija (2.) je prilazna pozicija koja je paralelna s donjom horizontalnom plohom. Primi u i se radnom komadu, robot prima signal da je napravljen kontakt. Promjena vrijednosti napona, u poziciji (3.), signalizira robotu da je kontakt s radnim komadom uspostavljen te da je dobivene vrijednosti koordinata x , y i z potrebno pohraniti u memoriju. Koriste i nove proračunate koordinate, robot se automatski pomiče u poziciju (4.) Moguće je provjeriti više osi kako bi se još preciznije izračunala lokacija zavarara. Slika 9. prikazuje traženje radnog komada u dvije dimenzije. Pozicija (1.) je početna pozicija. Pozicija (2.) Je prilazna pozicija iz koje započinje traženje. Pozicija (3.) predstavlja trenutak kada žica dodiruje radni komad te je dobivena prva koordinata. U ovom slučaju svako slijedeće "traženje" već u sebi sadrži korekciju tj. koordinatu dobivenu kod prve detekcije radnog komada. Druga potraga započinje na poziciji (4.) Pozicija (5.) predstavlja trenutak druge detekcije radnog komada te robotski kontroler sada posjeduje i pohranjuje drugu koordinatu u memoriju. Sada nastupa kombiniranje prve x i druge y koordinate kako bi se odredio položaj početka zavarara koji se nalazi u točki 23. Ako je potrebno, također se može izvršiti pretraga i po trećoj osi.



Slika 23. Prikaz traženja zavarara pomoću dvije koordinate [4]

U ovom slučaju robot samo traži digitalni povratni signal pa se mogu koristiti detektori blizine (eng. „proximity switches“) ili drugi slični senzori koji mogu raditi s opremom predviđenom za taktilne senzore. Jedan od nedostataka ovih senzora jest trošenje tj. potrebna je zamjena senzora nakon određenog broja radnih ciklusa, zbog neotpornosti senzora na zavarivačku okolinu. Ova tehnologija jest prihvatljiva te pokazuje dobre rezultate ukoliko se

korisiti. Najveća ograničenja taktilnih senzora jest ne provođenje zadata u realnom vremenu. Robot prvo traži kraj linije zavarivanja koordinatu pohranjuje u memoriju te nakon toga traži po etak zavarivanja te se tako etka pohranjuje. Nakon toga računalo vodi robota od početne do krajnje točke zavarivanja te se zavar mora nalaziti u predviđenoj putanji gibanja, budući da se praćenje linije zavarivanja tijekom ovakvog postupka zavarivanja ne provodi. Kao posljedica toga, zbog toplinske deformacije, javljaju se problemi kod zavarivanja dužih radnih komada. Pošto se kod zavarivanja s taktilnim senzorima točka početka i kraja zavarivanja određuje prije izvođenja samog postupka, ne smije se dogoditi naknadno pomicanje radnih komada jer se naknadna korekcija putanje ne može izvršiti. Posljedično tome, ukoliko dođe do pomicanja radnih komada iz nekog razloga (toplinska deformacija i slično), točka početka i kraja zavarivanja, koje su prethodno usnimljene postaju beznačajne. Još jedan nedostatak ovakvih senzora jest vrijeme koje je potrebno da se izvrši traženje radnih točaka. Vrijeme traženja varira između 2 do 5 sekundi po potrazi, iz čega proizlazi da ukoliko je potrebno trodimenzionalno pretraživanje, vrijeme jednog ciklusa se može produžiti i do 15 sekundi. Kako bi se vrijeme ciklusa smanjilo, potrebno je minimizirati broj osi koje se pretraživati, te se u praksi najčešće provodi pretraživanje po jednoj ili dvije osi.

Prednosti ovih senzora su:

- Jednostavnost
- Cijena

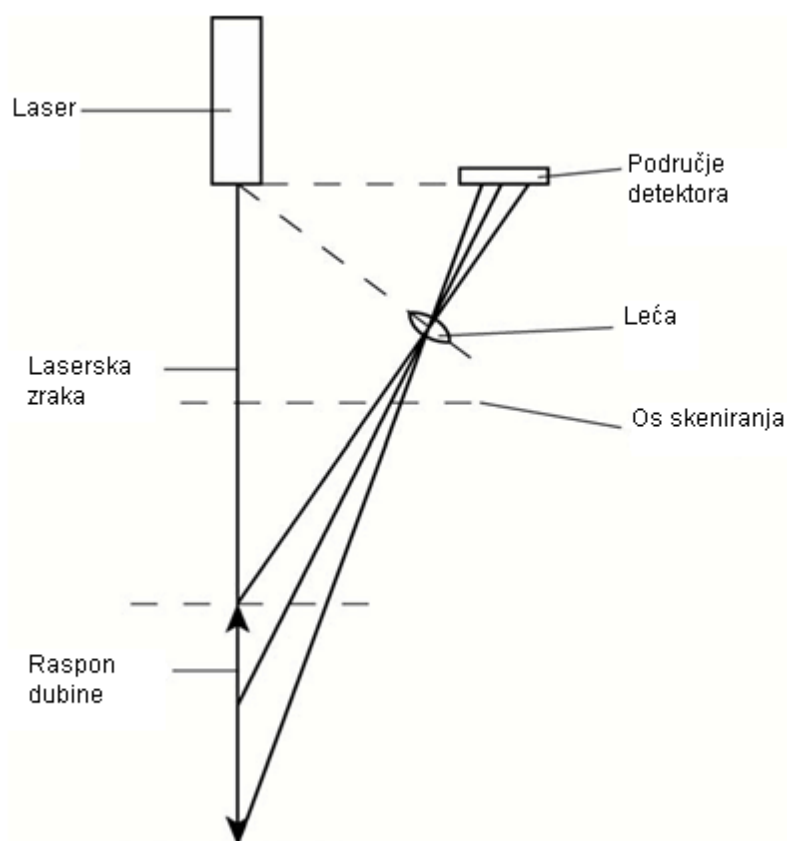
Nedostaci:

- Sporost
- Mehaničko trošenje

2.2 Optički senzori

Optički senzori za praćenje spoja za vrijeme zavarivanja imaju 2 načina rada: a) skeniranje laserskom zrakom b) skeniranje laserskom zrakom uz korištenje CCD (Charge Coupled Device) kamere. Postoje razne varijacije rada ovog postupka npr. laserska se zraka ne mora projicirati na zavar u obliku ravne linije, već se projicira u obliku kružnice. Na taj način se postiže bolja fleksibilnost senzora za detekciju spoja u kutovima bez dodatnog pomicanja pištolja za zavarivanje. Za mjerenje udaljenosti upotrebljava se metoda triangulacije, koja je od velike važnosti u zavarivanju. Metoda triangulacije je prikazana na slici 24.

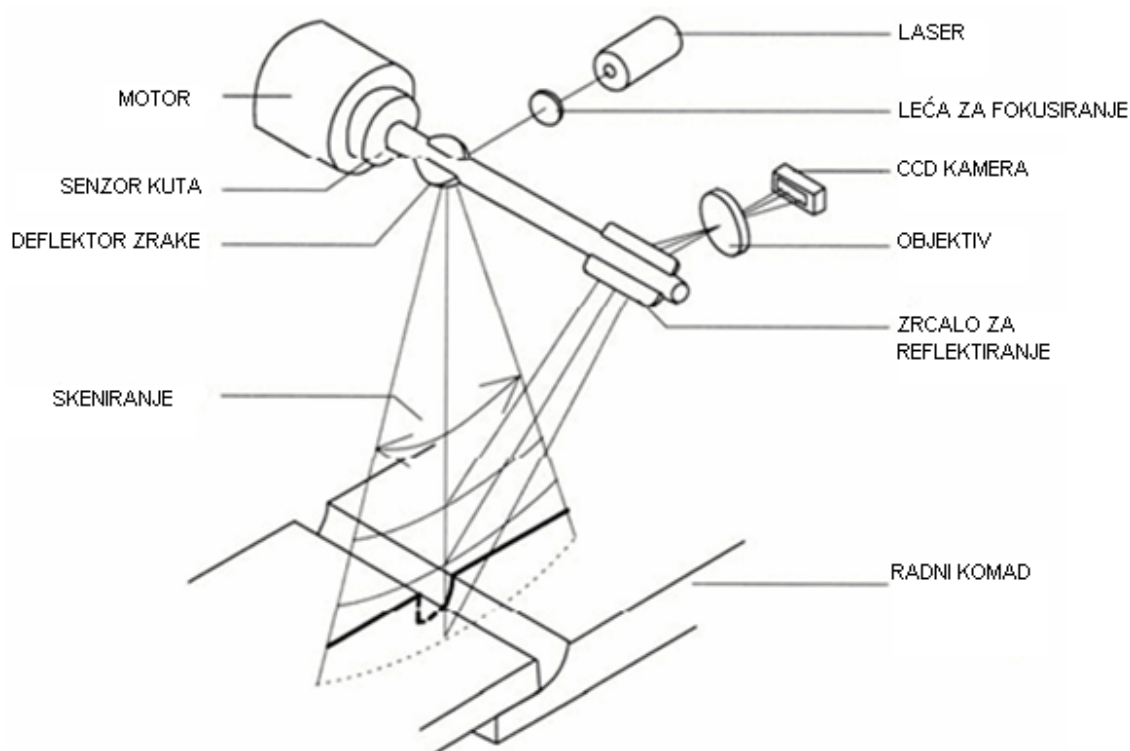
Created with



Slika 24. Prikaz metode triangulacije [13]

Laserska zraka se fokusira na objekt i pomoću njene refleksije od objekta kroz leću određuje se udaljenost između senzora i objekta. Ako je objekt blizu senzora tada je kut između emitirane i reflektirane zrake kroz fokusiranju u leću detektora velik. Kut je manji ukoliko je objekt udaljeniji. Određivanje udaljenosti između senzora i objekta vrši se fokusiranjem povratne zrake u detektor, najčešće pomoću CCD uređaja. Ovisno o tome koji su pikseli zrake osvijetljeni, moguće je odrediti udaljenost objekta. Ovisno o geometrijskom obliku i o tome kako je pripremljen spoj, laserska zraka se može reflektirati kao od zrcala. Ako se npr. zavaruje V spoj, kod njega će laserska zraka proizvesti nekoliko različitih refleksija, ali i različitih intenziteta, što dakako ovisi o površini samog spoja. Zbog toga ovi senzori moraju imati mogućnost procesuiranja podataka u realnom vremenu, kako bi se mogle filtrirati one

refleksije koje nisu korisne. Treba imati na umu da jako reflektiraju i materijali mogu izazvati probleme kod zavarivanja, pa se prije samog izvođenja moraju provesti ispitivanja. Osnovna funkcija senzora triangulacije jest mjerenje udaljenosti od točke na koju je usmjerena zraka pa se takvi senzori mogu koristiti i za kontrolu visine prilikom robotiziranog zavarivanja ili rezanja. Međutim najvažnija primjena triangulacije u zavarivanju jest praćenje spoja, a to zahtjeva mjerenje geometrije samog spoja. To se postiže tehnikom skeniranja zavariva pomoću laserske zrake, kao što prikazuje slika 25.

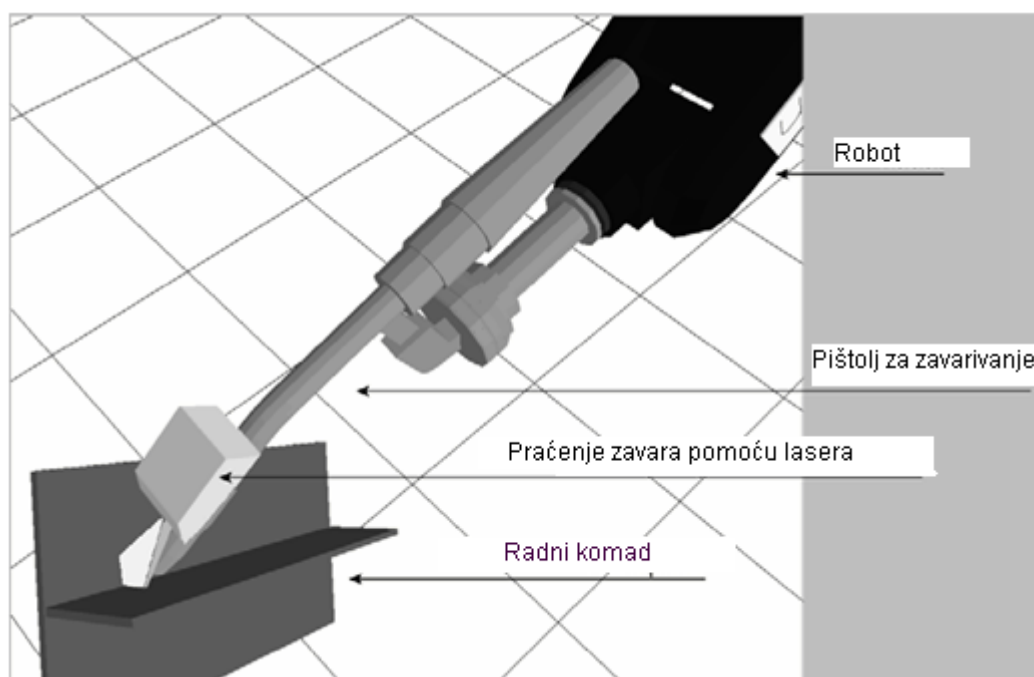


Slika 25. Praćenje zavariva pomoću principa skeniranja i metode triangulacije [13]

Međutim takvi senzori se mogu koristiti još i za prikupljanje informacija o volumenu spoja, zračnosti, veličini zazora, odstupanju itd.

Te informacije su od velike koristi za adaptivnu kontrolu izvora struje i robota koji mora izvesti zavarivanje prema unaprijed određenim zahtjevima. Npr. brzina gibanja pištolja se može kontrolirati u kombinaciji s parametrima izvora struje s obzirom na geometriju spoja. Ukoliko geometrija varira, robot mora kontinuirano tijekom zavarivanja prilagoditi parameter i gibanja u skladu sa promjenom geometrije spoja.

Kod robotskog zavarivanja debljih limova, zavarivanje se mora provoditi u nekoliko prolaza; prvi prolaz je korijenski, dok se za popunu koristi više prolaza pa se u tim slučajevima senzori za praćenje mogu koristiti na više načina. Praćenje spoja se najčešće koristi kod zavarivanja korijenom. Tijekom izvođenja te operacije robot pamti putanju zavarivanja pa se ostali prolazi popune mogu vršiti s velikom pouzdanosti, jer je putanja većotprije poznata robotu. Laserski senzori za praćenje se najčešće postavljaju na pištolj, kao na slici 26. i namješteni su tako da im se u vidnom polju nalazi zavareni spoj. Sam senzor može imati vlastiti stupanj slobode gibanja da se može samostalno rotirati oko pištolja te držati pravilan položaj.

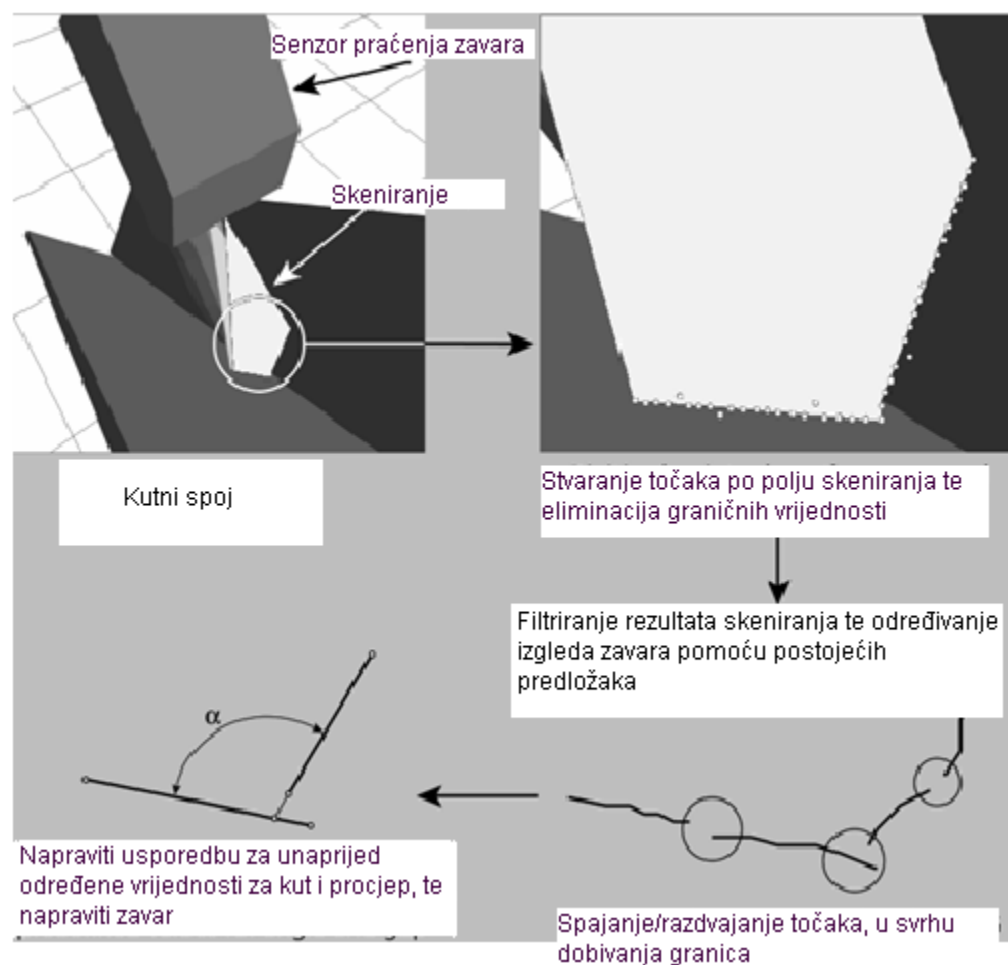


Slika 26. Prikaz tipičnog laserskog senzora smještenog na pištolju za zavarivanje [13]

Također treba znati da senzori praćenja moraju izmjeriti i dostaviti pozicije "ciljeva" kontinuirano tijekom gibanja robota i te informacije moraju biti vremenski obilježene i spremljene u memoriju, kako bi ih kasnije mogao upotrijebiti robotski kontroler.

Proces optimiziranja znatno se sastoji od sljedećih koraka:

- Identificiranje i eliminiranje ekstremnih vrijednosti
- Generiranje kontura profila zavora i generiranje linija segmenata baziranih na već postojećim predlošcima (šablonama)
- Spajanje linija segmenata
- Provjera parametara spoja (da se nalaze unutar dozvoljenih tolerancija i da odgovaraju određenim predlošcima, slika 27.)



Slika 27. Prikaz koraka za dobivanje značajki iz procesa: 1. Eliminacija minimuma i maximuma skeniranja, 2. Generiranje linije segmenata prema predlošku definiranom za tu vrstu spoja, 3. Spajanje segmenata linije, 4. Provjera valjanosti tolerancija i predložaka [13]

Promatrajući s gledišta kontrole, praćenje zavara se najčešće izvodi s potpunom kompenzacijom izmjerenih grešaka položaja. Praćenje se izvodi isključivo korištenjem nominalne putanje. Nominalna putanja jest pretpostavljena trajektorija zavarenog spoja, te za vrijeme praćenja robotski kontroler zaprima nove pozicije "cilja" od senzora, te kontroler ispravlja smjer, mjenjaju i poziciju TCP-a (Tool center point), držeći konstantnu orijentaciju. Ovaj postupak ima svoje prednosti i nedostatke. Prednost je u tome da je dana nominalna putanja najčešće pravocrtna, zbog sigurnosti da će robot pratiti putanju s malim promjenama, ali uz zadržavanje konstantne orijentacije. To znači da problematika s granicama područja zavara i moguće kolizije su minimalne. Nedostatak je taj da korisnik mora unaprijed definirati i programirati putanju.

Točnost laserskog skenera jest 0,1 mm. Međutim treba imati na umu da kod izvođenja jednog skeniranja može doći do stvaranja pogrešnih informacija jer su osjetljivi na djelovanje okoline. Laserski senzori su također i relativno skupi pa se umjesto njih mogu primijeniti senzori električnog luka.

Prednosti optičkih senzora:

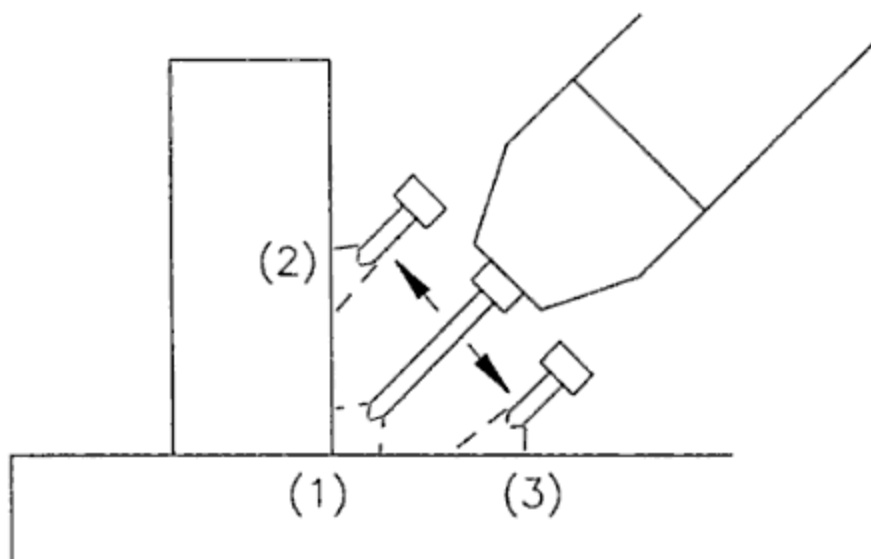
- preciznost i ponovljivost

Nedostaci:

- velika osjetljivost na djelovanje okoline
- visoka cijena
- kompleksnost
- skupi softveri

2.3 Senzori električnog luka

Omogućuju izvođenje procesa u realnom vremenu, što znači da se traženje zavarivača vrši za vrijeme izvođenja samog postupka zavarivanja. Ukoliko dođe do neočekivanih promjena putanje zavarivanja npr. zbog toplinske deformacije, one se mogu kompenzirati tj. korigirati pomoću sustava praćenja. Senzori električnog luka se često koriste u kombinaciji s taktilnim sensorima. Početna točka zavarivanja se pronalazi pomoću taktilnih senzora te se kod daljnjeg izvođenja procesa koriste senzori električnog luka. Slika 28. prikazuje princip rada senzora električnog luka.



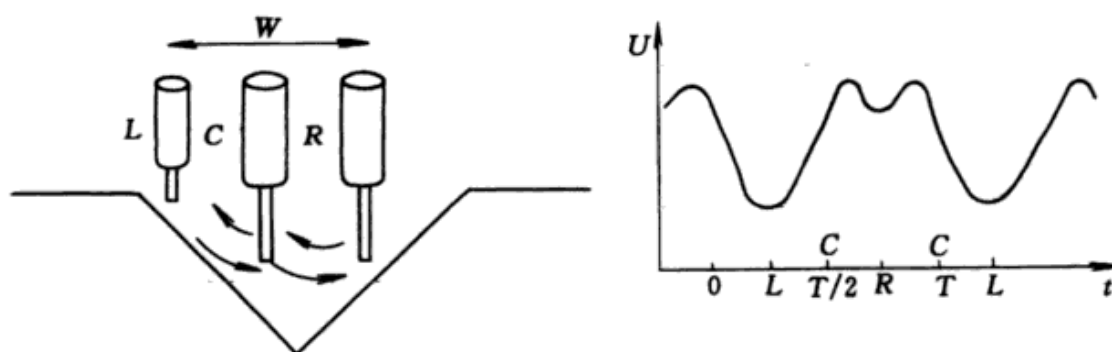
Slika 28. Princip rada senzora električnog luka [4]

Osnovni princip jest da je udaljenost između sapnice i radnog komada direktno proporcionalna sa strujom u sustavima s konstantnim naponom, a duljina luka je direktno proporcionalna s naponom luka. Što je veći luk to je veći i napon. Ovi senzori se koriste u kombinaciji s metodom njihanja kod zavarivanja. Pomoću softvera se kontinuirano prati iznos struje i napona za vrijeme njihanja. Kada se luk pomiče od jedne prema drugoj strani zvara, dolazi do smanjenja udaljenosti između sapnice i radnog komada te do skraćivanja samog električnog luka, pri čemu se mijenjaju napon i struja zavarivanja. Radnik očitava te promjene te nastoji održavati parametre jednakima na lijevoj i na desnoj strani zvara, automatskom prilagodbom programirane putanje robota. Udaljenost između sapnice i radnog komada se održava konstantnim praćenjem parametara struje i napona za vrijeme dok se luk pomiče od jedne do druge strane preko centra, gdje je taj razmak najveći. Radnik nastoji održati konstantnu vrijednost razmaka na centru radnog komada, što je od velike koristi ukoliko ne želimo koristiti opciju njihanja pa nije potrebno koristiti opciju korigiranja udaljenosti na lijevoj i na desnoj strani. Najveći nedostatak kod praćenja zvara s elektrolučnim senzorima jest da se ono može vršiti samo u kombinaciji s njihanjem, što ove senzore čini praktički neupotrebljivima kod radnih komada manje debljine, kod kojih mala širina zvara onemogućuje upotrebu njihanja. Najmanja vrijednost širine zvara kod koje se može koristiti njihanje jest 6,35 mm.

Postoje različite vrste senzora električnog luka, a najpoznatiji su oscilirajući i rotirajući.

2.3.1 Osciliraju i senzori

Najraniji tipovi elektrode nje senzora su bili mehani ki osciliraju i senzori. Pištolj oscilira po zavaru frekvencijom niske vrijednosti, kao na slici 29. , gdje je L lijeva strana zavara, D desna, a C predstavlja centar oscilacije. Usporedbom napona luka ili struje izme u Cl i CR, može se odrediti pomak pištolja od centralne linije zavara.



Slika 29. Osciliraju i senzor za MIG/MAG zavarivanje [14]

2.3.2 Rotiraju i senzori

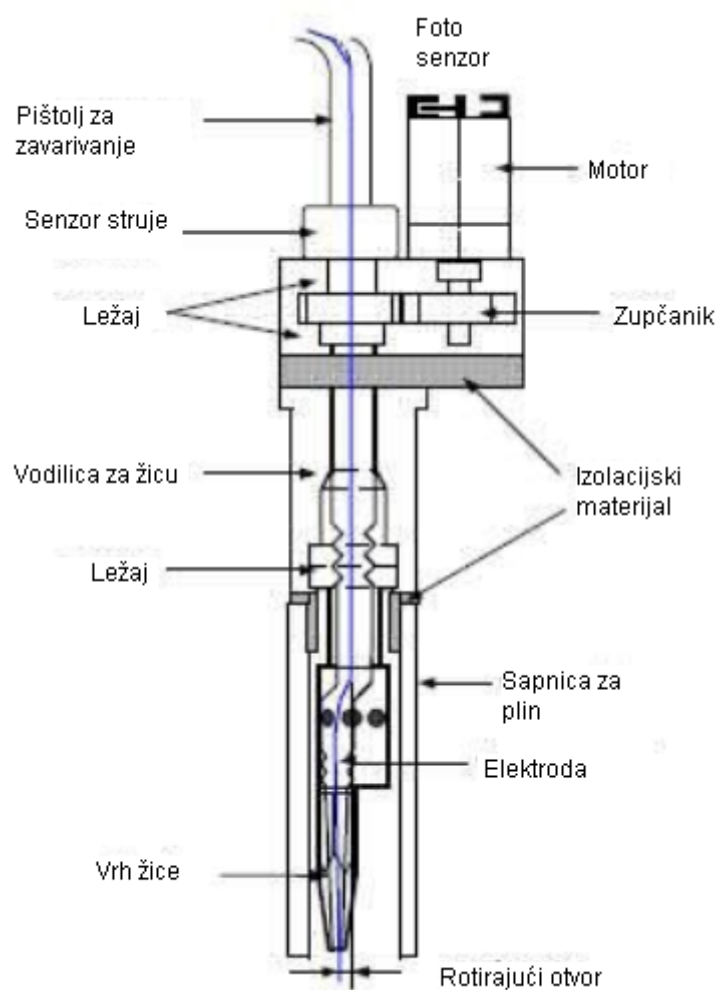
Rotacijsko gibanje se postiže koriste i elektri ki vodljivu cijev s ekscentri kom rupom kroz koju prolazi žica za zavarivanje. Pricip rada je isti kao kod osciliraju ih senzora s mogu noš u pove anja frekvencije. Pove anjem frekvencije se pove ava tj. postiže bolja osjetljivost. Ova vrsta senzora se naj eš e primjenjuje kod uskih i T-spojeva. Slika 30. prikazuje rotiraju i sensor.

Prednosti:

- Detekcija se vrši to no na mjestu zavara
- Senzor se ne nalazi na zavariva kom pištolju, što omogu uje bolju manipulaciju pištoljem
- “bježanje“ luka ili naljepljivanje žice, ne utje u na rad senzora
- Ovi senzori su jeftini i pouzdani, te imaju dugi vijek trajanja

Nedostaci:

- Imaju ograni enu primjenu



Slika 30. Rotirajući i senzor električnog luka [15]

3. METODE PROGRAMIRANJA ROBOTSkih SUSTAVA

Osnovne metode programiranja robota su on-line programiranje, off-line programiranje i hibridna metoda programiranja.

On-line programiranje je programiranje robota koje se izvodi izravno na njegovom radnom položaju. Robot je pri programiranju cijelo vrijeme angažiran, pa ne može obavljati proizvodnu funkciju. Za on-line programiranje primjenjuje se najčešće „teach-in“ metoda. Kursorskim tipkama ili „joystickom“ pomiču se zglobovi robota do točaka zavarivanja, odnosno položaja koji se pomoću programskog uređaja (privjeska za ručicu) pohranjuju u memoriju. Već dvije pohranjene točke sa svojim položajima i parametrima zavarivanja čine program. Nakon programiranja se izvodi testiranje programa u kojem robot mora automatskim ponavljanjem programiranih gibanja i funkcija (korak po korak kako je i programirano) točno izvršiti definirani zadatak. Kasnijim izvođenjem pohranjenog programa robot se kreće i obavlja ulogu po putanji označenoj zadanim točkama i pridruženim parametrima gibanja i zavarivanja.

On-line metoda programiranja zahtijeva dobro uvježbano osoblje koje ne treba biti visokokvalificirano na području robotike, ali radi izbora parametara zavarivanja (brzina zavarivanja, brzine žice, struje, napona, orijentacije zavarivačkog pištolja itd.) mora poznavati osnove zavarivanja.

Nedostatak on-line programiranja je što je zavarivačka stanica neproduktivna tijekom programiranja. Ovisno o složenosti radnog komada, programiranje na taj način može biti dugotrajno i podložno greškama. Nakon programiranja potrebno je isprobavanje programa i ispravljanje eventualnih grešaka, pa takvo programiranje zahtijeva više serije i nije podložno istim promjenama proizvodnog programa.

Off-line programiranje obavlja se na mjestu neovisnom o robotu. Pri programiranju roboti nesmetano obavljaju svoju proizvodnu funkciju. Za razliku od on-line programiranja, kod ove metode zadatak je tekstualno ili grafički zadan uz pomoć odgovarajućeg programskog jezika. Najveći problem takvog programiranja je u projektiranju bezkolizijskih staza. Zbog tog razloga danas se programski sustavi za off-line programiranje uspješno izravno povezuju sa CAD-sustavima, uključujući i time u program sve podatke o geometrijskom izratku, stanici za zavarivanje i robotu. Kod elektrolitnog zavarivanja pod zaštitom plinova postoje strogi

zahtjevi prema programskom sustavu. Radni komad nije uvijek fiksiran na jednom točno definiranom položaju (vrlo se često kreće), uske su tolerancije itd. Zato je nužna grafička off-line simulacija izvođenja programiranog zadatka. Simulacija omogućuje korisniku optimiziranje projektirane robotske stanice te cijelih ili dijelova procesa koji se u njoj odvijaju. Korisnik dobiva trodimenzionalan prikaz programiranog procesa.

Programiranje uz korištenje grafičke simulacije omogućuje ekonomičnu proizvodnju vrlo malih serija pa čak i pojedinačnih proizvoda. Smisao off-line programiranja je izvođenje što više standardnih inženjerskih tehnoloških procedura u što kraćem roku na radnom mjestu neovisnom od proizvodnje.

Označavanje točaka zavarivanja ili spojeva izmeću točaka na radnom komadu može biti izvršeno u samoj CAD datoteci. Podaci o zavarivanju (struja, napon, orijentacija i položaj zavarivačkog pištolja, tip pištolja ili elektroda za točasto zavarivanje itd.) pridružuju se svakoj točki označenoj na prikazu radnog komada. Podaci o položaju, orijentaciji i nagibu zavarivačkog pištolja automatski su osigurani na temelju CAD podataka. Današnji sustavi su tako opremljeni da izračunavaju maksimalne momente inercije koje stvaraju zavarivačka oprema i ruka robota (posebno važno kod točastog zavarivanja), što je bitno kod optimizacije gibanja robota.

Danas na tržištu postoji niz odgovarajućih programskih paketa. Ideja svih programa je brzo programiranje uz mogućnost fleksibilnijeg povezivanja i korisnički orijentiran pristup pomoću grafičke animacije. Jedna od najvećih prednosti ovih paketa je vrlo kvalitetan grafički prikaz objekata i podataka, što osigurava izvrsnu preglednost procesa. Grafički prikazi mogu pohranjivati.

Grafički orijentirano off-line programiranje zahtijeva kadrove stručnije nego za on-line programiranje, koji uz tehnologiju zavarivanja moraju poznavati CAD i osnove programiranja u nekom od programskih jezika.

Off-line programiranjem pomoću grafičke simulacije postižu se uštede u vremenu, smanjuju se pogreške, a tijekom programiranja robot obavlja proizvodnu ulogu. Male serije koje su neprihvatljive za on-line programiranje mogu biti ekonomične u off-line metodi programiranja.

Zbog zastoja u proizvodnji pri on-line programiranju i visoke cijene suvremenih programskih sustava za off-line programiranje vrlo se često koriste i miješane metode programiranja.

Njihova osnovna značajka je da se dio programa vezan uz operacijski tok generira off-line, a dio programa vezan uz skup točaka u prostoru on-line. Robotu treba pomoć u ručnog programskog uređaja prevesti preko željenih točaka, zapamtiti im položaje (on-line dio miješane metode), te nakon toga na radunalu, koje je ili nije izravno povezano s robotom, uz zapamćene položaje točaka izraditi program za zavarivanje (off-line dio miješane metode). Programiranje pri kojem se program napisan pomoću „teach-in“ metode „prebaci“ na radunalu, gdje se uz korištenje nekog od programskih paketa modificira, također spada u miješano programiranje. Takva metoda vrlo je prikladna za programiranje zavarivanja serija radnog komada, a upotrebljava se za stvaranje baza podataka za robotizirano zavarivanje.

Kod ove metode dio programiranja obavlja se neovisno o robotu i tijeku proizvodnje, čime se postižu uštede.

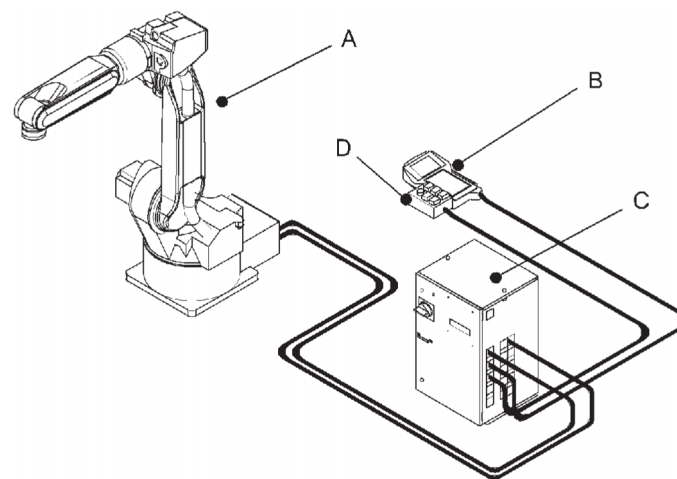
Robotizacija u području zavarivanja sve više zamjenjuje čovjeka u upravljanju mehaničkim veličinama kao što su pozicioniranje, njihanje itd. Na taj se način povećava produktivnost, povoljno se utječe na kvalitetu zavarivanja, a čovjek se oslobađa teških poslova. [16]

4. ONLINE PROGRAMIRANJE ROBOTSKE STANICE S ROBOTOM OTC ALMEGA AX V6

U nastavku seminara opisati će se koraci koji su potrebni za programiranje robota za izvršavanje osnovnih zavarivačkih postupaka kod Online programiranja.

4.1 Robotski sustav OTC Almega AX V6

Robotski sustav se sastoji od robota, privjeska za učenje i perifernih jedinica koji su povezani s kontrolerom. Slika 31. prikazuje robotsku stanicu.

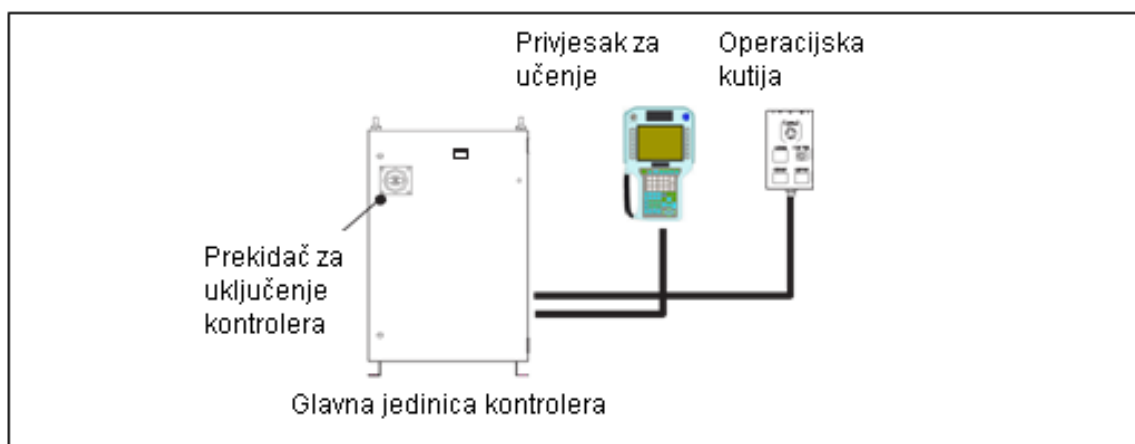


- A: Tijelo robota
- B: Privjesak za učenje
- C: Kontroler
- D: Operacijska kutija

Slika 31. Dijagram osnovne konfiguracije robota (AX-C kontroler) [17]

4.1.1 AX-C kontroler

Prekidač za pokretanje se nalazi na prednjoj plohi AX-C kontrolera. Privjesak za učenje i operacijska kutija su priključeni sa stražnje strane kontrolera kako prikazuje slika 32.



Slika 32. AX-C kontroler [17]

Prekidač za uključivanje kontrolera

Služi za Uključivanje/Isključivanje kontrolera.

Privjesak za učenje

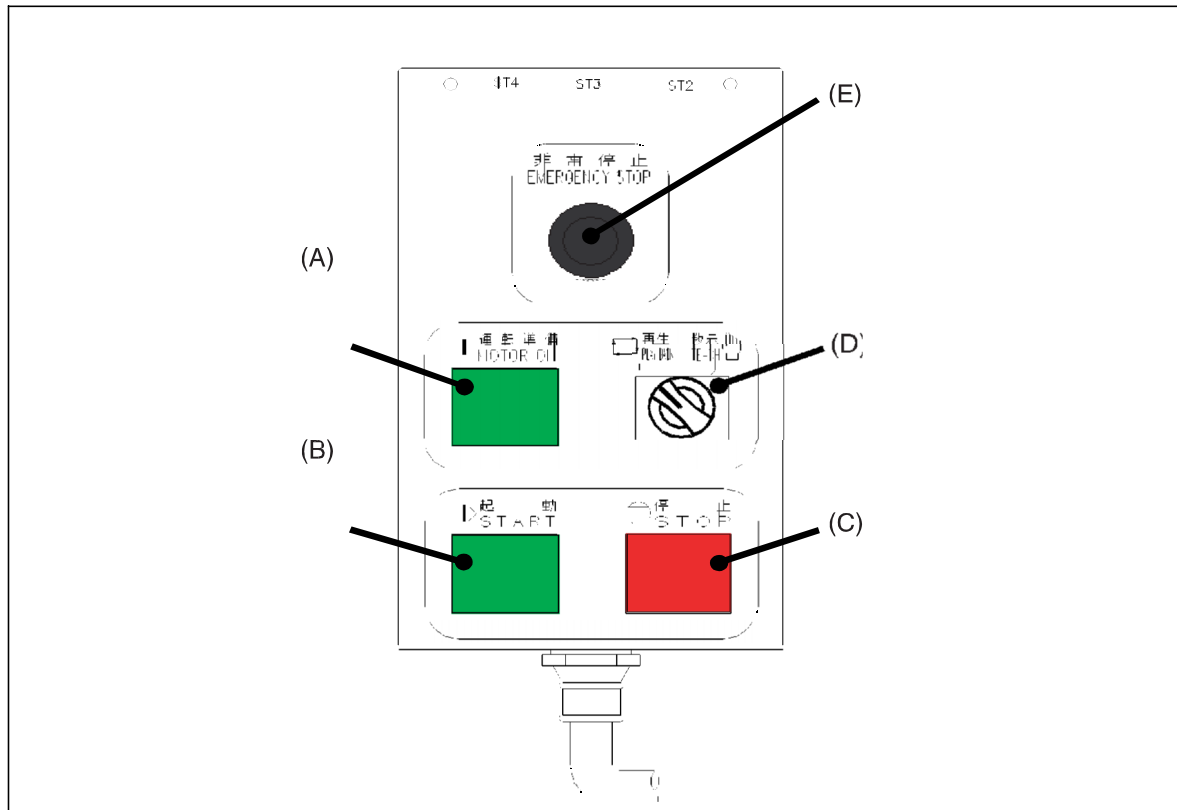
Privjesak za učenje sadrži tipke koje su potrebne kako bi se izvodilo učenje, operacije s datotekama, namještanje parametara zavarivanja i slično.

Operacijska kutija

Na operacijskoj kutiji se nalaze tipke koje služe za obavljanje osnovnih operacija kao što su: uključivanje motora, startanje i zaustavljanje automatske operacije, hitno zaustavljanje te tipka za prebacivanje između režima za učenje i automatskog režima.

4.2 Operacijska ploča (kod AX-C kontrolera)

Operacijska kutija je opremljena s tipkama za obavljanje osnovnih operacija kao što su uključivanje motora, startanje i zaustavljanje automatske operacije te hitno zaustavljanje. Slika 33. prikazuje operacijsku kutiju, a tablica 1. funkcije tipke iste.



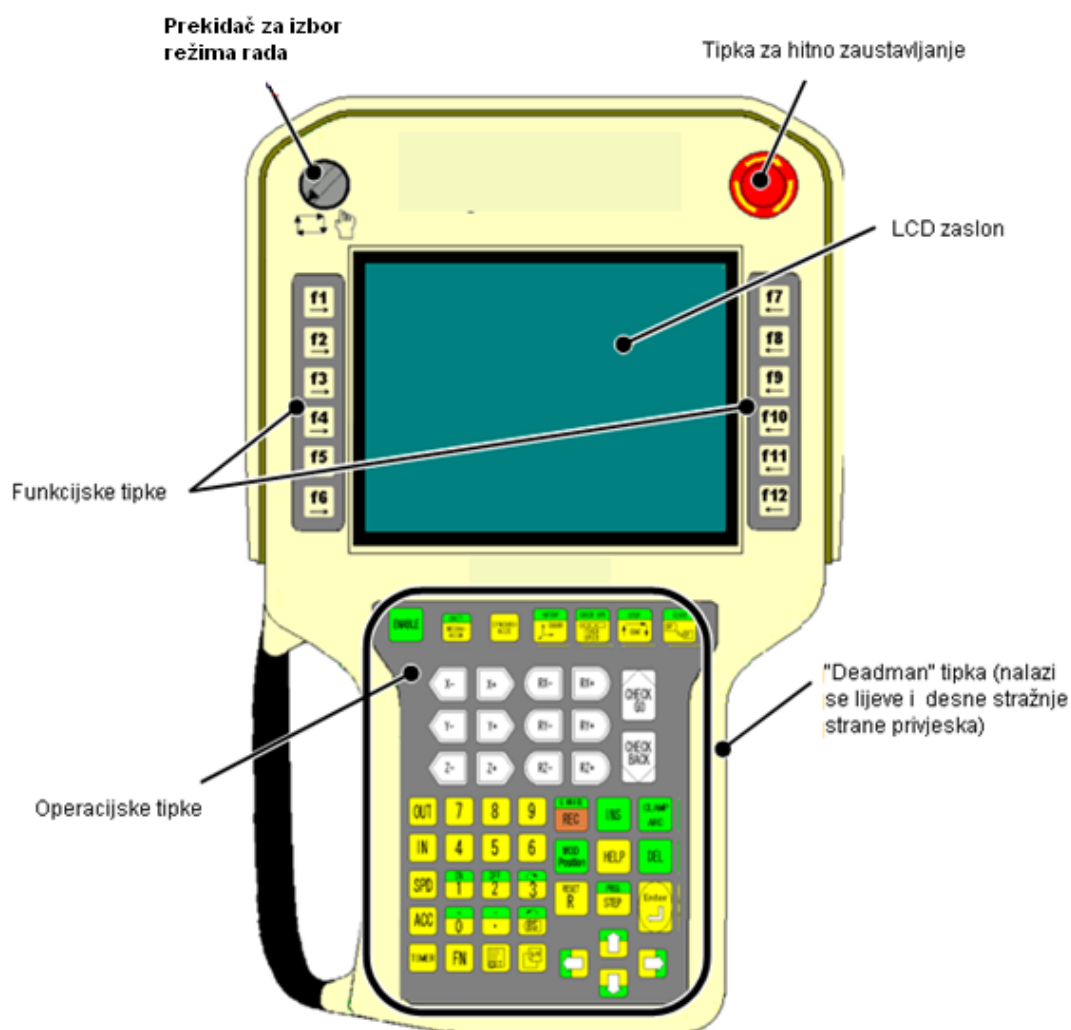
Slika 33. Operacijska kutija [17]

Tablica 1. Funkcije tipki na operacijskoj kutiji [17]

Značenje		Opis funkcije
(A)	[Tipka za uključivanje motora]	Služi za uključivanje motora. Kada je tipka namještena na Uključeno (ON), robot je spreman za operaciju.
(B)	[Start tipka]	Služi za pokretanje odabranog programa u automatskom režimu rada.
(C)	[Stop tipka]	Služi za zaustavljanje pokrenutog programa u automatskom režimu rada.
(D)	[Tipka za izbor režima rada]	Služi za odabir režima rada (režim ručni ili automatski režim rada). Tipka se koristi u kombinaciji s tipkom [ENABLE] koja se nalazi na privjesku za uključivanje.
(E)	[Tipka za hitno zaustavljanje]	Kada je ova tipka pritisnuta, robot se zaustavlja. Hitno zaustavljanje se vrši pritiskom tipke na operacijskoj kutiji ili na privjesku za uključivanje. Za prestanak hitnog zaustavljanja okrenuti prekidač u smjeru kazaljke na satu. (Prekidač će se tada vratiti u početni položaj.)

4.3 Privjesak za u enje

Slika 34. prikazuje vanjski izgled privjeska za u enje

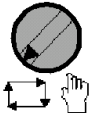




Slika 34. Privjesak za u enje [17]

4.3.1 Značenje tipki i prekidača

U tablici 2. prikazane su funkcije tipki i prekidača.




Tablica 2. Funkcije tipki i prekidača [17]


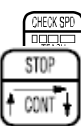

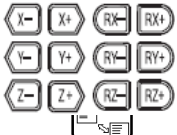

Vanjski izgled	Naziv	Funkcija
	[Prekidač za izbor režima rada]	Služi za prebacivanje između režima za učenje i automatskog režima rada u kombinaciji s tipkom [Mode selector switch] na operacijskoj kutiji.
	[Tipka za hitno zaustavljanje]	Kada je ova tipka pritisnuta, robot se zaustavlja. Hitno zaustavljanje se vrši pritiskom tipke na operacijskoj kutiji ili na privjesku za učenje. Za prestanak hitnog zaustavljanja okrenuti prekidač u smjeru kazaljke na satu. (Prekidač se tada vratiti u početni položaj.)
	[Deadman tipka]	Tipka se nalazi na polemini privjeska za učenje te se koristi kod ručnog vođenja robota. Pritiskom na tu tipku, energija se dovodi u robota (motor se uključuje). Robotom se može upravljati ručno samo ako je ta tipka pritisnuta. Otpuštanjem tipke robot se odmah zaustavlja.



4.3.1.1 Funkcija operacijskih tipki








Tablica 3. prikazuje funkcije operacijskih tipki

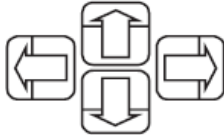





Tablica 3. Funkcije operacijskih tipki [17]






Vanjski izgled tipke	Naziv	Funkcija
	[ENABLE]	Za izvršavanje neke funkcije, potrebno je istovremeno pritisnuti ovu i tipku funkcije koju želimo izvršiti.
	[UNIT/MECHANISM]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se odabir mehanizama (pozicioner).</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabire se jedinca (robot).</p>
	[SYNCHRONIZE]	<p>Ova tipka se koristi kad je na sustav priključeno više mehanizama te ima slijedeće funkcije:</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, odabire se ili otpušta koordinirana ručna operacija.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE] za vrijeme učenja, odabire se ili otpušta koordinirane operacije.</p> <p>Kada je kooperativna operacija odabrana kao naredba gibanja, pojavljuje se slovo "H" ispred broja dotičnog koraka.</p>
	[INTERP/COORD]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, odabire se jedan od koordinatnih sustava.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabire se vrsta interpolacije. Na taj način odabiremo između vrsta interpolacije (linarna, interpolacija po krivulji te kružna interpolacija).</p>

	[CHECK SPD/TEACH SPEED]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, mijenja se brzina ru nog na ina rada.Svakim pritiskom na tipku , za vrijeme ru ne operacije, operacijska brzina se mijenja od 1 do 5 (što je ve i broj to je ve a brzina).</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], mijenja se brzina kod izvo enja operacija CHECK GO i CHECK BACK.</p> <p>Svakim pritiskom na tipku, za vrijeme CHECK GO ili CHECK BACK operacije, operacijska brzina se mijenja od 1 do 5 (što je ve i broj to je ve a brzina).</p>
	[STOP/CONTINUOUS]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, odabire se kontinuirani ili diskontinuirani na in rada kod CHECK GO ili CHECK BACK operacija. Kod kontinuiranog na ina rada, robot se ne zaustavlja na svakom koraku.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], automatski rad se prekida (ima istu funkciju kao i STOP tipka).</p>
	[CLOSE/SELECT SCREEN]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se odabir ili pomicanje zaslona.</p> <p>Ukoliko je prikazano više zaslona, vrši se odabir onog kojeg želimo koristiti.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se zatvaranje odabranog zaslona.</p>
	[Axis operating keys]	<p>„ Kada su ove tipke pritisnute samostalno nemaju nikakvu funkciju.</p> <p>„ Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [Deadman switch], vrši se gibanje robota u prostoru.</p> <p>Pomicanje robota se vrši ru no.</p>
	[CHECK GO] [CHECK BACK]	<p>„ Kada su ove tipke pritisnute samostalno nemaju nikakvu funkciju.</p> <p>„ Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [Deadman switch], vrši se operacija CHECK GO ili CHECK BACK. U normalnom slu aju, robot se zaustavlja na kraju svakog koraka, ali se tako er može kretati kontinuirano. continuously.</p> <p>Koristiti tipke za [STOP/CONTINUOUS] za odabir kretanja korak po korak ili kontinuirano.</p>

	[O.WRITE / REC]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se snimanje naredbe gibanja. Korisiti se onda kada je napravljena zadnja naredba gibanja doti nog koraka.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se presnimavanje naredbe gibanja novom naredbom. Mogu e je vršiti presnimavanje samo naredbi gibanja. Nemogu e je vršiti presnimavanje naredbe gobanja funkcijskom naredbom i obratno.</p>
	[INS]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se umetanje koraka s naredbom gibanja. Novi korak se ume e nakon trenutnog koraka.</p>

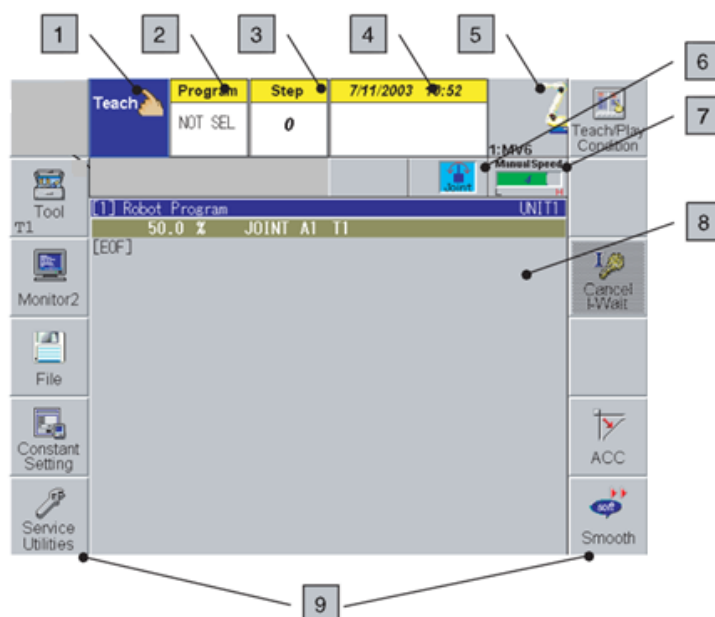
	[CLAMP ARC]	<p>Funkcija ove tipke zavisi od operacije u kojoj e se upotrijebiti.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, vrši se jednostavan odabir naredbi. Odabire se opcija “easy teach mode”, koja omogu uje odabir naredbi gibanja, po etak/kraj zavarivanja te esto korištene naredbe sa jednostavnim operacijama.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], nema nikakvu funkciju.</p>
	[MOD Position]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se modificiranje položaja trenutnog koraka.</p>
	[HELP]	Pritisnuti tipku za pomo u vezi neke operacije ili funkcije. Poziva se program za podršku.
	[DEL]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno nema nikakvu funkciju.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se brisanje odabranog koraka.</p>
	[RESET/R]	Pritiskom na ovu tipku, poništava se broj ani unos ili se vrši vra anje trenutnog zaslona na po etni zaslon. Tako er se omogu uje unos R kodova (kratica). Funkcija koja se želi koristiti može se odmah pozvati unosom R koda.
	[PROG/STEP]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno vrši se odabir odre enog koraka.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabire se odre eni program.</p>
	[Enter]	Pritiskom na ovu tipku otvara se izbornik ili se potvr uje broj ani unos.

	Arrow keys	<p>„ Kada su ove tipke pritisnute samostalno , vrši se pomicanje kursora.</p> <p>„ Kada su pritisnute u kombinaciji s tipkom [ENABLE], vrši se pomicanje ili promjena stranica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • U zaslonu gdje se vrši postavljanje postavki na više stranica, vrši se pomicanje stranice. • Npr. u zaslonu za uređivanje programa, kursor se pomiče za nekoliko redova odjednom. • U načinu za učenje ili načinu za automatski rad mijenja se broj trenutnog koraka.
	[OUT]	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, služi kao kratica za SETM funkcijsku naredbu.</p> <p>Za vrijeme učenja, pomoću ove kratice poziva se izlazni signal naredbe (SETM <FN105> funkcijska naredba).</p>
	[IN]	<p>Za vrijeme učenja, ova kratica poziva naredbu izlaznog signala "pozitivna logika" te ga stavlja na čekanje. (WAITI <FN525> funkcijska naredba).</p>
	[SPD]	<p>Služi za namještanje brzine za naredbe gibanja.</p>
	[ACC]	<p>Služi za namještanje stupnja točnosti naredbe gibanja.</p>
	[TIMER]	<p>Za vrijeme nađina učenja, ovom kraticom se usnimava naredba tajmer. (DELAY <FN50> funkcijska naredba).</p>

	<p>Numeričke tipke/ [0] do [9] / [•]</p>	<p>„ Kada su ove tipke pritisnute samostalno , vrši se unos brojeva (0 do 9 i decimalna točka)</p> <p>„ Kada je tipka [1] pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabrana je opcija uključeno (ON).</p> <p>„ Kada je tipka [2] pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabrana je opcija isključeno (OFF).</p> <p>„ Kada je tipka [3] pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], odabrana je opcija povratka na zadnju vrijednost/operaciju (redo).</p> <p>Na taj način se vraćamo na vrijednost/operaciju koju smo preskočili ili pomoću u funkcije undo tj. vraćanje na prethodnu vrijednost/operaciju. Ova funkcija se može koristiti jedino kod kreiranja ili uređivanja postojećeg programa.</p> <p>„ Kada je tipka [0] pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], unosi se znak “+” (plus)</p> <p>„ Kada je tipka [•] pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], unosi se znak “-” (minus).</p>
	<p>[BS] (Backspace)</p>	<p>„ Kada je ova tipka pritisnuta samostalno, služi za brisanje brojeva i znakova.</p> <p>„ Kada je ova tipka pritisnuta u kombinaciji s tipkom [ENABLE], udolazi do vršenja funkcije undo operacije koja se nalazi neposredno ispred.</p> <p>Ova funkcija se može koristiti jedino kod kreiranja ili uređivanja postojećeg programa.</p>
	<p>[FN] (Function)</p>	<p>Tipka služi za izbor funkcijskih naredbi.</p>
	<p>[EDIT]</p>	<p>Pomoću ove tipke otvara se zaslon za uređivanje. U tom zaslonu funkcijske tipke su mogu promijeniti, dodati ili izbrisati te se također mogu mijenjati parametri naredbi gibanja.</p>
	<p>f key</p>	<p>Ove tipke služe za izbor funkcijskih tipki koje se nalaze s obje strane LCD zaslona.</p>

4.3.1.2 Prikaz zaslona privjeska za u enje

Na sljedećoj slici prikazan je izgled zaslona privjeska za u enje



Prikaz zaslona privjeska za u enje

1 Prikaz na ina rada





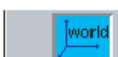

Ovdje je prikazan izbor na ina rada (u enje ili automatski na in) Također su prikazani statusi: rad motora, operacija u tijeku i statusi hitnog zaustavljanja).

Tablica 4. Prikaz statusa na ina rada [17]

Status	U enje	Automatski na in
Motor isključen.		
Motor uključen, servo motor isključen, ušteda energije (automatski rad).		
Motor uključen, servomotor uključen.		
Motori uključeni, check GO/BACK operacija u tijeku (na in u enja), operacija u tijeku (automatski na in)		
Hitno zaustavljanje.		



- 2 Zaslon za prikaz broja programa
Prikazan je broj izabranog programa.
- 3 Zaslon za prikaz koraka programa
Prikazan je broj izabranog koraka programa.
- 4 Zaslon za prikaz vremena i datuma
Prikazani su vrijeme i datum odabranog programa.
- 5 Zaslon za prikaz mehanizma
Prikazani su mehanizmi koji se koriste kod ručne operacije izabranog programa.
- 6 Zaslon za prikaz koordinatnog sustava programa
Prikazan je odabrani koordinatni sustav.

Tablica 5. Vrste raspoloživih koordinatnih sustava [17]

Vrste koordinatnih sustava	Izgled
Kartezijev koordinatni sustav	
Koordinatni sustav robota	
Koordinatni sustav alata (pištolja)	
Koordinatni sustav radnog komada	
Apsolutni koordinatni sustav	
Cilindrični koordinatni sustav	

- 7 Zaslon za prikaz brzine
Prikazana je brzina ručnog upravljanja. Pritiskom na tipku [ENABLE] prikazana je brzina kod operacije CHECK GO/BACK.

Tablica 6. Zaslon za prikaz brzine [17]

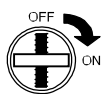
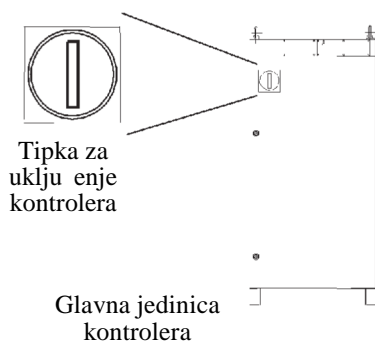
Brzina	Izgled
Brzina kod ručnog upravljanja	
Brzina kod operacije CHECK GO/BACK	

- 8 Zaslon za prikaz radnog programa
Prikazani su sadržaji programa.
- 9 Zaslon za prikaz funkcija
Funkcije se mogu odabrati su ovdje prikazane.

4.4 . Uklju čivanje robota

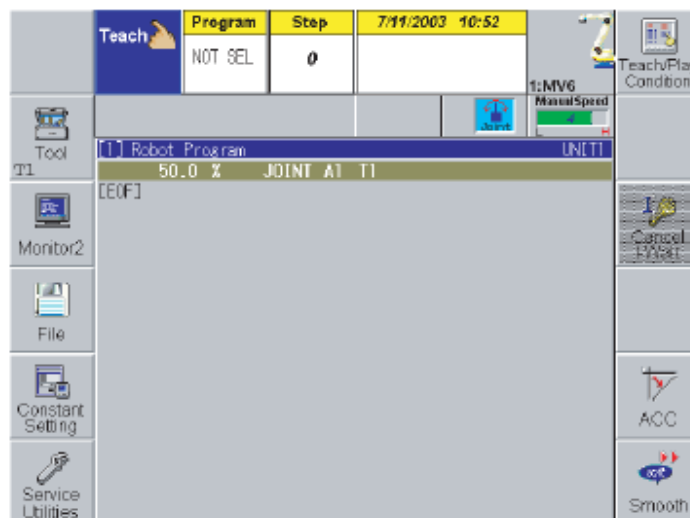
Uklju čivanje robota

- 1 Prvo je potrebno provjeriti položaj tipke za uklju čenje kontrolera.



- 2 Okrenuti tipku u položaj Uklju čeno (ON).

- 3 Ukoliko nema nikakve pogreške pojavi se ekran prikazan dolje



Robot je spreman za operacije.

4.5 Odabir režima rada

1 Trenutni režim se može provjeriti na zaslonu privjeska za učenje

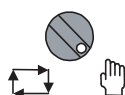


2 Okrenuti prekidač [Mode selector switch] na operacijskoj kutiji na automatski režim ili režim za učenje.



Režim	Promjena položaja	Prikaz na privjesku za učenje
Režim za učenje	再生 PLAYBACK TEACH 	
Automatski režim	再生 PLAYBACK TEACH 	

3 Okrenuti prekidač za izbor režima rada na privjesku za učenje na jedan od režima rada (režim rada na privjesku za učenje mora biti isti kao i na operacijskoj kutiji).



Ukoliko se koriste slijedeće kombinacije režima, može se vršiti ili automatsko ili ručno upravljanje.

Operacijska ploča	Privjesak za učenje	Tipka za izbor režima	
Tipka za izbor režima		Ručno upravljanje uključeno Namjestiti obje tipke na režim za učenje	Ručno upravljanje isključeno, Automatsko upravljanje isključeno Omogućeno je izvršenje operacija koje ne uključuju gibanje robota
		Ručno upravljanje isključeno, Automatsko upravljanje uključeno Omogućeno je izvršenje operacija koje ne uključuju gibanje robota	Automatsko upravljanje uključeno Namjestiti obje tipke na automatski režim

4.6 Uključivanje motora

Za pomicanje robota, potrebno je uključiti motor. Ukoliko se ne želi pomicati robota, motor se ne treba uključivati.

Uključivanje motora [U režimu za učenje]

1 Provjeriti da li se nalazimo u režimu za učenje.



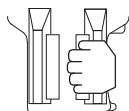
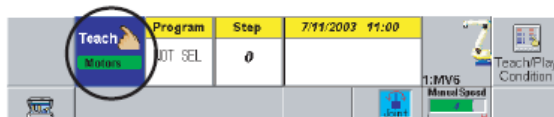
Ukoliko se ne nalazimo u režimu za učenje, pomoću prekidača na privjesku za učenje prebaciti se u režim za učenje.

2 Pritisnuti tipku za uključivanje motora. Kod AX-C kontrolera, tipka za uključivanje motora [Motor power ON button] se nalazi na operacijskoj kutiji.

>> Motor se još nije uključio. Kod ovog statusa, zelena lampica kod tipke [Motor power ON button] počinje treptati.

>> Pokazatelj da se motor uključio te da je robot spreman za rad, prikazuje se na zaslonu privjeska za učenje.

(AX-C kontroler)

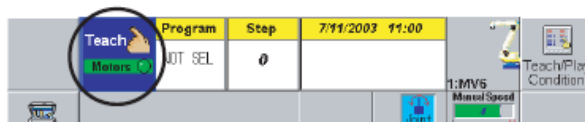


3 Pritisnuti tipku [Deadman switch].

>> Pritiskom na tipku, motor se uključuje. Zelena lampica kod tipke [Motor power ON button] prestaje treptati te svijetli bez prekidanja.

>> Pokazatelj da je motor (servomotor) uključeno pojavljuje se u području režima rada na zaslonu.

Robotom se sada može upravljati pomoću tipki za osi [Axis operation keys] držeći "Deadman" tipku.



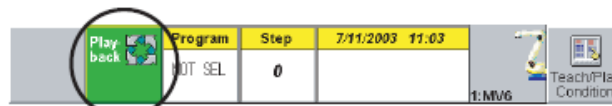
Ovim završava priprema za upravljanje robotom.

"DEADMAN" tipka

- Da bi se moglo upravljati robotom u režimu za učenje, tijekom cijele operacije mora biti pritisnuta "Deadman" tipka. (Tipka se ne koristi u automatskom režimu rada.)
- Ukoliko se tipka otpusti, motor se isključuje te se robot trenutno zaustavlja. Kada se ponovno pritisne tipka, motor se uključuje.
- Ukoliko se tipka drži prevelikim pritiskom, motor će se ugasi i robot trenutno zaustaviti.
- Kada je pritisnuta tipka za hitno zaustavljanje ili se s vanjskog uređaja unese naredba za hitno zaustavljanje, tijekom operacije, motor se više ne može uključiti ili isključiti pomoću "Deadman" tipke. U tim slučajevima potrebno je ponoviti korake od 1 do 3, kao što je prethodno objašnjeno.

Kada se ne može upravljati "Deadman" tipkom.

- Ukoliko je pritisnuta tipka za hitno zaustavljanje.
Okrenuti tipku za hitno zaustavljanje u smjeru kazaljke na satu kako bi se vratila u početni položaj.
- Ukoliko je s vanjskog uređaja unesena naredba za hitno zaustavljanje.
- Ukoliko režimi na privjesku za učenje i operacijskoj kutiji nisu namješteni na režim za učenje.
Namjestiti obje tipke na režim za učenje (Teach mode).

Uključenje motora (U automatskom režimu)**1 Provjeriti da li je odabrani režim rada automatski.****2 Pritisnuti tipku [Motor power ON button].**

>> Motor je uključen te je moguće izvršiti bilo koji program.

>> Pokazatelj da je motor (servomotor) uključen, pojavljuje se u području režima rada na zaslonu.

(AX-C kontroler)

**"Deadman" tipku nije potrebno držati.**

U automatskom režimu rada, motori se uključuju automatski pritiskom na tipku za uključivanje motora [Motor power ON button].

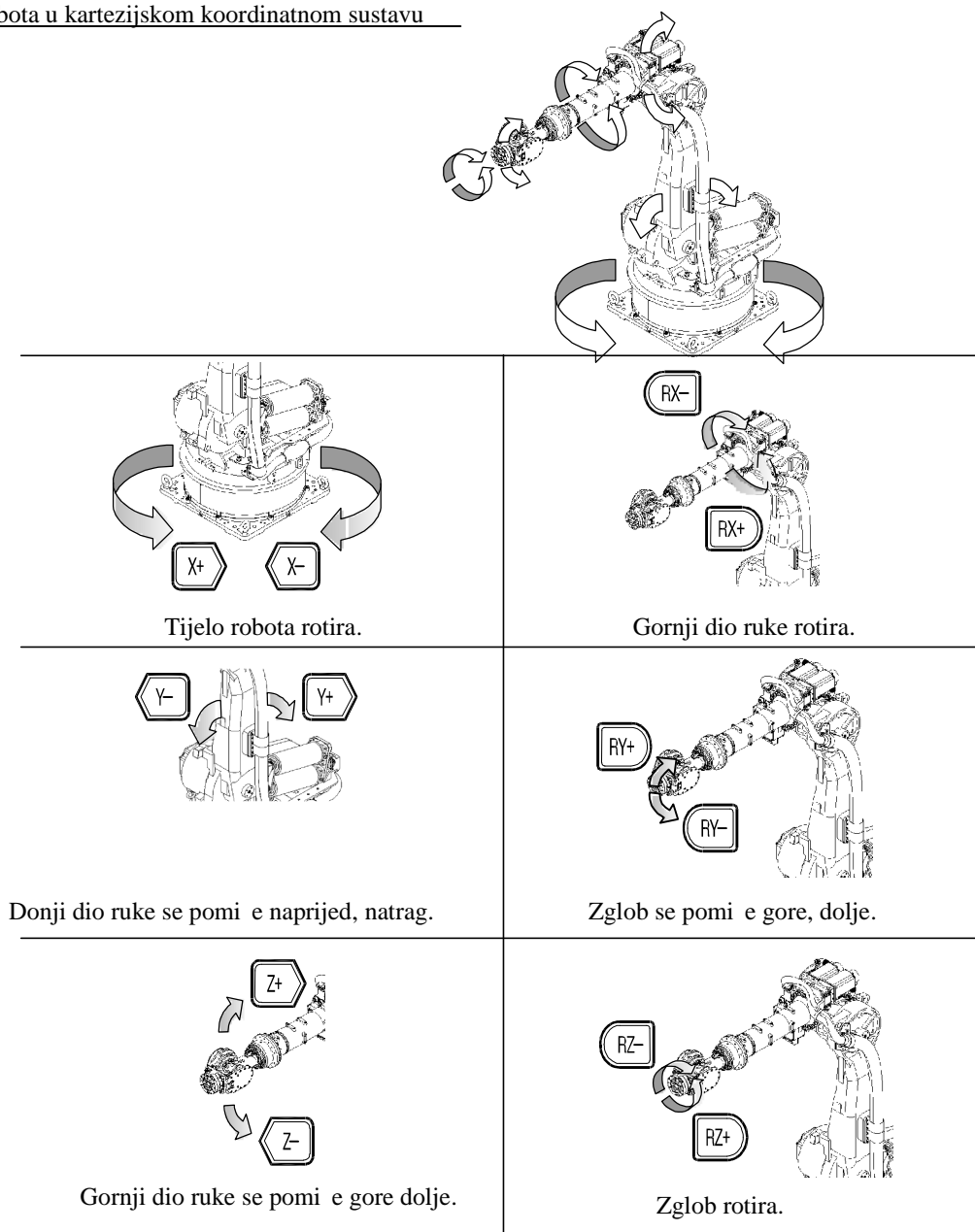
4.7 Ručno upravljanje robotom

4.7.1 Smjer gibanja

Robotom se upravlja s obzirom na odabrani koordinatni sustav. Najčešći koordinatni sustavi su slijedeći:

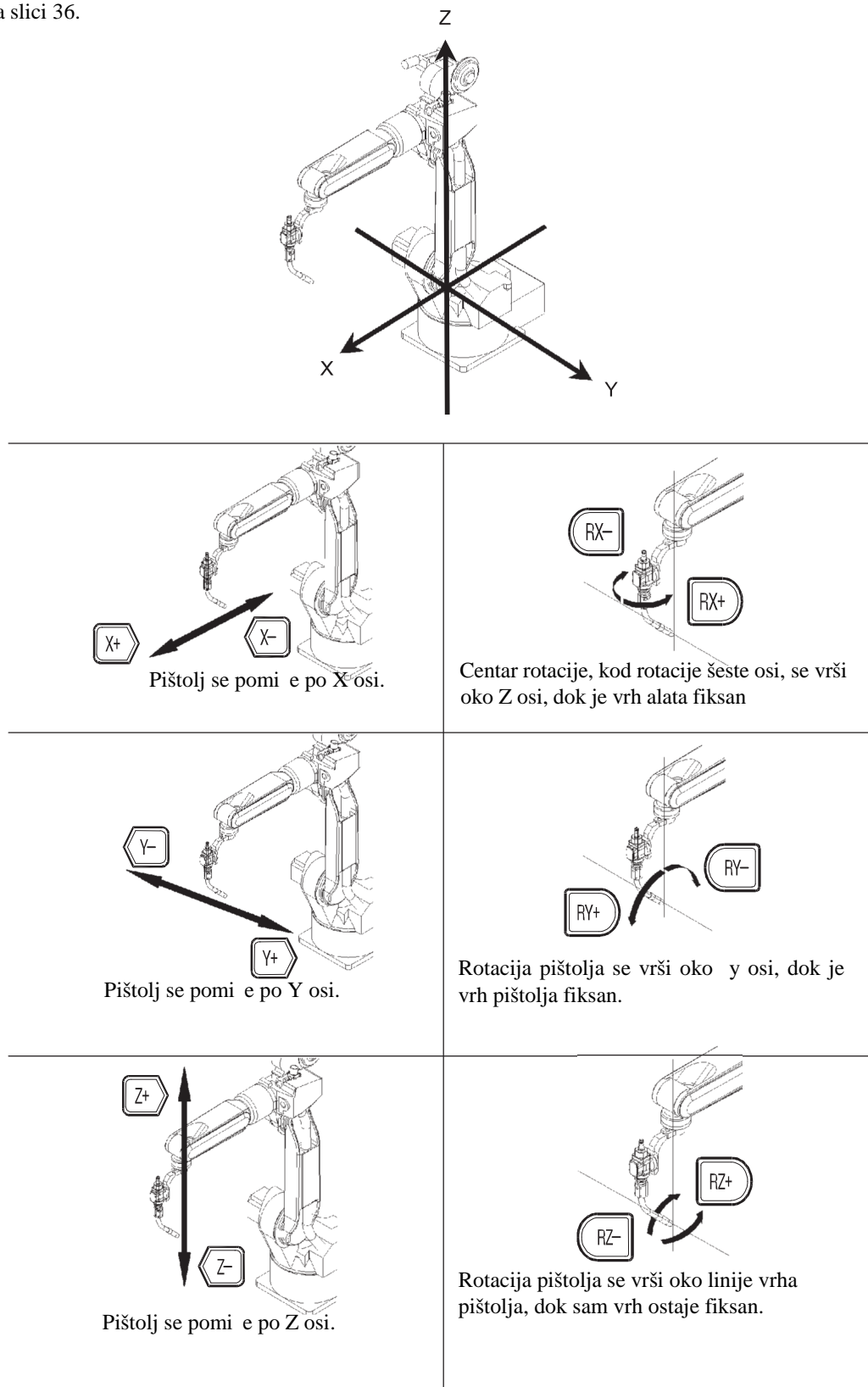
- Kartezijski koordinatni sustav Svaka os robota se pomiće neovisno.
- Koordinatni sustav stroja Vrh robotske ruke se pomiće po ravnoj liniji. (Vrh se pomiće u odnosu na koordinate robota.)
Smjer osi po kojoj se robotska ruka pomiće, se razlikuje u odnosu na vrstu aplikacije (točkasto ili električno zavarivanje) za koju se koristi.

Gibanje robota u kartezijevom koordinatnom sustavu



Slika 35. Gibanje robota u kartezijevom sustavu [17]

Gibanje robota u strojnom koordinatnom sustavu prikazano je na slici 36.



Slika 36. Gibanje robota u strojnom koordinatnom sustavu [17]

4.7.2 Ručno pomicanje robota

- 1 Provjeriti da li se nalazimo u režimu za učenje.

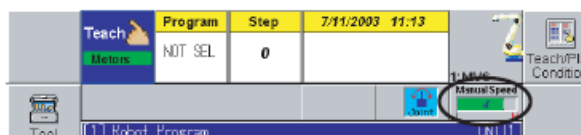


- 2 Prisnuti tipku za uključivanje motora [Motor power ON button].



- 3 Za promjenu brzine pritisnuti [CHECK SPD/TEACH SPEED].

>>Bilo koja brzina između 1 i 5 se može odabrati. Svakim pritiskom na tipku, brzina se mijenja slijedećim redoslijedom:
1 2 ... 5 1, itd.



- 4 Za izbor koordinatnog sustava pritisnuti [INTERP/COORD].

>> Svakim pritiskom na tipku, postavka se mijenja slijedećim redoslijedom: osne koordinate strojne koordinate koordinate alata osne koordinate itd.



- 5 Pritisnuti tipku Deadman [Deadman switch].

>>Dok je tipka pritisnuta, motor je uključen.



- 6 Pritisnuti tipke za pomicanje po osima [Axis operation keys] po kojima želimo pomicati robota.

>>Robot se pomiće s obzirom na odabrani koordinatni sustav.

4.8 Isključenje motora

Ukoliko je došlo do pojave neke opasnosti za vrijeme upravljanja robotom ili se želi završiti s radom, potrebno je ili otpustiti ili pritisnuti "Deadman" tipku. U tim slučajevima robot se trenutno zaustavlja.

Za zaustavljanje robota u automatskom režimu rada, potrebno je pritisnuti tipku za hitno zaustavljanje.

Isključenje motora



1 U režimu za učenje ili otpustiti ili pritisnuti "Deadman" tipku. U automatskom režimu rada, potrebno je pritisnuti tipku za hitno zaustavljanje koja se nalazi u gornjem dijelu privjeska za učenje.

>> Motor se isključuje.

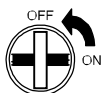
>> Ukoliko se robot gibao, zaustaviti će se trenutno.

2 Tipka za hitno zaustavljanje [Emergency stop button] je zaključana. Za gašenje motora, mora se otključati.

Za otključavanje, tipku je potrebno okrenuti u smjeru strelice.

4.9 Isključenje kontrolera

Isključenje kontrolera



1 Provjeriti da li se robot zaustavio.

2 Okrenuti prekidač u poziciju Isključeno (OFF).

>> Kontroler je sada isključen.

4.10 POSTUPAK PRIJE SAMOG UČENJA ROBOTA

4.10.1 Upisivanje broja programa

Kada se robot uči novim pokretima, potrebno je utipkati broj, pod kojim će se nalaziti novi program. Mogu se izabrati brojevi između 0 i 9999.

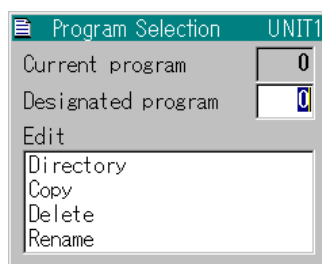
Upisivanje broja programa

1 Izabrati "teach" (učenje) opciju.

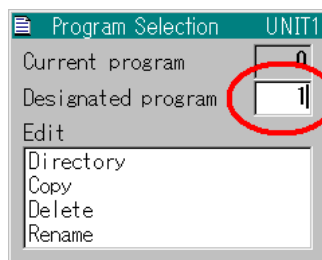


2 Držati tipku [ENABLE], istovremeno pritisnuti [PROG/STEP].

>> Otvora se prozor [Program Selection].

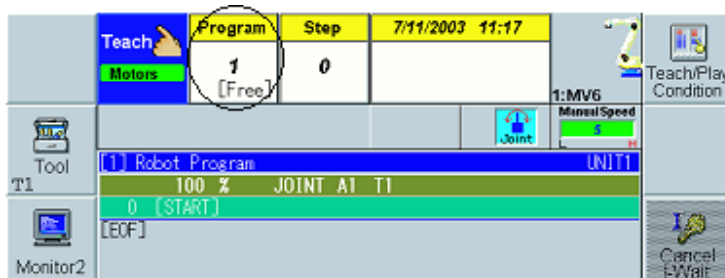


3 Upisati željeni broj u kućicu "Designated program" i pritisnuti [Enter].



4 Pritisnuti [Enter].

>> Stvoren je novi program.



Sada može započeti programiranje

4.10.2 Pretraga ve kreiranih programa

Najpogodniji na in za otvaranje ve kreiranog programa, jest otvoriti listu programa i prona i traženi ili upisati broj programa kako je opisano u prethodnom koraku.

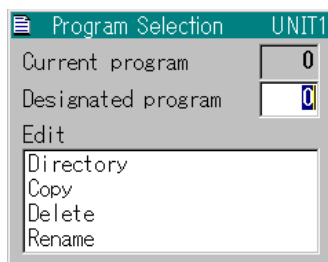
Traženje programa na popisu

1 Odabrati „teach“ (u enje) opciju.



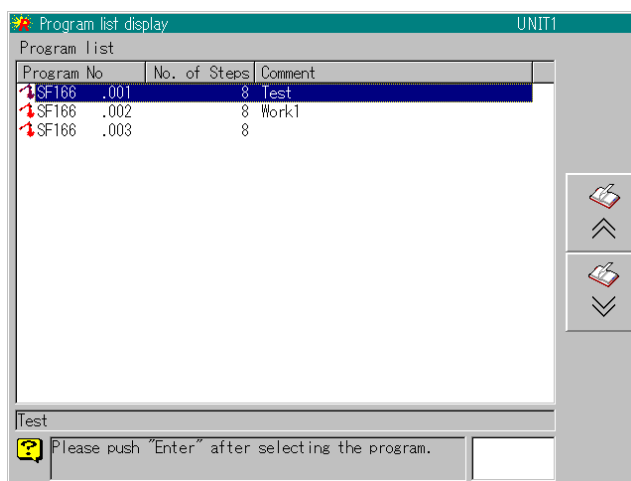
2 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [PROG/STEP].

>> Prozor [Program Selection] je sada otvoren.



3 Izabrati funkciju „Directory” i pritisnuti [Enter].

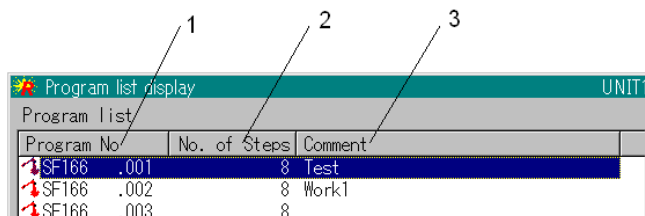
>> Prikazana je lista kreiranih programa.



4 Strelicama odabrati traženi program i pritisnuti [Enter].

>> Odabrani program je sada otvoren

Zna enje stupaca na listi programa



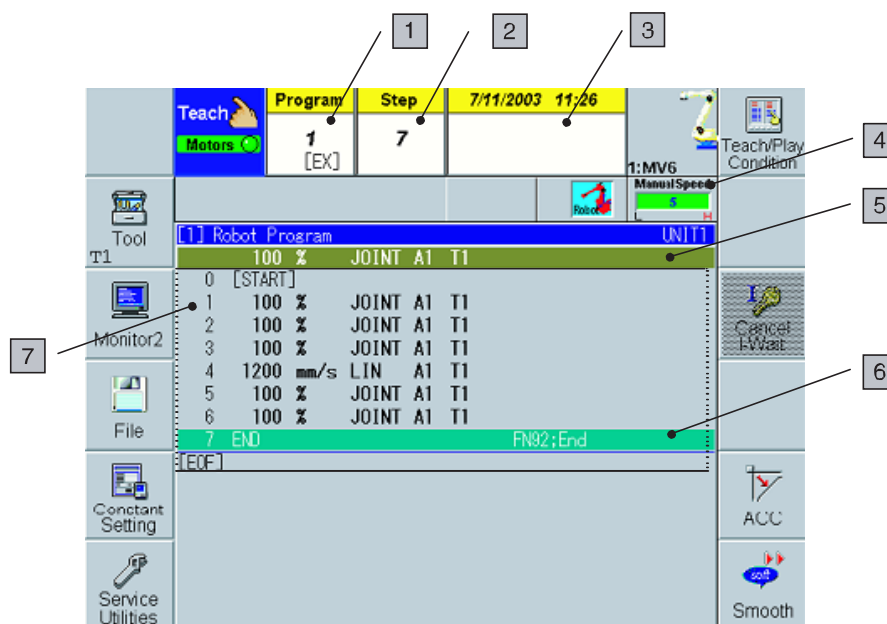
1 : Stupac prikazuje imena programa.

2 : Stupac prikazuje broj snimljenih koraka

3 : Prikazuje komentare, ukoliko su registrirani

4.11 Učenje (teaching)

Za vrijeme programiranja na ekranu su prikazane razne informacije, koje prikazuje slika ispod.



1 Broj programa.

Prikazan je broj programa koji je trenutno odabran.

Ukoliko nije snimljen nijedan korak, ispod broja programa je napisano "Free", a ako je snimljen jedan ili više koraka tada ispod broja programa stoji oznaka "EX".

2 Broj koraka.

Prikazuje redni broj koraka koji je trenutno odabran.

3 Komentari

Prikazuje komentare koji su snimljeni za vrijeme izvođenja prvog koraka.

4 Brzina robota

Prikazuje brzinu pri kojoj se robot gibati. Pritiskom na tipku [CHECK SPD/TEACH SPEED], brzina se mijenja.

5 Snimljeni status

Odabrana brzina, na in interpolacije itd. su prikazani u ovom polju. Ukoliko se želi snimiti trenutni status potrebno je pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].

6 Odabir koraka

Prikazuje odabrani korak, koji je označen zelenom bojom.

7 Sadržaj programa

Ovdje su prikazani svi snimljeni koraci u programu.

4.11.1 Osnovne značajke kod učenja

Učenje korištenjem naredbi gibanja

- (1) Upravljači robotom ručno, sve dok se ne dostigne pozicija koju želimo usnimiti.
- (2) Pritisnuti [CLAMP/ARC]. Isto korištene naredbe biti će prikazane kod funkcijskih tipki (f1 do f12).
- (3) Odabrati vrstu naredbe gibanja:
f7: Joint P (Krivuljna interpolacija)
f8: Line L (Linearna interpolacija.)
f9: Circle C (Kružna interpolacija.)
- (4) Namjestiti brzinu, točnost i druge podatke.
Brzina.....Predstavlja brzinu kojom se robot pomiče prema snimljenoj poziciji.
Točnost.....Stupanj točnosti se odnosi na veličinu kutu u odnosu na snimljenu točku, prilikom prolaska alata. Stupnjevi točnosti su definirani od A1 do A8 vrijednosti.
- (5) Naredba gibanja se snima pritiskom na f12 <Complete>.

Učenje korištenjem funkcijskih naredbi

- (1) Pritisnuti [FN]. Kategorije funkcijskih naredbi (kao što su pozivanje programa i sl.) će se prikazati kraj funkcijskih tipki (od f1 do f12).
- (2) Odabrati grupu funkcijskih naredbi koristeći funkcijske tipke. Funkcijske naredbe koje se nalaze unutar te grupe će se prikazati kraj funkcijskih tipki (od f1 do f12).
- (3) Pritisnuti funkcijsku tipku kraj naredbe koju želimo usnimiti.
- (4) Odrediti parametar odabrane funkcijske naredbe te pritisnuti [Enter].
Ukoliko postoji više od jednog parametra, pritisnuti [Enter] za svaki parametar.


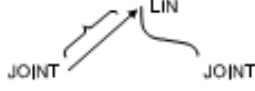
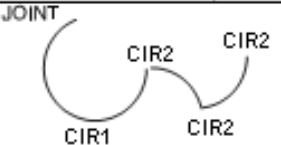
Za ispravak unešenih podataka

- Ukoliko je odabrana kriva funkcija ili naredba gibanja, pritisnuti [RESET/R].
- Za ispravak unešene numeričke vrijednosti, unutar funkcijske naredbe, pritisnuti [BS].
- Za brisanje zadnje operacije pritisnuti [ENABLE] + [BS].

4.11.1.1 Vrsta interpolacije

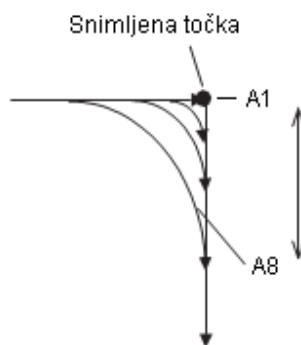
Gibanje vrha alata određujemo odabiranjem vrste interpolacije

Tablica 7. Vrsta interpolacije [17]

Vrsta interpolacije	Putanja vrha alata
Interpolacija po krivulji (JOINT)	Svaka os se pomiče neovisno pa putanja alata nije fiksna. 
Linijaska interpolacija (LIN)	Ako slijedeći korak zahtjeva linearnu interpolaciju, vrh alata se giba pravocrtno do slijedećeg koraka 
Kružna interpolacija (CIR)	Ako trenutni i slijedeći korak zahtijevaju kružnu interpolaciju, vrh alata se pomiče po kružnici. 

4.11.1.2 Stupanj točnosti

Stupanj točnosti, slika 37., se odnosi na veličinu kuta u odnosu na snimljenu točku, prilikom prolaska alata. Stupnjevi točnosti su definirani od vrijednosti A1 do A8. Kada je odabrana opcija A1, alat uvijek prolazi kroz snimljenu točku. Kada odaberemo A2 ili iznad, vrijeme automatske operacije je skraćeno ovisno o tome po kojem kutu alat prolazi od snimljene točke. Manje vrijednosti točnosti se odabiru kod zavarivanja, a veće točnosti kod npr. rezanja.

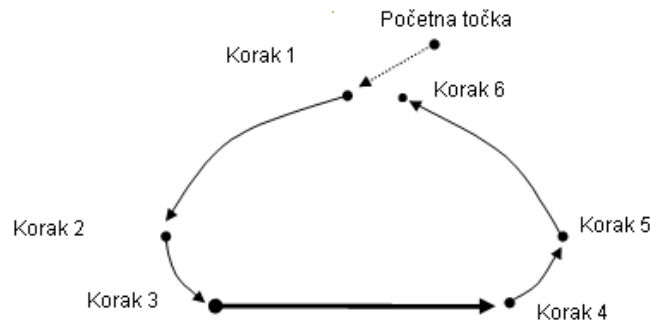


Slika 37. Stupanj točnosti [17]

Stupanj točnosti se može podijeliti na dvije metode: kontinuiranu i metodu s pauzom. Kod kontinuirane metode alat prolazi po zadanoj putanji bez promjene brzine. Ova metoda se primjenjuje kada alat ne dolazi u kontakt s radnim komadom, već kad prolazi od jedne točke do druge kroz zrak. Kod metode s pauzom, robot prije dolaska u samu točku usporava i polako joj se približava. Ova metoda se primjenjuje kod postupaka kao što je točkasto zavarivanje, kada se zahtijeva visoki stupanj točnosti pozicioniranja.

4.12 Praktično izvođenje učenja

U nastavku će biti prikazano programiranje neke jednostavne putanje, kao na slici ispod.

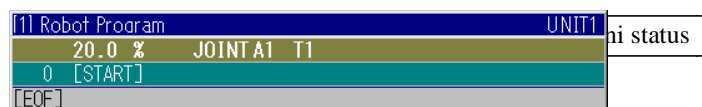


Kreiranje prvog koraka



- 1) **Koristiti tipke [Axis operation keys] za pomicanje robota u prvi korak.**
Korak 1. predstavlja pomicanje robota u točku koja će biti početna točka

- 2) Na statusu na ekranu, odabrane su proizvoljne naredbe gibanja



Sada je potrebno odabrati metodu, brzinu i stupanj tonosti gibanja. Za prvi korak potrebno je interpolaciju postaviti na interpolaciju po krivulji ("joint interpolation") kao metodu gibanja, brzinu postaviti na 100 %, a stupanj tonosti neka je 1.



3 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [INTERP/COORD] i postaviti interpolaciju na "JOINT."

Svaki put kada pritisnemo te tipke vrsta interpolacije se mijenja na slijede i na in "JOINT" "LIN" "CIR" "JOINT".

[1] Robot Program	UNIT1
100 % JOINT A1 T1	

[1] Robot Program	UNIT1
200 cm/s LIN A1 T1	

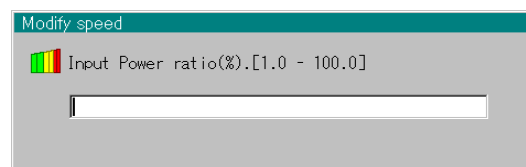
[1] Robot Program	UNIT1
200 cm/s CIR A1 T1	

[1] Robot Program	UNIT1
100 % JOINT A1 T1	



4 Pritisnuti tipku [SPD].

>> Pojavljuje se prozor [Modify speed].



5 Utipkati "100" i pritisnuti [Enter].

>> "100%" se tada prikazuje u snimljenom statusu.

[1] Robot Program	UNIT1
100 % JOINT A1 T1	
0 [START]	



6 Za određivanje stupnja točnosti pritisnuti [ACC].

>> svakim pritiskom na tipku, točnost se mijenja od A1 do A8.

[1] Robot Program	UNIT1
100 % JOINT A1 T1	
0 [START]	
[EOF]	



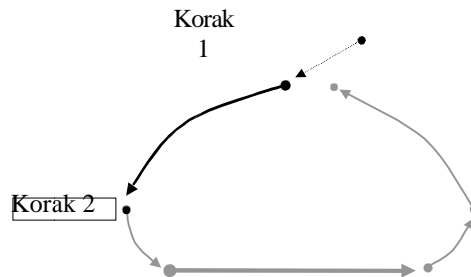
7 Pritisnuti [O.WRITE/REC].

>> Korak 1. je sada spremljen [O.WRITE/REC].

[1] Robot Program	UNIT1
100 % JOINT A1 T1	
0 [START]	
1 100 % JOINT A1 T1	
[EOF]	

Kreiranje drugog koraka

Snimiti točku 2. pokraj pozicije gdje će biti počinjena radnja točka. Počinjena radnja točka predstavlja točku u kojoj će se vršiti neka radnja, npr. zavarivanje.



1 Koristiti tipke [Axis operation keys] za pomicanje robota na korak 2.

Kao drugi korak potrebno je pomaknuti robota, neposredno blizu točke 3. u kojoj će se vršiti radnja.

2 Namjestiti vrstu interpolacije i brzinu

Namjestiti postavke kao i u prvom koraku.

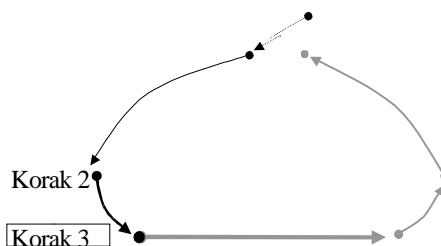
Ukoliko želimo ostaviti iste postavke kao i u prvom koraku, potrebno je samo pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].

>>2. korak sada je snimljen

[1] Robot Program				UNIT1
100 %	JOINT A1	T1		
0 [START]				
1 100 %	JOINT A1	T1		
2 100 %	JOINT A1	T1		
[EOF]				

Kreiranje trećeg koraka (primicanje radnom komadu)

Snimiti poziciju gdje će se odvijati neki zadatak (npr. zavarivanje), te ju označiti kao točku 3.



1 Koristiti tipke [Axis operation keys] za pomicanje robota u točku 3.

2 Namjestiti interpolaciju i brzinu kao i u prvom koraku



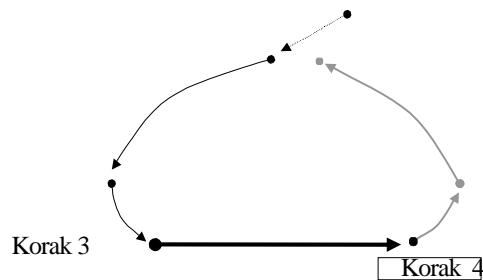
3 Pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].

>> Korak 3 je snimljen.

[1] Robot Program				UN
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
[EOF]				

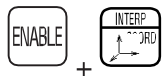
Kreiranje etvrtog koraka (izvršavanje zadatka)

Snimiti poziciju u kojoj završava zadatak kao korak 4.



1 Upotrijebiti tipke [Axis operation keys] za pomicanje robota u točku 4.

Pomicanje robota do točke 4. mora se izvršiti u obliku ravne crte bez dodirivanja radnog komada.



2 Namjestiti na linearnu interpolaciju ("linear interpolation") kao metodu pomicanja do točke 4.

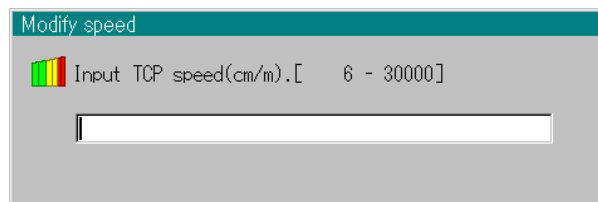
Držite i tipku [ENABLE], pritisnuti [INTERP/COORD] i namjestiti vrstu interpolacije na "LIN."



3 Namještanje brzine za 4. korak

Pritisnuti [SPD].

>> Prozor [Modify speed] je sada otvoren.



200



4 Utipkati “200” i pritisnuti [Enter].

>>“200 cm/m” je prikazano kao snimljeni status.

[1] Robot Program	UNIT1
200 cm/m LIN A1 T1	
0 [START]	



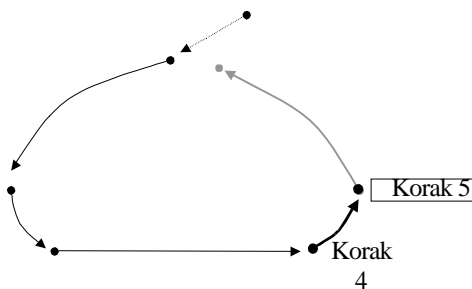
5 Pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].

>>4. korak je sada snimljen.

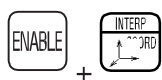
[1] Robot Program	UNIT1
200 cm/m LIN A1 T1	
0 [START]	
1 100 % JOINT A1 T1	
2 100 % JOINT A1 T1	
3 100 % JOINT A1 T1	
4 200 cm/m LIN A1 T1	
[EOF]	

kreiranje petog koraka (odmicanje od radnog komada)

Snimiti poziciju udaljenu od radnog komada kao točku 5.



- 1 Koristiti tipke [Axis operation keys] za pomicanje robota u točku 5.**
Pomaknuti robota na neku udaljenost od točke 4.



- 2 Namjestiti na interpolaciju po krivulji ("joint interpolation") kao metodu pomicanja u točku 5.**

Držeći tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [INTERP/COORD] i namjestiti vrstu interpolacije na "JOINT."



- 3 Namjestiti brzinu za korak 5.**

Nakon pritiska na tipku [SPD], unjeti vrijednost "100," i pritisnuti [Enter].
>>"100%" je prikazana kao namještena brzina.

[1] Robot Program	UNIT1
100 %	JOINT A1 T1
0 [START]	

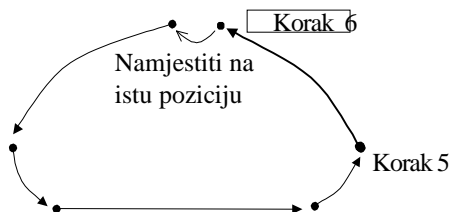


- 4 Pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].**

>>Peti korak je sada snimljen.

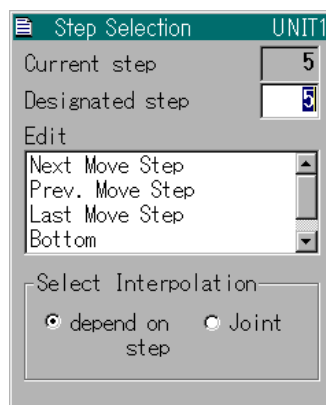
[1] Robot Program	UNIT1
100 %	JOINT A1 T1
0 [START]	
1 100 %	JOINT A1 T1
2 100 %	JOINT A1 T1
3 100 %	JOINT A1 T1
4 500 mm/s	LIN A1 T1
5 100 %	JOINT A1 T1
[EOF]	

Kreiranje šestog koraka (ista pozicija kao u koraku 1.)



1 Pritisnuti [PROG/STEP].

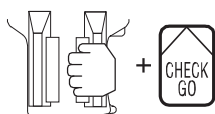
>> Prozor [Step Selection] je sada otvoren.



2 Utipkati "1" u polje "Designated step" i pritisnuti Enter].

>>Kursor se pomiće na korak 1.

[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINTA1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINTA1	T1	
2	100 %	JOINTA1	T1	
3	100 %	JOINTA1	T1	
4	200 cm/m	LIN	A1 T1	
5	100 %	JOINTA1	T1	
[EOF]				



3 Za vrijeme držanja tipke [Deadman switch], pritisnuti tipku [CHECK GO]. (Držati sve dok robot ne stane.)

>>Robot se pomiće na poziciju snimljenu u prvom koraku.

4 Za snimanje pozicije u kojoj se robot zaustavio (pozicija u koraku 1) kao korak 6., potrebno je pozvati korak 5.



Pritisnuti tipku [PROG/STEP].

>>Prozor [Step Selection] je sada otvoren.



5 Izabrati opciju “Bottom” te pritisnuti [Enter].

>>Kursor se pomi e na zadnji korak (korak 5).

Sada smo u mogu nosti snimiti korak 6.



6 Upotrijebit e se iste vrijednosti kao u koraku 5. te je potrebno pritisnuti [O.WRITE/REC].

>>Korak 6. je sad snimljen.

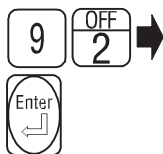
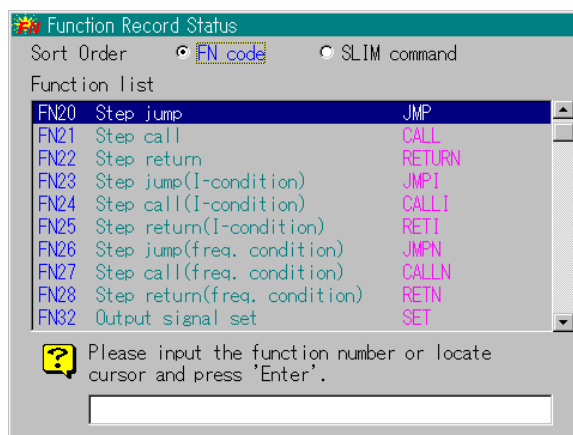
Kreiranje kraja programa (END funkcijska naredba)

Pošto su svi koraci snimljeni potrebno je napraviti kraj programa. End naredba se može snimiti ili odabirom funkcijskog broja FN92 ili odabirom funkcijske naredbe END s liste naredbi.



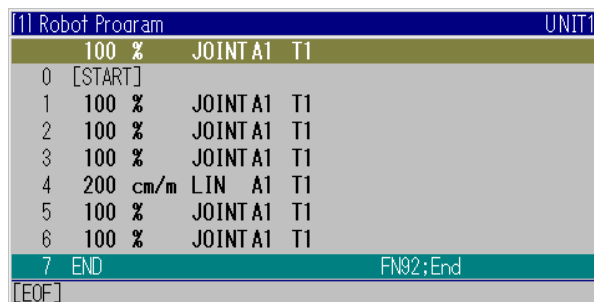
1 Pritisnuti [FN].

>>Prikazana je lista naredbi.



2 Pritisnuti [9] [2] [Enter].

>>End naredba je snimljena.



Time završava kreiranje programa.

4.13 Funkcijske naredbe

Tablica 8. pokazuje tipične funkcijske naredbe

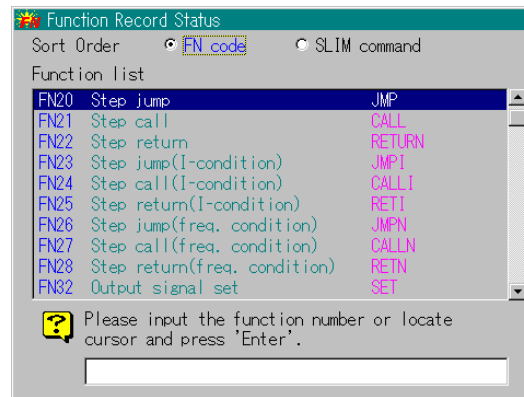
Tablica 8. Tipične funkcijske naredbe [17]

Funkcijske naredbe	Broj naredbe	Naziv	Opis funkcije
SET	FN32	Izlazni signal je na ON	Određeni izlazni signal je uključen.
RESET	FN34	Izlazni signal je na OFF	Određeni izlazni signal je isključen.
DELAY	FN50	Timer	Ova funkcija stavlja robota u "stand by" poziciju na definirano vrijeme.
CALLP	FN80	Otvori program	Otvaranje specificiranog programa.
CALLPI	FN81	Zvanje dodatnog programa	Kad je određen signal uključen, poziva se drugi program.
END	FN92	Kraj programa	Ova funkcija označava kraj izvođenja programa.
REM	FN99	Komentar	Ova funkcija omogućava ostavljanje komentara za određeni program.
WAITI	FN525	čekanje ulaznog signala (pozitivna logika)	Kod ove funkcije, robot se prebacuje u stand by dok se ne uključi određeni signal.
WAITJ	FN526	čekanje ulaznog signala (negativna logika)	Kod ove funkcije, robot se prebacuje u stand by dok se ne isključi određeni signal.

4.13.1 Direktni odabir naredbe pomoću funkcijskih brojeva



- 1 Pritisnuti tipku [FN] na poziciji na kojoj se želi snimiti naredba
>>Sada je prikazana lista funkcijskih naredbi



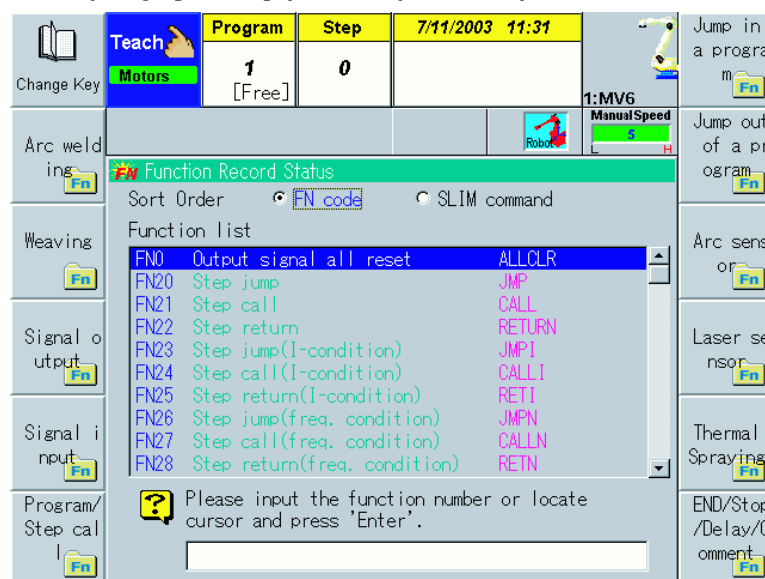
- 2 Potrebno je ili odabrati naredbu s liste naredbi ili upisati broj naredbe i pritisnuti [Enter].

4.13.2 Odabir naredbi iz kategoriziranih grupa

Ovdje je prikazan na in kako odabrati funkcijske naredbe iz kategoriziranih grupa naredbi. Metoda je korisna jer nam omogućuje pronalaženje određene naredbe u jednoj od grupa, iako je njezin funkcijski broj nepoznat.



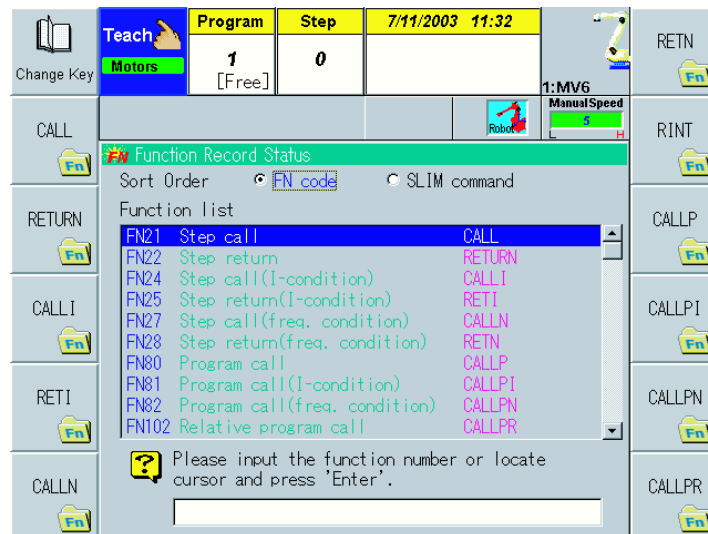
- 1 Pritisnuti tipku [FN] na poziciji gdje se želi usnimati naredba
>>Funkcijske grupe će se pojaviti na mjestu funkcijskih naredbi.





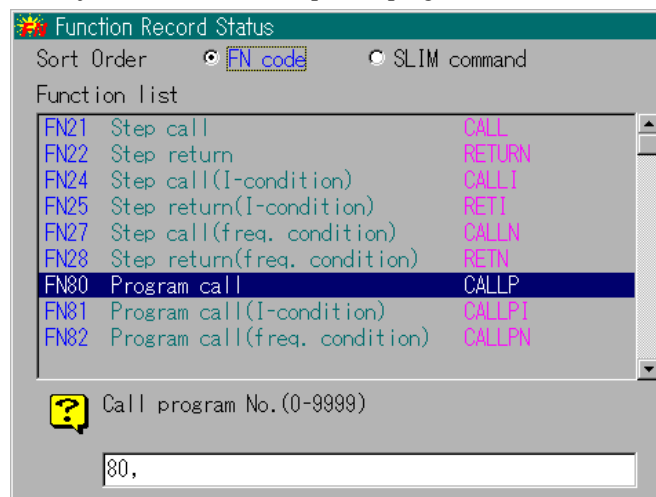
2 Kao primjer odabire se naredba pozivanje programa (CALLP). Pritisnuti f6 <Program/Step call>.

>>Na mjestu funkcijskih naredbi sada će se prikazati naredbe koje su povezane s grupom naredbi programiranje/pozivanje programa (program/step call).



3 Pritisnuti f9 <CALLP>.

>> Sada je odabrana naredba "pozovi program" .



Naredba se također može odabrati na slijedeći način:

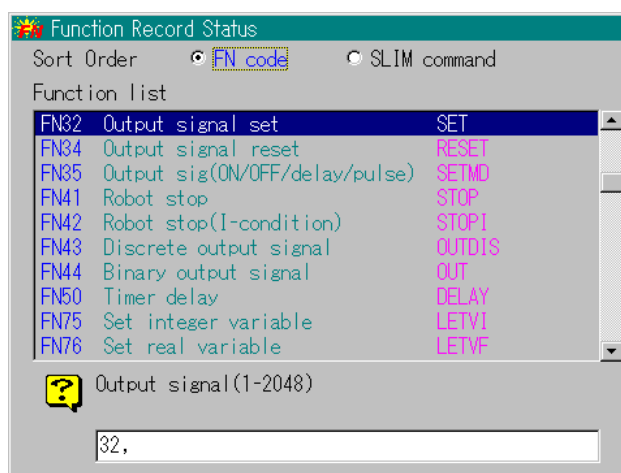
- Odabirom naredbe s liste programa koriste se i tipke gore/dolje [Enter].
- Upisivanjem broja naredbe i pritisnuti [Enter].

4.13.3 Podešavanje i snimanje parametara funkcijskih naredbi

Ovdje je opisano na koji način se u uređaju spremaju parametri nakon odabira funkcijskih naredbi. Kao primjer, prikazat će se snimanje naredbe izlaznog signala ON command (SET <FN32> funkcijska naredba).

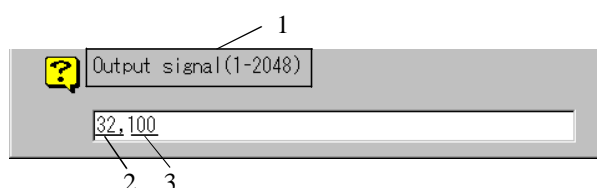
- 1 Prvo je potrebno odabrati naredbu (SET) s liste ili upisivanjem njezine funkcijske naredbe (FN 32), te pritisnuti [Enter].

>>Naredba izlazni signal ON je odabrana.



- 2 Umetnuti broj izlaznog signala koriste i brojevnje tipke.

Na slici su prikazani parametri koje će se namjestiti kao i njihovo ograničenje.



- 1 Ime parametra i ograničenje
- 2 Funkcijski broj
- 3 Podešenje (u ovom slučaju, 100 je namješten kao izlazna vrijenost)



Ispravak neto njih parametara

Za brisanje neto njih podešenja parametara potrebno je pritisnuti tipku [BS].



Kada postoje dva ili više parametara

U slučaju funkcijske naredbe koja sadrži 2 ili više parametara, potrebno je ubaciti prvi parametar i pritisnuti [ENTER], i tada ubacivati ostale parametre.



- 3 Nakon što su podešenja parametara završena, potrebno je pritisnuti [Enter].

>>Naredba izlazni signal ON je snimljena.

4.14 Provjera ispravnosti kreiranih programa

Nakon kreiranja samog programa, potrebno je provjeriti što je robot "naudio". Prilikom izvođenja operacije provjere programa, robota je moguće zaustaviti u bilo kojem koraku te u njemu provjeriti ispravnost položaja i putanje, kao i izmjenjivati pojedinih koraka. Ukoliko je potrebno, moguće je napraviti izmjene. Koristiti tipke [CHECK GO] i [CHECK BACK] na privjesku za uvođenje. "Check go" se odnosi na pomicanje robota korak po korak, krećući se od prvog koraka, a naredba [CHECK BACK] se koristi za pomicanje robota od zadnjeg koraka. Robot se, također, može pomicati kontinuirano kroz sve točke.

Provjera po koracima [CHECK GO]

Sada će se izvršiti provjera rada programa prethodno kreiranog. Na slijedećoj slici je prikazan prozor s koracima nakon što je program kreiran.

[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	1200 mm/s	LIN	A1	T1
5	100 %	JOINT A1	T1	
6	100 %	JOINT A1	T1	
7	END			FN92;End
[EOF]				



1 Pritisnuti tipku [PROG/STEP] za pozivanje koraka koji će se prvi provjeriti.

>> Sada je prikazan prozor [Step Selection].



2 Utipkati [0] u prostor "Designated step", te pritisnuti [Enter].

>> Kursor se pomiče u korak 0 ([START]).

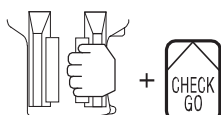
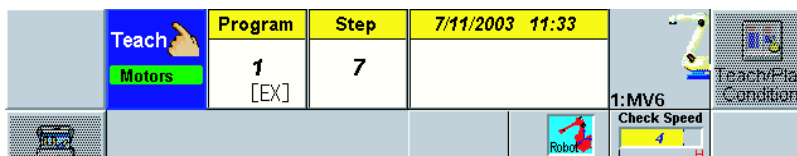
[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	



3 Za određivanje brzine koja će se koristiti tijekom operacije provjere koraka, pritisnuti tipku [CHECK SPD/TEACH SPEED] držite i tipku [ENABLE]. Odabire se "3" zbog sigurnosti.

>>Svakim pritiskom na tipku [CHECK SPD/TEACH SPEED] brzina se mijenja u redoslijedu od 1 do 5.

"1" je najmanja, a "5" je najveća brzina.



4 Pritisnuti tipku [CHECK GO] držite i tipku [Deadman switch].

>>Kada je tipka [CHECK GO] pritisnuta, robot se pomiče prema prvom koraku. Kada robot dođe u prvi korak, stane.

[1] Robot Program			
100 %	JOINT A1	T2	
0 [START]			
1 100 %	JOINT A1	T1	

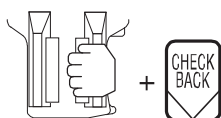
Kada robot dođe do koraka, suzdržite se.

Kada otpustimo tipku [CHECK GO] za vrijeme gibanja robota, on stane. Robot također stane kada za vrijeme operacije otpustimo "deadman" tipku. U tom slučaju dolazi do trenutnog isključenja servo sustava bez prvotnog smanjenja brzine, što dovodi do stvaranja velikog opterećenja na mehanizam. Kako bi se to spriječilo potrebno je prije otpuštanja "deadman" tipke prvo otpustiti tipku [CHECK BACK] te pričekati da se robot zaustavi.

5 Za pomicanje u drugi korak, potrebno je otpustiti tipku [CHECK GO] i ponovno je pritisnuti

Vršiti provjeru do zadnjeg koraka ponavljajući i ove operacije. Kada je dostignut zadnji korak, robot ponovno kreće od prvog koraka.

Provjera koraka obrnutim redoslijedom [CHECK BACK]



1 Pritisnuti tipku [CHECK BACK] držite i tipku [Deadman switch].

>>Robot se sada pomiče u obrnutom redoslijedu, od zadnjeg prema prvom koraku.

Kada se dostigne prvi korak, robot se prestaje kretati.

2 Operacijska metoda nakon promjene brzine ili zaustavljanja robota je ista kao kod operacije [CHECK GO].

Robot također stane kada za vrijeme operacije otpustimo "deadman" tipku. U tom slučaju dolazi do trenutnog isključenja servo sustava bez prvotnog smanjenja brzine, što dovodi do stvaranja velikog opterećenja na mehanizam. Kako bi se to spriječilo potrebno je prije otpuštanja "deadman" tipke prvo otpustiti tipku [CHECK BACK] te pričekati da se robot zaustavi.

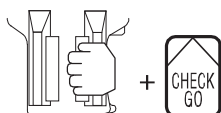
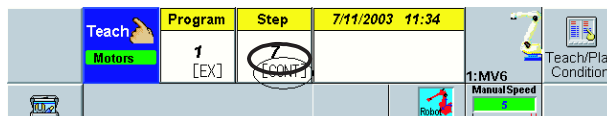
Kontinuirana provjera koraka

Robot se može pomicati kontinuirano, korak po korak, držeći tipku [CHECK GO] ili [CHECK BACK]. Kada je odabrana kontinuirana provjera, robot prolazi putanjom koja opisuje luk unutar snimljenih točaka, pokazujući na taj način točnost provođenja svakog koraka.



1 Pritisnuti tipku [STOP/CONT].

>> "CONT" je sada prikazano u prozoru [Step number display area].



2 Izvesti check go/back operaciju, pritiskom na tipku [CHECK GO] ili [CHECK BACK].

>> Robot se sada pomiče kontinuirano korak po korak.



3 Za prestanak kontinuiranog pomicanja, potrebno je ponovno pritisnuti tipku [STOP/CONT].

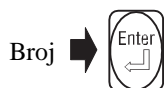
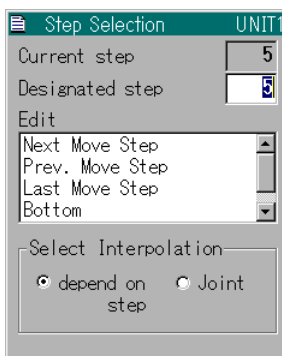
Pomicanje u određeni korak [Step Jump]

Kada se želimo pomaknuti u određeni korak, potrebno je pritisnuti [PROG/STEP] te upisati broj koraka u koji se želimo pomaknuti. Međutim, kada pomicamo robota koristeći [CHECK GO] operaciju nakon odabiranja određenog koraka, uvijek je potrebno odabrati onaj korak u kojem se vrši gibanje robota, jer ukoliko izaberemo korak u kojem se vrši neka radnja npr. zavarivanje, doći će do pojave greške na sučelju kada započemo [CHECK GO] operaciju.



1 Pritisnuti tipku [PROG/STEP].

>> Pojavljuje se [Step Selection] prozor.



2 U prozor "Designated step" upisati broj koraka u koji se želimo pomaknuti te pritisnuti [Enter].

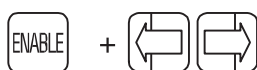
>> Kursor se pomiče u korak koji je odabran.



- 3 Kada se želimo pomaknuti u neki korak, bez upisivanja njegovog broja, tada se u prozoru "Edit" odabire na in pomicanja.
 >>Kursor se pomi e u korak koji je odabran.

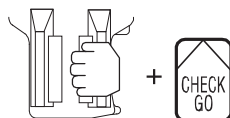
Mogu e je odabrati slijede e na ine pomicanja.

Mjesto pomicanja	Pomicanje kursora
Pomicanje u slijede i korak	Pomicanje iz trenutnog u slijede i korak (izbjegavati korake u kojima se izvodi radnja npr.zavarivanje).
Pomicanje u prethodni korak	Pomicanje iz trenutnog u prethodni korak (izbjegavati korake u kojima se izvodi radnja npr.zavarivanje).
Pomicanje u zadnji korak gibanja	Pomicanje u zadnji korak programa u kojem se izvodi gibanje robota (ne radnja kao npr. zavarivanje)
Kraj	Pomicanje u zadnji korak programa.
Kopiranje	Pozvati funkciju kopiranja koraka.



- 4 Prozor "Select Interpolation" omogu uje izbor na ina na koji se želimo pomaknuti u slijede i korak. Prije odabira koraka, na in gibanja se odabire koriste i tipke [LIJEVO/DESNO] drže i pri tome tipku [ENABLE].

Na in gibanja	Gibanje robota
Zavisno o koraku	Gibanje se vrši na na in koji je ve odre en u odabranom koraku. Npr. ako je u koraku odre ena vrsta gibanja"LIN" tada e se gibanje vršiti linearnom interpolacijom.
Interpolacija po krivulji	Gibanje se vrši interpolacijom po krivulji, bez obzira na podešenje gibanja u odabranom koraku.



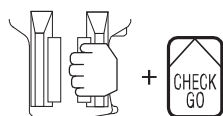
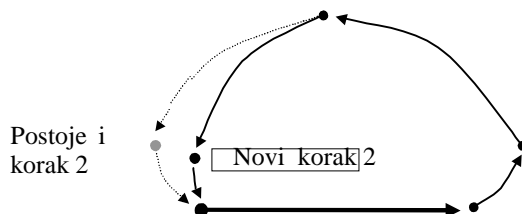
- 5 Drže i tipku [Deadman switch], potrebno je pritisnuti [CHECK GO].
 >>Robot se pomi e ka odabranom koraku.

4.15 Modificiranje programa

Ovdje je opisano na koji način promijeniti naredbe koje su već usnimljene u programu.

4.15.1 Modificiranje položaja robota

Vrši se promjena drugog koraka kako je dolje prikazano.



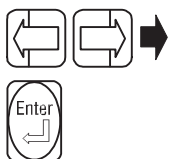
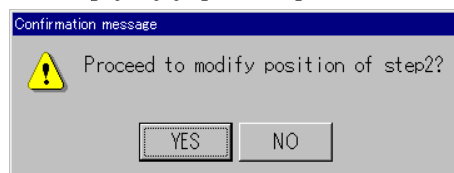
1 Pomaknuti robota u drugi korak koriste i tipke [CHECK GO] ili [CHECK BACK].



2 Koriste i tipke za pomicanje osi [Axis operation keys] za dovođenje robota u željeni položaj.



3 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [MOD Position].
>>Sada se pojavljuje potvrdni prozor.



4 Izabrati opciju "YES" i pritisnuti [Enter].
>>Položaj je sada promijenjen

Ovime završava promjena drugog koraka.

Promjena naredbi gibanja

Kao primjer prikazana je promjena gibanja u trećem koraku, iz gibanja po krivulji u linearno gibanje.



1 Pritisnuti tipke [PROG/STEP] [3] [Enter].

>>Kursor se sad pomiče u korak 3.



2 Za svaku promjenu položaja koristiti tipke za promjenu osi.



3 Držeći tipku [ENABLE], pritisnuti [INTERP/COORD], te namjestiti gibanje na linearnu interpolaciju. ("LIN" predstavlja promjenu gibanja u linearnu interpolaciju.)

7200 cm/m LIN A8 T1



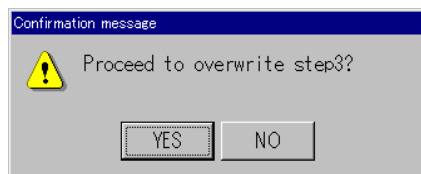
4 Nakon pritiska tipke [SPD], ubaciti odgovarajuće vrijednosti.

300 cm/m LIN A8 T1



5 Držeći tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [O.WRITE/REC].

>>Prikazuje se potvrdni prozor.



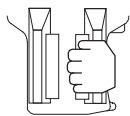
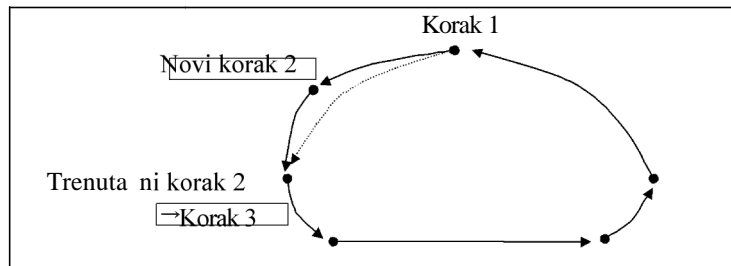
6 Odabrati opciju "YES", te pritisnuti [Enter].

>>Korak je prepravljen.

[1] Robot Program						UNIT1
	1200 mm/s	LIN	A1	T1		
0	[START]					
1	100 %	JOINT	A1	T1		
2	100 %	JOINT	A1	T1		
3	1200 mm/s	LIN	A1	T1		
4	1200 mm/s	LIN	A1	T1		
5	100 %	JOINT	A1	T1		
6	100 %	JOINT	A1	T1		
7	END					FN92;End
[EOF]						

4.15.2 Dodavanje novog koraka

Prema slijedećoj slici izvršiti se dodavanje novog koraka koji se nalazi između koraka 1. i 2.



1 Pomaknuti robota u korak 1. koriste i [CHECK GO] ili [CHECK BACK].

Za dodavanje novog koraka, potrebno se pomaknuti u prethodni korak, iza kojeg slijedi novi.

[1] Robot Program				UNIT1
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	200 cm/m	LIN	A1 T1	
5	100 %	JOINT A1	T1	
6	100 %	JOINT A1	T1	
7	END			FN92;End
[EOF]				



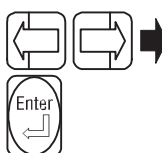
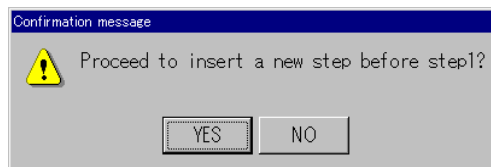
2 Koriste i tipke za promjenu osi [Axis operation keys] potrebno je pomaknuti robota u novi željeni položaj.

3 Namjestiti brzinu i interpolaciju na na in koji je prikazan kod kreiranja novog koraka



4 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti tipku [INS].

>>Prikazuje se potvrdni prozor.



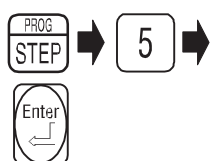
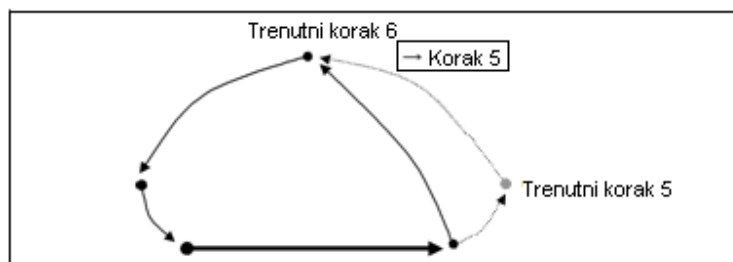
5 Odabrati opciju "YES", te pritisnuti [Enter].

>>Dodavanje novog koraka je završeno.

Svi dosadašnji koraci kao što su 2 i 3 su uvekani za jedan i sada se nazivaju 3, 4 i tako redom.

4.15.3 Brisanje funkcijskih naredbi i naredbi gibanja

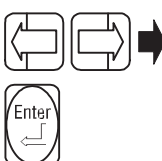
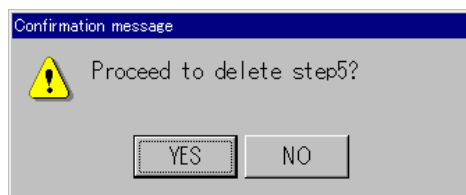
Kao primjer, izbrisati će se korak 5.



- 1 **Pritisnuti tipke [PROG/STEP] [5] [Enter].**
 >>Kursor se pomiće u korak 5.



- 2 **Držeći tipku [ENABLE], pritisnuti [DEL].**
 >>Prikazuje se potvrđni prozor.




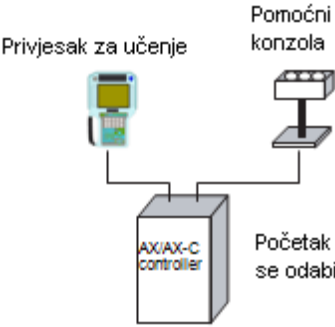
- 3 **Pritisnuti opciju "YES", te tipku [Enter].**
 >>Time je završeno brisanje petog koraka.
 Korak 6 se sada naziva korak 5.

4.16 Automatska operacija (playback)

4.16.1 Metode izvođenja automatske operacije

Izvođenje automatskog upravljanja se vrši pomoću jedne od sljedećih metoda. Metode automatskog upravljanja se razlikuju po načinu pokretanja što pokazuje tablica 9.


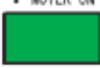
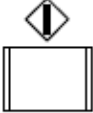

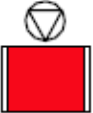

Tablica 9. Način pokretanja [17]

Metoda pokretanja	Opis
Unutrašnje pokretanje	<p>Ovom metodom se pokreće program odabran na privjesku za učenje. Pokretanje i zaustavljanje se izvode korištenjem operacijskog sučelja za AX kontrolere te operacijskog sučelja za AX-C kontrolere.</p> 
Vanjsko pokretanje	<p>Više zadataka koji su povezani s automatskim upravljanjem uključuju i start automatskog rada, odabir programa ili zaustavljanje se vrši sa vanjskog uređaja kao što je pomoćni kontroler ili kontrolna konzola koja je lako dostupna operateru.</p>  <p>U ovom slučaju, startni signal i signal za odabir programa u vanjskom uređaju se moraju namjestiti vremenski prije kako bi se mogli poslati u osnovni izlazni signal "external start" i "program select bits" AX ili AX-C kontrolera. Također se metoda očitavanja signala (binarna s diskete ili BCD-a) mora unaprijed definirati.</p>

4.16.2 Priprema za izvođenje automatske operacije

Kada se izvodi automatska operacija bilo sa unutarnjim ili vanjskim pokretanjem koriste se slijedeće tipke: [Motor power ON] tipka, [Start button] tipka i [Stop] tipka. Te se tipke nalaze na prednjoj strani operacijske ploče AX kontrolera. Kod AX-C kontrolera te tipke se nalaze na operacijskoj kutiji (jedinica 1) te na kutiji za pokretanje (jedinica 2), kao što prikazuje tablica 10.

Tablica 10. Tipke koje se koriste kod automatske operacije [17]

Tipke	Mjesto instalacije	AX kontroler	AX-C kontroler	
		Operacijska ploča	Operacijska ploča (Jedinica 1)	Kutija za pokretanje (Jedinica 2)
[Motor power ON] (motor uključen)				/
[Start]				
[Stop]				

4.16.3 Metode automatskog rada (5 režima)

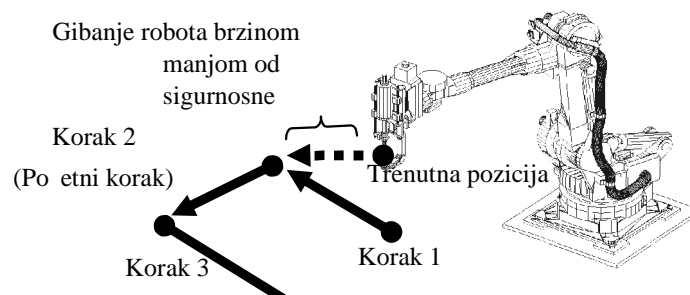
Postoji pet operacijskih režima za vršenje metoda automatskog rada kako je prikazano na tablici 11. Jedan od tih režima se odabire prije vršenja same automatske operacije. Međutim, odabir režima se može izvršiti i tijekom samog postupka. Režimi koji se odabiru jesu ili "Kružni" ili "Kontinuirani", svi ostali režimi se koriste kod provjeravanja što je naučeno ili kod provjere automatskog upravljanja.

Tablica 11. Metode automatskog rada [17]

Metode ponavljanja	Opis
Korak po korak	<ul style="list-style-type: none"> Pritiskom na tipku [Start button] izvodi se jedan korak programa. (Kada se tipka otpusti robot stane.) Za pomicanje u drugi korak potrebno je ponovno pritisnuti [Start button] tipku.
Kružna	<ul style="list-style-type: none"> Kada jednom pritisnemo tipku [Start button] program se izvodi od prvog do zadnjeg koraka. Kada se dostigne zadnji korak, robot stane.
Kombinacija kružne metode i metode korak po korak	<ul style="list-style-type: none"> Jednim pritiskom na tipku [Start button] izvede se jedan korak programa te robot stane. Za pomicanje u slijedeći korak pritisnuti tipku [ENABLE] + f8 <Korak po korak>. Kada se dostigne zadnji korak robot stane.
Kontinuirana	<ul style="list-style-type: none"> Kada se pritisne tipka [Start button], program se izvodi kontinuirano.
Kombinacija kontinuirane metode i metode korak po korak	<ul style="list-style-type: none"> Pritiskom na tipku [Start button] izvede se jedan korak programa, te robot stane. Za pomicanje u slijedeći korak, pritisnuti tipku [ENABLE] + f8 <Korak po korak>. Kada se dostigne zadnji korak, robot se vraća u početni položaj i program se izvodi ispočetka.

4.16.4 Određivanje operacijske brzine

Nakon odabira koraka te početka automatske operacije, robot se pomiče iz trenutne pozicije prema odabranom početnom koraku sigurnosnom brzinom, slika 38., (ispod 250 mm/min). Ta brzina je sigurnosna mjera kako bi se spriječila neopredviđene situacije koje bi mogle dovesti do nezgoda. Kada se dostigne slijedeći korak, robot se prestaje gibati sigurnosnom brzinom. Ako izabrani korak (bilo koji osim nultog koraka) sadrži funkcijsku naredbu, robot će se gibati sigurnosnom brzinom samo kod koraka koji sadrži naredbu gibanja. Ako početak automatske operacije kreće od početka programa (nulti korak), robot će se gibati normalnom brzinom. Ako je npr. korak dva izabran kao početak automatske operacije, robot će se gibati sigurnosnom brzinom sve do kraja drugog koraka. Od trećeg koraka pa na dalje, robot će se gibati programiranom brzinom.

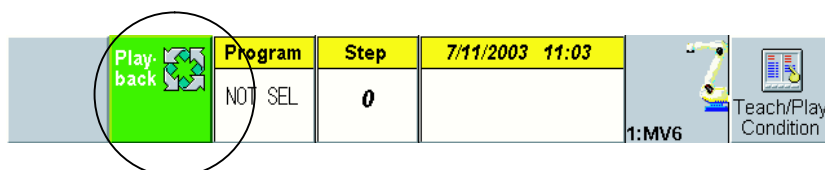


Slika 38. Gibanje robota sigurnosnom brzinom [12]

4.17 Izvo enje automatske operacije (Metoda unutrašnjeg pokretanja)

Odabir metode za automatski rad

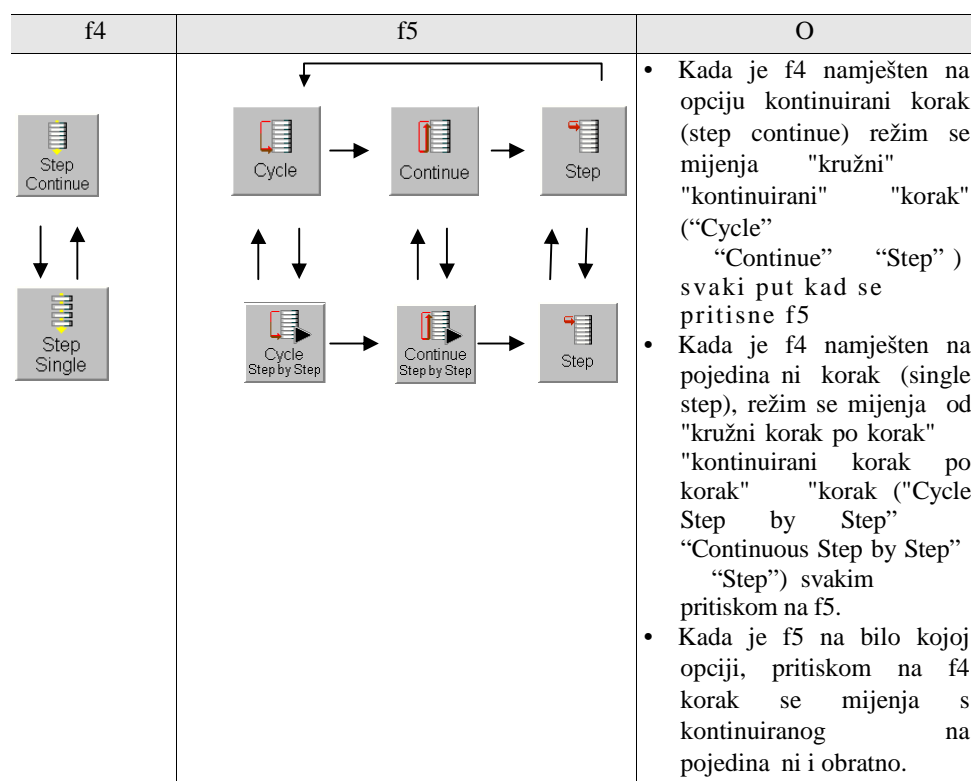
1 Izabrati "playback" na in rada.



ENABLE + f4/f5

2 Izbor na ina izvo enja automatske operacije.

Metoda automatskog rada se može aktivirati kombinacijom slijede ih tipki; istovremenim pritiskom na tipke [ENABLE] i f4 ili tipke [ENABLE] i f5.

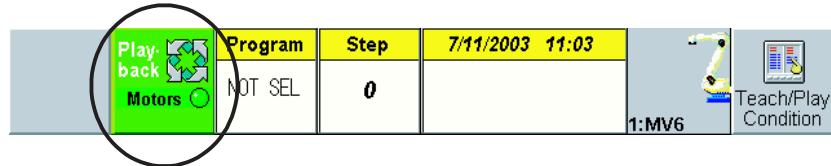




3 Pritisnuti tipku [ENABLE] te tipku [PROG/STEP] za odabir programa kojeg želimo pro i kroz automatski na in rada.

4 Pritisnuti tipku [Motor power ON].

Napajanje robota je uklju eno, te je upaljena signalna lampica [Motor power ON] .



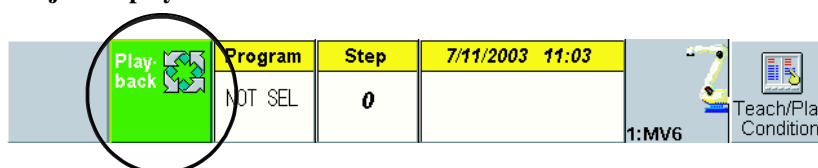
5 Pritisnuti tipku [Start button].

>>S obzirom na odabranu automatsku metodu, zapo inje automatski rad sustava.

4.18 Izvođenje automatske operacije (Metoda vanjskog pokretanja)

Odabrati "playback" na in rada

1 Uključiti "playback" na in rada.



ENABLE + f4/f5

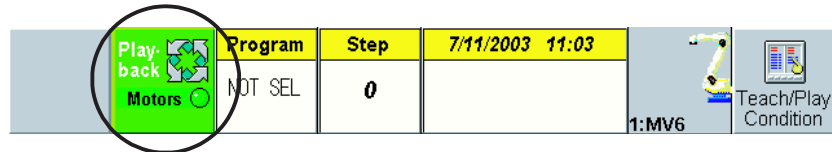
2 Odabrati metodu izvođenja automatske operacije

Metoda automatskog rada se može aktivirati kombinacijom slijedećih tipki; istovremenim pritiskom na tipke [ENABLE] i f4 ili tipke [ENABLE] i f5.

f4	f5	Opis
		<ul style="list-style-type: none"> Kada je f4 namješten na opciju kontinuirani korak (step continue) režim se mijenja "kružni" "kontinuirani" "korak" ("Cycle" "Continue" "Step") svaki put kad se pritisne f5 Kada je f4 namješten na pojedina ni korak (single step), režim se mijenja od "kružni korak po korak" "kontinuirani korak po korak" "korak" ("Cycle Step by Step" "Continuous Step by Step" "Step") svakim pritiskom na f5. Kada je f5 na bilo kojoj opciji, pritiskom na f4 korak se mijenja s kontinuiranog na pojedina ni i obratno.

3 Uklju iti napajanje pomo u eksternog ure aja za pokretanje.

>>Napajanje robota je uklju eno, te je upaljena signalna lampica [Motor power ON] .



4 Namjestiti broj programa od kojeg želimo po eti (program selection bit) na eksternom ure aju.

5 Na eksternom ure aju pokrenuti robota pomo u tipke [START SIGNAL].

>>S obzirom na odabranu metodu automatskog rada, zapo inje automatski rad sustava.

4.19 Operacije u osnovnim metodama rada

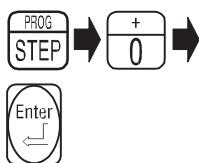
Ovdje su opisane operacije u pet mogućih metoda rada.

Objašnjenja koja slijede odnose se na metode pokretanja i zaustavljanja pomoću tipki [Start] i [Stop].

Tablica 12. Alternative za tipke [Start] i [Stop] [17]

	Kada se koristiti metoda vanjskog uključivanja
Pritisnuti tipku [Start].	Unijeti startni signal
Pritisnuti tipku [Stop].	Unijeti stop signal

"Playback" koraka



1 Odabrati opciju step playback.

2 Odrediti korak od kojeg započinje "playback" operacija.

Za kretanje od početka programa, pritisnuti tipke [PROG/STEP], [0] te [Enter].

>>Kursor se sada pomiče u korak 0.

Za kretanje od drugog koraka, pritisnuti tipke [PROG/STEP], [2] te [Enter].

3 Pritisnuti tipku [Start].

>>Držeći tipku, robot se pomiče iz trenutnog položaja u odabrani korak.

4 U režimu korak "playback", robot se zaustavlja nakon dostizanja slijedećeg koraka. Za nastavak operacije ponovno pritisnuti tipku [Start button].

>>Držeći tipku, robot se pomiče ka slijedećem koraku.

Kružni "playback"



- 1 Izabrati opciju "cycle playback".
- 2 Odrediti korak od kojeg započinje "playback" operacija.
- 3 Pritisnuti tipku [Start button].
 >> Kada je tipka jednom pritisnuta, robot se pomiče iz trenutnog položaja u odabrani korak, te operacija traje sve do zadnjeg koraka. Kada ponovno pritisnemo tipku [Start button] nakon dostizanja zadanog koraka, robot se pomiče u prvi korak te kreće ispočetka.
- 4 Za zaustavljanje robota u bilo kojem trenutku, pritisnuti tipku [Stop button].
- 5 Za restartanje robota, ponovno pritisnuti [Start button].

Kontinuirani "playback"



- 1 Izabrati opciju "continuous playback".
- 2 Odrediti korak od kojeg započinje "playback" operacija.
- 3 Pritisnuti tipku [Start button].
 >> Kada je tipka jednom pritisnuta, robot se pomiče iz trenutnog položaja u odabrani korak, te operacija traje sve do zadnjeg koraka. Kada se dostigne zadnji korak, operacija započinje ponovno od prvog koraka.
- 4 Za zaustavljanje robota u bilo kojem trenutku, pritisnuti tipku [Stop button].
- 5 Za restartanje robota ponovno pritisnuti tipku [Start button].

Kružni "playback" (korak po korak)



- 1 Izabrati opciju "cycle playback" (Korak po korak).
- 2 Odrediti korak od kojeg započinje "playback" operacija.
- 3 Pritisnuti tipku [Start button].
 >> Kada je tipka jednom pritisnuta, robot se pomiče iz trenutnog položaja u odabrani korak..
- 4 Za pomicanje u slijedeći korak, pritisnuti tipku f8 <Step by Step> drže i tipku [ENABLE].
 >> Robot se pomiče do slijedećeg koraka. Ponavljati ovaj postupak za provjeru operacije sve do zadnjeg koraka. Ponovnim pritiskom na tipku [Start button] nakon dostizanja zadnjeg koraka, robot ponovno započinje operaciju od prvog koraka.



Kontinuirani "playback" (korak po korak)

1 Izabrati opciju "continuous playback" (korak po korak).

2 Odrediti korak od kojeg zapo inje automatska operacija.

3 Pritisnuti tipku [Start button].

>>Kada je tipka jednom pritisnuta, robot se pomi e iz trenutnog poloŹaja u odabrani korak..



4 Za pomicanje u slijede i korak, pritisnuti tipku f8<Step by Step> drŹe i tipku [ENABLE].

>>Robot se pomi e do slijede eg koraka. Nakon dostizanja zadnjeg koraka, robot ponovno zapo inje operaciju od prvog koraka.

4.20 Osnovne operacije kod elektrolu nog zavarivanja

4.20.1 Izvla enje i uvla enje žice



- 1 **Za izvla enje žice pritisnuti tipku f10 <Inching>.**
 >>Žica se spušta polako iz cijevi.



- 2 **Za uvla enje žice pritisnuti tipku f11 <Retract>.**
 >>Žica se polako vraća u sapnicu.



- 3 **Za spuštanje žice velikom brziom, pritisnuti tipku f10 <Inching> drže i tipku [ENABLE].**
 >>Žica izlazi iz cijevi velikom brzinom.



- 4 **Za uvla enje žice velikom brzinom, pritisnuti tipku f11 <Retract> drže i tipku [ENABLE].**
 >>Žica se vraća velikom brzinom u sapnicu.

Postoji nekoliko režima spuštanja i uvla enja žice.

Moguće je odabrati slijedeće načine: "Normalan" ("Normal"), "Ograničen" ("Limit") te "Stop" ("Hold") na in spuštanja/uvla enja žice pomoću tipki <Arc Constant> — [3 Constant of weld] — [Inching/Retract Key operation].

- Početna postavka je "Normalan" na in gdje se izvla enje/uvla enje žice vrši samo pritiskom na tipku.
- Kada se postavka promjeni na "Ograničen" na in, izvla enje/uvla enje žice će prestati nakon isteka namještenog vremena čak i ako nastavimo držati tipku. Ako se tipka otpusti za vrijeme trajanja namještenog vremena izvla enje/uvla enje žice će odmah stati.
- Kada se postavka promjeni na "Hold" na in rada, pritiskom na tipku započet će spuštanje/podizanje žice u namještenom vremenu. Izvla enje/uvla enje će se nastaviti čak i ako otpustimo tipku prije isteka namještenog vremena.

Koriste li navedeni načini rada, izvla enje/uvla enje žice će se vršiti za to određenu duljinu. Koriste li postavku "Hold" potrebno je namjestiti vrijeme trajanja izvla enje/uvla enje žice za postizanje željene duljine.

4.20.2 Postavljanje opcije zavarivanja na uklju eno ili isklju eno (welding ON/OFF)

Zavarivanje Uklju eno/Isklju eno



1 Pritisnuti f2 <Weld ON/OFF>.

>>Svaki put kada se tipka pritisne, status zavarivanja se mijenja na slijede i na in.

Prikaz	Status	Opis
	Zavarivanje uklju eno	Zavarivanje se izvodi tijekom automatske operacije
	Zavarivanje isklju eno	Zavarivanje se ne izvodi tijekom automatske operacije
	Vrsta dolaznog signala	Zavarivanje uklju eno/isklju eno se odre uje pomo u signala za "zavarivanje uklju eno/isklju eno" koji se odašlje s eksternog ure aja. Izgled funkcijske tipke se mijenja ovisno o vrsti signala.

2 Pritiskati tipku za odabir željenog statusa

4.20.3 Provjera zaštitnog plina

Za provjeru protoka plina, korisit se slijede a metoda.



1 Pritisnuti tipku f12 <Gas>.

>>Pritiskom na tipku, plin e krenutii.

2 Za zaustavljanje protoka plina, otpustiti tipku t f12 <Gas>.

>>Za provjeru proto nosti plina, na zavariva kom pištolju potrebno je namjestiti tipku "gas check switch" na OFF. Ako je namještene na ON provjera se nemože izvršiti.

Postoji nekoliko režima namještanja protoka plina.

Mogu e je odabrati slijede e na ine: "Normalan" ("Normal"), "Ograni en" ("Limit") te "Stop" ("Hold") na in protoka plina pomo u tipki <Arc Constant> — [3 Constant of weld] — [Gas check operation].

- Po etna postavka je "Normalan" na in; propuštanje plina se vrši samo pritiskom na tipku.
- Kada se postavka promjeni na "Ograni en" na in, protok plina e prestati nakon isteka namještenog vremena iako nastavimo držati tipku. Ako se tipka otpusti za vrijeme trajanja namještenog vremenat protok plina e odmah stati.
- Kada se postavka promjeni na "Hold" na in rada, pritiskom na tipku zapo et e protok plina u namještenom vremenu. Protok plina e se nastaviti ak i ako otpustimo tipku prije isteka namještenog vremena.




4.20.4 Uklju ivanje i isklju ivanje njihanja pištolja

Isklju ivanje njihanja pištolja se vrši kada je potrebno izvršiti provjeru samih zavora.



1 Pritisnuti tipku f3 <Weaving ON/OFF>.

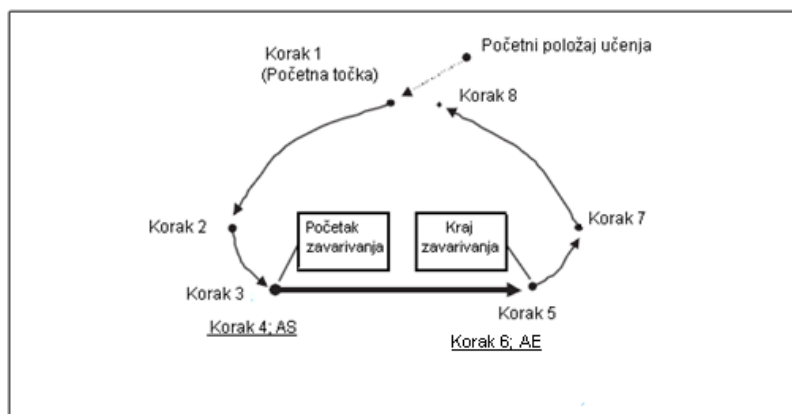
>>Svakim pritiskom na tipku, status se mijenja na slijede i na in.

Prikaz	Status	Opis
	Njihanje uklju eno	Njihanje je uklju eno
	Njihanje isklju eno	Njihanje je isklju eno
	Vrsta dolaznog signala	Njihanje uklju eno se odre uje pomo u signala za "njihanje uklju eno " koji se odašlje s eksternog ure aja. Izgled funkcijske tipke se mijenja ovisno o vrsti signala.

2 Pritiskati tipku dok se ne postigne željeni status.

4.20.5 Učenje elektrolu nog zavarivanja

Na slijedećem primjeru će biti prikazan način izrade programa zavarivanja.



Učenje naredbe za početak elektrolu nog zavarivanja

1. Napraviti program do koraka gdje započinje postupak zavarivanja (step 3).

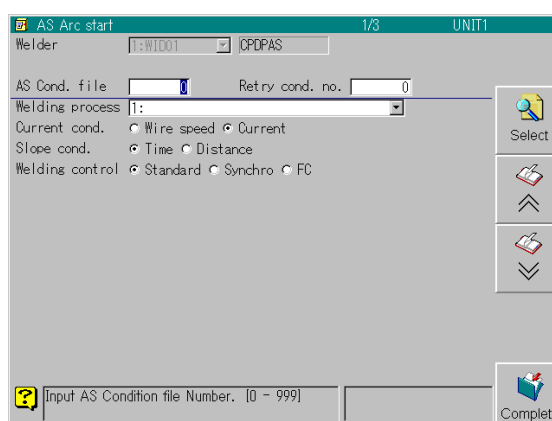
Robot Program				UNIT1
0	100 %	JOINT A1	T1	
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
[EOF]				

2. Pritisnuti tipku **F7 <AS>**. Za istu naredbu moguće je pritisnuti tipku **F2 <AS>** nakon pritiska tipke **[CLAMP/ARC]**.

>> Otvara se prozor za namještanje parametara za početak zavarivanja.



Ili



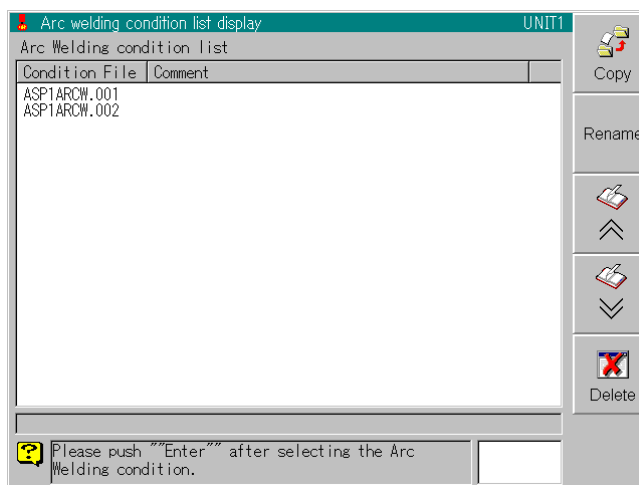
Naredba za početak elektrolu nog zavarivanja je **FN414**.

Izabire se slijedećim postupkom **[FN] "414" [Enter]**.

- 3 Ako je "0" odabrana kao "AS Cond. file" (datoteka s uvjetima za početak zavarivanja), parametre je moguće podesiti pomoću numeričkih oznaka. U tom slučaju nastaviti od koraka 5.
- 4 Za odabiranje parametara korištenjem datoteke, potrebno je upisati broj datoteke ili potražiti datoteku na listi datoteka.



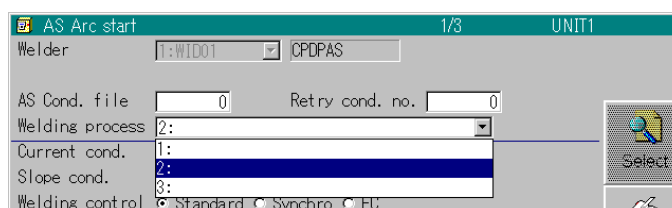
Za izbor datoteke s liste, pritisnuti tipku f8 <Select>.



Odabrati datoteku koriste i tipke gore ili dolje, te pritisnuti [Enter].

>> Poziva se odabrana datoteka.

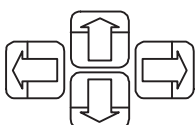
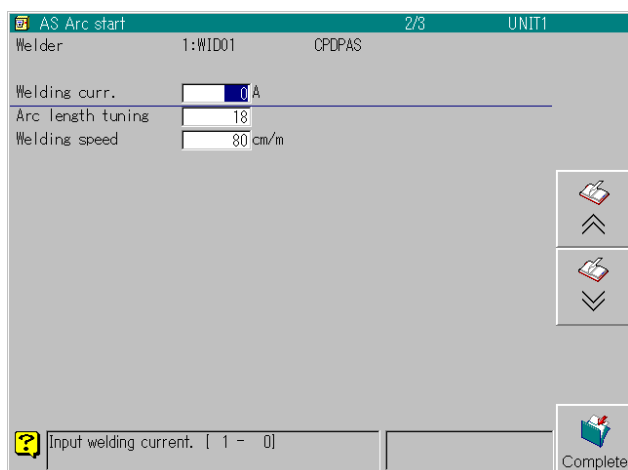
- 5 Odrediti broj datoteke za ponovnu uspostavu luka u polju "Retry cond. no.". Ako je odabrana opcija "0", tada u slučaju ne uspostavljanja električnog luka, on se ponovno pokušava uspostaviti standardnim putem. Ovu opciju valja izostaviti ukoliko nismo navikli upravljati robotom. Kada ponovnu uspostavu luka definira korisnik, potrebno je specificirati datoteku ponovno uspostavljanja električnog luka koja je već kreirana. (Sada se razvija funkcija ponovnog uspostavljanja električnog luka).
- 6 Poravnati kursor s poljima "Welding process" (proces zavarivanja) i "Current cond." (trenutni uvjeti) te pritisnuti [Enter], zatim je potrebno odabrati željene uvjete od navedenih.





7 Ostali parametri zavarivanja se namještaju na drugoj i slijede im stranicama. Pritisnuti tipku [Scroll page].

>>Stranica se mijenja.



8 Pomicati kursor koriste i tipke gore, dolje, lijevo i desno te utipkati vrijednosti za struju zavarivanja ("Welding curr."), Brzinu zavarivanja ("Welding speed") i Dužinu elektri nog luka ("Arc length tuning").



9 Ako postoji treća i stranice nakon nje, pritisnuti tipku [Scroll page] kako bi se otvorio ekran te je onda potrebno upisati parametre kao na prethodni na in.

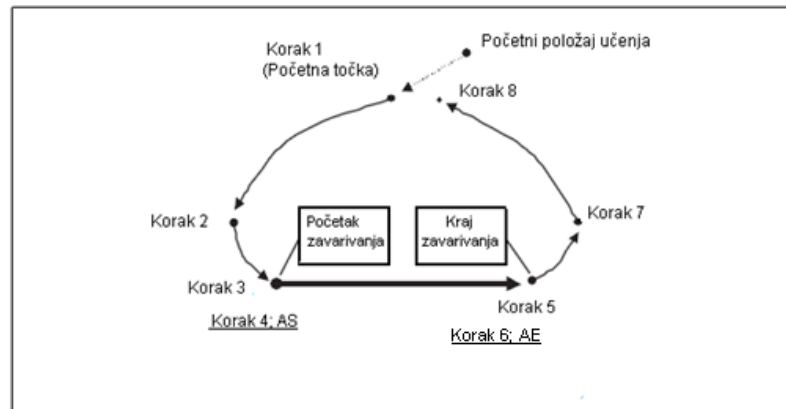


10 Nakon što su upisani svi parametri pritisnuti tipku <Complete>.

>>Naredba za po etak elektri nog luka (AS) je spremljena kao korak 4.

[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	AS[W1,OFF,0, 0A, +0, 80cm/m,DC ->]			
[EOF]				

Učenje naredbe za kraj zavarivanja



1 Snimanje naredbe za kraj zavarivanja (korak 5).

[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	ASLW1,OFF,0, 0A, +0, 80cm/m,DC ->]			
5	100 %	JOINT A1	T1	
[EOF]				

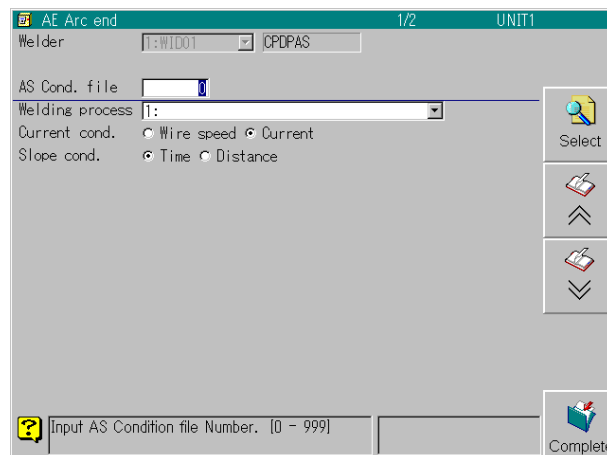


Or



2 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti tipku f7 <AE>. Za istu naredbu mogu e je pritisnuti tipku f3 <AE> nakon pritiska tipke [CLAMP/ARC].

>> Otvara se prozor za namještanje parametara za kraj postupka zavarivanja.



3 Namjestiti parametre kao i kod namještanja za početak zavarivanja (AS)

4 Kada su svi parametri namješteni pritisnuti tipku f12 <Complete>.

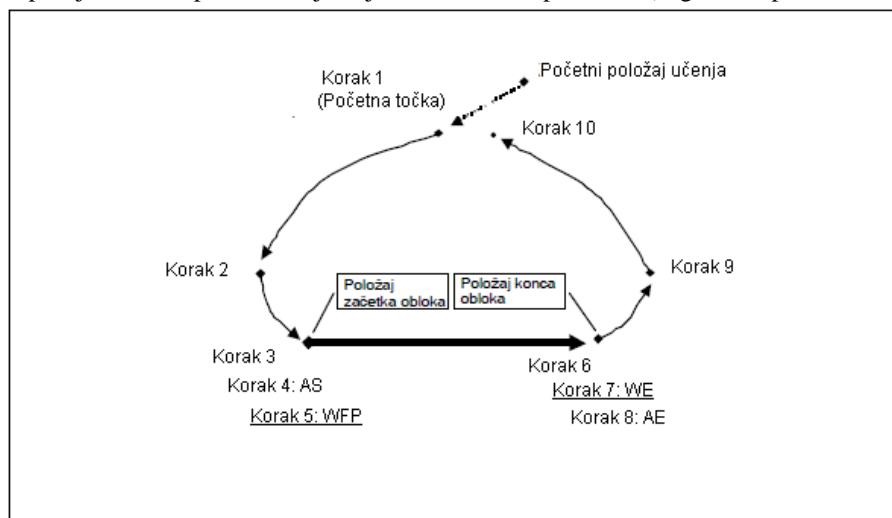
>> Naredba za kraj postupka zavarivanja (AE) je snimljena kao korak 6.



[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	ASEW1,OFF,0, 0A, +0, 80cm/m,DC ->]			
5	100 %	JOINT A1	T1	
6	AELW1,OFF, 0A, +0,0.0s,0.0s,DC ->]			
	[EOF]			

4.20.6 Učenje njihanja

Na sljedećem primjeru bit će prikazano njihanje s konstantnim pravcem (eng. Fixed pattern weaving, WFP).



Učenje naredbe za položaj njihanja

1 Snimanje naredbe položaja u koraku 4.

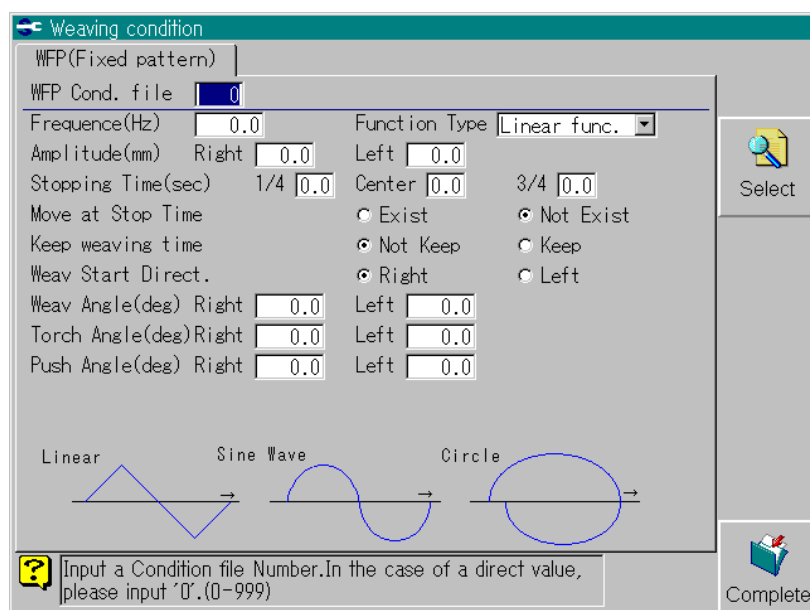
[1] Robot Program				UNIT1
	100 %	JOINT A1	T1	
0	[START]			
1	100 %	JOINT A1	T1	
2	100 %	JOINT A1	T1	
3	100 %	JOINT A1	T1	
4	ASEW1,OFF,0, 0A, +0, 18cm/m,DC ->]			
	[EOF]			



Ili



- 2 Pritisnuti tipku f8 <WS>. Za istu naredbu moguće je pritisnuti tipku f4 <WFP> nakon pritiska na tipku [CLAMP/ARC].
>> Otvara se prozor za upisivanje parametara.



Funkcijska naredba za njihanje po konstantnom pravcu je FN440. Bira se na slijede i na in [FN] “440” [Enter].



3 Pomaknuti kursor koriste i tipke gore, dolje, lijevo i desno te namjestiti parametre njihanja.

Metoda za određivanje parametara zavarivanja spremljenih u datoteci je ista kao i kod određivanja kraja i početka zavarivanja.

Opcije “Move at Stop Time” i “Weav Start Direct.” se prebacuju pritiskom na tipku lijevo ili desno, drže i tipku [ENABLE].

4 Nakon namještanja svih parametara pritisnuti tipku f12 <Complete>.

>>Naredba, njihanje po konstantnom pravcu (WPF) je snimljena kao korak 5.

Učenje naredbe za kraj njihanja

1 Snimiti sve korake do koraka 6.

[1] Robot Program						UNIT1
	199	cm/m	LIN	AI	T1	
0	[START]					
1	100	%		JOINT A1	T1	
2	100	%		JOINT A1	T1	
3	100	%		JOINT A1	T1	
4	ASE[W1,OFF,0, 0A, +0, 18cm/m,DC ->]					
5	WFP[OFF, 0,0Hz ->] FN429;Fix Pattern Weav					
6	199	cm/m	LIN	AI	T1	
[EOF]						



2 Drže i tipku [ENABLE], pritisnuti f8 <WE>. Za istu naredbu moguće je koristiti tipku f5 <WE> nakon pritiska na tipku [CLAMP/ARC].

>>Naredba za kraj njihanja (WE) je snimljena kao korak 7. Ili

Funkcijska naredba za kraj njihanja je FN443.

Izabire se na slijedeći način [FN] “443” [Enter].

4.21 Pra enje stvarnih parametara zavarivanja (Arc monitor)

Mogu e je pratiti trenutne parametre zavarivanja (struju i napon itd) kod pojedinih izvora struje.

Po etak pra enja luka



- 1 U režimu ponavljanja operacije (playback mode), pritisnuti f4 <Arc Monitor>. >> "Arc Monitor" (pra enje luka) e se pojaviti na monitoru 2. Pojavljuju se slijede e informacije ukoliko je zavarivanje u tijeku.

The screenshot shows the Arc Monitor interface with the following data:

Program	Step	Date/Time
3	5	3 8/2003 15:43

Robot Program:

Step	Feed	Joint	Axis	Tool
1	300 cm/m	LINE	A8	T1
2	100 %	JOINT	A8	T1
3	AS[W1, OFF, 0, 150A, 21.0V, 60cm/m, DC ->]			
4	300 cm/m	LINE	A8	T1
5	300 cm/m	LINE	A8	T1
6	300 cm/m	LINE	A8	T1
7	AE[W1, OFF, 130A, 18.0V, 1.0s, 1.0s, DC ->]			
8	300 cm/m	LINE	A8	T1

Arc Monitor parameters:

Parameter	Value
CURRENT	150 A
VOLTAGE	21.0 V
SPEED	60 cm
W. CHAR.	0

Real-time monitoring data:

Parameter	Value
CUR	147 A
VOLTAGE	20.3 V
FEED LOAD	40 %

Min/Max values:

Parameter	Min/Max
CUR	143/152
VOLTAGE	20.1/21.2
FEED LOAD	38/41

Available parameters for monitoring:

- Nau eni parametri zavarivanja
- Retract
- (goe) Stvarni parametri zavarivanja
- (Dolje) Minimalni/maksimalni



- 2 Za prekid pra enja luka, pritisnuti [CLOSE/SELECT SCREEN] >> Svakim pritiskom na tipku [CLOSE/SELECT SCREEN] prebacujemo izme u monitora te odabiremo onaj kojim želimo upravljati. Monitor kojim se može upravljati ima tamno plavi naslov. A monitori kojima se ne može upravljati imaju sivi zaslon.



- 3 Pritisnuti [CLOSE/SELECT SCREEN] drže i tipku [ENABLE]. >> Monitor za pra enje luka se zatvara.

4.42.1. Stvarni parametri zavarivanja koje je mogu e pratiti

Stvarni parametri koje je mogu e pratiti imaju oznaku Z te su prikazani u tablici 13.

Tablica 13. Stvarni parametri zavarivanja koje je mogu e pratiti [18]

Izvor struje	Režim zavarivanja	Struja	Napon	Brzina žice
DA300P	—	Z	Z	—
DP400	DC	Z	Z	Z
	DC impulsno	Z	Z	Z
	DC s dva impulsa	Z	Z	Z

5. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu su provedene i prezentirane zavarivačke metode koje mogu nadomjestiti robota kod zavarivanja klasičnih spojeva, sučeljenog i kutnog, s naglaskom na programiranje robota, te je za iste prikazana mogućnost korištenja senzora električnog luka kod praćenja zavarivanja.

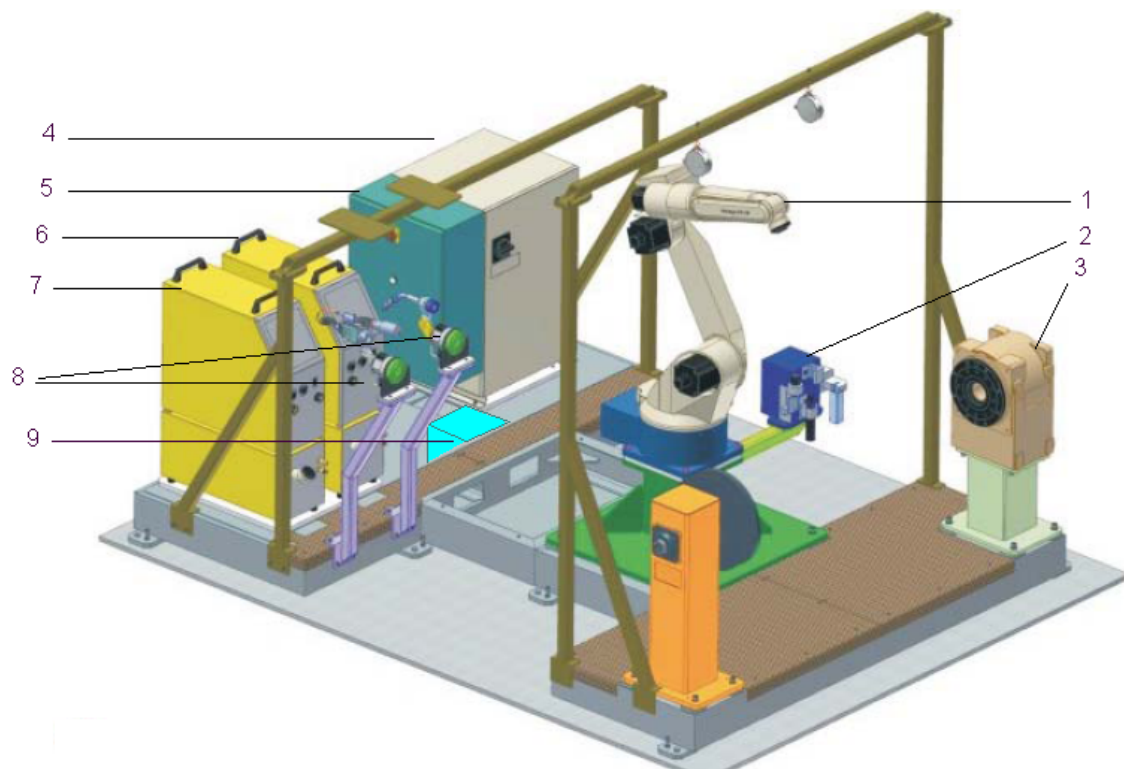
5.1 Robotska stanica VRC-1G MIG + 1G TIG/1dm

Robotska stanica (prikazana slikom 39.) sastoji se od:

1. robota OTC Almega AX-V6,
2. uređaja za isječenje sapnice, rezanje žice i nanošenje sredstva protiv naljepljivanja kapljica
3. pozicionera P250V ROBO,
4. električne jedinice,
5. upravljačke jedinice,
6. izvora struje MIG/MAG VPS 4000,
7. izvora struje TIG VARTIG 3500 DC/AC,
8. sustava za automatsku izmjenu pištolja,
9. senzora električnog luka AX-AR.

U sustav je integrirana i funkcija Synchronmotion koja objedinjuje složeno gibanje robota i pozicionera i osigurava konstantnu brzinu zavarivanja i nagib pištolja pri zavarivanju složenih oblika i proizvoda. U sustavu su dva izvora struje za zavarivanje i to za MIG/MAG VPS 4000 i TIG VARTIG 3500 DC/AC pri čemu je izmjena pištolja i načina zavarivanja automatska. Oba izvora su vodom hlađene inverterske jedinice s mogućnošću impulsnog zavarivanja. To konkretno znači da se na jednom proizvodu mogu izmjenjivati TIG i MIG/MAG, ovisno o tehnološko – ekonomskim zahtjevima. Uz to, za MIG/MAG zavarivanje ugrađen je i alat za isječenje sapnice, rezanje žice i nanošenje sredstva protiv naljepljivanja kapljica. Za praćenje spoja pri zavarivanju ugrađen je senzor električnog luka koji regulira putanju gibanja na osnovu napona električnog luka. Također je ugrađen i tzv. „shock“ senzor koji reagira u slučaju kolizije glave za zavarivanje i radnog komada, naprave i sl. On line programiranje se provodi pomoću privjeska za uređaje pri čemu treba napomenuti da je programski paket kompatibilan s Windows OS sustavima što olakšava pohranjivanje podataka i povezivanje u mrežne sustave. Podešavanje parametara

zavarivanja provodi se preko privjeska za u enje tako da nisu potrebne dodatne aktivnosti za podešavanje na samim izvorima struje za zavarivanje. Robotska stanica VRC-1G MIG+1G TIG / 1dm nalazi se u laboratoriju katedre za zavarene konstrukcije Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Na slici 40. prikazan je robot OTC Almega AX-V6.



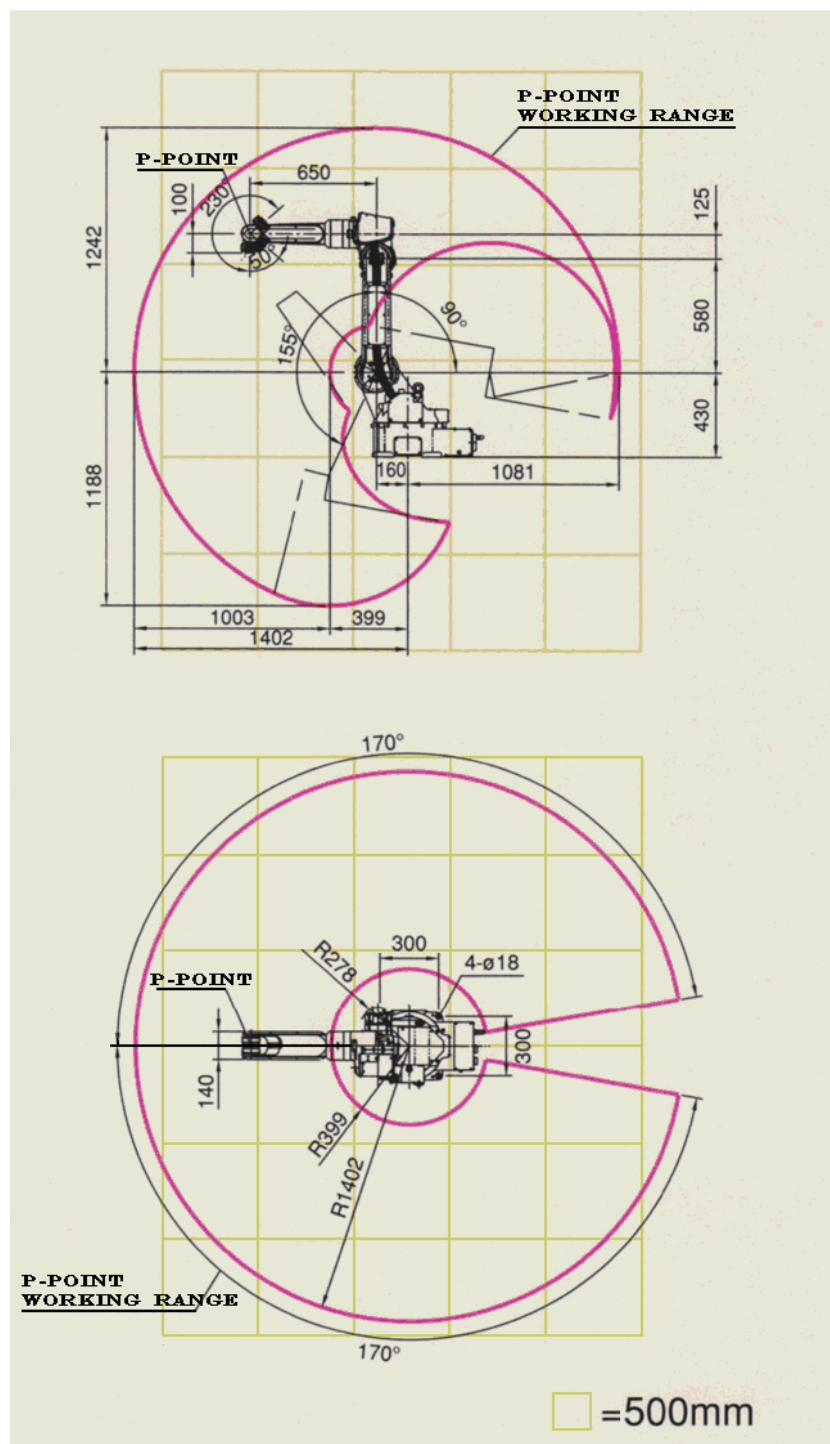
Slika 39. Prikaz robotske stanice [19]



Slika 40. Prikaz robota Almega AX-V6 [20]

5.1.1 Mehani ki sustav robota ALMEGA AX-V6

Kinematika struktura robota AX-V6 je revolutna tj. određena je sa 6 rotacijskih stupnjeva slobode gibanja (6 SSG). Takvom kinematičkom strukturom moguće je postići i potpuno pozicioniranje i orijentaciju pištolja za zavarivanje ili prihvatnice za pozicioniranje unutar radnog prostora koji je prikazan na slici 41.

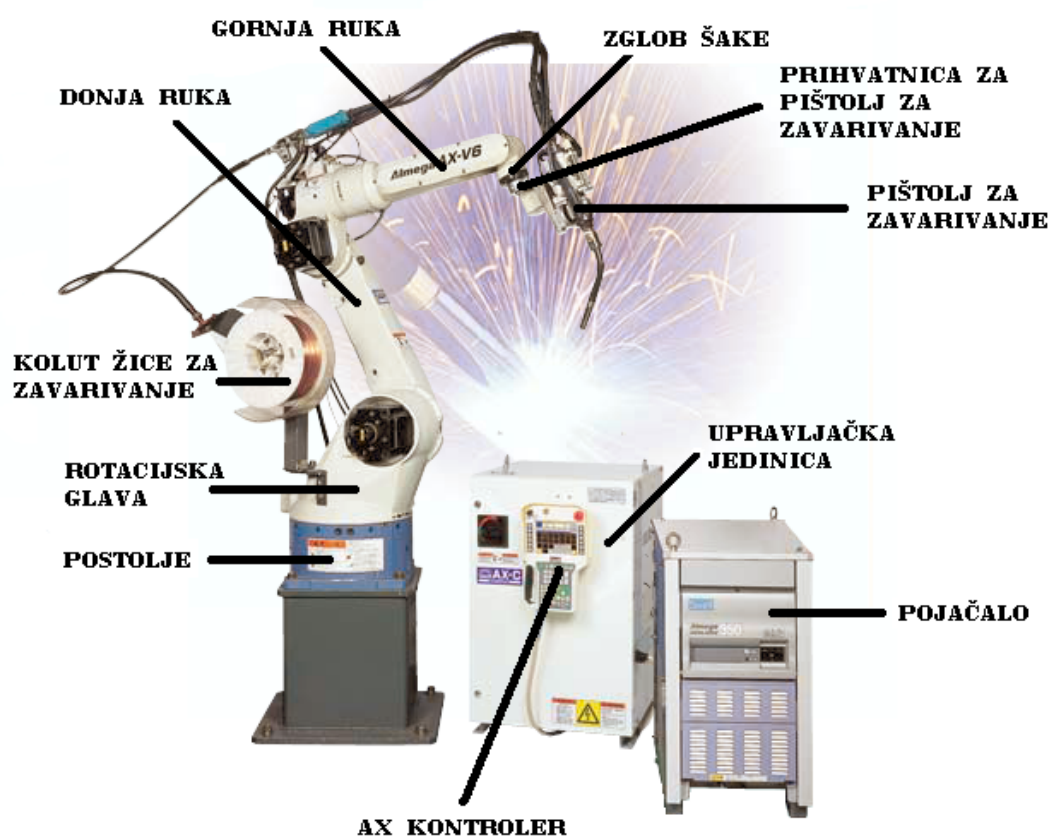


Slika 41. Radni prostor robota AX-V6 [3]

Robot AX-V6 sastoji se od sljedećih komponenti:

- postolje,
- rotacijska glava,
- donja ruka,
- gornja ruka,
- zglobovi šake,
- upravljačka jedinica,
- AX/AX-C kontroler (za ručno upravljanje),
- pojačalo,
- specifična dodatna oprema (prihvatnica za pištolj za zavarivanje, pištolj za zavarivanje, kolut žice za zavarivanje).

Slika 42. Prikazuje osnovne dijelove robota Almega AX-V6



Slika 42. Struktura robota AX-V6 [3]

Tehničke karakteristike robota AX-V6 prikazane su u tablici 14.

Tablica 14. Tehničke karakteristike robota AX-V6 [3]

Naziv robota (manipulatora)		Almega AX-V6
Operacijski način rada (struktura)		Vertikalno artikuliran
Broj stupnjeva slobode gibanja		6
Maksimalna opteretivost		6 kg
Ponovljivost		± 0.08 mm
Doseg gibanja	Os 1 (okretanje)	$340^\circ (\pm 170^\circ)$
	Os 2 (donja ruka)	$245^\circ (-145^\circ \sim +90^\circ)$
	Os 3 (gornja ruka)	$360^\circ (-170^\circ \sim +190^\circ)$
	Os 4 (valjanje šake)	$360^\circ (\pm 180^\circ)$
	Os 5 (posrtanje)	$280^\circ (-50^\circ \sim +230^\circ)$
	Os 6 (valjanje šake)	$720^\circ (\pm 360^\circ)$
Maksimalna brzina oko pojedinih osi	Os 1 (okretanje)	2,62 rad/s ($150^\circ/\text{s}$)
	Os 2 (donja ruka)	2,79 rad/s ($160^\circ/\text{s}$)
	Os 3 (gornja ruka)	2,97 rad/s ($170^\circ/\text{s}$)
	Os 4 (valjanje šake)	5,93 rad/s ($340^\circ/\text{s}$)
	Os 5 (posrtanje)	5,93 rad/s ($340^\circ/\text{s}$)
	Os 6 (valjanje šake)	9,08 rad/s ($520^\circ/\text{s}$)
Dozvoljeni moment oko pojedinih osi	Os 4 (valjanje šake)	11,8 Nm
	Os 5 (posrtanje)	9,8 Nm
	Os 6 (valjanje šake)	5,9 Nm
Dozvoljeni moment inercije oko	Os 4 (valjanje šake)	$0,30 \text{ kgm}^2$
	Os 5 (posrtanje)	$0,25 \text{ kgm}^2$
	Os 6 (valjanje šake)	$0,06 \text{ kgm}^2$
Doseg gornje ruke		$3,14 \text{ m}^2 \times 340^\circ$
Uvjeti okoline	Temperatura	$0^\circ \sim 45^\circ\text{C}$
	Vlažnost zraka	$20\% \sim 80\%$ (nekondenzirajuća)
Masa		155 kg
Maksimalna nosivost gornje ruke		10 kg
Vrsta motora za pogon		Ac Servo motor
Snaga motora za pogon		2750 W
Informacija o poziciji		Apsolutni enkoder
Mogućnost instaliranja		Podno ili na zidne nosače
Boja		Ruke: bijela, Postolje: plavo

5.1.2 Izvori struje

5.1.2.1 VPS 4000 digit

Izvor struje VPS 4000 digit, slika 43., omogućuje tri različita postupka zavarivanja: MIG/MAG klasično, MIG/MAG impulsno i REL zavarivanje obloženim elektrodama. Tehničke karakteristike ovog izvora struje prikazuje tablica 15.

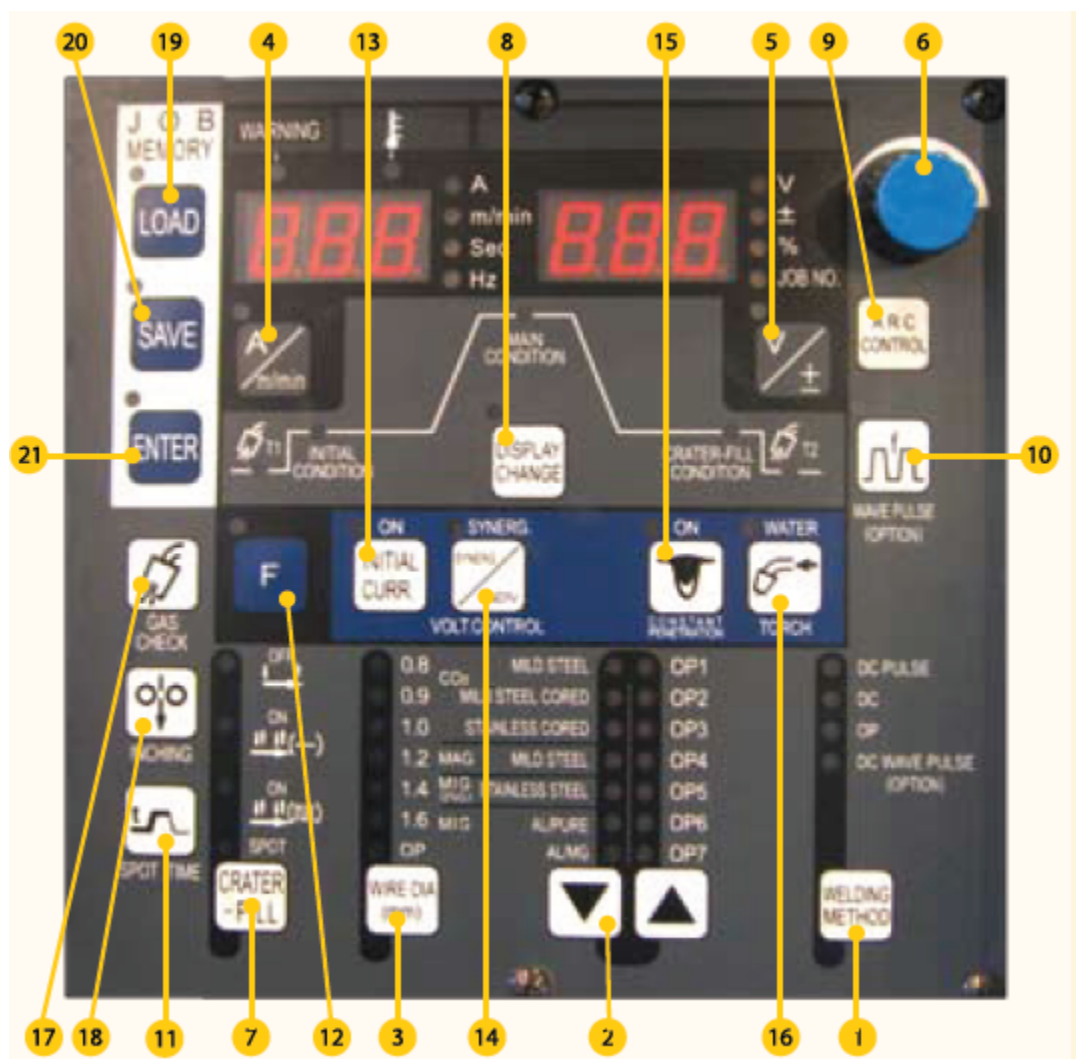
Tablica 15. Tehničke karakteristike izvora struje VPS 4000 digit [19]

Priključni napon	3~400 V / 50 Hz
Područje struje zavarivanja	30 - 400 A
Napon	15,5 - 34 V
Intermitencija 50%	400 A
Intermitencija 100%	283 A
Promjer žice za zavarivanje	0,8 - 1,2 (1,6) mm



Slika 43. Izvor struje VPS 4000 digit [19]

Na slici 44. Prikazane su funkcije izvora struje VPS 4000 digit.



Slika 44. Prikaz funkcija izvora struje VPS 4000 digit [19]

1. Određivanje procesa
2. Određivanje dodatnog materijala i zaštitinog plina
3. Određivanje promjera žice za zavarivanje
4. Određivanje jakosti struje (A) i brzine žice za zavarivanje (m/min)
5. Određivanje veličine napona (V) i korekcije (\pm)
6. Tipka za podešavanje odabranog parametra
7. Određivanje režima rada
8. Pokazivač funkcija procesa zavarivanja
9. Podešavanje karakteristike električnog luka
10. Uključenje opcije "WAVE PULS-a"
11. Podešavanje "SPOT" vremena zavarivanja
12. F (funkcijska tipka)
13. Aktiviranje početne struje
14. Prebacivanje između sinergijskog i individualnog rada
15. Uključenje konstantne dubine zavarivanja
16. Odabir pištolja s vodenim hlađenjem
17. Kontrola plina
18. Izvlačenje žice
19. Otvaranje postojećih programa zavarivanja
20. Pohranjivanje trenutnog programa zavarivanja u memoriju
21. Potvrđivanje odabranih parametara

5.1.2.2 VARTIG 3500 digit AC/DC

Izvori struje Vartig su namijenjeni za zavarivanje TIG postupkom. Omogu avaju tako er REL zavarivanje sa obloženom elektrodom. Omogu avaju digitalni prikaz parametara zavarivanja i LED signalizaciju režima rada. Izvor struje zavarivanja digitalne generacije Vartig 3500 digit AC/DC, slika 45., koristi se za zavarivanje postupcima AC, DC I AC/DC. Omogu avaju tako er mogu nost izbora i pohranjivanja korisni kih programa zavarivanja. Tehni ke karakteristike izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC prikazane su u tablici 16.

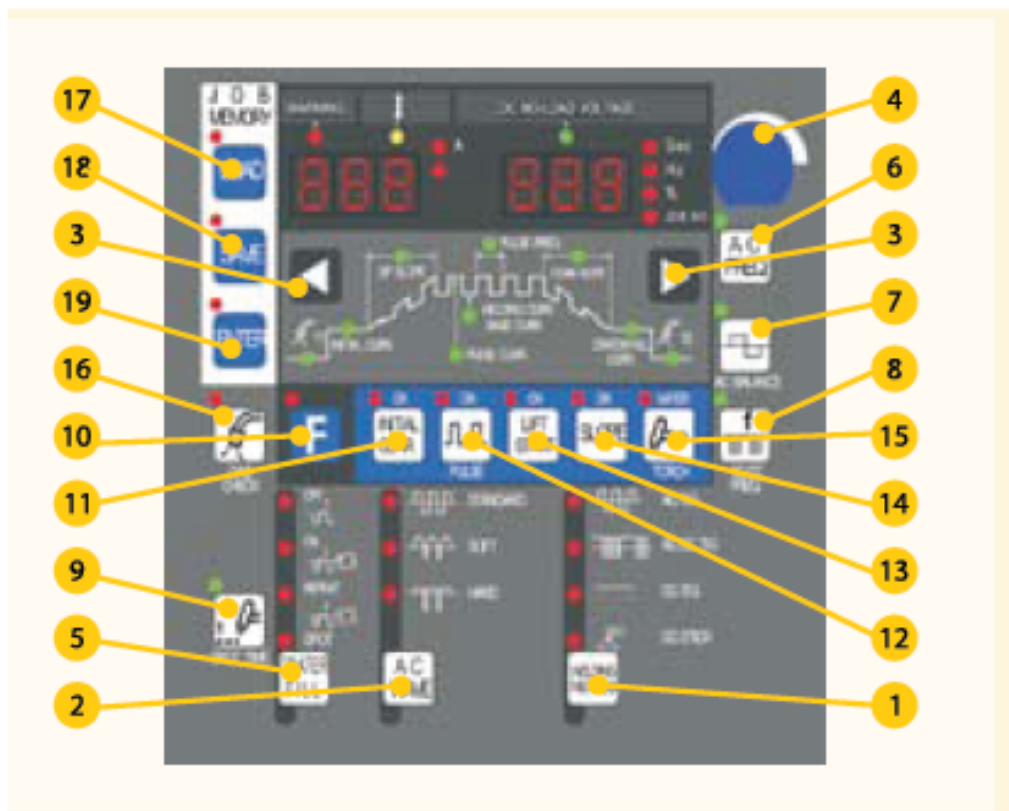
Tablica 16. Tehni ke karakteristike izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC [19]

Priklju ni napon	3~400 V / 50
Podru je struje zavarivanja TIG DC	4 - 300 A
Podru je struje zavarivanja TIG AC	10 - 300 A
Podru je struje zavarivanja TIG AC/DC	10 - 300 A
Podru je struje zavarivanja REL	10 - 250 A
Napon zavarivanja REL/TIG	21 - 30,5 V / 10,2 - 22 V
Intermitencija REL 40%	300 A (DC)
Intermitencija REL 60%	245 A (DC)
Intermitencija REL 100%	190 A (AC)
Promjer elektrode za REL zavarivanje	1,5 - 5,0 mm



Slika 45. Izvor struje VARTIG 3500 digit AC/DC [19]

Na slici 46. prikazane su funkcije izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC



Slika 46. Prikaz funkcija izvora struje VARTIG 3500 digit AC/DC [19]

1. Određivanje postupka zavarivanja
2. Funkcija AC-WAVE
3. Određivanje parametara zavarivanja
4. Tipka za podešavanje parametara zavarivanja
5. Podešavanje režima rada
6. Podešavanje AC frekvencije
7. Podešavanje AC BALANCE
8. Uključenje AC/DC TIG zavarivanja
9. Podešavanje SPOT vremena zavarivanja
10. F (funkcijska tipka)
11. Podešavanje poletne struje
12. Uključenje impulsnog zavarivanja
13. Način uspostave električnog luka
14. Tipka za podešavanje kontrole nagiba struje
15. Odabir pištolja sa vodenim hlađenjem
16. Kontrola plina
17. Otvaranje postojećih programa zavarivanja
18. Pohranjivanje trenutnog programa zavarivanja u memoriju
19. Potvrđivanje odabranih parametara

5.2 Robotizirano zavarivanje kutnog i su eljenog spoja

5.2.1 Osnovni i dodatni material te priprema spoja

Zavarivanje je provedeno na op em konstrukcijskom eliku S235 (HRN EN 10025-2).

Tablica 17. prikazuje kemijski sastav elika S235, a tablica 18. mehani ka svojstva istog.

Tablica 17. Kemijski sastav elika S 235 [22]

Kemijski sastav	C	P maks	S maks	N maks
Kemijska analiza %	0,17	0,05	0,05	0,007

Tablica 18. Mehani ka svojstva elika S 235 [22]

Oznaka	Naprezanje te enja, Re [N/mm ²]	Vla na vrsto a, Rm [N/mm ²]	Postotak produljenja, A [%]
S235	240	370...450	25

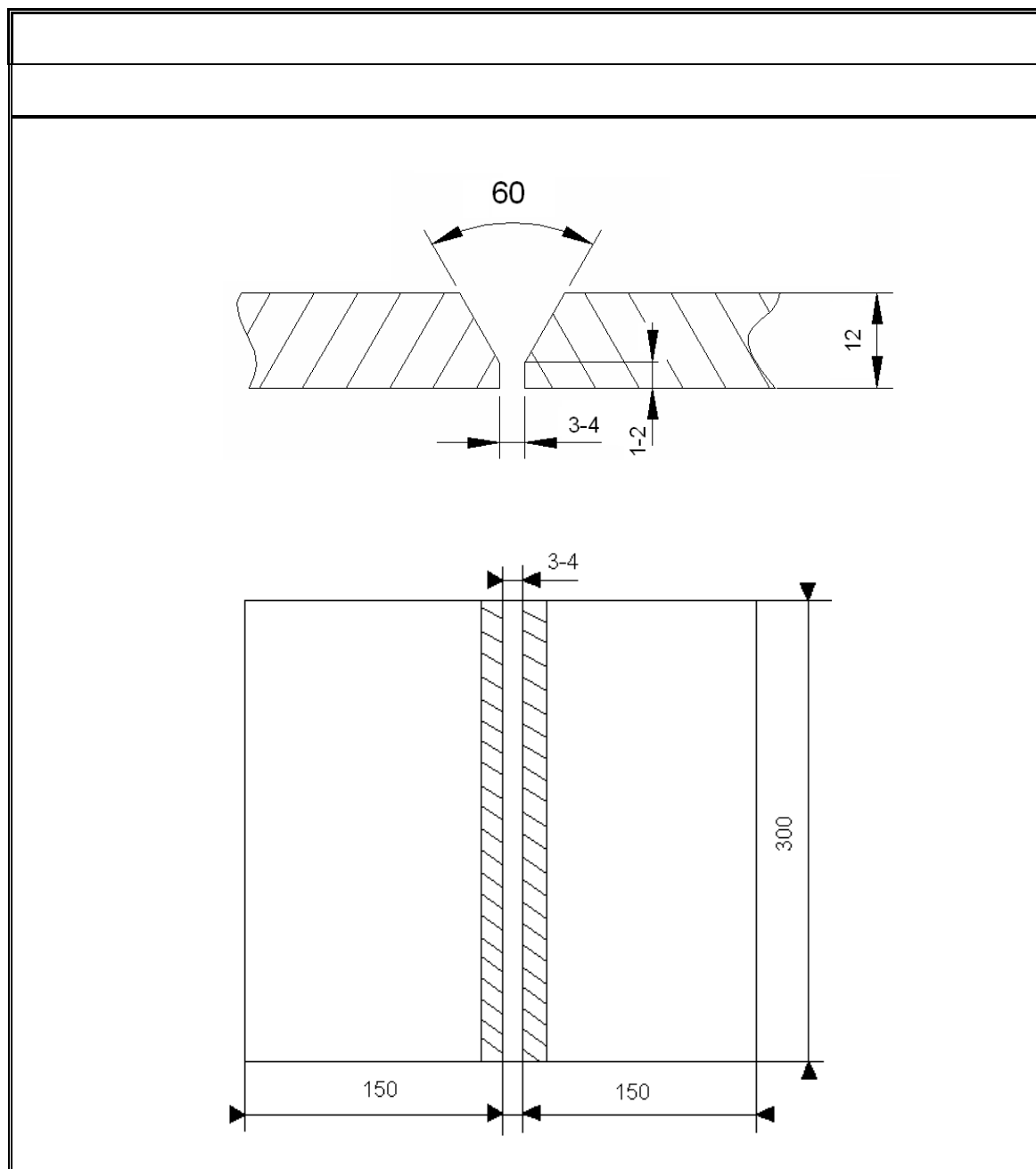
Kao dodatni material upotrebljena je pobakrena žica G 42 4 C/M G39,1 (prema HRN EN 440) za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih konstrukcijskih elika proizvo a a Elektrode Jesenice.

Plin koji se koristio kod zavarivanja jest Feromix 18 (82 % Ar, 18 % CO₂) prema HRN EN 439.

Plo e je bilo potrebno pripremiti kako bi se izvršilo zavarivanje su eljenog i kutnog spoja. Plo e za su eljeni spoj su pripremljene tako da su izrezane pod kutem od 30° i pobrušene na mjestu predvi enom za zavar, a zazor izme u plo a je 3-4 mm.

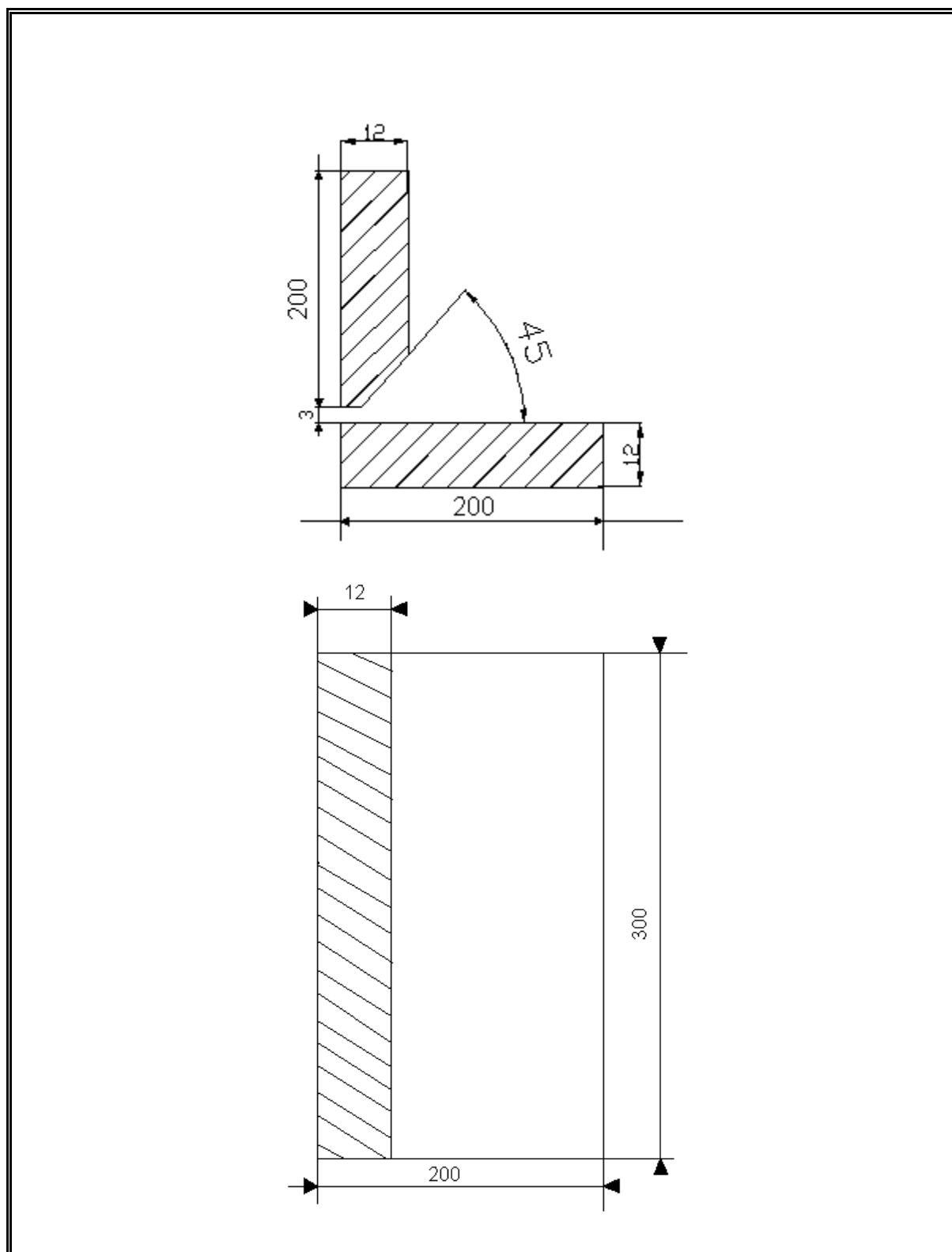
Plo e za kutni spoj su pripremljene tako da su na mjestu spajanja pobrušene, a brid gornje plo e je izrezan pod kutem od 45° kako bi se uspješno izvršio provar korijena, a zazor izme u plo a je 3-4 mm.

Slika 47. Prikazuje izvedeni oblik spoja za su eljno zavarivanje



Slika 47. Izvedeni oblik spoja za su eljeno zavarivanje

Slika 48. Prikazuje izvedeni oblik spoja za kutno zavarivanje



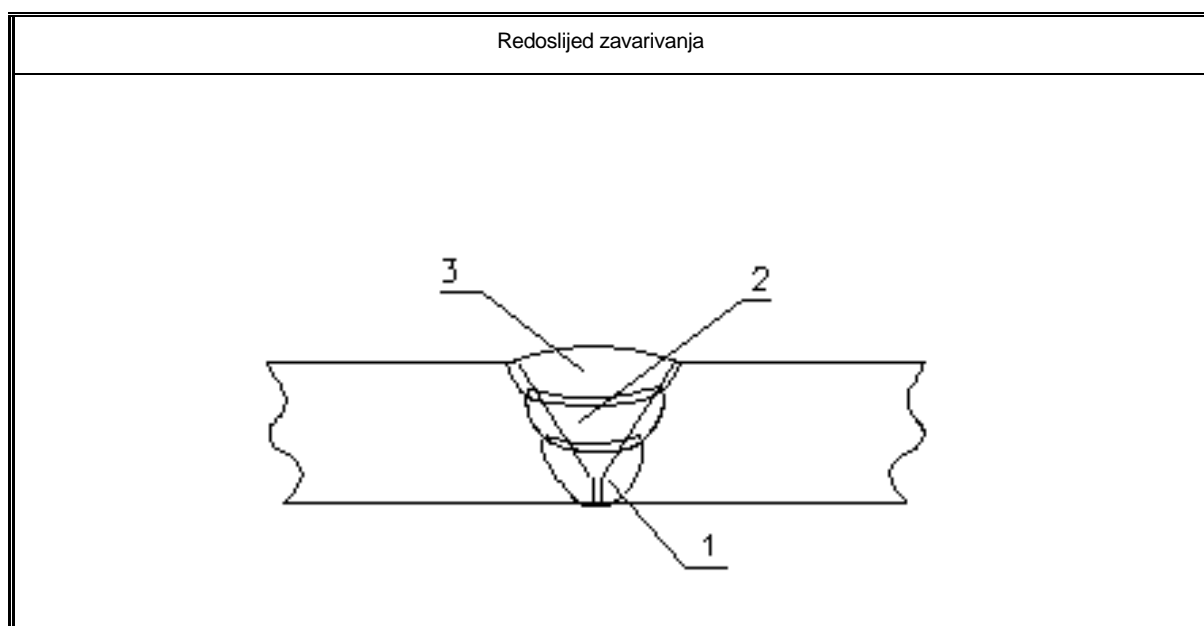
Slika 48. Izvedeni oblik spoja za kutno zavarivanje

Potrebno je online isprogramirati robota za zavarivanje su eljenog, kutnog i zakrenutog kutnog spoja pomo u funkcije sinchro-motion sa i bez korištenja senzora elektri nog luka u cilju donošenja zaklju ka o uporabljivosti navedenog senzora i ukupnim zavariva kim mogu nostima robotske stanice.

Za uspješno provo enje zavarivanja prvo je potrebno izraditi program za zavarivanje za svaki pojedini prolaz. Kvaliteta izvedenog prolaza kontrolira se vizualno te se variranjem parametara zavarivanja nastoji posti i zadovoljavaju a kvaliteta zavara.

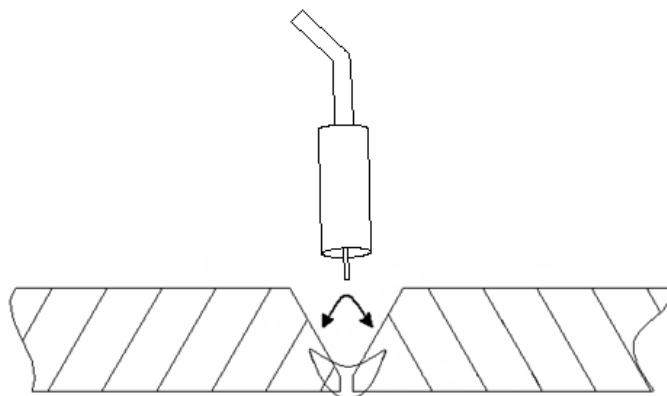
5.2.2 Zavarivanje su eljenog spoja

Na slici 49. prikazan je redoslijed zavarivanja i broj prolaza.



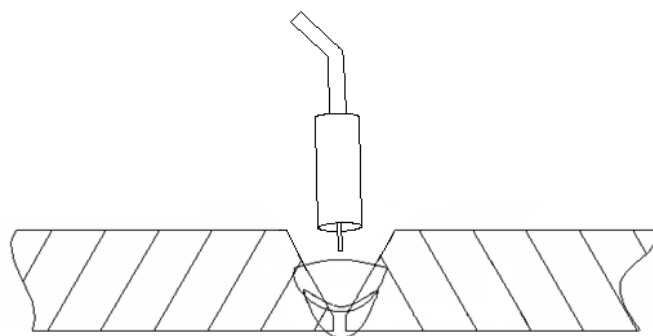
Slika 49. Prikaz redoslijeda zavarivanja i broja prolaza kod zavarivanja su eljenog spoja

Korijenski prolaz se izvodi s funkcijom njihanja. Prijenos metala izvodio se kratkim spojevima. Slika 50. prikazuje zavarivanje korijenskog prolaza.



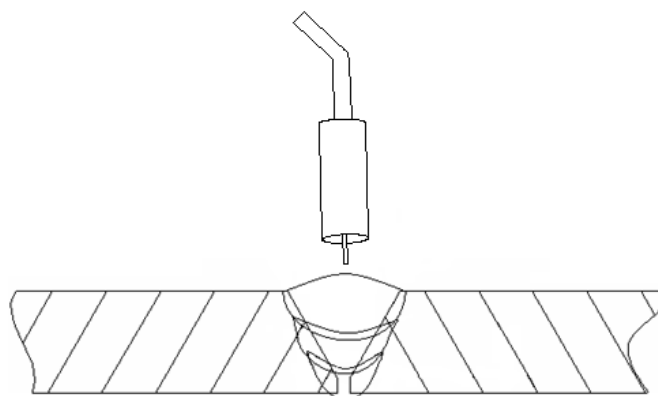
Slika 50. Zavarivanje korijenskog prolaza kratkim spojevima s funkcijom njihanja

Drugi prolaz se izvodi shodno slici 51. bez opcije njihanja s impulsnim lukom.



Slika 51. Zavarivanje drugog prolaza; impulsnim lukom; bez njihanja

Na slici 52. prikazan je treći prolaz koji se izvodi bez njihanja štrcajućim lukom.

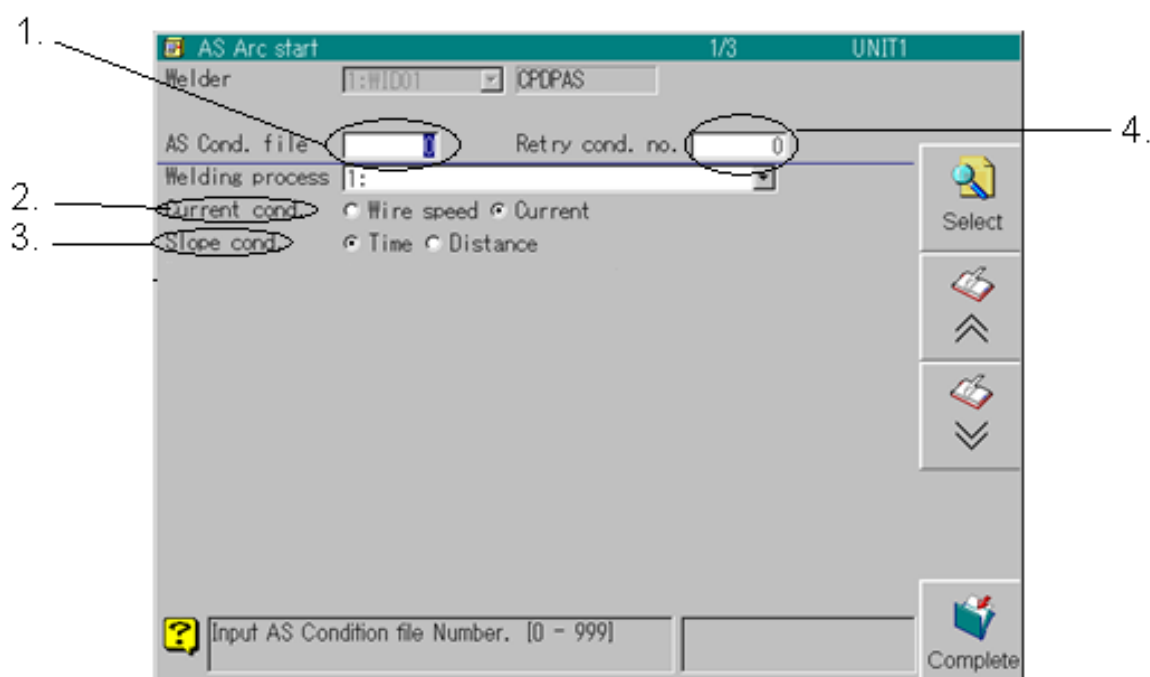


Slika 52. Zavarivanje završnog prolaza; štrcajućim lukom; bez njihanja,

5.2.2.1 Izrada programa za robotizirano zavarivanje

Budući da je u 4. poglavlju detaljno opisana izrada programa za zavarivanje, ovdje će uz opis programa biti detaljnije prikazane i pojašnjene samo funkcije; za stvaranje električnog luka (eng. arc start) te podešavanje parametara nihanja (eng. weaving start).

Slika 53. prikazuje prozor u kojem se vrši odabir datoteke s parametrima zavarivanja (ukoliko već postoji), ili kreiranje nove datoteke s parametrima za uspostavu električnog luka.

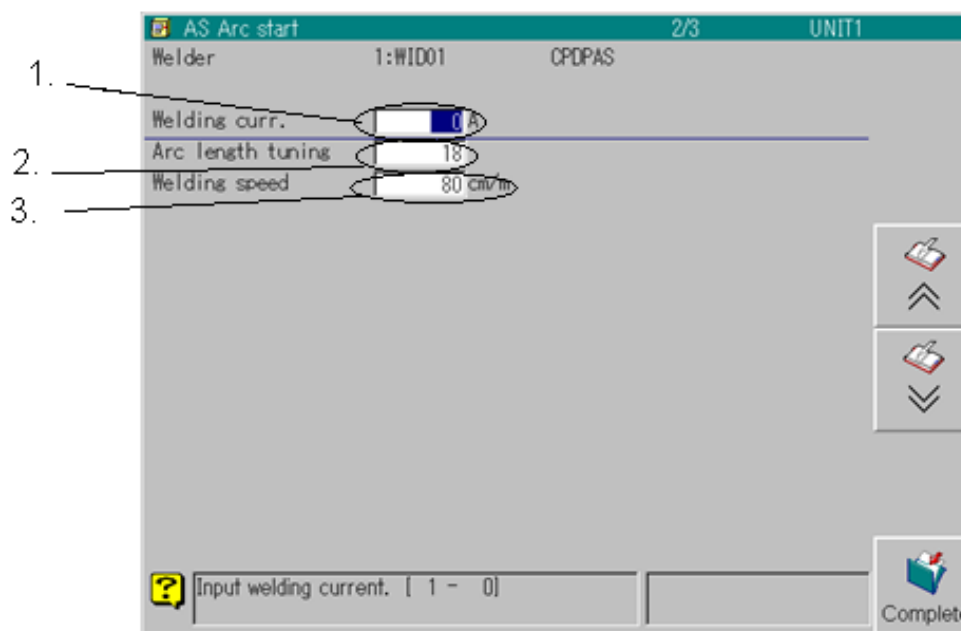


Slika 53. Prozor za izbor ili kreiranje zavarivačke datoteke

1. Služi za izbor postojeće ili kreiranje nove datoteke s parametrima za zavarivanje. Nova datoteka se kreira tako da se upiše broj koji nije zauzet od strane već postojeće datoteke.
2. Služi za određivanje da li će se jačina struje određivati preko zadane jakosti struje ili prema brzini dodavanja žice.
3. Pomoću ove funkcije se određuje da li će se provođenje kontrole nagiba vršiti od početka uspostave el. luka za vrijeme mirovanja robota (u tom slučaju glavna funkcija je vrijeme) ili za vrijeme gibanja robota (gdje je glavna funkcija udaljenost).

4. Služi za izbor datoteke za ponovnu uspostavu luka. Ukoliko je odabrana "0", tada se luk ponovno pokušava uspostaviti standardnim načinom.

Slika 54. Prikazuje namještanje parametara zavarivanja



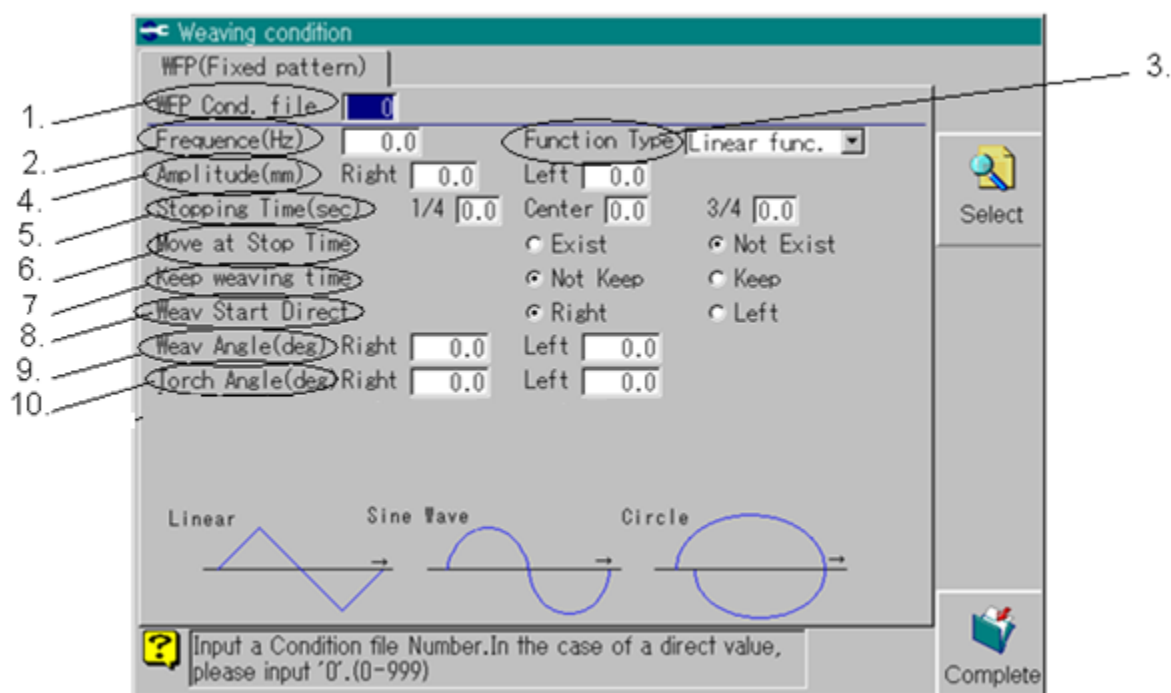
Slika 54. Namještanje parametara zavarivanja

1. Ukoliko je u prethodnom izborniku odabrana opcija određivanja veličine struje unosom određene jakosti, tada se u polje 1. upisuje željena jakost struje u amperima. A ukoliko se veličina struje želi izraziti preko brzine žice, tu opciju je potrebno odabrati na prethodnom izborniku te se u tom slučaju upisuje željena brzina žice u cm/min.

2. U polju 2. se određuje duljina električnog luka. Što je duljina veća to je veći napon i obratno.

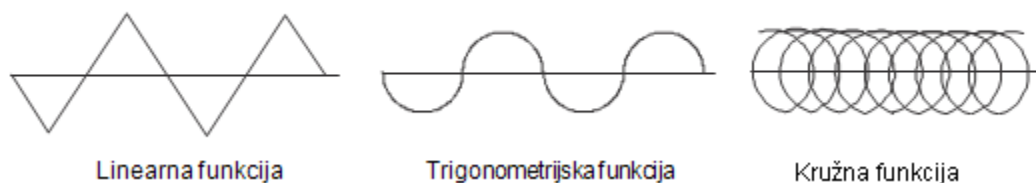
3. U polju tri se određuje željena brzina zavarivanja u cm/min.

Nakon određivanja parametara za uspostavu električnog luka, ukoliko je potrebno, poziva se naredba za poštak njihanja pištolja, te se kod te opcije namještavaju parametri prema slici 55.



Slika 55. Namještanje parametara njihanja.

1. Odabir ili kreiranje nove datoteke s parametrima zavarivanja tijekom njihanja.
2. Frekvencija. Značajka služi za određivanje "valova" njihanja u sekundi.
3. Tip funkcije njihanja. Ova značajka služi za izbor oblika operacije njihanja prema slici 56.

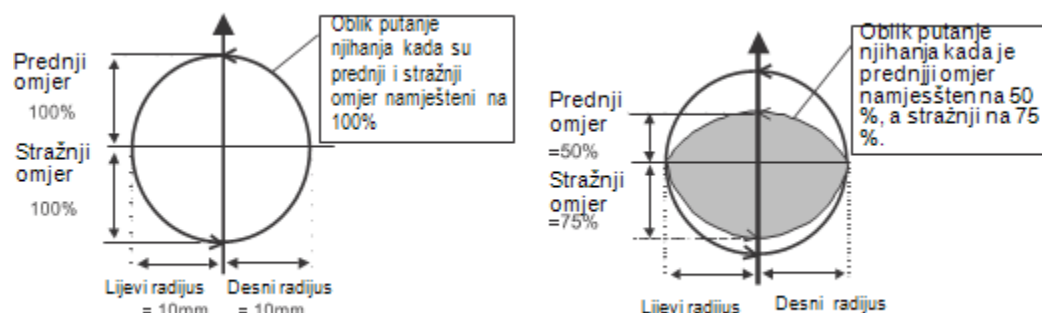


Slika 56. Funkcije njihanja

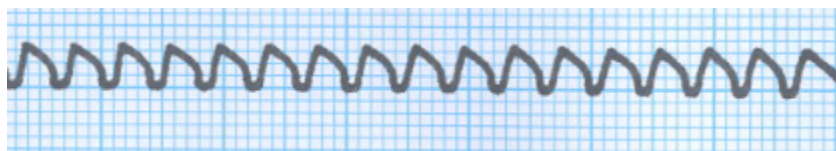
Ukoliko je odabrana kružna funkcija potrebno je namjestiti šablonu kružnog gibanja. Ova šablona služi za namještanje postotka u kojem se put njihanja poprimiti oblik kružnice. Npr. ako se radi o krugu na slici 57., u slučaju a) kada su prednji i stražnji dio kruga u 100 %-tnom omjeru tada je:

- lijevi i desni radijus su jednake duljine
- prednji i stražnji omjer kruga su 100 %

U tom slučaju putanja će imati potpuno okrugli oblik. Oblik prikazan u slučaju b) se dobije kada je prednji omjer kruga 50 %, a stražnji omjer 75 %.

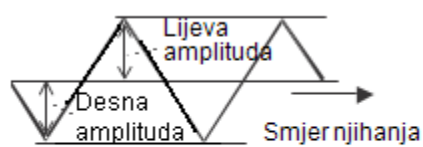


Slika 57. Šablona njihanja

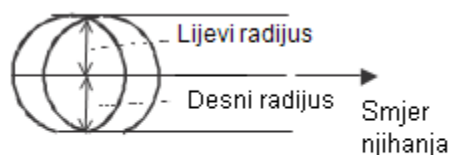


Slika 58. Izgled šablone njihanja kad je prednji omjer kruga 10%, a stražnji 75 %

4. Amplituda, slika 59. Amplituda se koristi za namještanje amplitude njihanja kada je za operacijsku putanju odabrana linearna ili trigonometrijska funkcija. Moguće je namjestiti obje; lijevu i desnu amplitudu. Radijus centra kružnice se namještava onda kada je za putanju njihanja odabrana kružna funkcija. Moguće je namjestiti lijevi i desni radijus kružne funkcije.



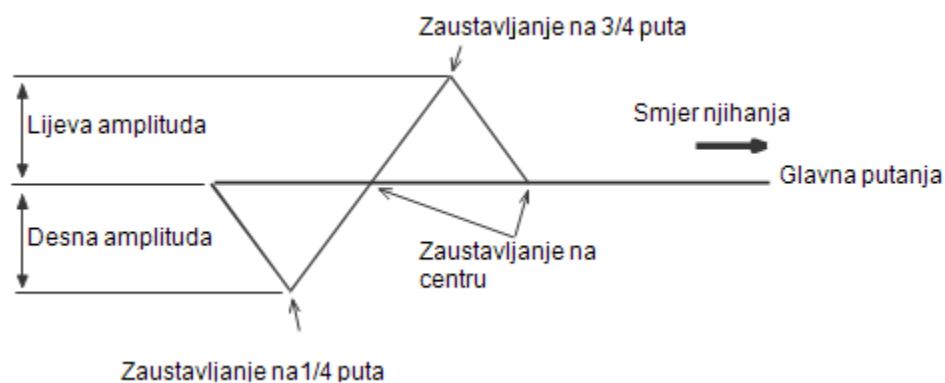
Kada su odabrane linearna ili trigonometrijska funkcija



Kada je namještena kružna funkcija

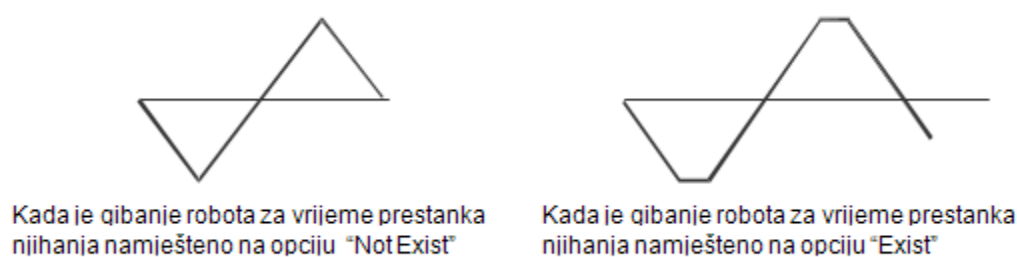
Slika 59. Izgled amplitude njihanja

5. Vrijeme zadržavanja. Ova točka predstavlja vrijeme zadržavanja koje se može podesiti na $\frac{1}{4}$ putanje, centru i na $\frac{3}{4}$ putanje njihanja, kao što pokazuje slika 60.



Slika 60. Vrijeme zadržavanja

6. Gibanje u zaustavnoj točki, slika 61. Ova značajka služi za određivanje da li će se robot nastaviti gibati u smjeru zavarivanja ili će se zaustaviti za vrijeme prestanka njihanja (vrijeme prestanka njihanja je namješteno). Početna postavka je "Not Exist".



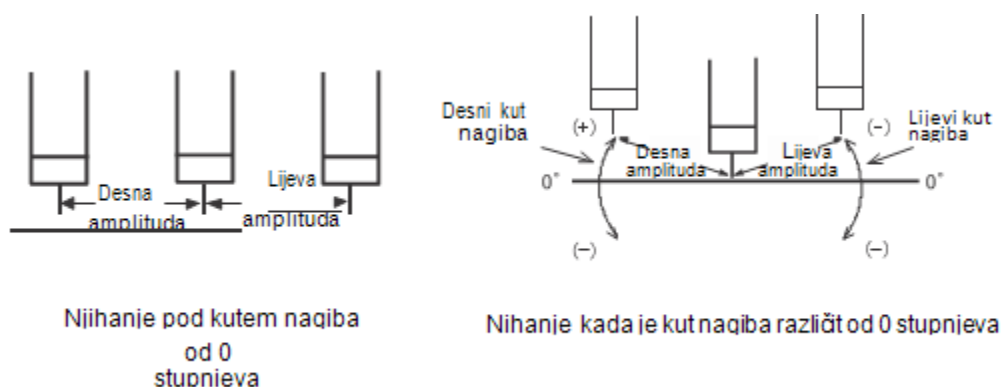
Slika 61. Gibanje u zaustavnoj točki

7. Nastavak njihanja. Ova značajka se koristi kako bi se njihanje nastavilo čak i onda kad su postavke namještene na prestanak njihanja. Ukoliko opcija prestanka njihanja nije namještena ova značajka nema funkciju.
8. Odabir strane za početak njihanja, slika 62. Značajka služi za određivanje početka njihanja, tj. Da li će ono početi s lijeve ili desne strane s obzirom na smjer njihanja.



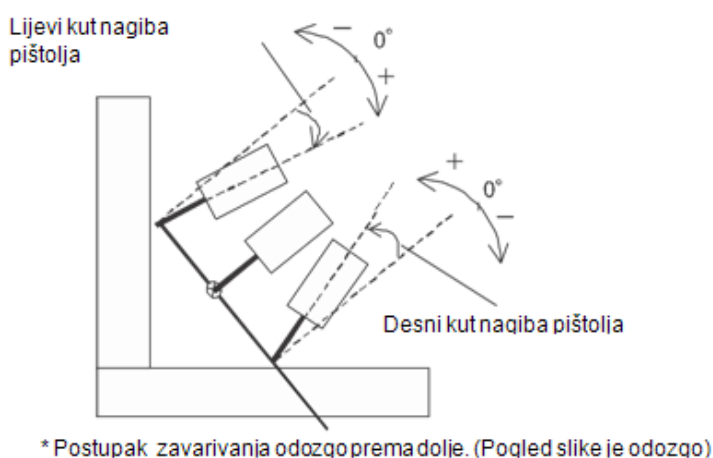
Slika 62. Odabir strane za početak nihanja

9. Kut nihanja, slika 63. Ovom značajkom se određuje kut nihanja glavne putanje. Moguće ga je namjestiti i za lijevu i za desnu stranu. Početna postavka je 0° i ravnina gibanja je okomita u odnosu na pištolj za zavarivanje.



Slika 63. Kut nihanja

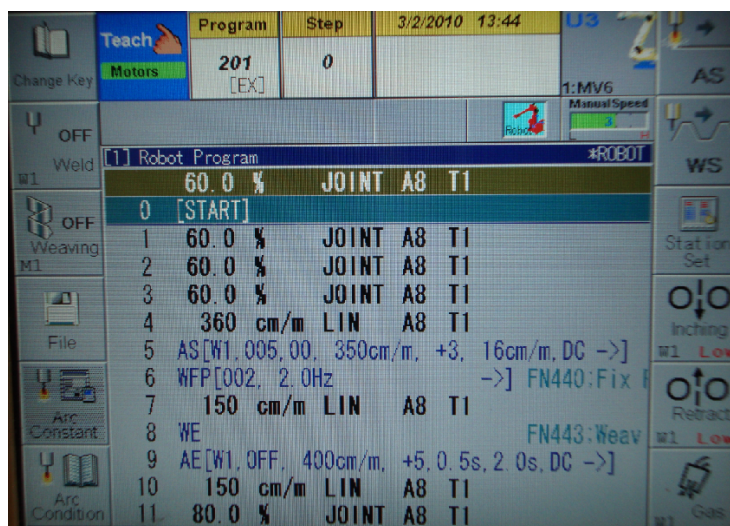
10. Nagib pištolja, slika 64. Namještanje kuta nagiba pištolja omogućuje određivanje položaja pištolja u odnosu na radni komad.



* Postupak zavarivanja odozgo prema dolje. (Pogled slike je odozgo)

Slika 64. Nagib pištolja

Na slikama 65. i 66. prikazan je izgled programa za zavarivanje cijelog su eljenog spoja (sva tri prolaza).



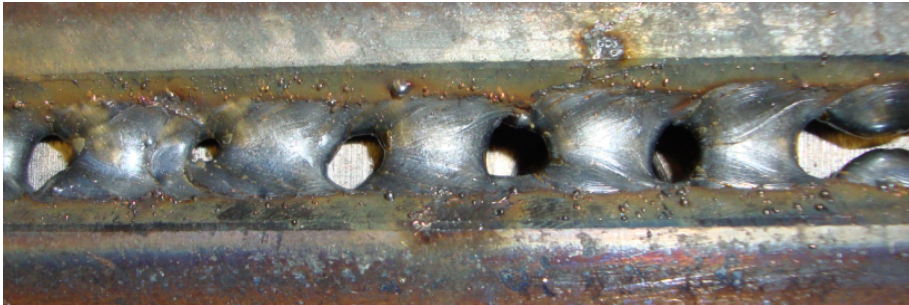

Slika 65. Izgled programa za zavarivanje su eljenog spoja (I dio)



Slika 66. Izgled programa za zavarivanje su eljenog spoja (II dio)

U cilju dobivanja zadovoljavajućeg zavarivanja variranjem parametara zavarivanja izvedeni su probni zavari. Probni zavari prikazani su u tablicama 19., 20., 22, 24, a u tablicama 21., 23. i 23. prikazni su zavari koji su zadovoljili vizualnu kontrolu.

Tablica 19. Prikaz lica korijenskog prolaza dobivenog prijenosom metala kratkim spojevima

			
Izvedba korijenskog prolaza prijenosom metala kratkim spojevima s linearnom funkcijom njihanja.		Izvedba korijenskog prolaza prijenosom metala kratkim spojevima s linearnom funkcijom njihanja.	
Napon (V)	19	19	
Struja (A)	125	125	
Frekvencija (Hz)	1,5	1,5	
Brzina žice (cm/min)	300	300	
Vrijeme zadržavanja (s)	2,2	2,2	
Brzina zavarivanja (cm/min)	15	17	
Amplituda (lijeva/desna)	0,2	0,5	
Šablona kružnog njihanja (%)			
Visina el. luka	5	5	

Tablica 20. Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza s prijenosom metala kratkim spojevima i kružnom funkcijom njihanja.



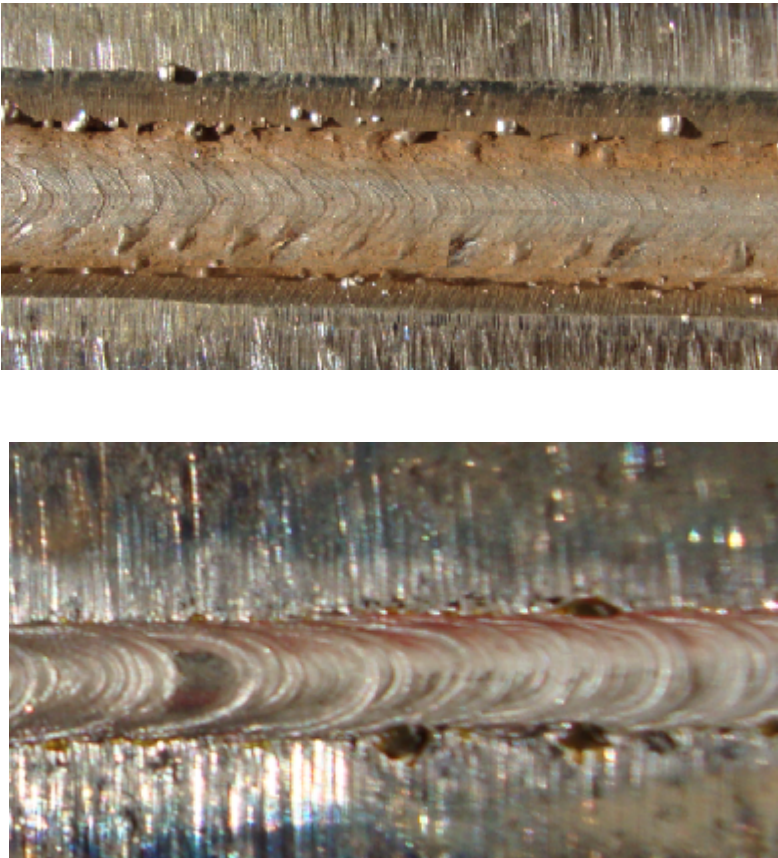
Izvedba korijenskog prolaza s kružnom funkcijom njihanja.



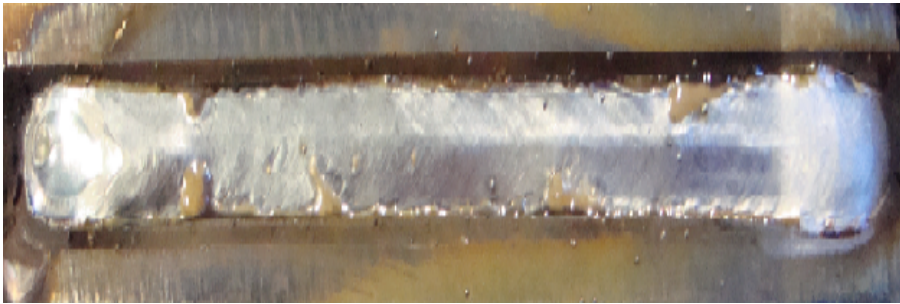
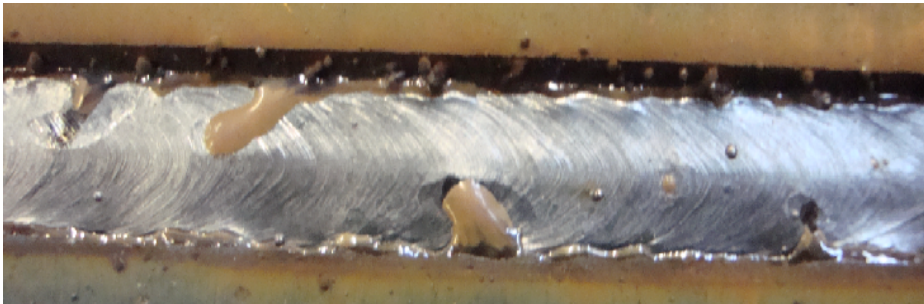
Izvedba korijenskog prolaza s kružnom funkcijom njihanja.

Napon (V)	19	19
Struja (A)	130	130
Frekvencija (Hz)	2	2
Brzina žice (cm/min)	350	350
Vrijeme zadržavanja (s)	2,5	2,5
Brzina zavarivanja (cm/min)	16	14
Amplituda (lijeva/desna)	0,4	0,4
Šablona kružnog njihanja (%)	10/75	10/75
Visina el. luka	5	5

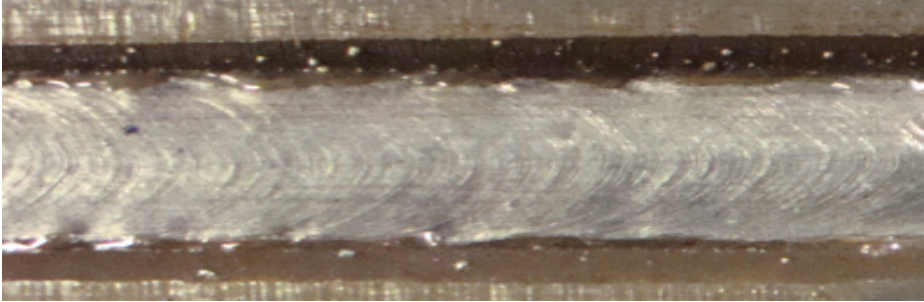
Tablica 21. Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza koje zadovoljava vizualnu kontrolu

	
Napon (V)	19
Struja (A)	130
Frekvencija (Hz)	2
Brzina žice (cm/min)	350
Vrijeme zadržavanja (s)	2
Brzina zavarivanja (cm/min)	18
Amplituda (lijeva/desna)	0,4
Šablona kružnog njihanja (%)	10/75
Visina el. luka	3



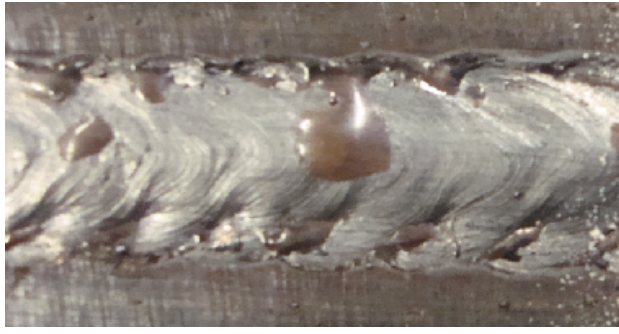
Tablica 22. Prikaz drugog prolaza prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja.

			
Napon (V)	24,5		24,5
Struja (A)	160		160
Frekvencija (Hz)			
Brzina žice (cm/min)	550		500
Vrijeme zadržavanja (s)			
Brzina zavarivanja (cm/min)	18		25
Amplituda (lijeva/desna)			
Šablona kružnog njihanja (%)			
Visina el. luka	3		3

Tablica 23. Prikaz drugog prolaza prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja, koji zadovoljava vizualnu kontrolu

	
Napon (V)	24,5
Struja (A)	160
Frekvencija (Hz)	2
Brzina žice (cm/min)	500
Vrijeme zadržavanja (s)	
Brzina zavarivanja (cm/min)	25
Amplituda (lijeva/desna)	3,5
Šablona kružnog njihanja (%)	
Visina el. luka	3

Tablica 24. Prikaz tre eg prolaza s variranim parametrima

					
Izvedba tre eg prolaza linearnom funkcijom njihanja i prijenosom metala impulsnim strujama.		Izvedba tre eg prolaza kružnom funkcijom njihanja i prijenosom metala impulsnim strujama.		Izvedba tre eg prolaza kružnom funkcijom njihanja i prijenosom metala impulsnim strujama.	
Napon (V)	24	24,5		24,5	
Struja (A)	170	160		160	
Frekvencija (Hz)	2,5	2		2	
Brzina žice (cm/min)	550	550		500	
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4	0,6		0,6/0,6	
Brzina zavarivanja (cm/min)	25	25		25	
Amplituda (lijeva/desna)	3,5	3,5		3,5	
Šablona kružnog njihanja (%)		30/50		30/50	
Visina el. luka	3	3		3	

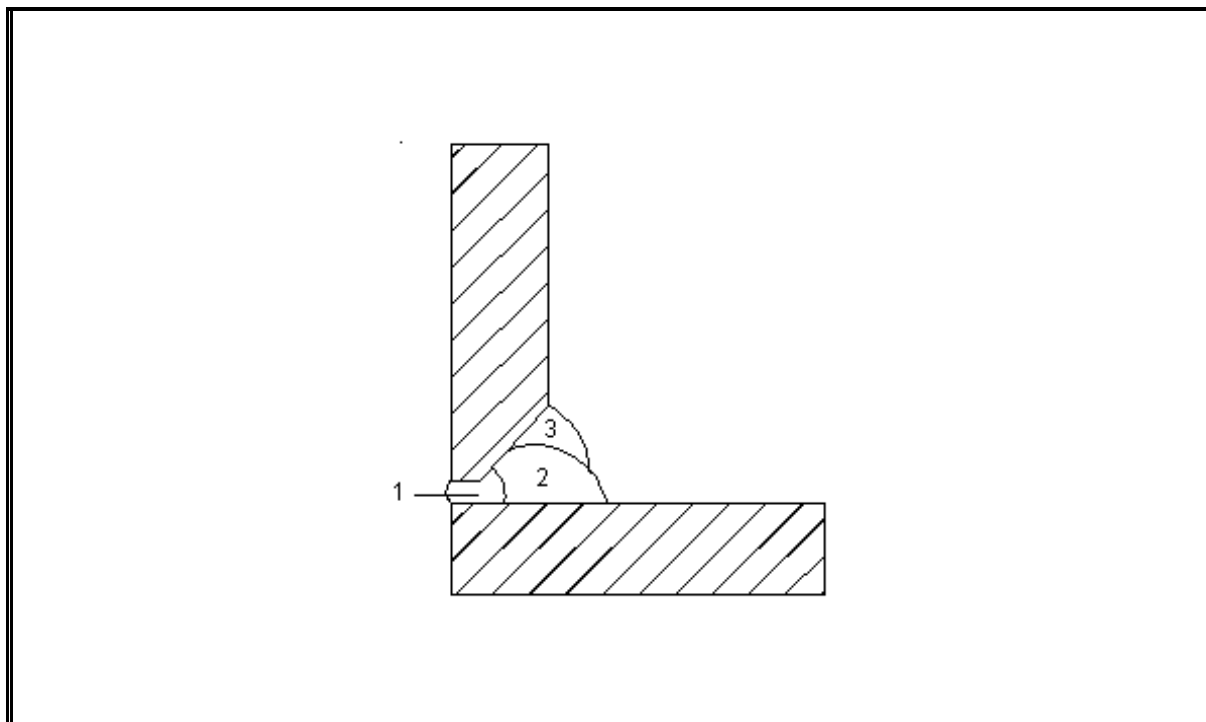
Tablica 25. Prikaz trećeg prolaza prijenosom metala štrcajućim lukom koji zadovoljava vizualnu kontrolu



Napon (V)	27
Struja (A)	280
Frekvencija (Hz)	
Brzina žice (cm/min)	830
Vrijeme zadržavanja (s)	
Brzina zavarivanja (cm/min)	32
Amplituda (lijeva/desna)	
Šablona kružnog njihanja (%)	
Visina el. luka	7

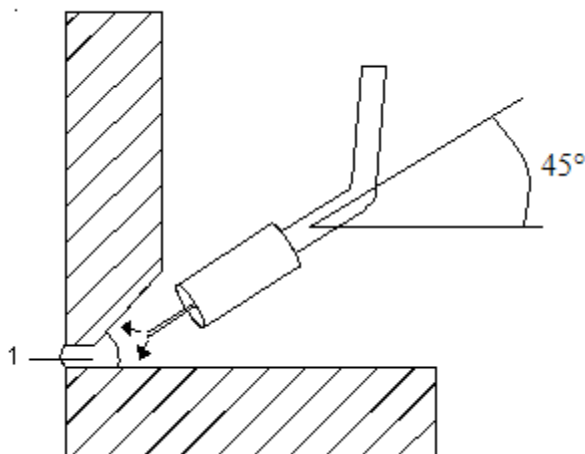
5.2.3 Zavarivanje kutnog spoja

Na slici 67. prikazan je redoslijed zavarivanja kutnog spoja.



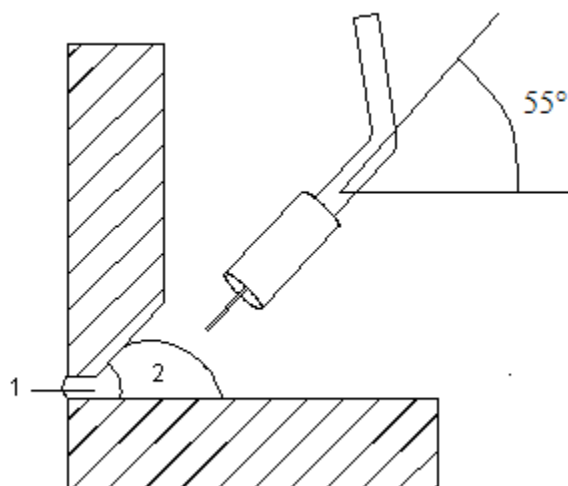
Slika 67. Prikaz redoslijeda zavarivanja kutnog spoja

Korijenski prolaz se izvodio prema slici 68.



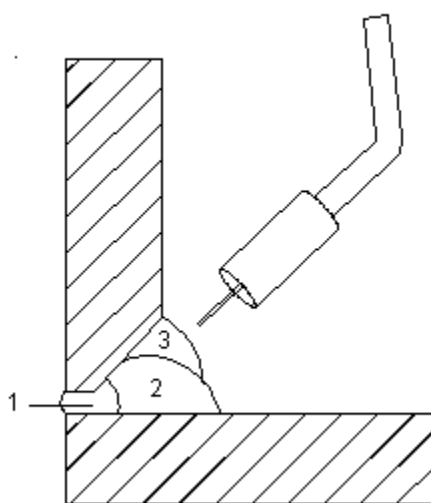
Slika 68. Zavarivanje korijenskog prolaza

Drugi prolaz se izvodio prema slici 69.



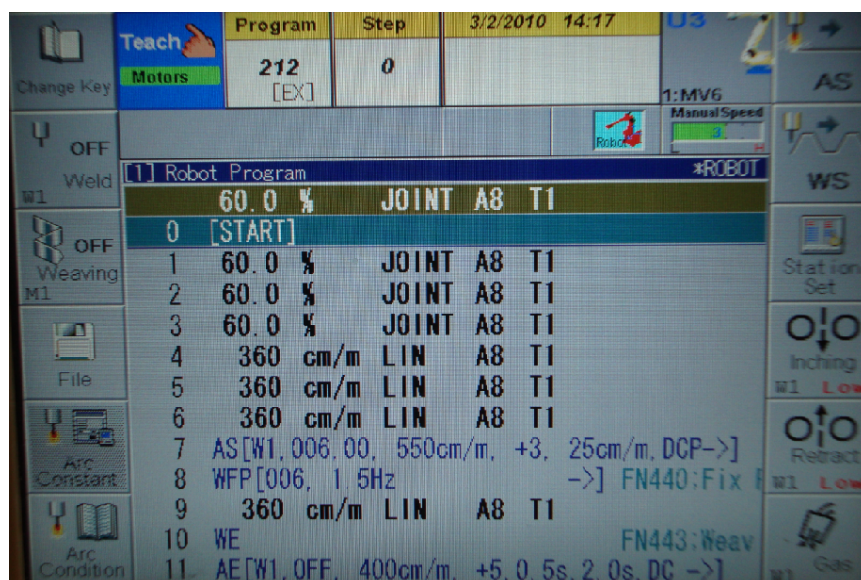
Slika 69. Zavarivanje drugog prolaza

Treći prolaz se izvodio prema slici 70.

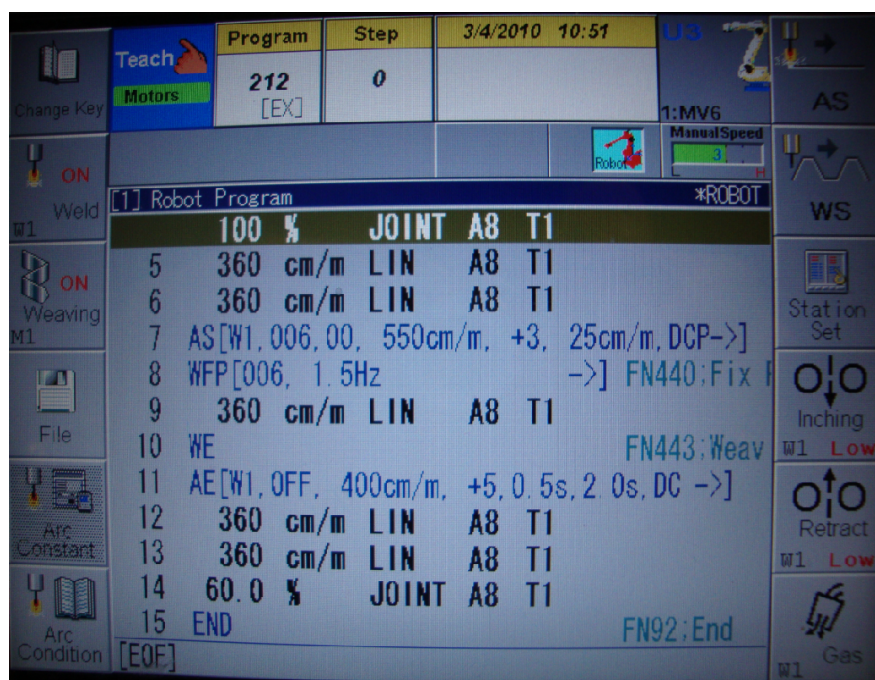


Slika 70. Zavarivanje trećeg prolaza

Na slikama 71. i 72 prikazan je izgled kompletnog programa za zavarivanje kutnog spoja sa sva tri prolaza.



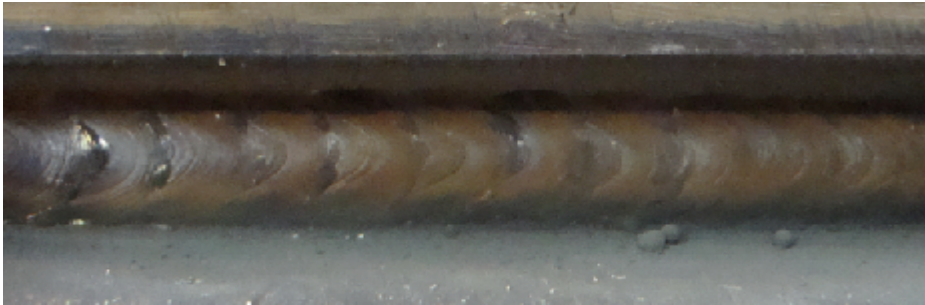

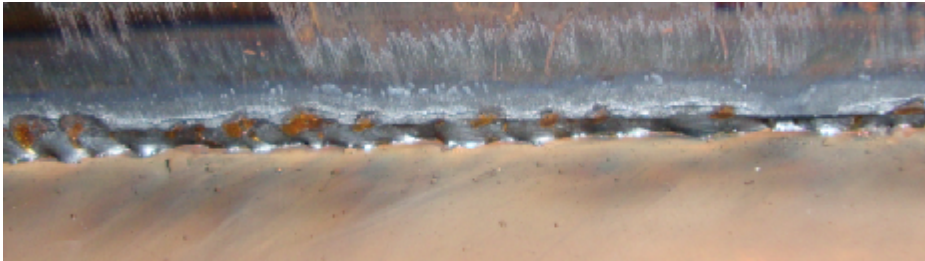
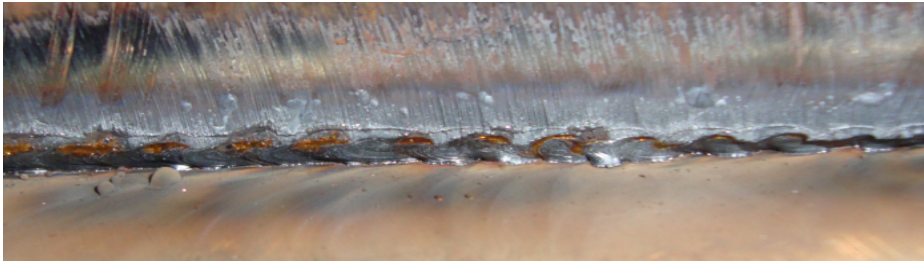
Slika 71. Izgled programa za zavarivanje kutnog spoja (I dio)



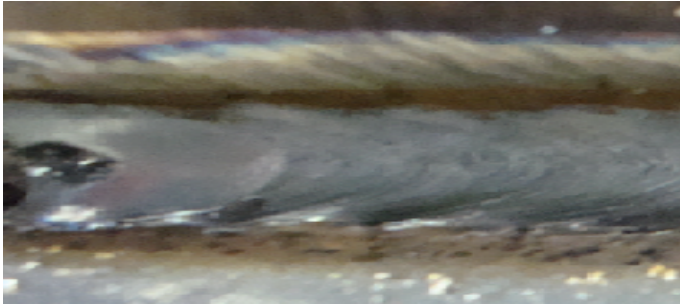
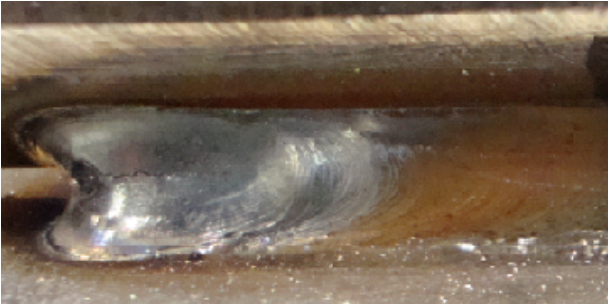

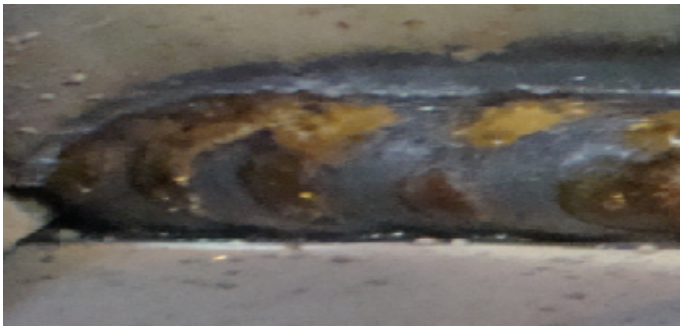
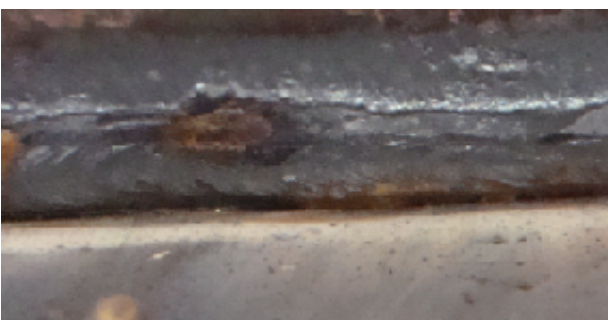
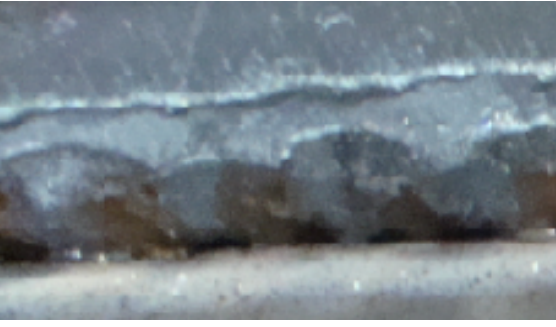
Slika 72. Izgled programa za zavarivanje kutnog spoja (II dio)

U cilju dobivanja zadovoljavajućeg zavarivanja variranjem parametara zavarivanja izvedeni su probni zavari. Probni zavari prikazani su u tablicama 26., 27., 29., a u tablicama 28., 30. i 31. prikazni su zavari koji su zadovoljili vizualnu kontrolu.

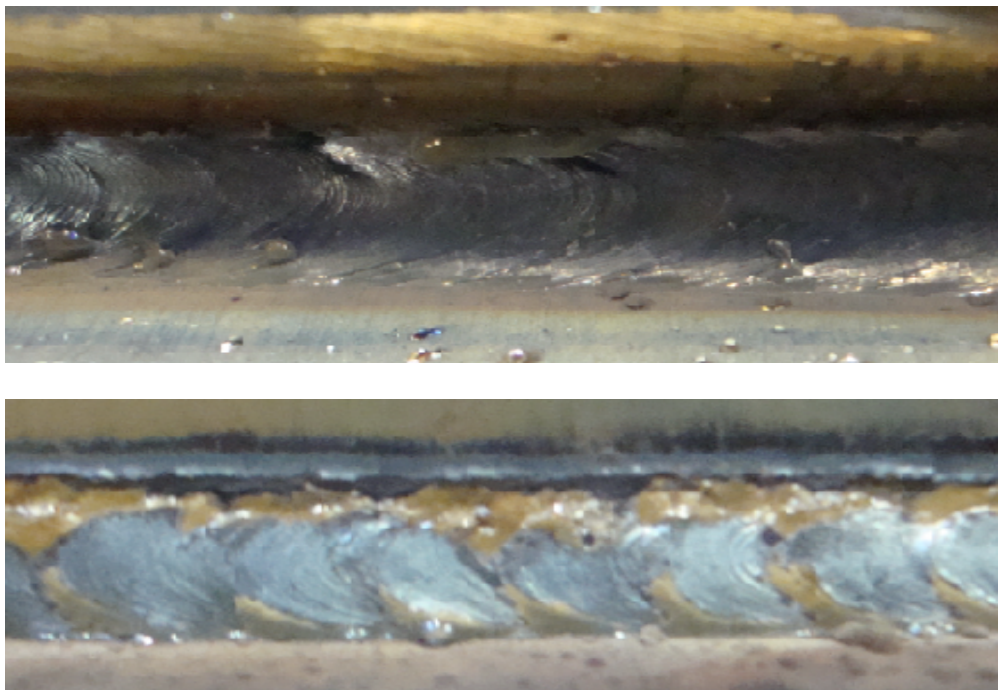
Tablica 26. Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza prijenosom metala s kratkim spojevima i s kružnom frekvencijom njihanja

			
			
Napon (V)	19,5	19,5	
Struja (A)	130	130	
Frekvencija (Hz)	1,5	1,5	
Brzina žice (cm/min)	350	350	
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4	0,4	
Brzina zavarivanja (cm/min)	18	18	
Amplituda (lijeva/desna)	2	1	
Šablona kružnog njihanja (%)	30/50	3	
Visina el. luka	3		

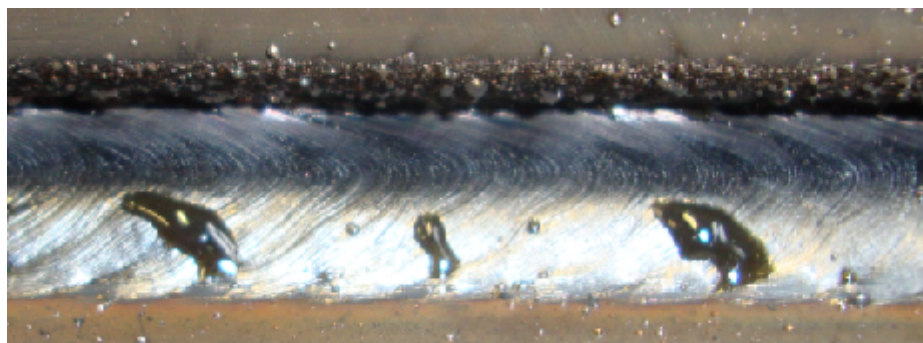
Tablica 27. Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza s prijenosom metala kratkim spojevima s variranim parametrima

					
					
Napon (V)	19,5	19,5		19,5	
Struja (A)	140	140		140	
Frekvencija (Hz)	1,5	2		1,5	
Brzina žice (cm/min)	350	350		350	
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4	0,6		0,4	
Brzina zavarivanja (cm/min)	16	16		15	
Amplituda (lijeva/desna)	1	2		2	
Šablona kružnog njihanja (%)	50/50	30/50			
Visina el. luka	3	3			

Tablica 28. Prikaz lica i stražnje strane korijenskog prolaza prijenosom metala kratkim spojevima koji zadovoljava vizualnu kontrolu

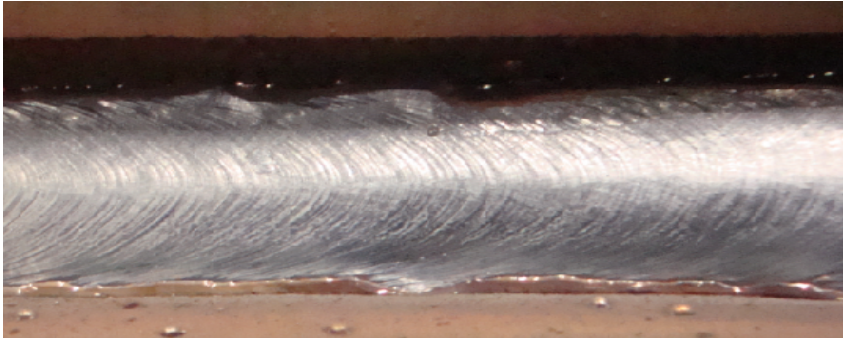
	
Napon (V)	19,5
Struja (A)	140
Frekvencija (Hz)	1,5
Brzina žice (cm/min)	350
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4
Brzina zavarivanja (cm/min)	16
Amplituda (lijeva/desna)	2,5
Šablona kružnog njihanja (%)	50/50
Visina el. luka	3

Tablica 29. Prikaz izvedbe drugog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama i kružnom funkcijom njihanja



Napon (V)	2,5
Struja (A)	210
Frekvencija (Hz)	2
Brzina žice (cm/min)	550
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4
Brzina zavarivanja (cm/min)	25
Amplituda (lijeva/desna)	2
Šablona kružnog njihanja (%)	30/50
Visina el. luka	3

Tablica 30. Prikaz drugog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja koji zadovoljava vizualnu kontrolu

	
Napon (V)	24,5
Struja (A)	160
Frekvencija (Hz)	
Brzina žice (cm/min)	550
Vrijeme zadržavanja (s)	
Brzina zavarivanja (cm/min)	25
Amplituda (lijeva/desna)	
Šablona kružnog njihanja (%)	
Visina el. luka	3

Tablica 31. Prikaz tre eg prolaza prijenosom metala impulsnim strujama bez njihanja koji zadovoljava vizualnu kontrolu

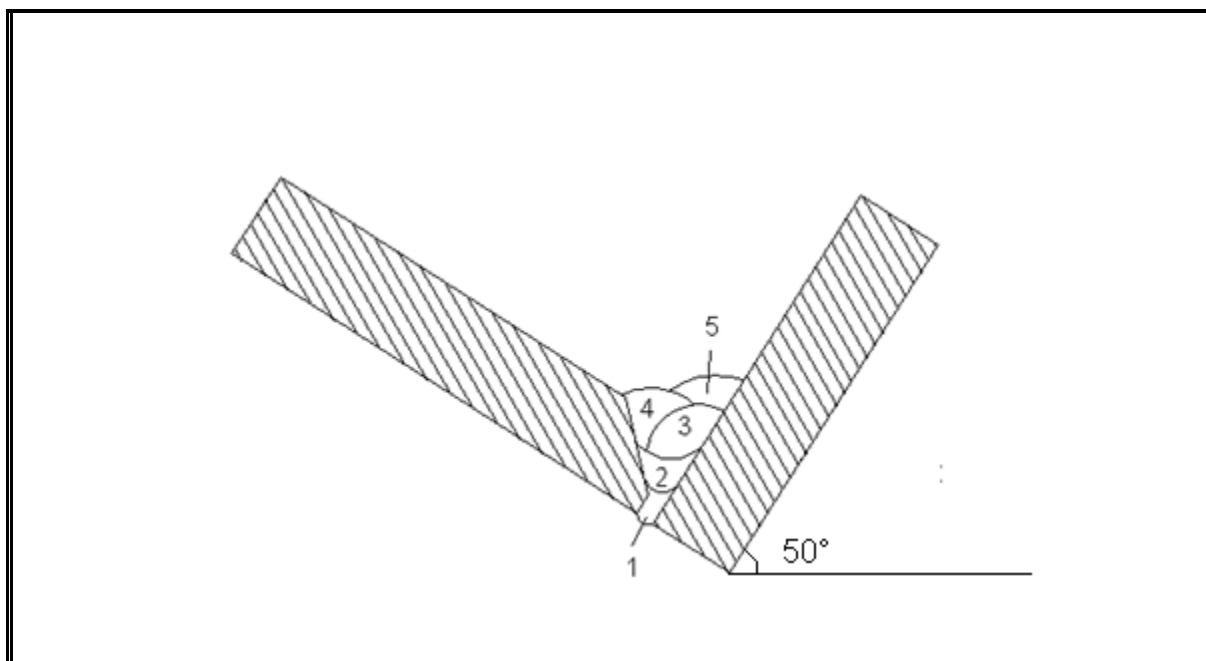


Napon (V)	26
Struja (A)	210
Frekvencija (Hz)	1,5
Brzina žice (cm/min)	550
Vrijeme zadržavanja (s)	0,2
Brzina zavarivanja (cm/min)	20
Amplituda (lijeva/desna)	1,5
Šablona kružnog njihanja (%)	50/50
Visina el. luka	8

5.2.4 Zavarivanje zakrenutog kutnog spoja

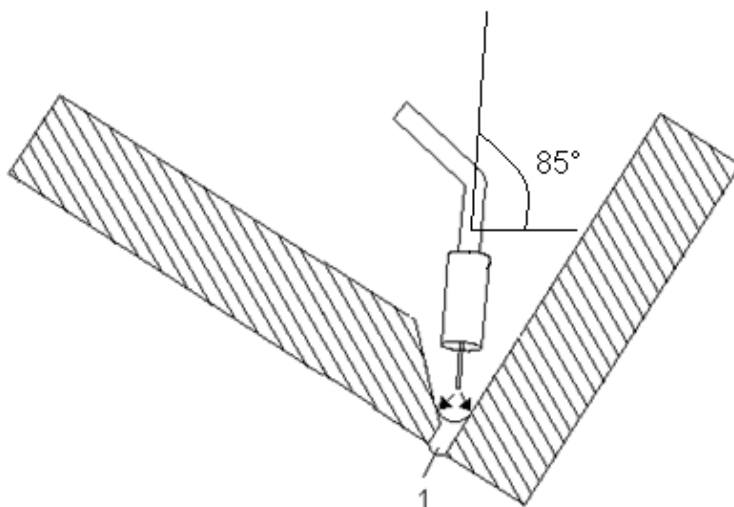
Zakretanje radnog komada se postiže pomoću okretnog stola P250V ROBO kojim je opremljena robotska stanica.

Na slici 73. prikazan je redoslijed zavarivanja.



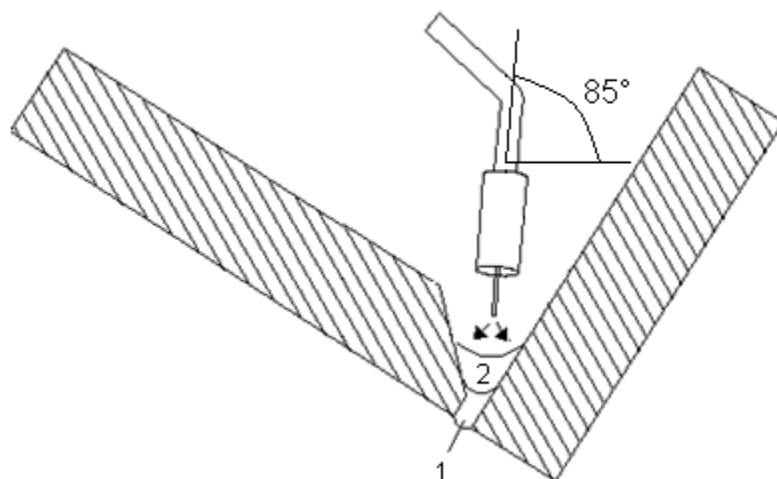
Slika 73. Redoslijed zavarivanja zakrenutog kutnog spoja

Korijenski prolaz se izvodio prema slici 74.



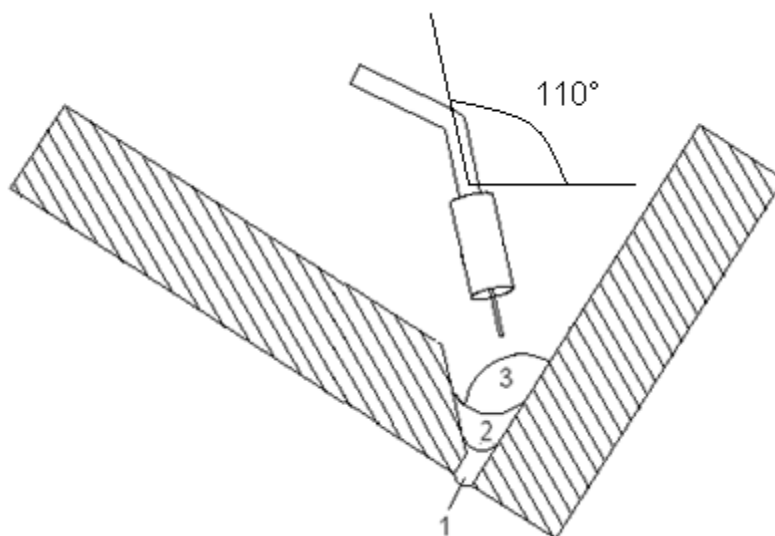
Slika 74. Zavarivanje korijenskog prolaza

Drugi prolaz se izvodio prema slici 75.



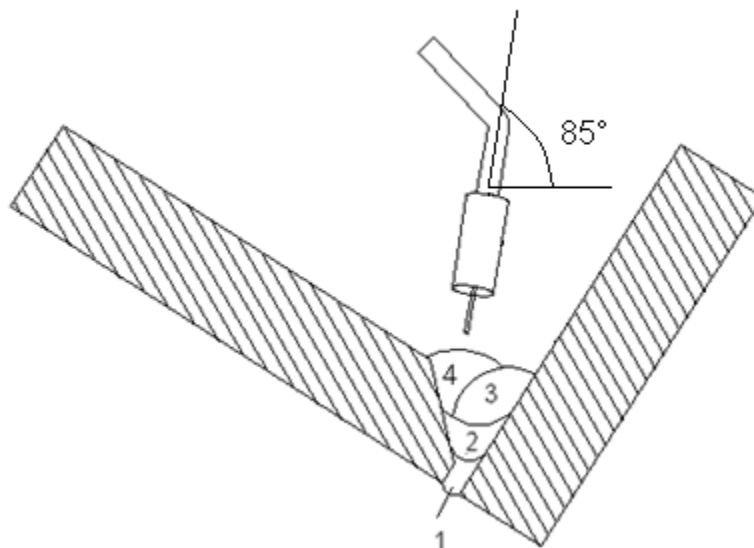
Slika 75. Zavarivanje drugog prolaza

Treći prolaz se izvodio prema slici 76.



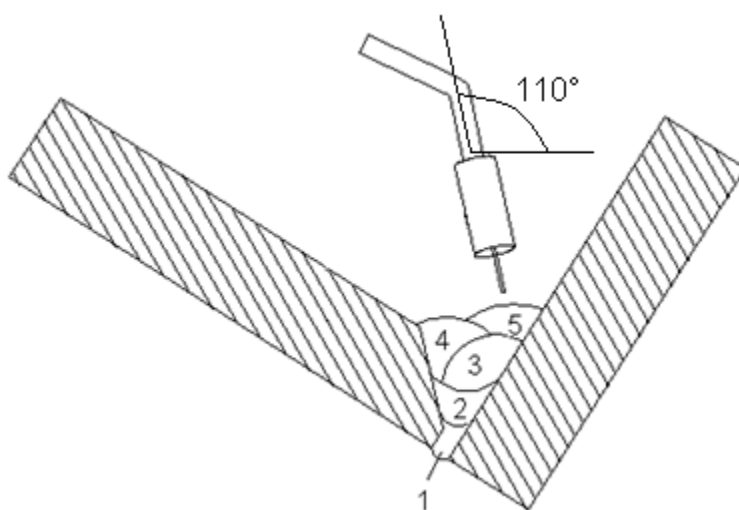
Slika 76. Zavarivanje trećeg prolaza

etvrti prolaz se izvodio prema slici 77.



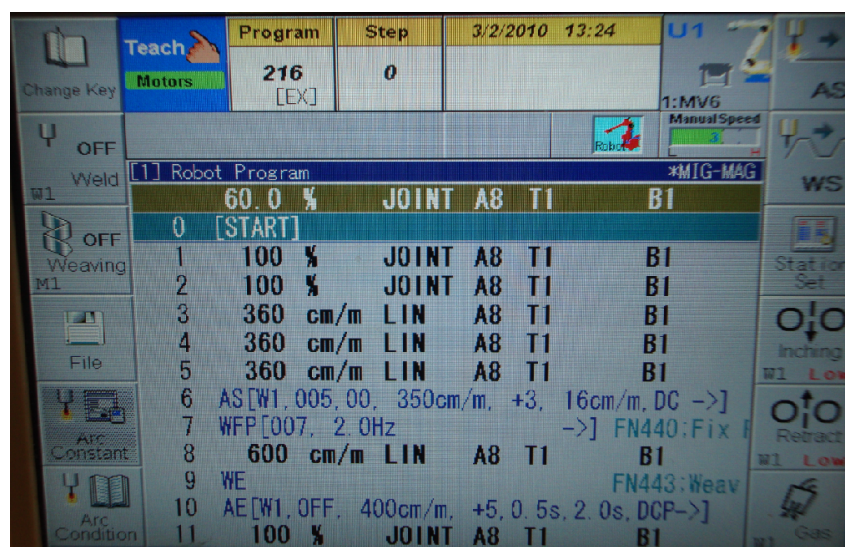
Slika 77. Zavarivanje etvrtog prolaza

Peti prolaz se izvodio prema slici 78.

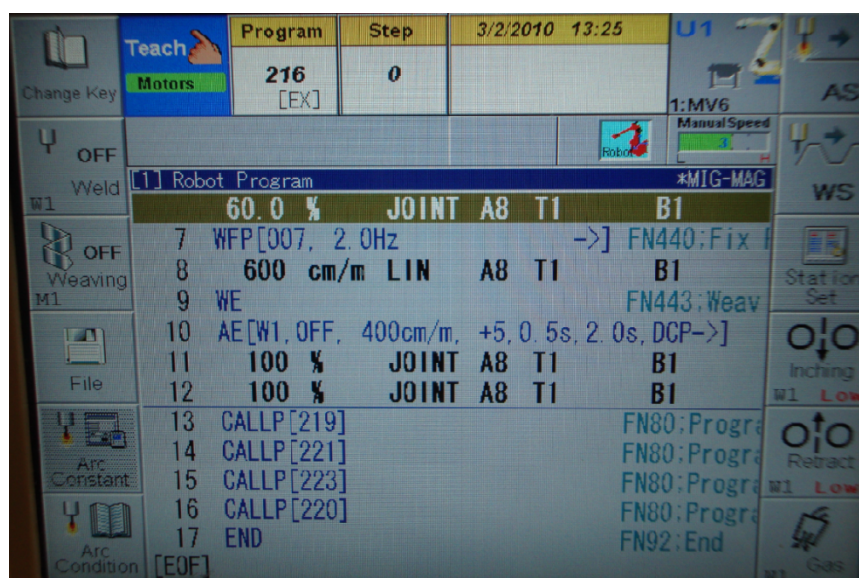


Slika 78. Zavarivanje petog prolaza

Na slikama 79. i 80. prikazan je kompletni program za izradu zakrenutog kutnog spoja sa svih pet prolaza.



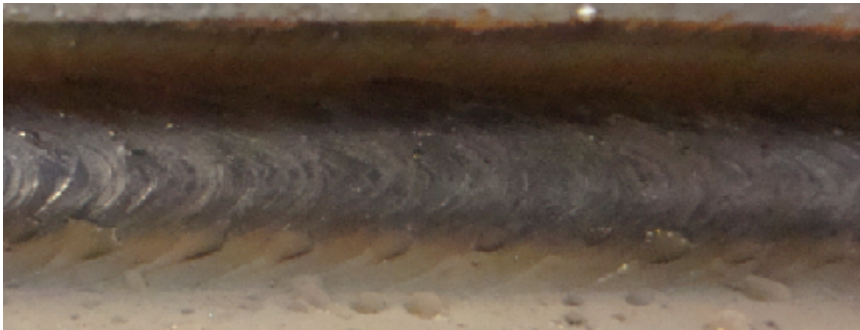
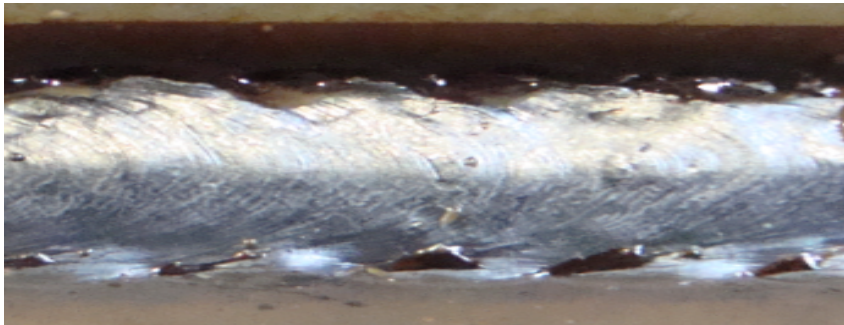
Slika 79. Izgled programa za zavarivanje zakrenutog kutnog spoja (I dio)



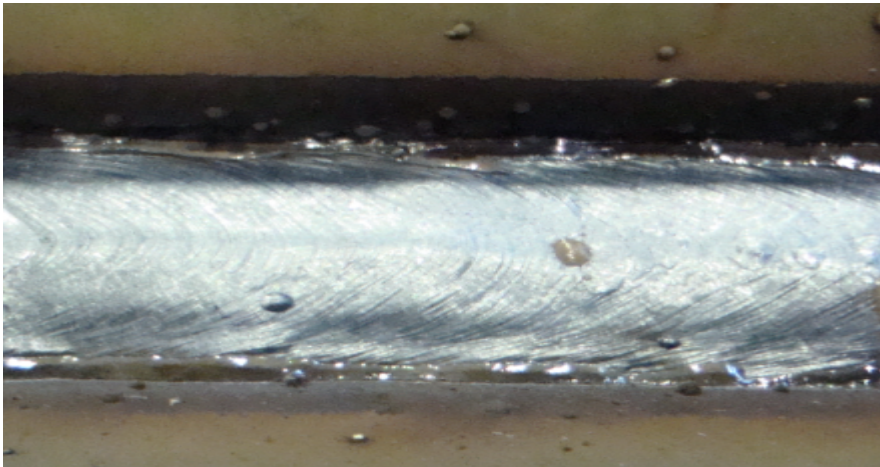
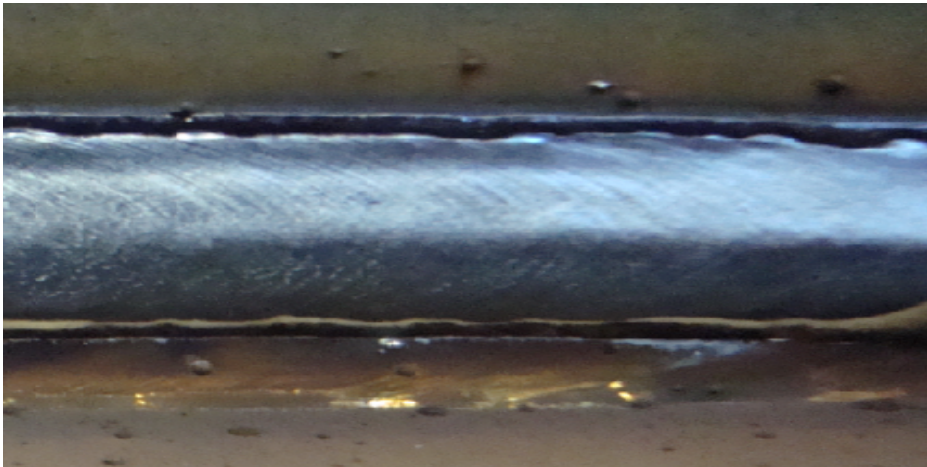
Slika 80. Izgled programa za zavarivanje zakrenutog kutnog spoja (II dio)

Tablice 32., 33., i 34., prikazuju izgled korijenskog zavara i izgled zavara ostalih pet prolaza koji su zadovoljili vizualnu kontrolu.

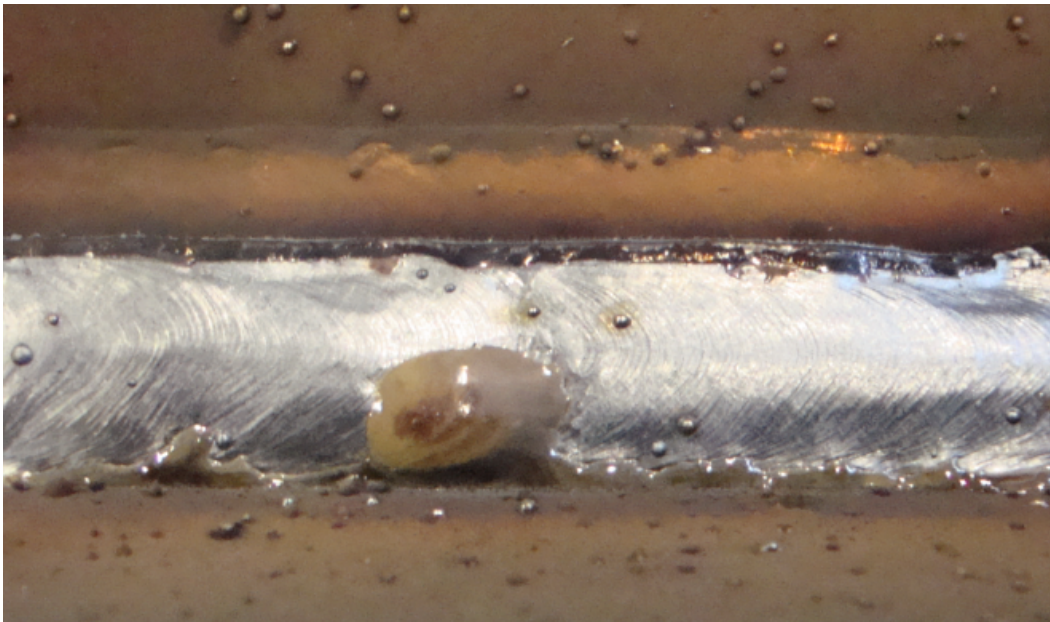
Tablica 32. Prikaz korijenskog i drugog prolaza koji zadovoljavaju vizualnu kontrolu

			
Izvedba korijenskog prolaza s prijenosom metala pomoću kratkih spojeva i kružnom funkcijom njihanja.		Izvedba drugog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama i kružnom frekvencijom njihanja.	
Napon (V)	24	24,5	
Struja (A)	130	40	
Frekvencija (Hz)	2	2	
Brzina žice (cm/min)	350	550	
Vrijeme zadržavanja (s)	0,4	0,4	
Brzina zavarivanja (cm/min)	16	25	
Amplituda (lijeva/desna)	2,0/1,5	2,0/1,5	
Šablona kružnog njihanja (%)	50/50	50/50	
Visina el. luka	3	3	

Tablica 33. Prikaz tre eg i etvrtog prolaza impulsnim strujama koji zadovoljavaju vizualnu kontrolu

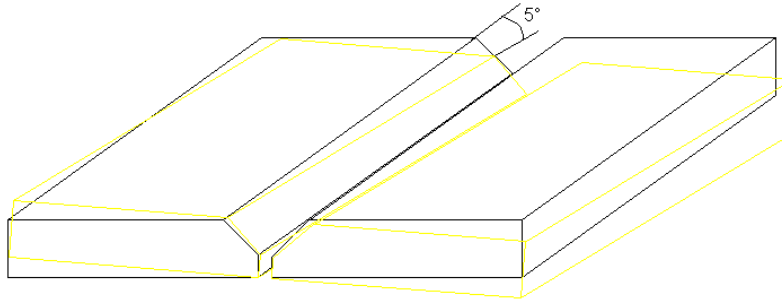
			
Izvedba tre eg prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama bez njihanja.		Izvedba etvrtog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama bez njihanja.	
Napon (V)	25		25
Struja (A)	150		160
Frekvencija (Hz)			
Brzina žice (cm/min)	550		550
Vrijeme zadržavanja (s)			
Brzina zavarivanja (cm/min)	25		25
Amplituda (lijeva/desna)			
Šablona kružnog njihanja (%)			
Visina el. luka	3		3

Tablica 34. Prikaz petog prolaza s prijenosom metala impulsnim strujama, bez njihanja

	
Napon (V)	25
Struja (A)	150
Frekvencija (Hz)	
Brzina žice (cm/min)	550
Vrijeme zadržavanja (s)	
Brzina zavarivanja (cm/min)	25
Amplituda (lijeva/desna)	
Šablona kružnog njihanja (%)	
Visina el. luka	3

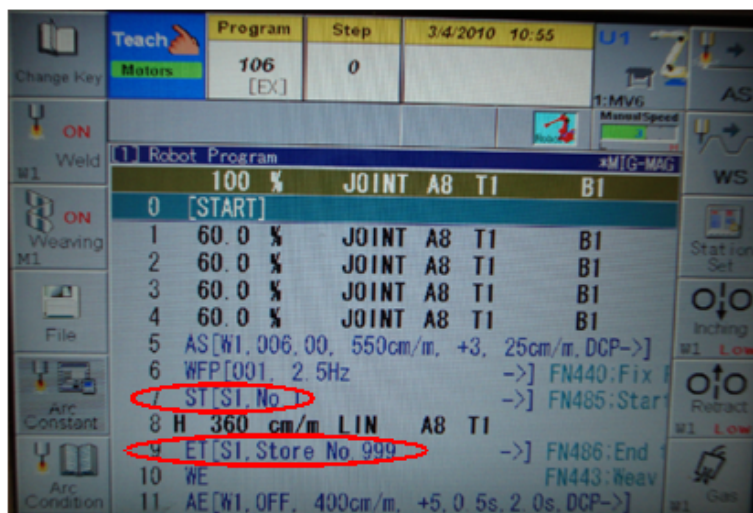
5.2.5 Praćenje zavara pomoću senzora električnog luka

Pokus se sastojao od praćenja zavara sučeljenog spoja, kod kojeg već postoji korijenski prolaz, napravljen sa parametrima iz tablice 18. Drugi prolaz je programiran sa parametrima iz tablice 20. Kako bi se uspješno testirao senzor za praćenje, ploča je pomaknuta u odnosu na snimljeni program za 5° stupnjeva, slika 81.



Slika 81. Prikazuje pomak radnog komada u odnosu na snimljeni program

Napravljen je program koji osim klasičnih naredbi sadržava i naredbe za počinak i kraj praćenja zavara tj. ST – počinak praćenja (eng. start tracking) i ET – završetak praćenja (eng. end tracking). Naredbe je potrebno usnimiti poslije naredbe za uspostavu luka tj. AS (eng. arc start) te ukoliko postoji i njihanje nakon naredbe za počinak njihanja WFP (eng. weaving at fixed pattern). Naredbu za kraj praćenja potrebno je usnimiti prije naredbe za kraj njihanja; WE (eng. weaving end) te prije naredbe za prekid električnog luka; AE (eng. arc end) kao što pokazuje slika 82.



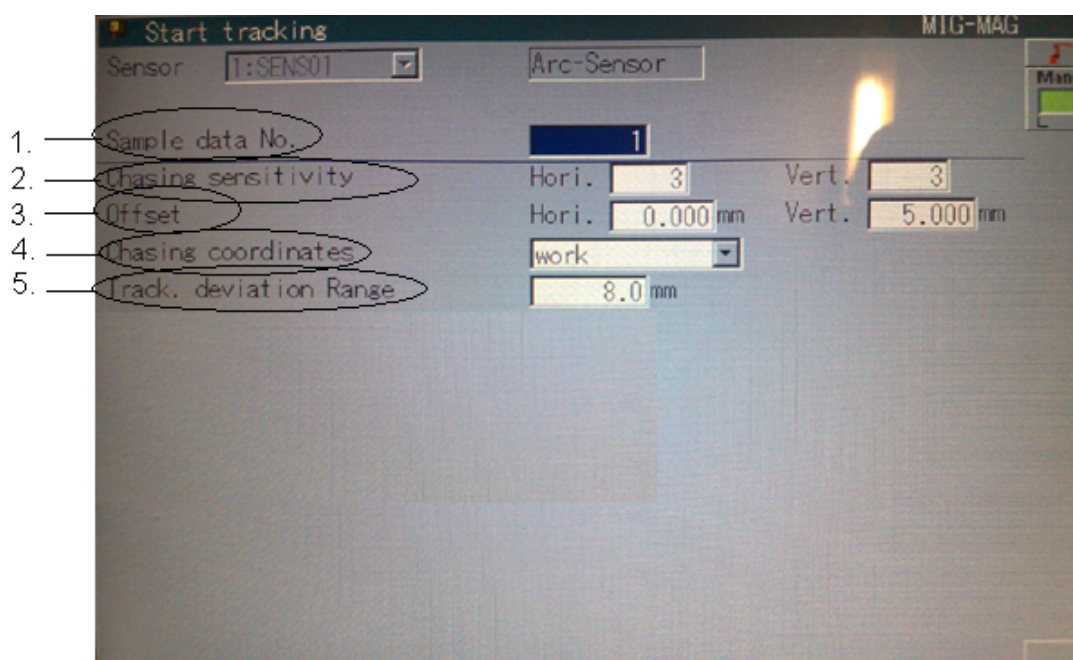
Slika 82. Izgled programa s naredbom za praćenje zavara

Da bi se praćenje moglo vršiti, također je potrebno u postavci za uređivanje programa "EDIT" ući u korak u kojem je programirana putanja zavarivanja te uključiti opciju "SYNCHRO". Da je opcija uključena pokazuje slovo H, koje se pojavljuje ispred koraka za putanju zavarivanja, a u ovom slučaju radi se o koraku 8., kao što pokazuje slika 83.

	100 %	JOINT	A8	T1	B1
0	[START]				
1	60.0 %	JOINT	A8	T1	B1
2	60.0 %	JOINT	A8	T1	B1
3	60.0 %	JOINT	A8	T1	B1
4	60.0 %	JOINT	A8	T1	B1
5	AS[W1, 006, 00, 550cm/m, +3, 25cm/m, DCP->]				
6	WFP[001, 2.5Hz				->] FN440;Fix
7	ST[S1, No. 1				->] FN485;Star
8	H 360 cm/m LIN	A8	T1		
9	ET[S1, Store No. 999				->] FN486;End
10	WE				FN443;Weav
11	AE[W1, OFF, 400cm/m, +5, 0.5s, 2.0s, DCP->]				

Slika 83. Uključenje funkcije "SYNCHRO"

Sada je potrebno namijestiti parametre praćenja. Parametri koji se namještaju su prikazani na slici 84.



Slika 84. Parametri senzora električnog luka

1. Broj datoteke. Služi za odabir postojeće ili kreiranje nove datoteke s parametrima za praćenje.
2. a) Horizontalna brzina praćenja. Pomoću ove funkcije namješta se horizontalna brzina ispravljanja putanje, koja se kreće od 1 (mala brzina) do 5 (velika brzina). Ukoliko je postavljena brzina "0" korekcija putanje se neće izvoditi.

Ukoliko je brzina velika, tada se ispravljanje putanje vrši brzo, međutim, ukoliko je brzina prevelika, tada dolazi do nepravilnog izgleda zavarivanja s oštrim pomacima. A ukoliko je brzina premala, izgled zavarivanja će biti skoro ravan, međutim, zbog male brzine detekcije gotovo je nemoguće vršiti korekciju velikih devijacija.

2. b) Vertikalna brzina praćenja. Pomoću ove funkcije namješta se vertikalna brzina ispravljanja putanje, koja se kreće od 1 (mala brzina) do 5 (velika brzina). Ukoliko je postavljena brzina "0" korekcija putanje se neće izvoditi.

Ukoliko je brzina velika, tada se ispravljanje putanje vrši brzo, međutim, ukoliko je brzina prevelika, tada dolazi do nepravilnog izgleda zavarivanja s oštrim pomacima. Ukoliko je brzina premala, izgled zavarivanja će biti skoro ravan, međutim, zbog male brzine detekcije gotovo je nemoguće vršiti korekciju velikih devijacija.

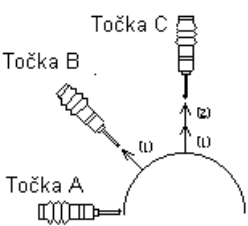
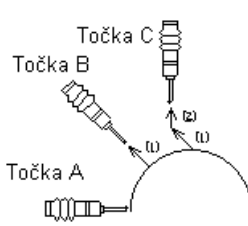
3. a) Pomak pištolja (Horizontalni) [-9.9 - 9.9 mm]

Odrediti horizontalni pomak pištolja kod detektirane devijacije

3. b) Pomak pištolja (Vertikalni) [-9.9 - 9.9 mm]

Odrediti vertikalni pomak pištolja kod detektirane devijacije

4. Korekcija po koordinatnom sustavu (koordinatni sustav u odnosu na pištolj/radni komad).

Koordinatni sustav	Pištolj	Radni komad
Putanja korekcije	 <p>1) Iznos korekcije u točki B 2) Iznos korekcije u točki C</p>	 <p>1) Iznos korekcije u točki B 2) Iznos korekcije u točki C</p>
Primjena	<ul style="list-style-type: none"> - za ravne linije - za ravne linije s blagim nagibom - za ravne linije s promjerom od 100 mm ili za kružne oblike 	<ul style="list-style-type: none"> - za ravne linije, uključujući i kuteve - za ravne linije promjera 100 mm ili manje kružne oblike

5. Širina pra enja zavora (1.0 – 99.9 mm)

Namjestiti maksimalnu vrijednost do koje e senzor tražiti zavar. Namjestiti vrijednost za +5 do +10 mm više u odnosu na maksimalnu devijaciju radnog komada.

Nakon izrade programa izvršeno je zavarivanje na tri uzorka. Samo u jednom slu aju dobiveno je kvalitetno pra enje zavora (slika 85.) u ostalim slu ajevima pra enje nije uspijelo kao što je vidljivo na slici 86.



Slika 85. Izgled zavora s neuspjelim pra enjem pomo u senzora elektri nog luka



Slika 86. Izgled zavora s uspješnim pra enjem pomo u senzora elektri nog luka

6. ZAKLJUČAK

Svake godine se u svijetu broj robota za zavarivanje znatno povećava. Razlog tomu su prednosti koje pruža robotizirana proizvodnja te kontinuirani napredak na području robotike. Također, unaprijeđuju se i postupci zavarivanja pogodni za robotizaciju.

U prvom dijelu rada, na temelju obrađenih podataka, obrađena je primjena robota za zavarivanje, a posebna pozornost posvećena je uporabi senzora pri robotiziranom elektroluom zavarivanju.

U eksperimentalnom dijelu rada provedena su zavarivanja sučelnog, kutnog i zakrenutog kutnog spoja sa i bez uporabe senzora za praćenje električnog luka u cilju donošenja zaključaka o uporabljivosti istog te zavarivačkim i programerskim mogućnostima robotske stanice VRC-1G MIG+1G TIG / 1dm. Također je izrađen i priručnik za on-line programiranje navedene robotske stanice.

On-line programiranje robotske stanice je jednostavno, ali nije brzo te bi se u slučaju da se radi o robotskoj stanici u proizvodnji u kojoj se često mijenja proizvodni program, izgubilo puno vremena na programiranje. Za vrijeme programiranja robot ne može obavljati proizvodnu funkciju, shodno tome u navedenom slučaju on-line programiranje nije optimalni pristup.

Nakon provedenih probnih zavarivanja uspjelo se dobiti zavare na sva tri spoja koji zadovoljavaju vizualnu kontrolu. Također je izvršeno zavarivanje sučelnog spoja pomoću senzora električnog luka na tri uzorka, međutim praćenje je uspješno ostvareno samo na jednom spoju.

7. LITERATURA

- [1] T. Šurina, M. Crnekovi : Industrijski roboti, Školska knjiga, Zagreb 1990.
- [2] http://people.etf.unsa.ba/~jvelagic/laras/dok/Robotika_uvod.pdf
- [3] <http://www.otc-daihen.de/index.php?id=314>
- [4] James M. Berge: Autoamting the welding process, New York 1994.
- [5] <http://industrial.panasonic.com/eu/i/29606/rw/rw/positioner/rjc.html>
- [6] <http://www.batons.com.tw/product.php?lang=2>
- [7] http://www.andonautomation.com/com/Prod/Positioners/Small_pos
- [8] A.Sedmak, V.Šija ki-Žerav i , A.Milosavljevi , V. or evi : Elektrolu no zavarivanje, Mašinski materijali II deo, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2000 g.
- [9] www.treatrade.hr/lincoln_op.html
- [10] B.Baji : Elektrolu no zavarivanje u zaštiti inertnog i aktivnog gasa mig-mag – Tehnološke i metalurške osnove, Gorenje-Varstroj – Lendava
- [11] <http://www.dtzi.hr/upload/pdf/5.%20SEMINAR/2.%20RAD.pdf>
- [12] http://www.robot-welding.com/robot_arc_welding.htm
- [13] J. Norberto Pires, Altino: Welding Robots Technology, System Issues and Applications, D. Lane. IFS Publications Ltd, UK, Springer-Verlag, 1987., stranice: 181-216.
- [14] Pan Jiluan: Arc welding control, Woodhead Publishing Ltd, Abington Hall, Abington Cambridge, England 2003, stranice: 234-244
- [15] Hun-You Lee, Myung-Suck Oh and Sang-Bong Kim: Development of a high speed rotating arc sensor aystem for tracking complicated curved fillet welding lines, Dept. Of Mechatronics Eng., College of Eng., Pukyong National University, Busan, Korea
- [16] S. Kralj, Z. Kožuh: Programiranje robota; asopis Zavarivanje 36.,1-2, 1993., str: 259-266
- [17] Almega AX series, Instruction manual, "Basic operations", OTC DAIHEN EUROPE GmbH., Krefelder Strasse 675-677, D-41066 Mönchengladbach
- [18] Almega AX series, Instruction manual, "Application manual Arc welding", OTC DAIHEN EUROPE GmbH., Krefelder Strasse 675-677, D-41066 Mönchengladbach Germany
- [19] http://www.varstroj.si/varstroj_files/pdf/VarstrojKatalogHR.pdf
- [20] Laboratorij zavoda za zavarivanje

[21] Bojan Kraut: Strojarski priručnik, Zagreb, 2009