

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

ROBOTSKO VARJENJE

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji:

Bernie BEZENŠEK, M-4. c

Janez HRIBERNIK, M-4. c

Nedim HUSAKOVIČ, M-4. c

Mentorja:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2013

POVZETEK

V današnjem času si ne moremo predstavljati proizvodnje linije brez robotov, ki so nadomestilo človekovih opravil. Roboti so zanesljivejši, hitrejši in natančnejši kakor človek. Zaradi robotizacije ogromno delavcev izgubi službo, kar ni ravno prednost. A vendar je dobro izhodišče za zaposlovanje dobrih programerjev in operaterjev, saj je potrebno robota sprogramirati in nadzorovati. Investicija robotskega varjenja lahko podjetju hitro prinese dobiček, saj se poveča kvantiteta in kvaliteta izdelkov. Prav tako se izognemo poškodbam dihal in vida, s katerimi se soočajo varilci. V raziskovalni nalogi bomo dokazali, zakaj nam uvajanje varilnih robotov prinaša koristi v proizvodni proces in v kolikšnem času se investicija povrne.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	5
2	HIPOTEZE	6
3	METODE RAZISKOVANJA.....	7
4	PREDSTAVITEV PROBLEMA	8
5	VZROKI ZA UVAJANJE ROBOTIZACIJE.....	9
6	ROBOTSKA CELICA.....	10
7	MIG/MAG-VARJENJE.....	12
8	ROBOT KUKA	15
8.1	ROBOTSKI SISTEM	18
8.2	SmartPAD	19
8.3	SmartHMI-UPORABNIŠKI VMESNIK.....	21
8.4	NAČINI DELOVANJA.....	24
8.4.1	Koordinatni sistemi	24
9	VARILNA MIZA KUKA.....	25
10	VARILNI IZVOR FRONIUS	26
11	PROGRAMSKA OPREMA	29
11.1	PROGRAMIRANJE GIBOV	31
11.2	UKAZI S FUNKCIJO VARJENJA	33
12	PRIMERJAVE ZVAROV.....	37
12.1	VZORCI TKANJA.....	37
12.2	ZVARI V ODVISNOSTI OD HITROSTI	38
12.3	ZVARI V ODVISNOSTI OD NAKLONA PIŠTOLE.....	40
12.4	ZVARI V ODVISNOSTI OD SMERI VARJENJA	42
12.5	ZVARI V ODVISNOSTI OD ODDALJENOSTI PIŠTOLE.....	43
13	ANALIZA UPRAVIČENOSTI INVESTICIJE	44
14	ZAKLJUČEK.....	47
15	ZAHVALA.....	48
16	VIRI.....	49

KAZALO SLIK

<i>Slika 1:</i> Robotska celica v Pro Engineerju	10
<i>Slika 2:</i> Robotska celica v KUKA Sim Pro.....	11
<i>Slika 3:</i> Programsko orodje za simulacijo	11
<i>Slika 4:</i> Nastanek obloka pri MIG/MAG postopku varjenja.....	12
<i>Slika 5:</i> Kuka KR 5-2 ARC HW	15
<i>Slika 6:</i> Zgradba robota	16
<i>Slika 7:</i> Smeri vrtenja osi robota	16
<i>Slika 8:</i> Delovni prostor robota	17
<i>Slika 9:</i> Robotski sistem	18
<i>Slika 10:</i> Sprednji del smartPAD-a	19
<i>Slika 11:</i> Zadnji del smartPAD-a	20
<i>Slika 12:</i> SmartHMI-vmesnik.....	21
<i>Slika 13:</i> Vrstica stanj.....	23
<i>Slika 14:</i> Koordinatni sistemi	24
<i>Slika 15:</i> Varilna miza KUKA	25
<i>Slika 16:</i> Vpenjalna miza.....	25
<i>Slika 17:</i> Varilni izvor Fronius	26
<i>Slika 18:</i> Zgradba varilnega izvora.....	27
<i>Slika 19:</i> Nadzorna plošča	28
<i>Slika 20:</i> Prikaz parametrov	29
<i>Slika 21:</i> Diagram s(v).....	30
<i>Slika 22:</i> Struktura gibov pri varjenju	32
<i>Slika 23:</i> Ukazna vrstica ARC ON	33
<i>Slika 24:</i> Podokno za nastavitev vklopa	34
<i>Slika 25:</i> Podokno za nastavitev varilnih parametrov	34
<i>Slika 26:</i> Podokno za nastavitev vzorca tkanja	35
<i>Slika 27:</i> Ukazna vrstica ARC SWITCH	35
<i>Slika 28:</i> Ukazna vrstica ARC OFF	36
<i>Slika 29:</i> Podokno za nastavitev zaključka zvara	36
<i>Slika 30:</i> Zvari različnih hitrosti.....	39
<i>Slika 31:</i> Zvari z različnimi odmiki pištole	43

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1:</i> Komponente varilne celice.....	10
<i>Tabela 2:</i> Primerjalna tabela MIG- in MAG-postopka varjenja	13
<i>Tabela 3:</i> Karakteristike robota.....	15
<i>Tabela 4:</i> Komponente robotskega sistema.....	18
<i>Tabela 5:</i> Funkcije tipk na smartPAD-u	19
<i>Tabela 6:</i> Opis označenih delov smartPAD-a	20
<i>Tabela 7:</i> Opis orodij smartHMI-vmesnika	22
<i>Tabela 8:</i> Opis označenih delov vrstice stanj.....	23
<i>Tabela 9:</i> Načini delovanja	24
<i>Tabela 10:</i> Karakteristike varilne mize	25
<i>Tabela 11:</i> Elementi nadzorne plošče	28
<i>Tabela 12:</i> Opis splošnih stanj	31
<i>Tabela 13:</i> Definirani gibi (slika 22).....	32
<i>Tabela 14:</i> Elementi ukazne vrstice ARC ON	33
<i>Tabela 15:</i> Elementi podokna za nastavitev vklopa.....	34
<i>Tabela 16:</i> Elementi podokna za nastavitev varilnih parametrov	34
<i>Tabela 17:</i> Elementi podokna za nastavitev vzorca tkanja	35
<i>Tabela 18:</i> Elementi ukazne vrstice ARC SWITCH.....	35
<i>Tabela 19:</i> Elementi podokna za nastavitev zaključka zvara.....	36
<i>Tabela 20:</i> Različni vzorci tkanja.....	37
<i>Tabela 21:</i> Zvari v odvisnosti od hitrosti	38
<i>Tabela 22:</i> Zvari v odvisnosti od naklona pištrole	40
<i>Tabela 23:</i> Zvari v odvisnosti od smeri varjenja.....	42
<i>Tabela 24:</i> Stroški investicije	44
<i>Tabela 25:</i> Primerjava stroškov ročnega in robotskega varjenja	45
<i>Tabela 26:</i> Analiza zastavljenih hipotez	47

1 UVOD

Cilj naše raziskovalne naloge je raziskati prednosti varjenja z robotom. Za to raziskavo smo se odločili, ker nas zanima robotika in robotizirani proizvodni procesi. Želeli smo prikazati, da robot vari hitro in kakovostno.

Robotsko varjenje se je že v marsikateri proizvodnji zelo uveljavilo in naredilo svoj pečat. Tako kot vsaka robotska smernica se tudi robotsko varjenje še vedno razvija in uvaja v vedno več podjetjih. Svetovni trg teži k avtomatizaciji proizvodnih procesov in linij, saj je konkurenca iz dneva v dan večja. Glavni razlogi za avtomatizacijo so kakovost, nižji stroški in razbremenitev delavcev.

Poznamo več vrst postopkov varjenja, pri naši nalogi pa smo se osredotočili na MIG/MAG-postopek varjenja. Primerjali smo zware pri različnih nastavitvah varilnega izvora in robota. Naredili smo primerjalne tabele zvarov glede na različno nastavljene parametre in zapisali naše ugotovitve. Torej, naš cilj je uspešna izvedba raziskovanja na področju robotskega varjenja.

2 HIPOTEZE

Roboti se pojavljajo v ogromno proizvodnjah, kar pomeni, da imajo prednosti, zaradi katerih se odločijo za avtomatizacijo. Postaviti si moramo hipoteze našega raziskovanja. Želimo pokazati, kje so prednosti robotskega varjenja in kakšna je njegova investicijska upravičenost. Hkrati pa želimo spoznati delovanje varilnega robota in varilnega izvora ter praktično izvajati varjenje s postopkom MIG/MAG.

Zastavili smo si sledeče hipoteze:

- Robot razbremeni delo človeka.
- Robot lahko obratuje 24 ur in s tem nadomesti delo varilcev.
- Robotizacija nudi višji varnostni in zdravstveni standard v delovnem procesu.
- Varilni robot je neobčutljiv na zunanje vplive.
- Robotsko varjenje zagotavlja višjo kakovost zvarov.
- Investicija robota se povrne.

3 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovanju smo uporabili več metod raziskovanja. Metodo analize in sinteze smo uporabili pri pregledovanju dokumentacij komponent robotske celice. S primerjalno metodo smo primerjali zware varjene z različno nastavljenimi parametri. Za investicijske izračune pa metodo stroškov in koristi.

4 PREDSTAVITEV PROBLEMA

En poglavitnih razlogov za robotizacijo v proizvodnjah je zagotovo zanesljivost robota. Človek je težko tako zanesljiv, saj se lahko v delovnem času utruji in kakovost njegovega dela upada. Lahko pride do poškodb na delovnem mestu ali pa je delavec na bolniški. Če se postavimo v vlogo varilca, pretijo nam različne nevarnosti, kot so poškodbe vida in dihal. Vse to je zdravju škodljivo in neprijetno tako za delavca kot tudi za delodajalca. Takšen delavec lahko pristane na bolniški in posledično se zmanjšuje produktivnost proizvodnje. Vsi ti faktorji so razlog za uvedbo robotov v proizvodne procese.

Torej, robot v primerjavi s človekom opravlja svoje delo veliko bolj kakovostno in zanesljivo ne glede na čas delovanja. Robot omogoča 24-urno zanesljivo delovanje. Podjetje bi doseglo svoje cilje glede kakovosti, produktivnosti in cenovne ugodnosti. A hkrati se mora podjetje zavedati, da je potrebno robota vzdrževati in da pri tem ni dobro varčevati, saj lahko zaradi izpada enega robota stoji celotna linija.

5 VZROKI ZA UVAJANJE ROBOTIZACIJE

Vzroke za uvajanje robotizacije v proizvodnjo delimo na tehnične, ekonomske in sociološke.

TEHNIČNI VZROKI:

- zanesljivost delovanja
- adaptivnost (hitro spreminjanje izdelkov)
- večja kakovost izdelkov
- hitrost dela
- ergonomija (opravlja težka dela)
- večja zadostitev tehničnih zahtev kot pri človeku

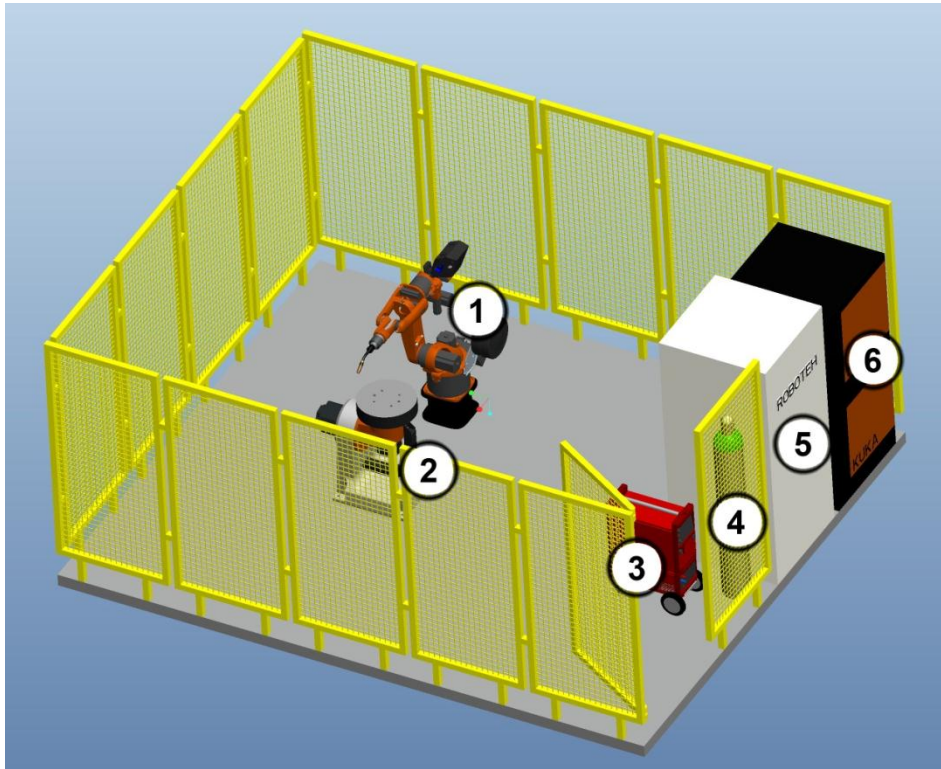
EKONOMSKI VZROKI:

- večji dobiček zaradi večje produktivnosti
- nižji stroški proizvodnje
- pomanjkanje delovne sile
- krajša amortizacijska doba
- večja rentabilnost

SOCIOLOŠKI VZROKI:

- neprimerno delovno okolje (vročina, umazanija, strupeni plini ...)
- večanje življenjskega standarda, ker človek ne opravlja monotonih del
- povečani varnostni ukrepi
- strožja zakonodaja

6 ROBOTSKA CELICA



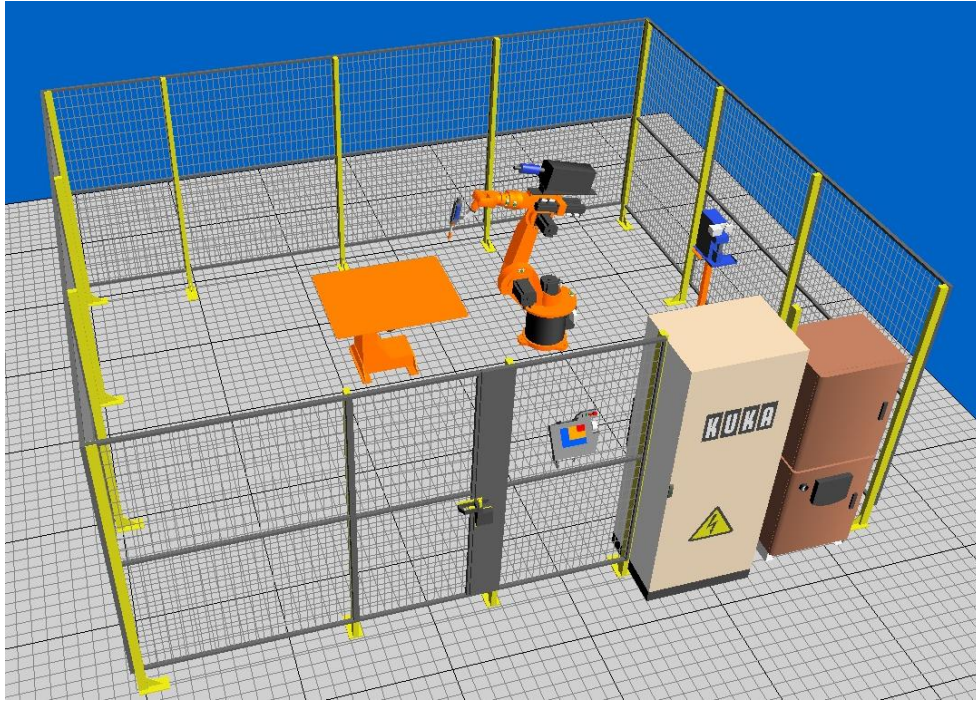
Slika 1: Robotska celica v Pro Engineerju

Robotska celica je zmodelirana s programsko opremo Pro Engineer. Model celice nazorno predstavlja komponente varilne celice.

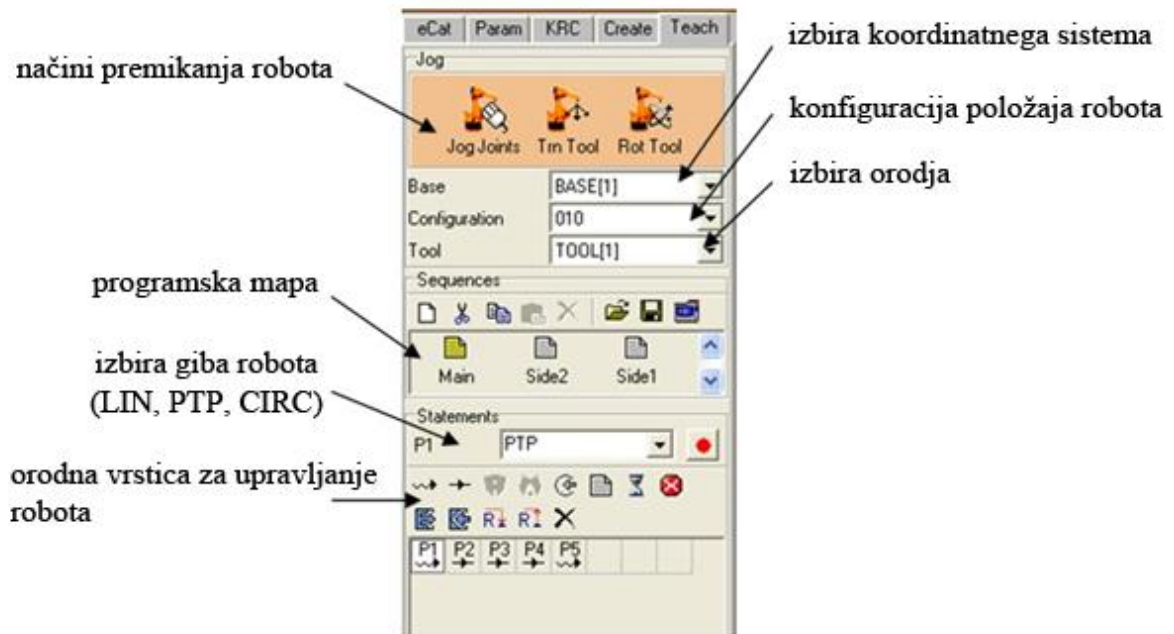
Tabela 1: Komponente varilne celice

Št.	Ime komponente
1	Varilni robot KUKA
2	Varilna miza
3	Varilni izvor Fronius
4	Jeklenka z mešanico plina
5	Krmilna omara
6	Robotski krmilnik KUKA

Pred praktično izvedbo varjenja smo le-to prikazali s simulacijo. Ta nam omogoča, da dobimo predstavo o realni izvedljivosti varjenja. Simulacijo smo izvajali s programom KUKA Sim Pro. To je programsko orodje, s katerim si lahko vnaprej zamislimo in načrtujemo robotsko celico. Program za simulacijo nam omogoča, da upravljamo robota in njegove gibe. V robotsko celico smo vstavili varilni izvor, robota, varilno mizo, krmilne omare in jeklenko. Po vstavljanju komponent sledi programiranje robota za vizualno predstavo njegovih opravil.



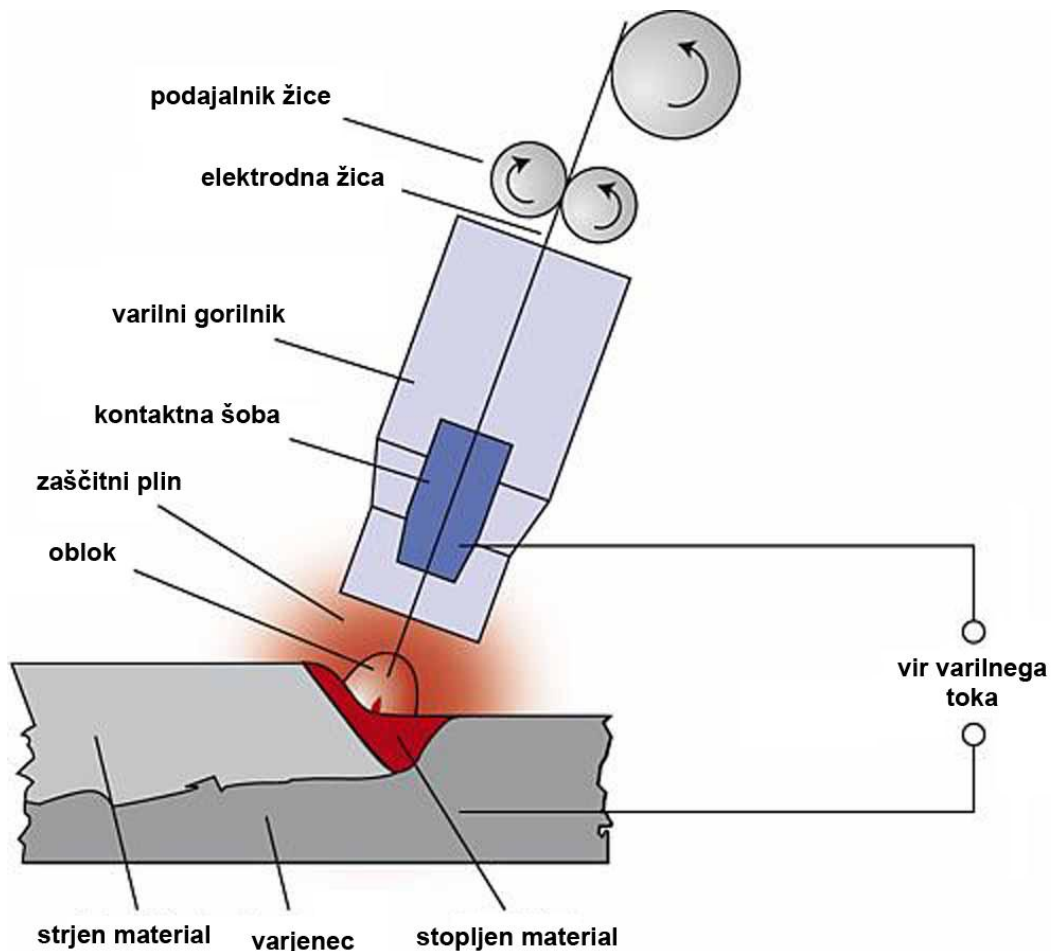
Slika 2: Robotska celica v KUKA Sim Pro



Slika 3: Programsko orodje za simulacijo

7 MIG/MAG-VARJENJE

MIG/MAG sta postopka varjenja s taljivimi elektrodami. Pri teh postopkih varjenja v zaščitnem plinu oblok enosmernega toka žari med taljivo pobakreno žično elektrodo in varjencem. Na kolut navita varilna žica s premerom od 0,8 mm do 2,4 mm se uporablja za pozitivno polarizirano elektrodo. Podajalna naprava potiska žico po gibljivi cevi skozi varilno pištolo v skladu s hitrostjo taljenja elektrode. Varilni tok je speljan do varilne žice preko drsnih kontaktov v varilni pištoli, tik pred oblokom. Vgrajeno zračno ali vodno hlajenje zmanjšuje segrevanje varilne pištole. Varjenje v zaščitnem plinu s taljivimi elektrodami je razdeljeno po vrstah uporabljenega zaščitnega plina.



Slika 4: Nastanek obloka pri MIG/MAG postopku varjenja

MIG-varjenje

Okrajšava MIG (M - metal, I - inert, G - gas) pomeni, da je elektroda neoplaščena, plin za zaščito pa je inertni Ar (argon).

Pri varjenju po postopku MIG se kot zaščitni plin uporabljajo inertni plini. Pretežno se pri tem postopku uporablja plin argon (Ar). Slabost pri tem plinu je cena, saj je zelo drag, vendar nam omogoča dobre zvarne spoje. Posebno pri srednji in debeli pločevini z njim dosežemo visoke varilne učinke. Ta postopek varjenja se uporablja predvsem za legirana jekla, neželezne in lahke kovine.

MAG-varjenje

Okrajšava MAG (M - metal, A - aktiv, G - gas) pomeni, da je elektroda neoplaščena, plin za zaščito pa je aktivni plin CO₂ (ogljikov dioksid).

Pri varjenju po postopku MAG se uporabljajo aktivni plini. Večinoma se uporabljajo cenovno ugodni aktivni plini, najpogosteje ogljikov dioksid CO₂ ali zmesi plinov. Varilni parametri in oprema sicer popolnoma ustrezajo uporabi MIG-postopka. MAG-varjenje se uporablja pretežno pri nizko legiranih in nelegiranih jeklih, posebno v proizvodnji karoserij za varjenje tanke pločevine.

Primerjava MIG- in MAG-postopka varjenja

Tabela 2: Primerjalna tabela MIG- in MAG-postopka varjenja

MIG-postopek	MAG-postopek
Značilnosti	
Zelo dobra zaščita	Zelo dobra zaščita
Nastane čist in gladek zvar	Nastane čist in gladek zvar
Enostavna avtomatizacija	Enostavna avtomatizacija
Primeren za navarjanje	Primeren za navarjanje
Slabost – drag plin (Argon)	Slabše mehanske lastnosti
	Vključki oksidov pri varjenju lahkih kovin
	Cenejši od MIG-postopka
Uporabnost	
Lahke kovine in njihove zlitine	Navadna jekla
Nerjaveča in legirana jekla	Manj zahtevni zvari iz lahkih kovin in zlitin ter nizko legiranih jekel
Primeren za navarjanje izrabljenih elementov	

Oprema za varjenje

Za MIG- ali MAG-postopek varjenja potrebujemo različne komponente, ki skupaj povezane omogočajo varjenje.

Za varjenje potrebujemo naslednje komponente:

- vir enosmernega ali pulznega toka
- krmilno omarico ali nadzorno ploščo za nastavljanje parametrov
- jeklenko z zaščitnim plinom Ar (ne reagira s staljenim materialom) ali CO₂ (reagira s staljenim materialom)
- redukcijski ventil
- na kolut navito pobakreno varilno žico
- podajalno napravo (potiska varilno žico skozi gibljivo cev)
- gibljivo cev za dovod plina, varilne žice, vodnike za varilni in krmilni tok ter sredstvo za hlajenje (vodo ali zrak)

Varilni parametri

Pri MIG- ali MAG-varjenju moramo za dober in kvaliteten zvar pravilno nastaviti parametre, ki nam omogočajo varjenje.

Nastavljamo lahko naslednje parametre:

- varilni tok I (5 do 400 A)
- gostoto varilnega toka (manjša od 100 A/mm²)
- premer varilne žice (0,8 mm do 1,6 mm)
- hitrost podajanja varilne žice (0,8 do 20 m/min)
- hitrost varjenja (20 do 40 m/h)
- zaščitni plin (večje ali manjše dodajanje plina pri varjenju)

8 ROBOT KUKA

KUKA KR 5-2 ARC HW je robot, ki ga bomo uporabili pri naši raziskovalni nalogi. Ta nova vrsta robota nam omogoča številne nove funkcije, ki jih bomo uporabili pri robotskem varjenju. 50 milimetrska odprtina med robotsko roko in zapestjem omogoča večji prostor za gibanje robotskega zapestja. Robot ima šest osi, ki omogočajo večjo gibljivost in boljšo orientacijo v delovnem območju.

Tabela 3: Karakteristike robota

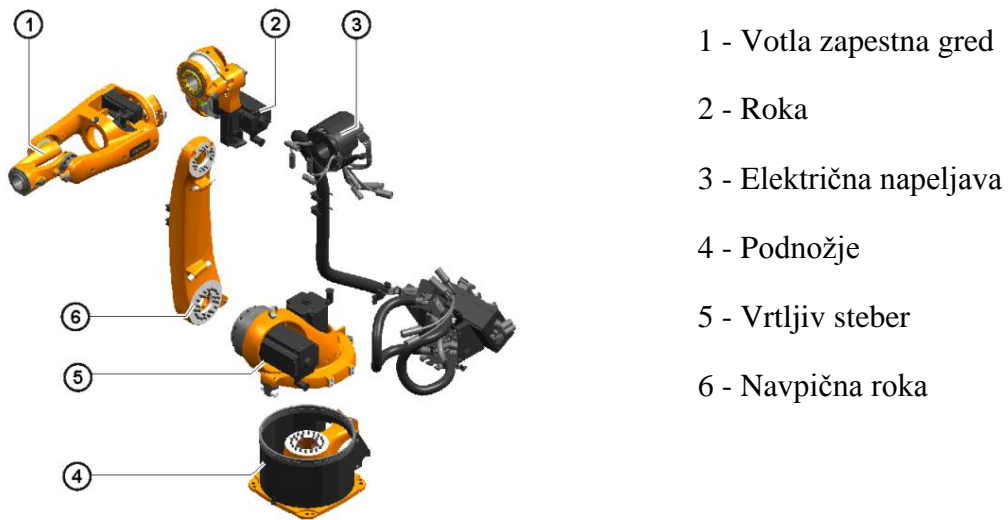
Obremenitve	
Nosilnost	5 kg
Dodatna nosilnost	12 kg
Delovno območje	
Maksimalen doseg	1423 mm
Drugi podatki	
Število osi	6
Ponovljivost	$\leq \pm 0,04$ mm
Teža	126 kg
Vgradnja	Tla, strop
Krmilnik	KR C4
Zaščitni razred	IP 54



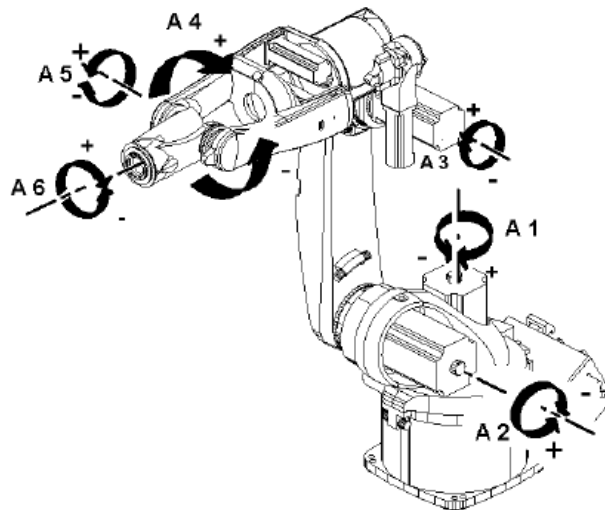
Slika 5: Kuka KR 5-2 ARC HW

Kuka KR5-2 ARC HW je vsestranski robot z najdaljšo življenjsko dobo v svojem razredu. Zajamčeno je 40,000 ur proizvodnje z intervali vzdrževanja po 20,000 urah. Uporaba maziv z nizko viskoznostjo omogoča lažje servisiranje kot kdaj koli prej. Robot je idealen za obločno varjenje, vendar se lahko uporablja tudi za številne druge aplikacije, zahvaljujoč svojemu standardnemu zapestju. KR5-2 ARC je težek le 126 kg, kar mu omogoča večjo proizvodno zmogljivost. Odlikuje se po visoki togosti konstrukcije, ki posledično pripelje do večje produktivnosti in optimalnih rezultatov procesa. Zelo je prilagodljiv zaradi številnih možnosti namestitve (na tla, na strop ali na linearni enoti), prednosti tega so, da zmanjšamo prostorske zahteve.

Robot je zasnovan iz 6-osnega kinematičnega sistema. Sestoji iz naslednjih glavnih komponent:

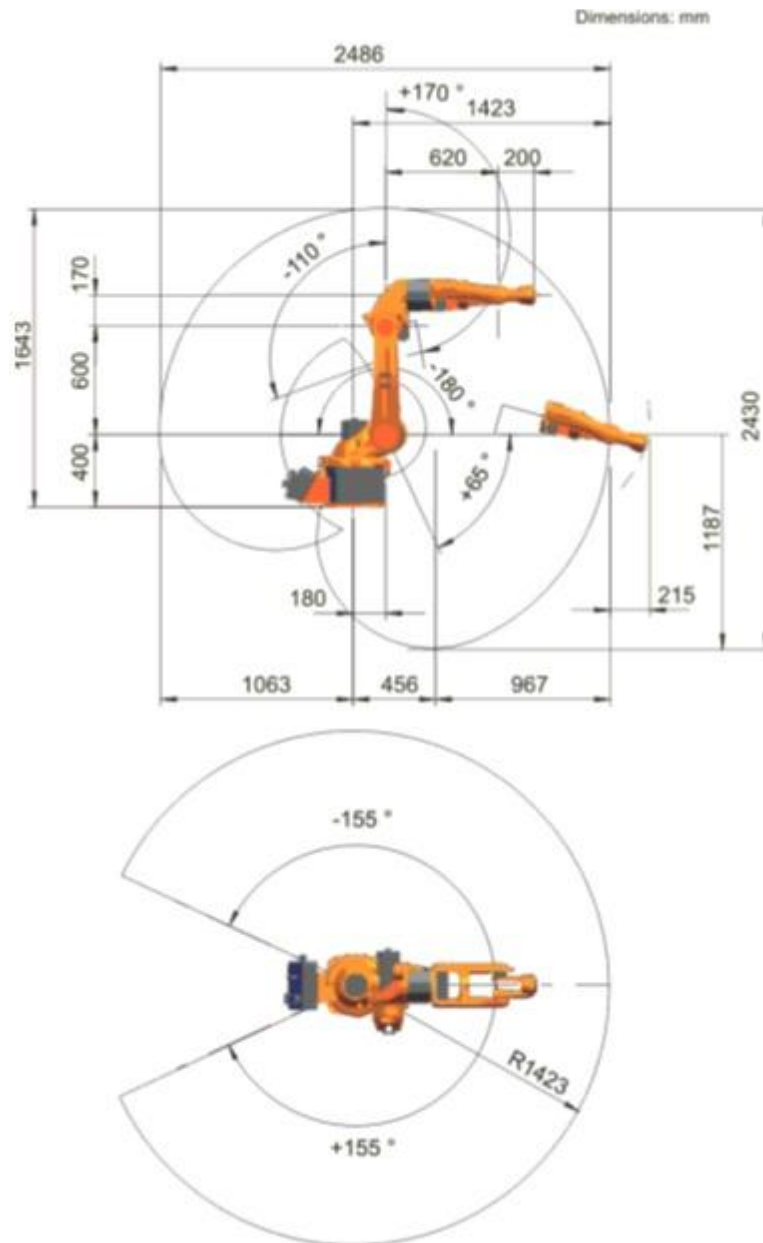


Slika 6: Zgradba robota



Slika 7: Smeri vrtenja osi robota

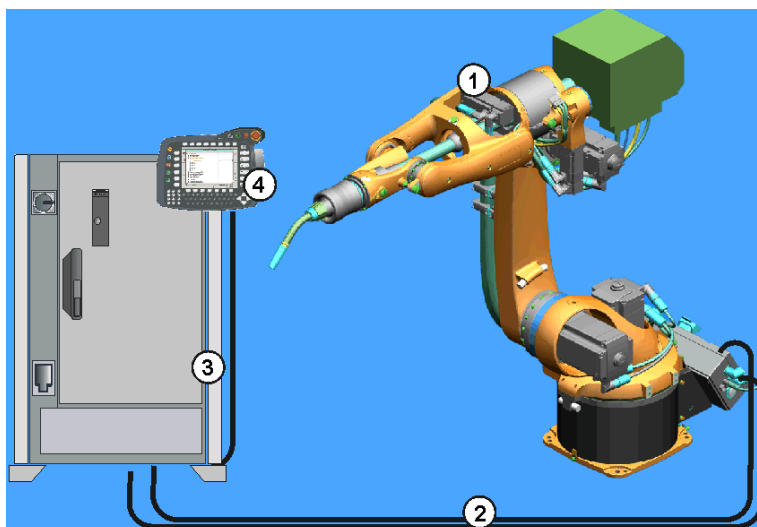
Točke, ki jih lahko doseže vrh robota, definirajo delovni prostor robota. Za vrh robota je potrebno upoštevati nameščena orodja ali prijemala.



Slika 8: Delovni prostor robota

8.1 ROBOTSKI SISTEM

Robotski sistem je sestavljen iz naslednjih komponent:



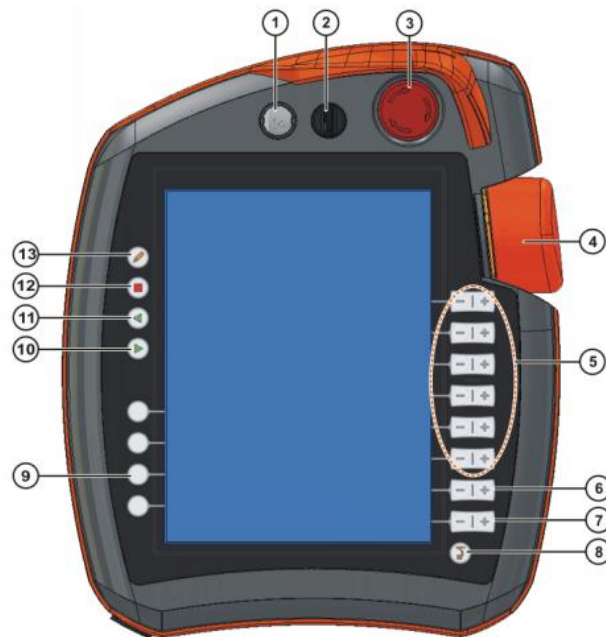
Slika 9: Robotski sistem

Tabela 4: Komponente robotskega sistema

Št.	Opis
1	Robot
2	Priključni kabli
3	Krmilnik
4	SmartPAD (touchpanel)

8.2 SmartPAD

SmartPAD je naprava za upravljanje industrijskih robotov. Ima vse dejavnosti za nadzor in prikazne funkcije, potrebne za upravljanje in programiranje industrijskega robota. SmartPAD ima zaslon na dotik, ki ga je mogoče upravljati s prstom ali s pisalom. Zunanje miške ali zunanje tipkovnice ni potrebno imeti.



Slika 10: Sprednji del smartPAD-a

Tabela 5: Funkcije tipk na smartPAD-u

Št.	Opis	Št.	Opis
1	Gumb za vklop in izklop smartPAD-a.	8	Tipka za prikaz menija na smartHMI.
2	Stikalo na ključ za vzpostavljanje povezave. Stikalo se lahko obrne, če se vstavi ključ.	9	Tehnološke tipke za nastavitev parametrov v tehnoloških paketih.
3	Zaustavitev v sili. Nemudoma ustavi robota v nevarnih položajih. Gumb se zaskoči ob pritisku.	10	Tipka za vklop programa, uporablja se za zagon programa.
4	Prostorska miška, za ročno premikanje robota.	11	Tipka za izvajanje programa, korak za korakom.
5	Tipke za ročno upravljanje robota.	12	Stop tipka za zaustavitev programa, ki se izvaja.
6	Tipka za nastavitev hitrosti programa.	13	Tipka za prikaz tipkovnice.
7	Tipka za nastavitev hitrosti ročnega vodenja robota.		

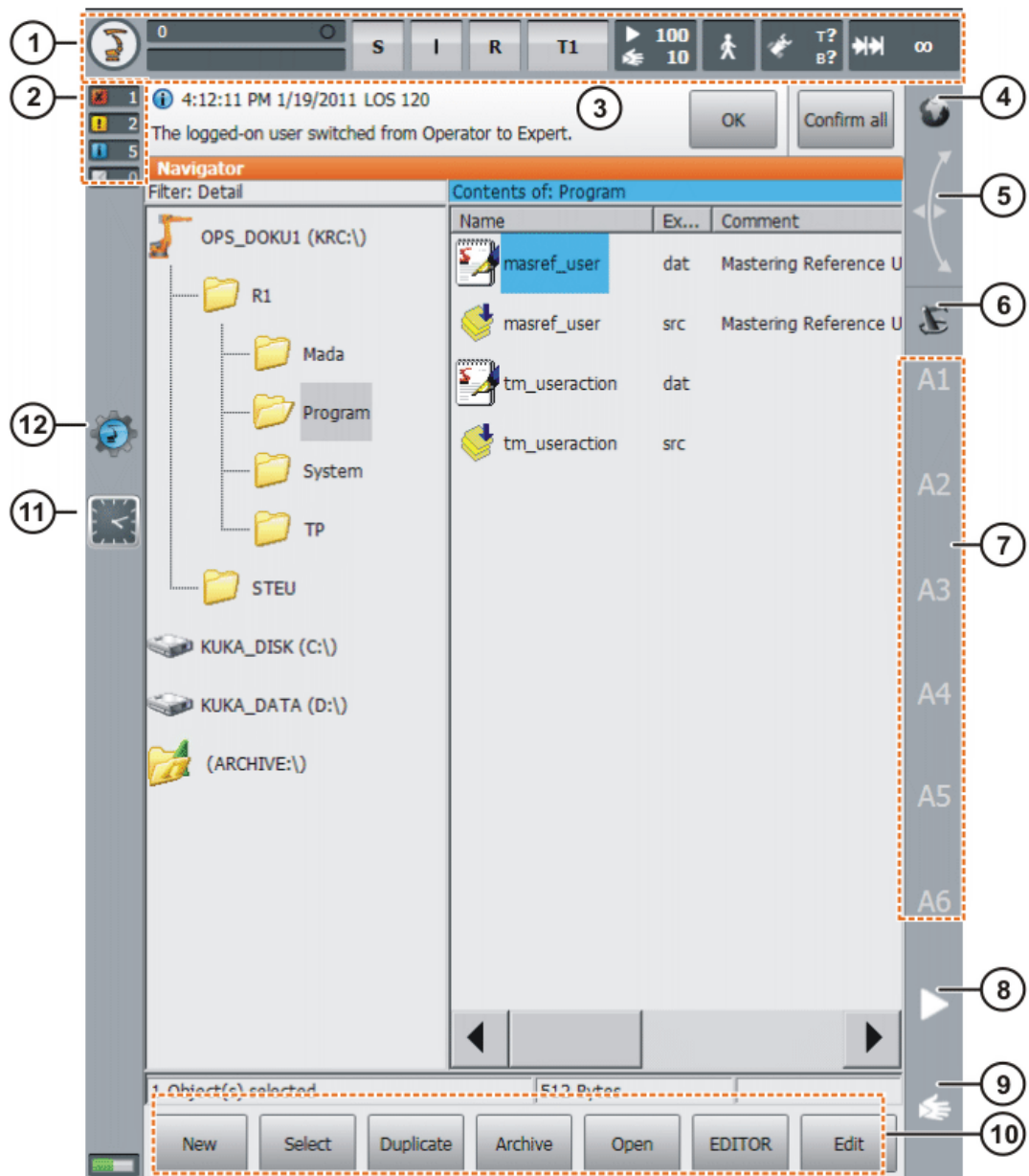


Slika 11: Zadnji del smartPAD-a

Tabela 6: Opis označenih delov smartPAD-a

Št.	Opis
1	Tipka za aktiviranje smartPAD-a. Ima 3 položaje: neaktivno, srednji položaj in panični položaj. Da upravljamo robota, mora biti tipka v srednjem položaju.
2	Tipka za zagon programa (zelena).
3	Druga tipka za aktiviranje smartPAD-a.
4	USB-priključek, uporablja se za arhiviranje in obnavljanje podatkov.
5	Tretja tipka za aktiviranje smartPAD-a.
6	Identifikacijska plošča.

8.3 SmartHMI-UPORABNIŠKI VMESNIK

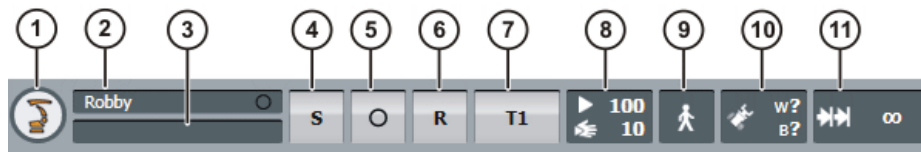


Slika 12: SmartHMI-vmesnik

Tabela 7: Opis orodij smartHMI-vmesnika

Št.	Opis
1	Vrstica stanj.
2	Števec sporočil – prikazuje, koliko sporočil posameznega tipa je aktiviranih.
3	Sporočilno okno – prikazuje zadnje sporočilo. Ob dotiku se prikažejo vsa obvestila. Sporočila potrjujemo z »OK«.
4	Indikator koordinatnega sistema miške – prikazuje, kateri koordinatni sistem je izbran. Ob pritisku imamo možnost izbire sistema.
5	Indikator aktivnosti miške.
6	Indikator koordinatnega sistema za tipke – prikazuje izbrani koordinatni sistem, ob pritisku ga lahko po želji nastavimo.
7	Prikaz osi – prikazuje številko osi robota (A1-A6) oziroma koordinatno os (X, Y, Z, A, B, C).
8	Vklop programa.
9	Vklop ročnega načina.
10	Orodna vrstica – na voljo več gumbov, s katerimi upravljamo aktivirano okno.
11	Ura – prikaže čas in datum.
12	WorkVisual ikona – če ni mogoče odpreti nobenega projekta, se pokaže ikona kot rdeč križec.

Vrstica stanj prikazuje nekatere osrednje nastavitve industrijskega robota. V večini primerov se dotaknete zaslona in dostopate do nastavitvenih menijev.



Slika 13: Vrstica stanj

Tabela 8: Opis označenih delov vrstice stanj

Št.	Opis
1	Glavni meni – prikaže elemente menija.
2	Ime robota.
3	Ime programa – če je izbran.
4	Stanje robota.
5	Stanje pogonov.
6	Stanje programa – možnost ponastavitve in preklica programa.
7	Izbran način delovanja.
8	Prikaz izbranih hitrosti za izvajanje programa ali ročnega režima.
9	Prikaz trenutnega načina delovanja.
10	Prikazuje orodje in podstavek.
11	Indikator ročnega režima.

8.4 NAČINI DELOVANJA

Za menjavo načina delovanja robot ne sme izvajati programa in je stikalo za vzpostavljanje povezave na položaju upravljalnika povezave.

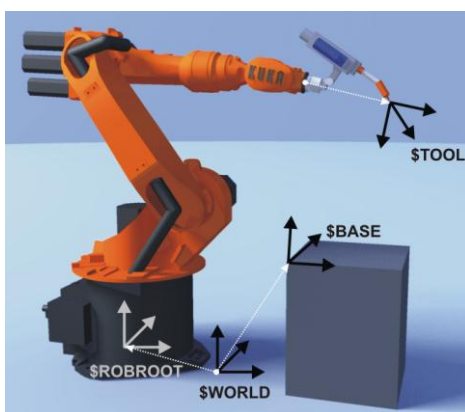
Tabela 9: Načini delovanja

Način delovanja	Uporaba	Hitrosti
T1	Testiranje, programiranje in učenje	- Izvajanje programa: maksimalna hitrost 250 mm/s - Impulzni način: maksimalna hitrost 250 mm/s
T2	Testiranje	- Izvajanje programa: programiran hitrost - Impulzni način: ni možen
AUT	Za industrijske robote brez višje ravni upravljavcev	- Izvajanje programa: programiran hitrost - Impulzni način: ni možen
AUT EXT	Za industrijske robote z višjo ravno upravljavcev (PLK)	- Izvajanje programa: programiran hitrost - Impulzni način: ni možen

8.4.1 Koordinatni sistemi

V krmilniku robota so definirani naslednji koordinatni sistemi:

- Svet (angl. world) je temeljni koordinatni sistem. Privzeto se nahaja na robotski osnovi.
- Robot (angl. robot) je sistem, ki temelji na položaju robota glede na temeljni koordinatni sistem.
- Podlaga (angl. base) določa položaj obdelovanca.
- Orodje (angl. tool) je določen s središčno točko orodja.



Slika 14: Koordinatni sistemi

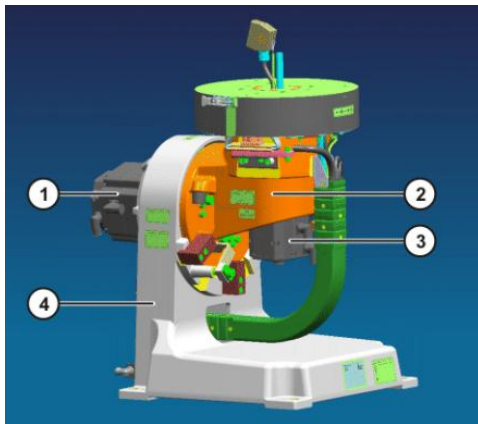
9 VARILNA MIZA KUKA

Varilna miza KUKA DKP-400 ima dve osi, ki sta nadzorovani preko robotskega krmilnika. Regulator položaja deluje usklajeno z varilnim robotom.

Tabela 10: Karakteristike varilne mize

Montažni položaj	Tla	
Nazivna nosilnost	400 kg	
Najmanjši čas pospeševanja	Rotacijska os:	0.4 s
	Nagibna os:	0.6 s
Obračalni obseg	Rotacijska os:	$\pm 190^\circ$
	Nagibna os:	$\pm 90^\circ$

Miza je sestavljena iz naslednjih komponent:



1 - Nagibalna os motorja

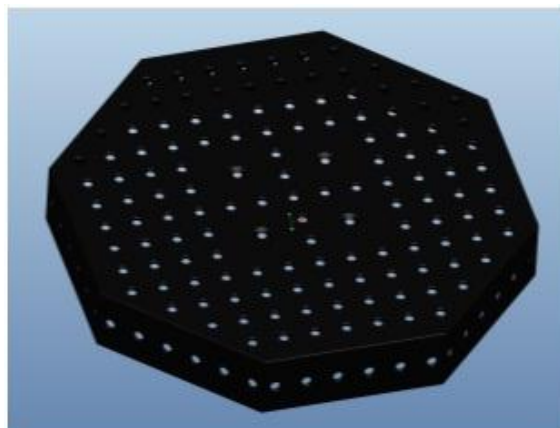
2 - Vrtljivi okvir

3 - Os vrtenja motorja

4 - Podnožje

Slika 15: Varilna miza KUKA

Izdelali smo vpenjalno mizo, s katero bomo lažje vpenjali obdelovance. Pritrjena je na varilno mizo s štirimi vijaki.



Slika 16: Vpenjalna miza

10 VARILNI IZVOR FRONIUS

Fronius TransPuls Synergic 4000 je v celoti digitaliziran, mikroprocesorsko nadzorovan varilni izvor. Interaktivni vir napajanja je povezan z digitalnim signalnim procesorjem in skupaj nadzorujeta ter spremljata celotno delovanje. Na koncu kot rezultat dobimo edinstven in neprimerljiv zvar.

Ta varilni izvor je mikroprocesorsko vodeni pretvornik izvora električne energije. Zagotavlja visoko stopnjo prilagodljivosti, saj se lahko prilagodi vsakemu enostavnejšemu in zahtevnejšemu varjenju.

TransPuls Synergic 4000 nam omogoča več postopkov varjenja:

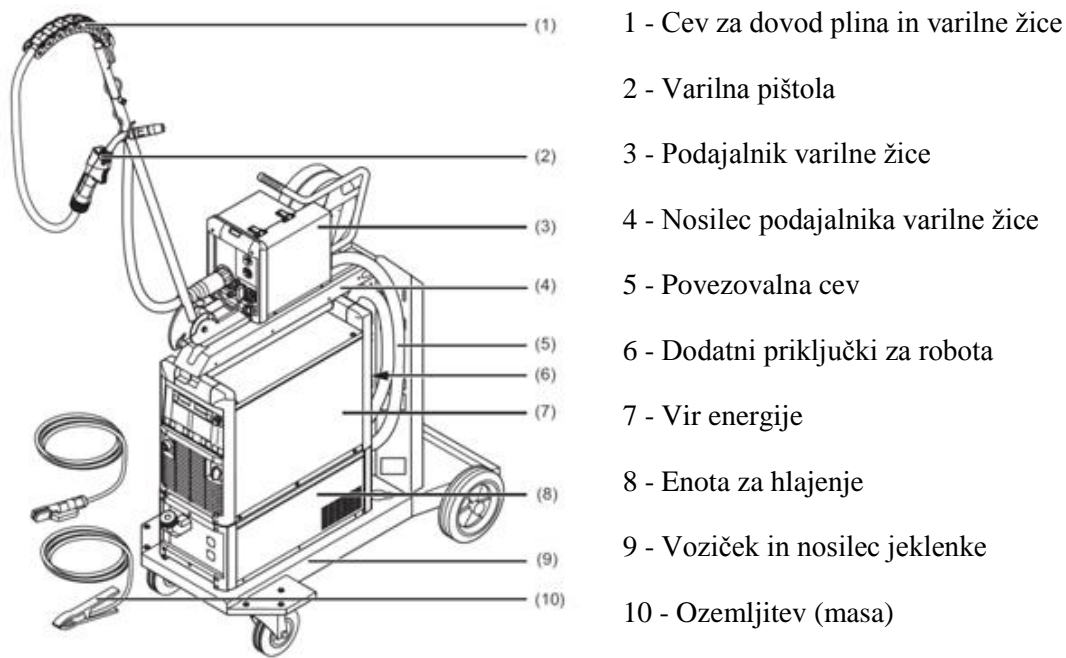
- MIG/MAG-varjenje
- TIG-varjenje
- ročno obločno varjenje



Slika 17: Varilni izvor Fronius

Strokovna obdelava posebnih materialov zahteva za varjenje programe, ki so namenjeni za različne materiale. Vsaka različna vrsta materiala ima različen program za varjenje, ki ga je potrebno pri varjenju uporabiti.

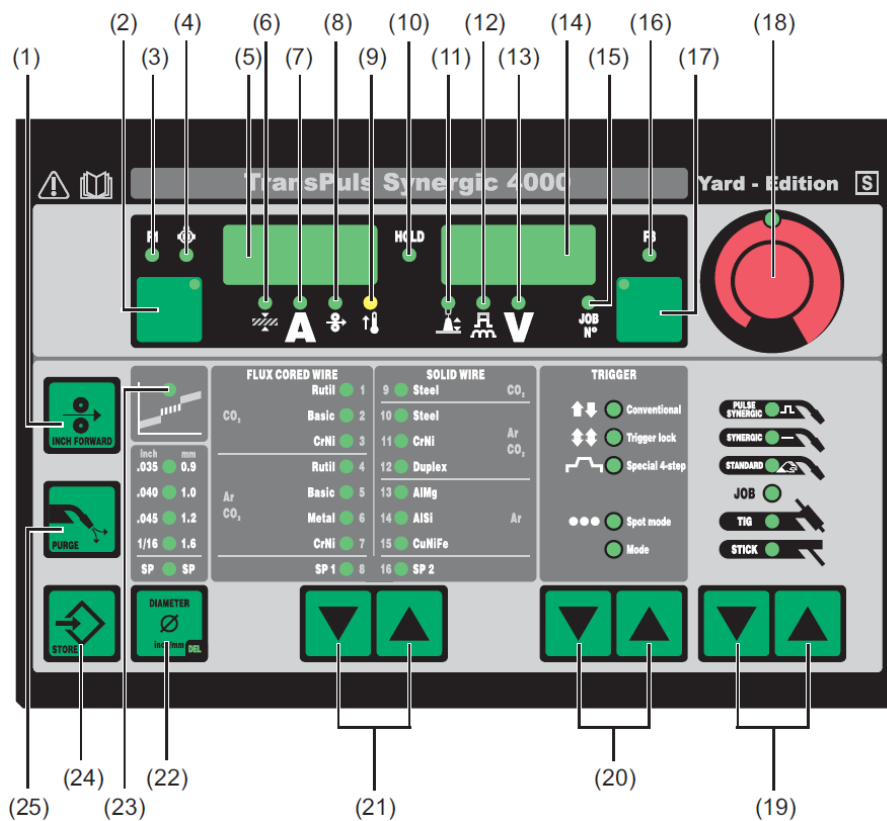
Digitalni viri energije lahko delujejo z različnimi sistemskimi komponentami in možnostmi. To omogoča optimizacijo postopkov in poenostavlja upravljanje stroja ter delovanje, ki ga zahteva posebno področje uporabe, v katerem je potrebno uporabiti vir energije.



Slika 18: Zgradba varilnega izvora

Funkcije nadzorne plošče varilnega izvora so logično razporejene. Različne varilne parametre lahko na nadzorni plošči nastavimo s tipkami in jih tudi spreminjamo. S temi tipkami lahko spreminjamo digitalni prikaz na plošči med varjenjem, kar pomeni, da nam je vpogled v nastavljene parametre na voljo tudi kadarkoli med varjenjem.

Sinergijsko delovanje varilnega izvora zagotavlja, da se s tem, ko spremenimo en parameter, spremenijo in prilagodijo tudi vsi drugi parametri.



Slika 19: Nadzorna plošča

Tabela 11: Elementi nadzorne plošče

1	Tipka za nastavitve podajanja žice	14	Desni digitalni prikazovalnik
2	Tipka za izbor parametrov	15	Številka opravila
3	F1-prikazovalnik	16	F3-prikazovalnik
4	Prikazovalnik podajanja žice	17	Tipka za izbor parametrov
5	Levi digitalni prikazovalnik	18	Tipka za nastavljanje
6	Prikazovalnik debeline obdelovanca	19	Tipki za izbiro procesa
7	Prikazovalnik varilnega toka	20	Tipki za izbiro načina varjenja
8	Prikazovalnik hitrosti podajanja žice	21	Tipki za izbiro materiala
9	Prikazovalnik pregrevanja	22	Tipka za premer žice
10	HOLD-prikazovalnik	23	Prikazovalnik vmesnega obloka
11	Prikazovalnik dolžine obloka	24	Tipka za nastavitve
12	Prikazovalnik korekcij	25	Tipka za preizkus plina
13	Prikazovalnik varilne napetosti		

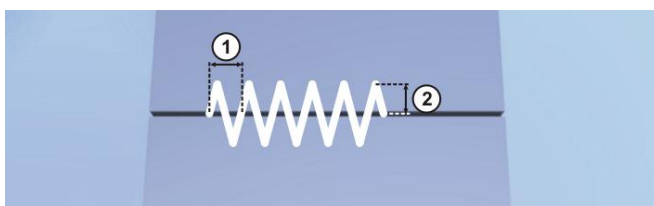
11 PROGRAMSKA OPREMA

Dodaten tehnološki paket ArcTech Basic za obločno varjenje nam omogoča naslednje funkcije:

- konfiguriranje moči varilnega izvora
- konfiguriranje do 4 varilnih načinov
- dodelitev parametrov na proces (vžig, varjenje, polnjenje vgreznin)
- programiranje enostavnih varilnih nalog
- nastavljanje vžiga in varilnih napak
- mehansko tkanje za varjenje večjih praznin

V mehanskem tkanju je tkalni gib kombiniran z gibom poti, tako da je zvar podoben šivu. Tkalni šiv je lahko uporabljen na primer, da zapolnimo odstopanje in praznine na obdelovancu. Med tkanjem je varilni gorilnik usmerjen v 2 smeri. Usmerjenost v kombinaciji z varilno hitrostjo je rezultat zvara.

Obstajajo 4 vnaprej določeni vzorci tkanja. Oblika vzorca tkanja je odvisna od hitrosti varjenja. Hitrejše je varjenje, bolj se približamo pravi obliki vzorca. Prav tako je oblika vzorca odvisna od parametrov, nastavljenih s strani uporabnika. Parametri, ki so na voljo za spreminjanje, so tkalna dolžina in amplituda. Trajanje zvara je neodvisno od dolžine šiva in amplitude. Tkalna vzorca trapezoida in spirale sta rezultat neenakomerne hitrosti varjenja. Ta se lahko spreminja znotraj periode in se lahko poveča, odvisno od razmerja med nastavljeno amplitudo in dolžino šiva.



1 - Dolžina šiva (1 nihaj, dolžina od začetne do končne točke vzorca)

2 - Amplituda (prečna dolžina)

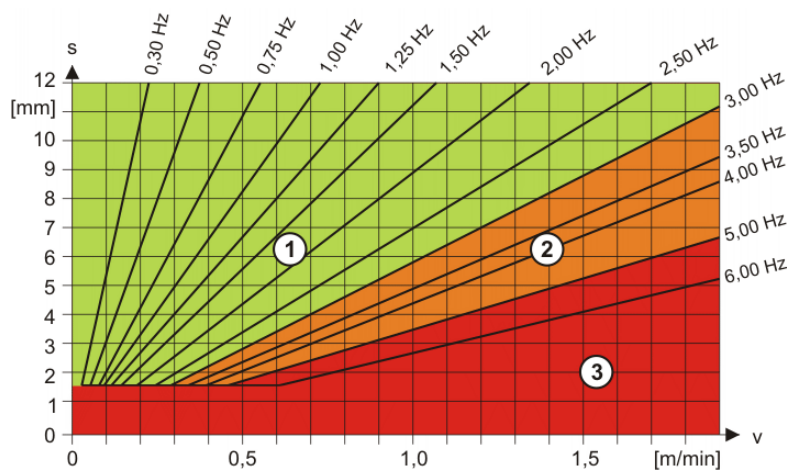
Slika 20: Prikaz parametrov

Frekvenca tkanja je odločilnega pomena za kakovost zvara in se izračuna glede na dolžino šiva in hitrost varjenja. Največja možna frekvenca tkanja je odvisna od robota.

Frekvenca tkanja f [Hz] = (hitrost varjenja x 1000) / (dolžina šiva x 60)

Dolžina šiva s [mm] = (hitrost varjenja x 1000) / (frekvenca tkanja x 60)

Hitrost varjenja v [m / min] = (frekvenca tkanja x dolžina šiva x 60) / 1000






Slika 21: Diagram $s(v)$

11.1 PROGRAMIRANJE GIBOV

Splošne tri nastavitve varilnega izvora se nahajajo na KUKA uporabniškem vmesniku, v katerem upravljamo robota in programe. Na voljo so komande za aktivacijo varjenja in pomik žice.

Tabela 12: Opis splošnih stanj

Prikaz stanja	Opis stanja
	Prikaz stanja za podajanje žice. Aktiviran je samo, kadar je varjenje onemogočeno. S pritiskom tipke plus pomaknemo žico ven. S pritiskom tipke minus pomaknemo žico noter.
	Varjenje onemogočeno. S pritiskom tipke aktiviramo varjenje.
	Varjenje omogočeno. S pritiskom tipke onemogočimo varjenje. Z onemogočanjem varjenja lahko robota med varjenjem ustavimo.

Robota je potrebno sprogramirati, da se giblje po naši zamišljeni poti. Vsak njegov gib mora biti natančno definiran in zapisan v programu. Gibi so nanizani po časovnem zaporedju. V našem primeru je pomembna komunikacija med robotom in varilnim izvorom, saj mora izvor dobiti informacijo, kdaj se začne gib, v katerem bomo varili. Vsak gib robota med varjenjem mora biti definiran kot ukaz za varjenje. Definirani so trije ukazi za varjenje s funkcijami začetek varjenja, preklon varjenja in konec varjenja.

Ukazi določajo, kako se bo robot gibal in kdaj se bo pričelo ali končalo varjenje. V podrobnih nastavitvah lahko nastavimo še več parametrov.

ARC ON – ukaz za začetek varjenja

ARC SWITCH – ukaz za spremembo gibanja robota med varjenjem

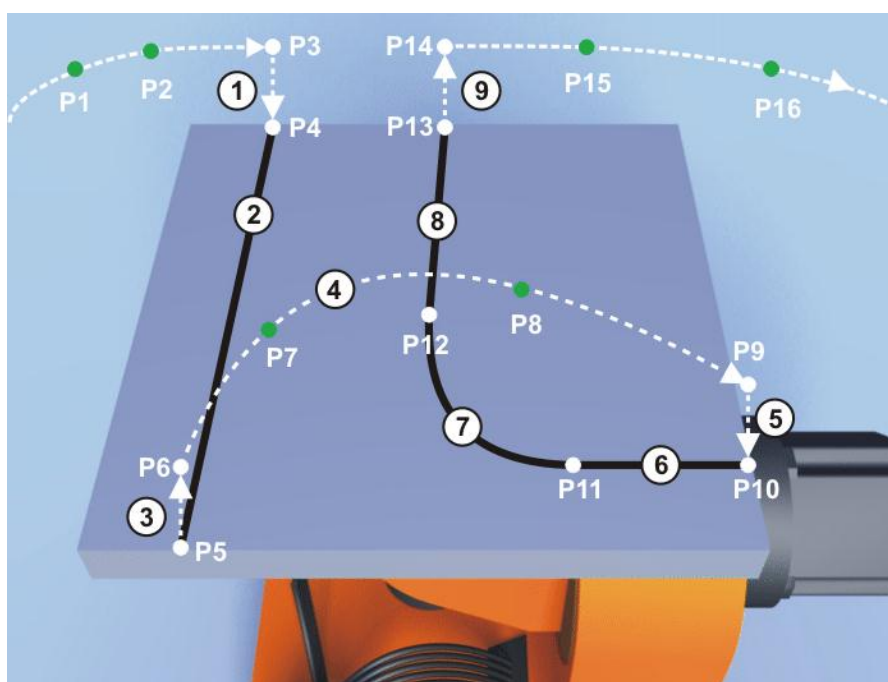
ARC OFF – ukaz za konec varjenja

PTP – ukaz za gibanje robota po najkrajši poti

LIN – ukaz za linearno gibanje robota

CIRC – ukaz za krožno gibanje robota

Ukazi, ki se nanašajo na varjenje, imajo prav tako definirano gibanje robota. Z vsakim ukazom definiramo novo točko, v katero se mora premakniti konec robotskega orodja z določenim gibanjem.



Slika 22: Struktura gibov pri varjenju

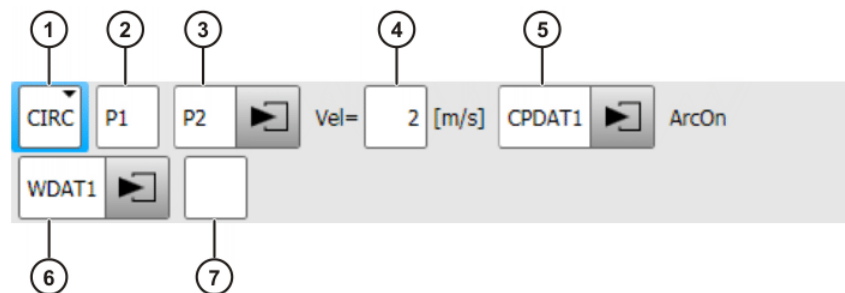
Tabela 13: Definirani gibi (slika 22)

Št.	Opis	Ukaz
1	Gib do začetne točke zvara	ARC ON (LIN)
2	Zvar v enem gibu	ARC OFF (LIN)
3	Umik pištrole	LIN
4	Umik k novi začetni točki	PTP, LIN ali CIRC
5	Gib do začetne točke zvara	ARC ON (LIN)
6	Prvi odsek zvara - linearni	ARC SWITCH (LIN)
7	Drugi odsek zvara - krivulja	ARC SWITCH (CIRC)
8	Zadnji odsek zvara - linearni	ARC OFF (LIN)
9	Umik pištrole	LIN

11.2 UKAZI S FUNKCIJO VARJENJA

Zelo pomembno funkcijo imajo ukazi, ki prožijo, kdaj se bo začelo in končalo varjenje. Vsak ukaz ima svojo funkcijo, zato je potrebno biti previden pri programiranju. V podoknih lahko nastavljamo naprednejše parametre.

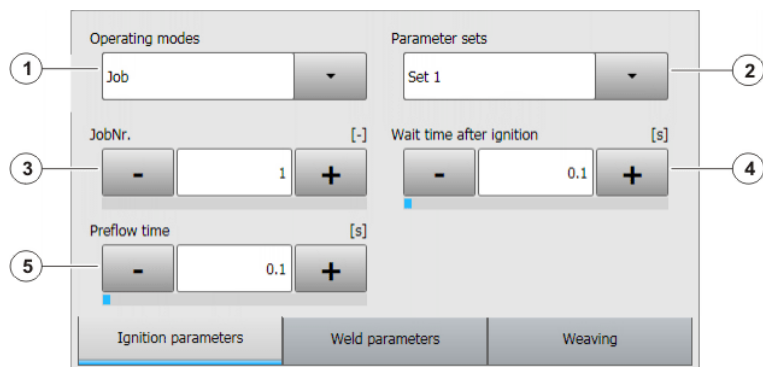
Ukaz ARC ON vsebuje podatke o gibanju do začetne točke zvara, parametrih vžiga, varilnih parametrov in vzorcu tkanja. Uporabimo ga takrat, ko želimo, da začne robot variti.



Slika 23: Ukazna vrstica ARC ON

Tabela 14: Elementi ukazne vrstice ARC ON

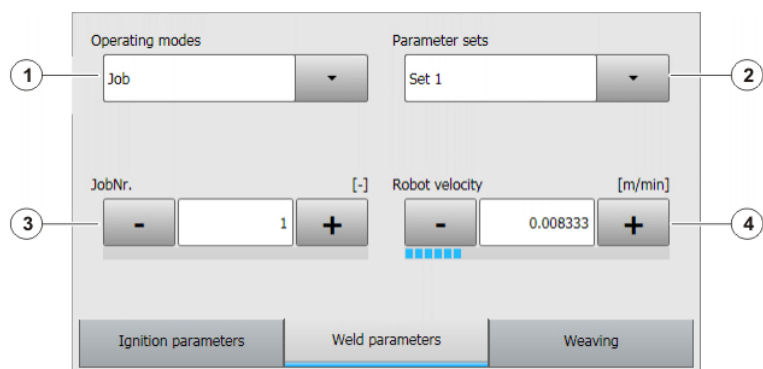
Št.	Opis
1	Tip gibanja: PTP, LIN ali CIRC
2	Vmesna točka (samo pri CIRC-gibanju)
3	Končna točka
4	Hitrost gibanja - Za PTP: 0...100 % - Za LIN ali CIRC: 0,001...2 m/s
5	Podatki o gibanju
6	Podatki o vžigu (podokna za nastavljanje parametrov vžiga, varjenja in vzorca tkanja)
7	Ime šiva (vpišemo po želji)



Slika 24: Podokno za nastavitve vklopa

Tabela 15: Elementi podokna za nastavitve vklopa

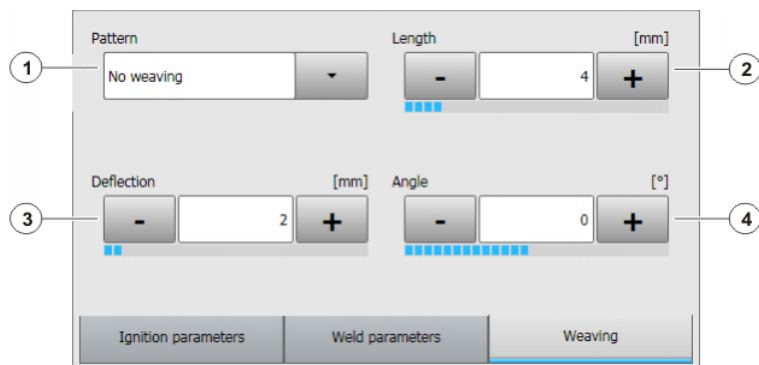
Št.	Opis
1	Izbira načina delovanja
2	Izbira dodatnih parametrov glede na način delovanja
3	Številka opravila
4	Čakalni čas po vklopu (čakalni čas od vklopa do začetka gibanja)
5	Pretočni čas plina pred začetkom varjenja



Slika 25: Podokno za nastavitve varilnih parametrov

Tabela 16: Elementi podokna za nastavitve varilnih parametrov

Št.	Opis
1	Izbira načina delovanja
2	Izbira dodatnih parametrov glede na način delovanja
3	Številka opravila
4	Hitrost gibanja robota

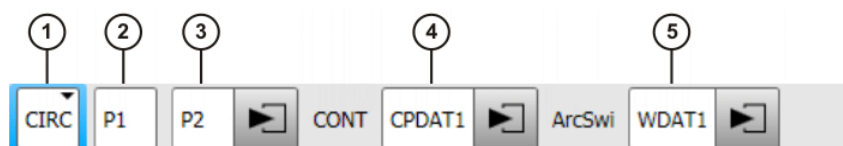


Slika 26: Podokno za nastavitve vzorca tkanja

Tabela 17: Elementi podokna za nastavitve vzorca tkanja

Št.	Opis
1	Izbira vzorca
2	Določitev dolžine nihaja
3	Amplituda (višina vzorca)
4	Kot vrtenja ravnine

Ukaz ARC SWITCH uporabimo takrat, ko želimo spremeniti tip gibanja med vlekom zvara. Preklapljammo lahko med linearnim in krožnim gibom. Prav tako vsebuje podatke o varilnih parametrih.



Slika 27: Ukazna vrstica ARC SWITCH

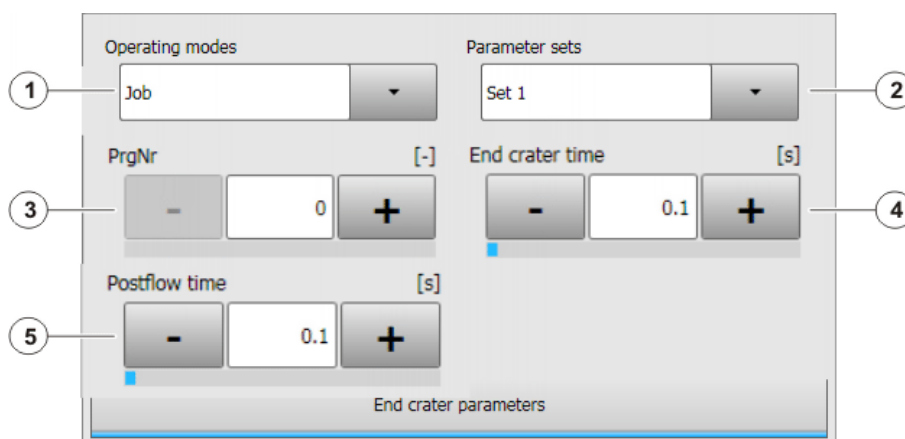
Tabela 18: Elementi ukazne vrstice ARC SWITCH

Št.	Opis
1	Tip gibanja: LIN ali CIRC
2	Vmesna točka (samo pri CIRC-gibanju)
3	Končna točka
4	Podatki o gibanju
5	Podatki o varilnih parametrih (podokni z nastavitvami)

Z ukazom ARC OFF zaključimo varjenje. Vsebuje podatke o gibanju in parametre za zaključevanje zvara.



Slika 28: Ukazna vrstica ARC OFF



Slika 29: Podokno za nastavitve zaključka zvara

Tabela 19: Elementi podokna za nastavitve zaključka zvara



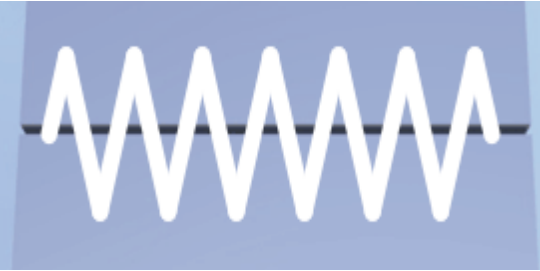

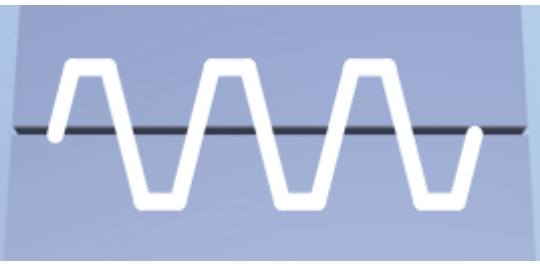

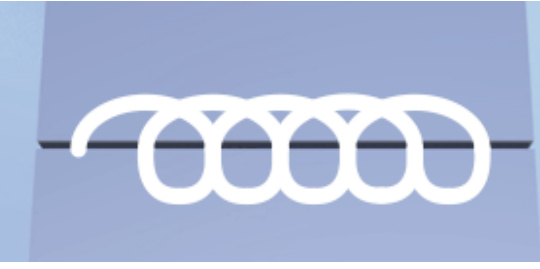

Št.	Opis
1	Izbira načina delovanja
2	Izbira dodatnih parametrov glede na način delovanja
3	Številka opravlila
4	Čas zaključevanja (čas, ko robot čaka na končni točki)
5	Pretočni čas plina po koncu varjenja

12 PRIMERJAVE ZVAROV

12.1 VZORCI TKANJA

Pri varjenju z robotom so nam omogočeni štiri vzorci tkanja, ki smo jih tudi preizkusili. Vzorci tkanja so slednji: brez tkanja, trikotnik, trapezoid in spirala.




Tabela 20: Različni vzorci tkanja

Brez tkanja	brez odklona varilnega gorilnika
	
Trikotnik	odklon varilnega gorilnika v eno smer
	
Trapezoid	odklon varilnega gorilnika v eno smer
	
Spirala	odklon varilnega gorilnika v dve smeri (amplituda = dolžina šiva / 2)
	

12.2 ZVARI V ODVISNOSTI OD HITROSTI

Hitrost robota je zelo pomembna pri varjenju, saj mora biti ravno prave vrednosti, da nastane lep zvar. Spodnja tabela prikazuje 3 različne zvarke, zvarjene z različnimi hitrostmi.

Tabela 21: Zvari v odvisnosti od hitrosti

Oblika zvara	Hitrost pomika robota
Visoka hitrost	
	2 m/min
Nizka hitrost	
	0,15 m/min
Ustrezna hitrost	
	0,65 m/min

Naredili smo še drugi preizkus, tokrat 5 zvarov (slika 30). Območje spreminjanja hitrosti je sedaj manjše, za varjenec pa smo vzeli debelejšo jekleno ploščo.



Slika 30: Zvari različnih hitrosti

Ugotovitev:

Pokaže se, da so vsi zvari primerni za spajanje materialov. Logična je povezava med naraščanjem hitrosti in širino zvara. Naklon varilne pištrole je bil enak pri vseh zvarih. Ker se varilna žica elektrode vedno znova rabi, jo mora podajalna naprava s konstanto hitrostjo podajati (pomikati v smer razpoke med varjencema). Pri MIG/MAG-varjenju mora hitrost gibanja vrha varilnega orodja sovpadati s hitrostjo pomika varilne žice.

Pri nastavljeni počasni hitrosti in neprilagojeni podajalni hitrosti žice se je zgodilo, da je varilna žica ostala pritrjena na varjenec. To je povzročilo težave, saj je prišlo do dekalibracije zadnjih dveh osi (A5 in A6), ko se je robot želel vrniti nazaj v začetno pozicijo. Problem lahko reši usposobljen operater s ponovno kalibracijo, kar predstavlja dodaten strošek.

12.3 ZVARI V ODVISNOSTI OD NAKLONA PIŠTOLE

Naslednji preizkus pri našem raziskovanju so zvari v odvisnosti od naklona varilne pištole. Spodnja tabela prikazuje zware, narejene z različnimi nakloni pištole.

Tabela 22: Zvari v odvisnosti od naklona pištole

ZVARI V ODVISNOSTI OD NAKLONA PIŠTOLE	
Naklon varilne pištole 90°	
	
Naklon varilne pištole 75°	
	
Naklon varilne pištole 45°	
	
Naklon varilne pištole 20°	
	

Ugotovitev:

Z naklonom vplivamo na: usmerjenost energije, pritisk obloka in plinov, zaščito in izdvajanje žlindre.


Pri večjem nagibu:

- se poveča dolžina obloka
- zvar postane širši
- poslabša se zaščita zvara
- zmanjša se globina zvara

12.4 ZVARI V ODVISNOSTI OD SMERI VARJENJA

Tehnika varjenja je lahko različna v smeri vleka zvara. Tudi to smo upoštevali in dejansko preizkusili.

Tabela 23: Zvari v odvisnosti od smeri varjenja

ZVARI V ODVISNOSTI OD SMERI VARJENJA	
Smer varjenja: od leve proti desno →	Naklonski kot: 45° 
	
Smer varjenja: od desne proti levi ←	
	

Ugotovitev:

Pokaže se, da ne glede na smer vleka, zvar ostaja enak. Pri primerjavi smo izbrali naklonski kot 45°.

12.5 ZVARI V ODVISNOSTI OD ODDALJENOSTI PIŠTOLE

Zaključni preizkus pri našem raziskovanju so zvari v odvisnosti od oddaljenosti varilne pištrole od varjenca. Vse zware smo naredili pod kotom 90°.



Slika 31: Zvari z različnimi odmiki pištrole

Ugotovitev:

Če se povečuje odmik med varilno pištolo in varjencem, se zmanjšuje širina in povečuje višina zvara. Parametri se spreminjajo zaradi manjšega dotoka zaščitnega plina. Odmik varilne pištrole ne sme biti večji od 3 cm, ker se izpiše napaka za slab stik.

13 ANALIZA UPRAVIČENOSTI INVESTICIJE

Varilni roboti povečujejo proizvodne zmogljivosti in znižujejo stroške proizvodnje. Pri robotih moramo upoštevati, da olajšajo delo človeku in ga varujejo pred škodljivimi vplivi. Z izračuni, ki bodo v nadaljevanju prikazani, smo ugotovili, da nam investicija v varilni robot prinaša dobiček.

Tabela 24: Stroški investicije

Nakup robota, mize in izvora ter montaža	50.000 D.E.
Ureditev varilne celice (ograja, senzorika)	4.000 D.E.
Zagon in šolanje	2.500 D.E.
Skupaj	56.500 D.E.

Investicijska osnova: $I = 56.500$ D.E.

Življenjska doba robota: 10 let

1. Letne delovne ure

$$\text{Št. ur}_{\text{letno}} = \frac{5 \text{ dni} * 24 \text{ ur}}{1 \text{ (teden)}} * 52 \text{ tednov} = 6240 \text{ ur}$$

2. Plače delavcev

$$\text{Mesečna plača varilca: } P_{var} = 1.200 \frac{\text{D.E.}}{\text{mesec}}$$

$$\text{Mesečna plača robotskega operaterja: } P_{op} = 1.800 \frac{\text{D.E.}}{\text{mesec}}$$

Število delovnih ur za mesečno plačo: 160 ur

$$P_{var} = 1.200 \text{ D.E.} * 12 \text{ mesecev} = 14.400 \frac{\text{D.E.}}{\text{leto}}$$

$$P_{var} = \frac{1.200 \text{ D.E.}}{160 \text{ ur}} = 7,5 \frac{\text{D.E.}}{\text{uro}}$$

$$P_{op} = 1.800 \text{ D.E.} * 12 \text{ mesecev} = 21.600 \frac{\text{D.E.}}{\text{leto}}$$

$$P_{op} = \frac{1.800 \text{ D.E.}}{160 \text{ ur}} = 11,25 \frac{\text{D.E.}}{\text{uro}}$$

3. Časovna kalkulacija za proizvodno serijo - 10.000 kosov

Ročno varjenje:

FAZA	SKUPNI ČAS
Varjenje 1 kosa	4,5 min = 270 s
Varjenje celotne serije	750 ur

Robotsko varjenje:

FAZA	SKUPNI ČAS
Varjenje 1 kosa	2,5 min = 150 s
Varjenje celotne serije	420 ur

$$k = \frac{2,5}{4,5} * 100 = 55,5 \%$$

$$100 \% - 55,5 \% = 44,5 \%$$

Robotsko varjenje je 44,5 % hitrejše kot ročno varjenje.

4. Primerjava proizvodnje (ročno – robotizirano)

Serija: 10.000 kosov

Upoštevamo, da je operater prisoten 3 ure dnevno in robot obratuje 24 ur na dan.

Tabela 25: Primerjava stroškov ročnega in robotskega varjenja

	Ročno varjenje	Robotsko varjenje	Razlika
Čas proizvodnje	750 ur	420 ur	330 ur
Plačilo delavcem	5.625 D.E.	590 D.E.	5.035 D.E.

$$S_{ročno} = 750 \text{ ur} * P_{var} = 750 \text{ ur} * 7,5 \frac{D.E.}{uro} = 5.625 D.E.$$

$$S_{robotsko} = 420 \text{ ur} * \frac{3}{24} * P_{op} = 420 \text{ ur} * \frac{3}{24} * 11,25 \frac{D.E.}{uro} = 590 D.E.$$

$$\Delta S = S_{ročno} - S_{robotsko} = 5.625 D.E. - 590 D.E. = 5.035 D.E.$$

$$\Delta t = t_{ročno} - t_{robotsko} = 750 \text{ ur} - 420 \text{ ur} = 330 \text{ ur}$$

5. Povrnitev stroškov investicije

Razlika v stroških ročne in robotske proizvodne serije je 5.035 D.E. Celotno investicijo bi si povrnili po 12 uspešnih serijah. Ob upoštevanju da je proizvodni čas serije z robotom malo manj kot mesec dni, bi si povrnili investicijo v roku enega leta.

$$\text{Št. serij za povrnitev investicije} = \frac{I}{\Delta S} = \frac{56.500 \text{ D.E.}}{5.035 \text{ D.E.}} = 11,2 \approx 12$$

$$\text{Št. serij na leto} = \frac{\text{Št. ur}_{\text{letno}}}{t_{\text{robotsko}}} = \frac{6240 \text{ ur}}{420 \text{ ur}} \approx 14$$

Opomba: v izračunih niso všteti večji stroški porabe el. energije. Robotsko varjenje ima za 44,5 % krajši proizvodni čas serije in izdelki so kvalitetnejše zavarjeni.

Prednosti uvedbe varilnega robota v proizvodni proces so:

- skrajšanje celotnega tehnološkega časa proizvodnje
- znižanje cene izdelkov
- odprava nevarnih del pri varjenju
- odprava monotonega dela
- zmanjšanje napak in neskladnosti

14 ZAKLJUČEK

Z zaključeno raziskovalno nalogo smo zadovoljni. Naše zastavljene hipoteze na začetku smo potrdili ali zavrgli.

Robot prevzame težko in monotono delo delavca, lahko nadomesti delavce 3 izmen, saj zanesljivo obratuje 24 ur. Operater, ki skrbi za robota, ni izpostavljen škodljivim plinom in močni svetlobi ob varjenju. Robot vari kvalitetno skozi celoten obratovalni čas. Zelo pomembno pa je, da se investicija povrne v roku enega leta uspešnega obratovanja. Med praktičnim delom pa smo prišli do zavrnitve hipoteze, da je robot neobčutljiv na zunanje vplive.

V nadaljevanju bi lahko še nazorno spreminjali parametre preko varilnega izvora in naredili primerjave zvarov. Prav tako bi radi zvarili konkreten izdelek.

Tabela 26: Analiza zastavljenih hipotez

ANALIZA ZASTAVLJENIH HIPOTEZ	
✓	Robot razbremeni delo človeka. <i>Med varjenjem ni potrebe po prisotnosti varilca, saj ga robot nadomesti.</i>
✓	Robot lahko obratuje 24 ur in s tem nadomesti delo varilcev. <i>Pri robotu je potreben le programer, ki ga sprogramira. Nato lahko robot brez prekinitve deluje več kot 24 ur. Pri ročnem varjenju pa za to potrebujemo več izmen varilcev.</i>
✓	Robotizacija nudi višji varnostni in zdravstveni standard v delovnem procesu. <i>Varilcu ni potrebno delati v težkih pogojih ter mu ni potrebno vdihovati plinov pri varjenju, saj ga nadomesti robot. Robotu ti plini ne škodujejo in se prilagaja vsakršnim zahtevnejšim pogojem pri varjenju.</i>
✗	Varilni robot je neobčutljiv na zunanje vplive. <i>Pri robotu lahko pride do dekalibracije zadnjih dveh osi, ki sta zelo občutljivi. To se lahko zgodi med varjenjem ali ob fizični obremenitvi osi. Posledično lahko rečemo, da je robot zelo občutljiv na zunanje vplive.</i>
✓	Robotsko varjenje zagotavlja višjo kakovost zvarov. <i>Robot lahko z enakomernimi gibi naredi kakovosten zvar in posledično je le ta v vsaki točki enak.</i>
✓	Investicija robota se povrne. <i>Z izračuni smo dokazali, da investicija v robota prinaša dobiček.</i>

15 ZAHVALA

Zahvaljujemo se našima mentorjema, mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž. in Mateju Vebru, univ. dipl. inž., ki sta nas spodbujala pri raziskovanju in nam posredovala veliko pomembnih podatkov, do katerih sami nismo imeli dostopa.

Prav tako se zahvaljujemo gospe Brigiti Renner, prof., ki je našo raziskovalno nalogo lektorirala in ostalim profesorjem, ki so nam pomagali pri raziskovanju.

16 VIRI

- [1] BAJD, T. in MIHELJ, M. *Robotika*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2008.
- [2] GLAMNIK, A. in VEBER, M. *Robotika*. Ljubljana: Munus2, 2012.
- [3] *KUKA.ArcTech Basic 1.0*. Nemčija: KUKA Roboter GmbH, 2012.
- [4] *Mehatronika*. Ljubljana: Založba Pasadena, 2009.
- [5] *KUKA varilna miza* (online). 2012. (citirano 22.10.2012). Dostopno na naslovu: http://www.kuka-robotics.com/res/sps/42e85c7e-7c26-4d85-9dee-b4fffe8ddc15_Spez_DKP_400_en.pdf
- [6] *KUKA varilni robot* (online). 2011. (citirano 22.10.2012). Dostopno na naslovu: http://www.kuka-robotics.com/res/sps/e6c77545-9030-49b1-93f5-4d17c92173aa_Spez_KR_5_arc_HW_en.pdf
- [7] *Lastnosti zvarov* (online). 2007. (citirano 15.01.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.fs.uni-mb.si/UserFiles/10/File/6%20LASTNOSTI%20ZVAROV.pdf>
- [8] *MIG-MAG postopek varjenja* (online). 2008. (citirano 03.10.2012). Dostopno na naslovu: <http://www2.sts.si/arhiv/tehn/varjenje/var15.htm>
- [9] *Nastanek obloka* (online). 2012. (citirano 03.10.2012). Dostopno na naslovu: <http://www.kuchelmeister.ch/index.php?page=467>
- [10] *Nastanek zvara* (online). 2007. (citirano 15.01.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.fs.uni-mb.si/UserFiles/10/File/5%20NASTANEK%20ZVARA.pdf>
- [11] *Varilni izvor Fronius* (online). 2012. (citirano 23.10.2012). Dostopno na naslovu: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-21F5E4DC-6D66192F/fronius_international/hs.xsl/79_6273_ENG_HTML.htm
- [12] *Varjenje z roboti* (online). 2001. (citirano 12.10.2012). Dostopno na naslovu: http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehno/Predavanja/Izdel_teh3b.pdf