



Šolski center Celje

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

AVTOMATIZIRANO VARJENJE

Raziskovalna naloga

Avtorji:

Urban Anton AŠKERC, M-4. c

Kristjan FIŠER, M-4. c

Aleksander DROVENIK, M-4. c

Mentorja:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, 2016

POVZETEK

Za raziskovalno nalogo smo si zadali nalogo, kako zvariti kakovostni zvar. V raziskovalni nalogi smo predstavili komponente robotskega varjenja in programiranja. Raziskovali smo razlike varjenja okroglih polizdelkov oziroma obdelovancev z robotsko mizo DKP400 in brez nje. Primerjali smo robotske in ročne zware pod različnim kotom, različnimi parametri varjenja ter hitrostjo varjenja. Primerjali smo tudi časovne in kakovostne razlike robotskega in ročnega varjenja.

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	2
1.2 HIPOTEZE	3
1. 3 METODE RAZISKOVANJA	4
2 ROBOTSKA CELICA	5
3 MIG/MAG-VARJENJE	6
4 FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000.....	8
5 VARILNI ROBOT KUKA KR5-2 ARC HW	10
5.1 SESTAVNI DELI ROBOTA KUKA KR5-2 ARC HW.....	11
5.2 OSI ROBOTA.....	12
5.3 DELOVNI PROSTOR ROBOTA	13
6 KRMILNIK KR C4.....	14
7 VARILNA MIZA DKP 400.....	15
8 GIBI ROBOTA	16
9 OBLIKE ZVAROV	19
9.1 SPREMINJANJE PARAMETROV	20
10 ZVARI	21
11 ZAKLJUČEK	27
12 ZAHVALA.....	28
13 VIRI	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Frezalni robot Kuka KR150-2	4
Slika 2: Robotska celica izrisana v KUKA Sim Pro	5
Slika 3: Shema varjenja MIG/MAG-postopka.....	6
Slika 4:Izvor Fronius	8
Slika 5: Varilni robot KUKA	10
Slika 6: Shema robota	11
Slika 7: Osi robota.....	12
Slika 8: Delovni prostor robota	13
Slika 9: Krmilnik KR C4.....	14
Slika 10: Varilna miza DKP400.....	15
Slika 11: Linearni gib	16
Slika 12: PTP-gib	17
Slika 13: Krožni gib	17
Slika 14: Uporaba gibov.....	18
Slika 20: Varjenje pod kotom 90°	21
Slika 21: Pravokotni zvar	21
Slika 22: Varjenje v nasprotni smeri urinega kazalca	22
Slika 24: Varjenje v smeri urinega kazalca	22
Slika 25: Varjenje pod kotom 45°	23
Slika 26: Zvar pod kotom 45°	23
Slika 27: Notranje varjenje.....	24
Slika 28: Notranji zvar	24
Slika 29: Ročni zvar	25
Slika 30: Varjenje brez vrtenja mize	25
Slika 31: Primerjava zvarov	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Osnovne komponente v celici	5
Tabela 2: Elementi MIG/MAG-varjenja	7
Tabela 3: Tehnični podatki varilnega izvora	9
Tabela 4: Specifikacije robota	10
Tabela 5: Sestavni deli robota	11
Tabela 6: Gibanje osi robota	12
Tabela 7: Sestavni deli mize.....	15
Tabela 8: Primerjava načinov varjenja.....	26

1 UVOD

Zanimajo nas avtomatizirani robotski procesi, varjenje z robotom in robotika, kar nas je pripeljalo do tega, da smo si zadali izpopolniti avtomatsko varjenje z robotom.

Avtomatizirano varjenje se največ uporablja v avtomobilski industriji, kjer štejeta kakovost zvara in hitrost samega varjenja. Vedno več je avtomatiziranih procesov varjenja, posledica tega je hitra rast proizvodnje, vendar pa s tem upada število delovnih mest varilcev.

V tej raziskovalni nalogi bomo predstavili MIG/MAG avtomatizirano varjenje, varilni aparat FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000, varilnega robota KUKA KR5-2 ARC HW z vrtljivo mizo DKP 400, programiranje, gibe robota in krmilnik KR C4.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Eden glavnih problemov robotizacije je zanesljivost robota v primerjavi z zanesljivostjo človeka, saj lahko ugotovimo, da je robot veliko zanesljivejši. Pri varjenju je varilec izpostavljen nevarnostim opeklin, poškodbi dihal in vida. To lahko povzroči delodajalcu velike stroške, predvsem če je delavec zaradi tega na bolniški ali če se je na delu poškodoval. Človek se pri delu tudi utruja, kar posledično zmanjša kakovost njegovega dela. Potrebuje tudi čas za malico, v tem času proizvodnja stoji. Robot lahko vari 24 ur na dan in 7 dni na teden, kar zelo poveča njegov čas delovanja. Delodajalec torej z robotom doseže večjo produktivnost, kakovost in tudi cenovno ugodnost na daljši časovni rok. Naleteli smo tudi na problem, kako zavariti zvar okroglih obdelovancev oziroma polizdelkov, saj nam sam robot, KUKA KR5-2 ARC HW, pod določenim kotom tega ne omogoča.

1.2 HIPOTEZE

Zadali smo si zvariti čim bolj optimalno zvarjeni polizdelek oziroma obdelovanec. To smo poskušali narediti na več načinov, in sicer:

- Z robotsko mizo DKP 400
- Varjenje z robotsko mizo pod kotom 45°
- Brez robotske mize
- Ročno varjenje
- Varjenje notranjosti okroglih obdelovancev
- Različne smeri varjenja

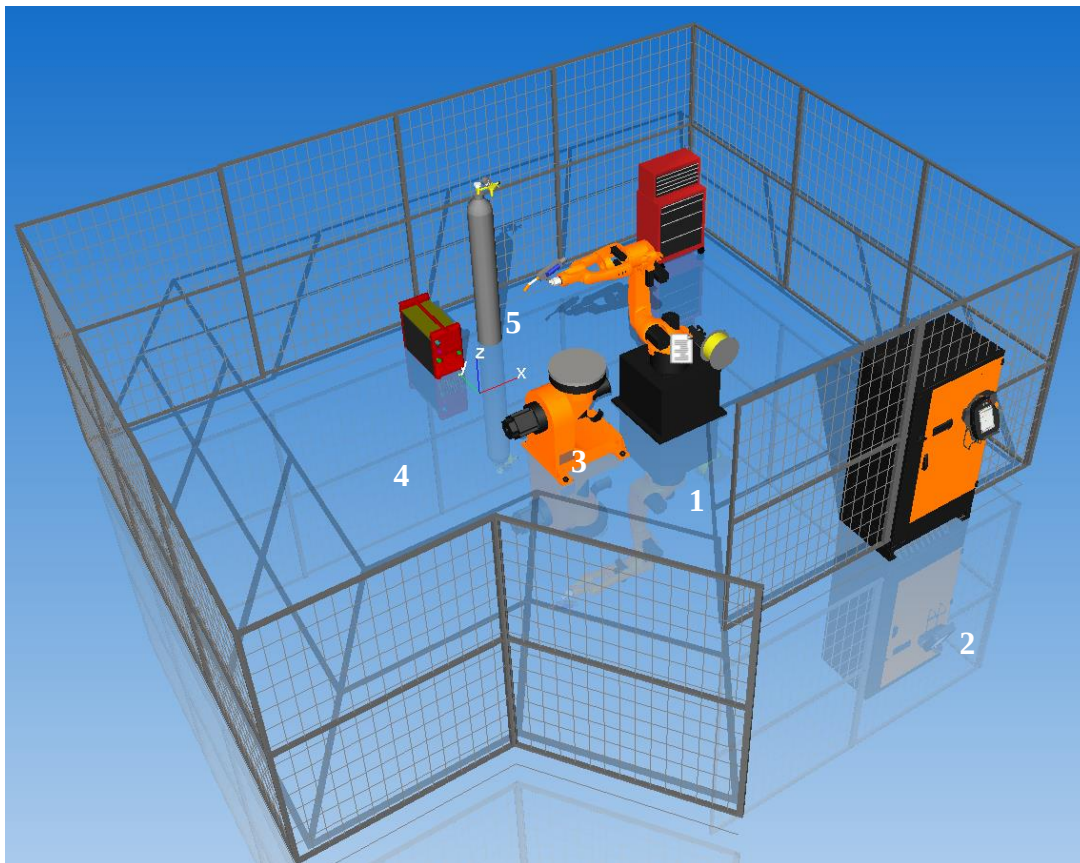
1. 3 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovanju smo uporabili več vrst metod raziskovanja. Na začetku sta nam mentorja predstavila osnove programiranja robota. Najprej smo programirali v simulaciji s programom KUKA Sim Pro. Ko smo simulacijo obvladali, smo začeli programirati dejanskega robota (KR150-2). Nanj smo namestili flomaster, s katerim smo risali po tabli, ki smo jo namestili na vpenjalno mizo frezalnega robota. Nato sta nam mentorja predala literaturo, s katero smo se naučili uporabljati programske stavke za varjenje (na robotu KR5-2 ARC HW) in kako spreminjati parametre na varilnem izvoru TransPuls Synergic 4000. Kasneje pa smo začeli primerjati različne zware.



Slika 1: Frezalni robot Kuka KR150-2

2 ROBOTSKA CELICA



Slika 2: Robotska celica izrisana v KUKA Sim Pro

Robotsko celico smo izrisali s pomočjo programa KUKA Sim Pro, da nazorno prikažemo osnovne komponente, ki so potrebne pri robotskem varjenju.

Tabela 1: Osnovne komponente v celici

Številka	Komponenta
1	Varilni robot KR5-2 ARC HW
2	KUKA KRC-krmilnik
3	Varilna miza KUKA DKP 400
4	Varilni izvor FRONIUS
5	Jeklenka, polnjena z argonom

3 MIG/MAG-VARJENJE

Pri varjenju smo uporabljali MIG-postopek, ki je primeren za varjenje visoko legiranih jekel, nerjavnih jekel, aluminija in njegovih zlitin ter bakra in njegovih zlitin.

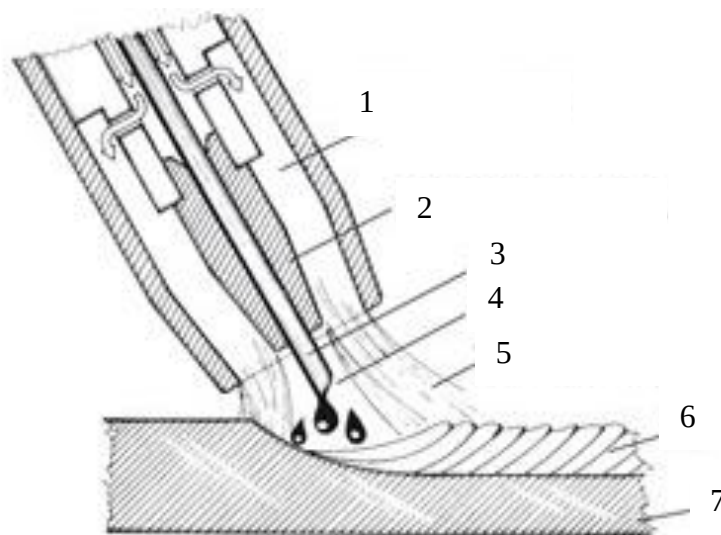
Poleg MIG-postopka poznamo tudi MAG-postopek, ki se uporablja za varjenje konstrukcijskih jekel (jeklenih konstrukcij) in tanjših pločevin (v avtokleparstvu).

Pri obeh postopkih potrebno toploto za taljenje materiala dobimo z električnim oblokom, ki gori med varilno žico in zvarjencem. Namesto oplasčene elektrode uporabljamo bakreno varilno žico, navito na kolutu. Žica se med varjenjem tali kot material za dodajanje, zato jo s posebnim pogonom potiskamo v držalo elektrode. V držalo dovajamo poleg žice tudi električni tok in zaščitni plin. Žica je med varjenjem 10 do 15 mm iz držala in mora biti iz istega materiala kot zvarjenec.

Med varjenjem zaščitni plin obliva varilno žico in zvar. Plin stabilizira oblok in preprečuje oksidacijo zvara (podobno kot plašč elektrode pri elektroobločnem varjenju).

Pri obeh postopkih uporabljamo za varjenje enosmerni tok. Prvi pol priključimo na varilno žico in drugega na zvarjenec.

Potisni mehanizem podaja žico z enakomerno hitrostjo v držalo. Varilna žica je navita na kolutu, zato je varjenje hitro in brez prekinitev (ni treba menjavati elektrod). Kakovost zvara je boljša kot pri elektroobločnem varjenju, predvsem pa ni nobenega dela z odstranjevanjem žlindre.



Slika 3: Shema varjenja MIG/MAG-postopka

Tabela 2: Elementi MIG/MAG-varjenja

Številka	Element
1	Plinska šoba
2	Kontaktna cevka
3	Varilna žica
4	Električni oblok
5	Zaščitni plin
6	Zvar
7	Varjenec

4 FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000

Fronius TransPuls Synergic 4000 je varilni aparat, ki nam omogoča pulzno varjenje do 400 A. Varilni aparat je v celoti digitaliziran in mikroprocesorsko nadzorovan, razpršila in impulzni loki omogočajo najboljše varjenje v vseh pogledih. Z močjo 400 A TransPuls Synergic 4000 izpolnjuje najvišje zahteve v industriji, gradbeništvu. Večprocesna moč je primerna za MIG/MAG, TIG in elektrodno varjenje, prav tako pa tudi za ročno ali robotsko varjenje.



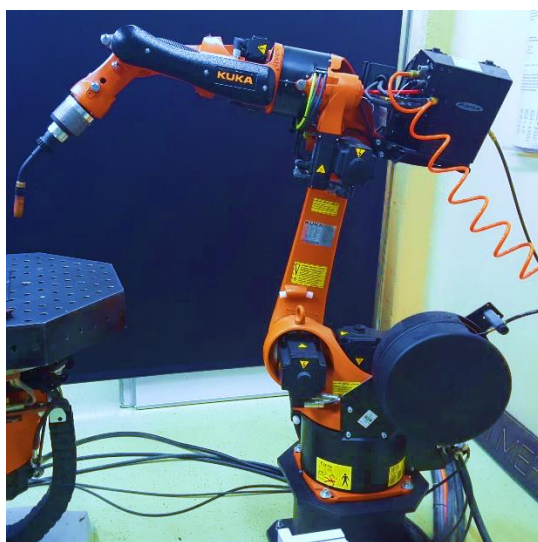
Slika 4:Izvor Fronius

Tabela 3: Tehnični podatki varilnega izvora

TEHNIČNI PODATKI	
Napetost	3 x 400 V
Napetostno odstopanje	−15% / +15%
Frekvenca	50/60 Hz
Tokovna varovalka	35 A
Delovno območje MIG/MAG	3–400 A
Delovno območje TIG	3–400 A
Delovno območje elektrod	10–400 A
Delovna napetost MIG/MAG	14,2–34,0 V
Delovna napetost TIG	10,1–26 V
Delovna napetost elektrod	20,4–36 V
Faktor zaščite	IP 23
Hlajenje	vodno
Teža	35,2 kg

5 VARILNI ROBOT KUKA KR5-2 ARC HW

V raziskovalni nalogi smo za varjenje uporabili robota KUKA KR5-2 ARC HW z votlim zapestjem. Ta nova vrsta robota ponuja številne nove funkcije. 50-milimetrska odprtina v zapestju nam omogoča napeljavo, potrebno za varjenje (varilna žica, plin). S tem zaščitimo napeljavo pred mehanskimi poškodbami, nepotrebno upogibanje žice pa je v tem primeru manjše. Robot ima šest hitrih delovnih osi in je enostaven za programiranje.

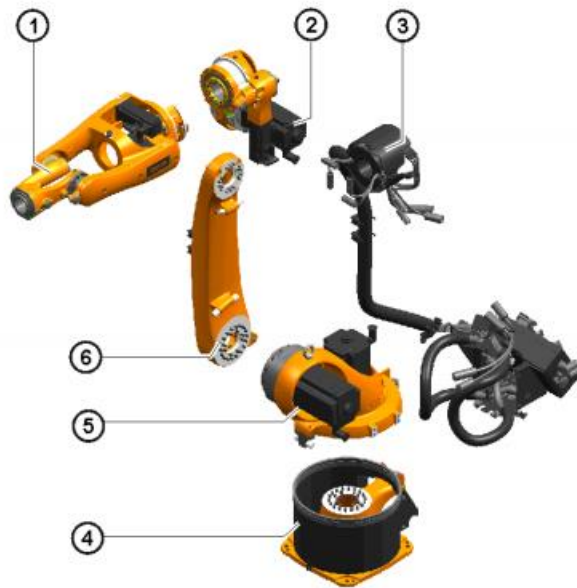


Slika 5: Varilni robot KUKA

Tabela 4: Specifikacije robota

Nosilnost	5 kg
Maksimalni doseg	1423 mm
Število osi	6
Teža	126 kg
Možnost vgradnje	Tla, strop
Krmilnik	KRC4
Faktor zaščite	IP 54

5.1 SESTAVNI DELI ROBOTA KUKA KR5-2 ARC HW



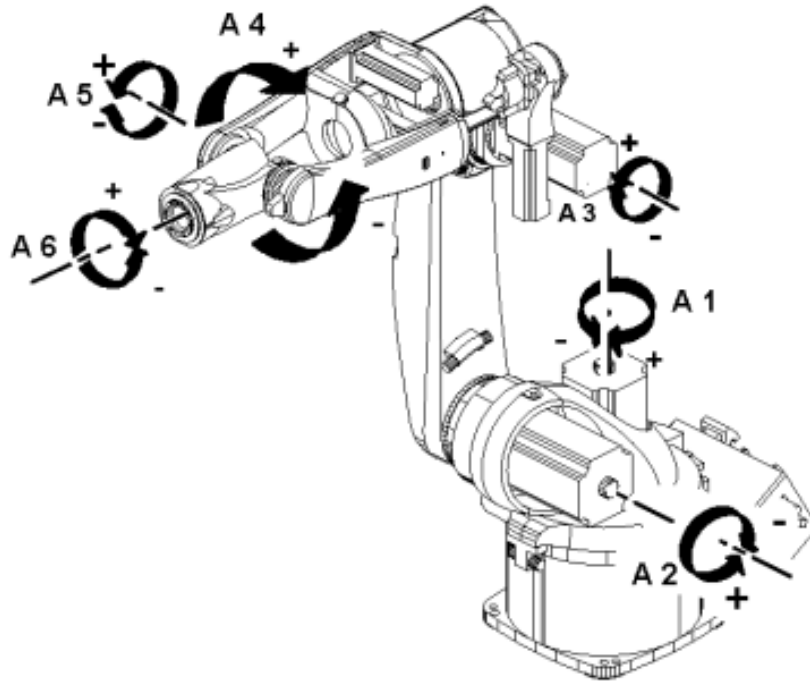
Slika 6: Shema robota

Tabela 5: Sestavni deli robota

Številka	Sestavni del
1	Votlo zapestje
2	Roka
3	Električna napeljava
4	Podstavek
5	Vrtljiv steber
6	Navpična roka

5.2 OSI ROBOTA

Slika prikazuje osi robota. Te nam dovoljujejo, da se robot giblje v mnogo smeri. Ima šest osi, ki jih lahko obrača v smeri urinega kazalca in nasprotni smeri. Osi poganjajo servomotorji, ki omogočajo natančno pozicioniranje, hitro premikanje in podajajo njegovo trenutno pozicijo.



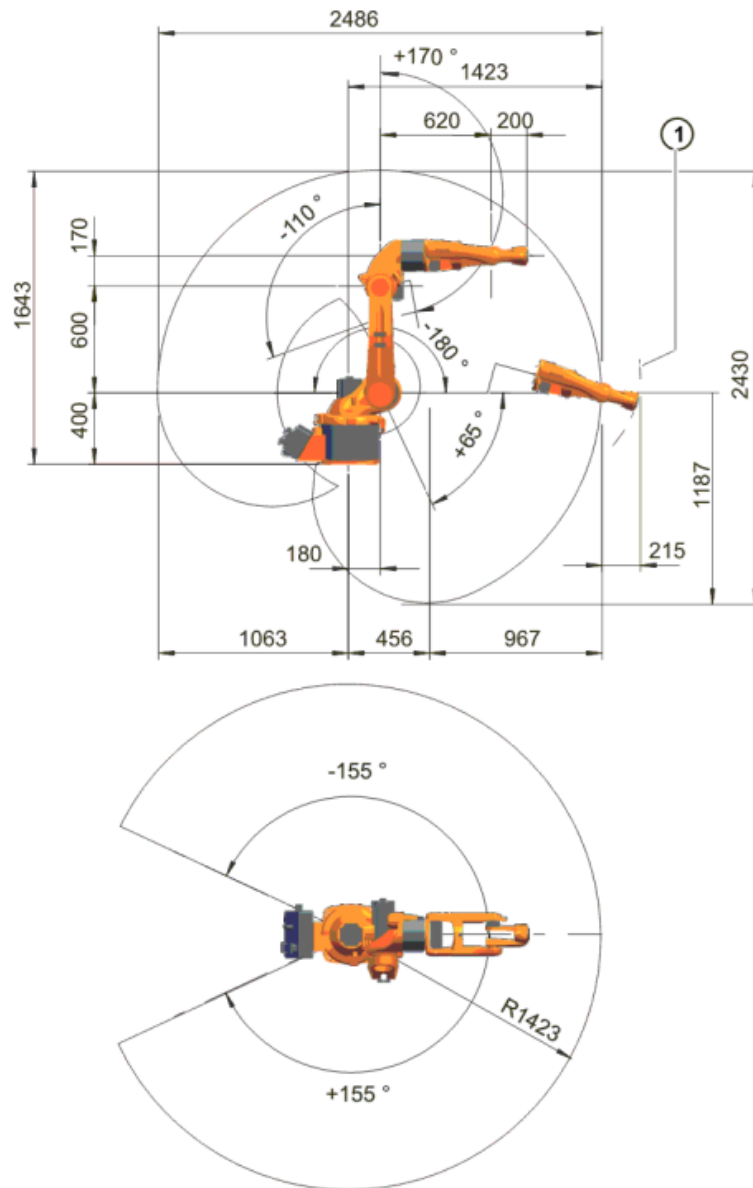
Slika 7: Osi robota

Tabela 6: Gibanje osi robota

Os	Programska omejitev gibanja	Hitrost
1	$\pm 155^\circ$	$156^\circ/\text{s}$
2	od $+65^\circ$ do -180°	$156^\circ/\text{s}$
3	od $+170^\circ$ do -110°	$227^\circ/\text{s}$
4	$\pm 165^\circ$	$390^\circ/\text{s}$
5	$\pm 140^\circ$	$390^\circ/\text{s}$
6	Ni omejitve	$858^\circ/\text{s}$

5.3 DELOVNI PROSTOR ROBOTA

Slika prikazuje velikost robota in njegov delovni prostor. S tem prikazuje, kje se lahko giblje in kolikšen je doseg vrha orodja ter kje so njegove meje premikanja.



Slika 8: Delovni prostor robota

6 KRMILNIK KR C4

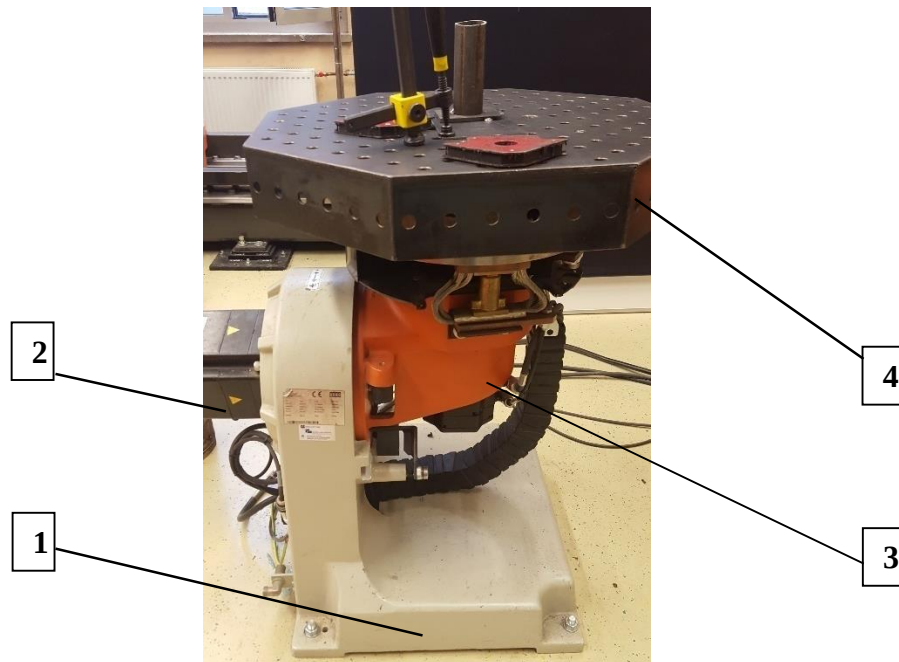
KUKA KR C4 je krmilnik, s katerim smo vodili robota. V njegovi omari je napajalnik, računalnik, »servodriverji«, komunikacijski moduli itd. Komunikacija poteka preko Ethernet povezave. Krmilnik je hiter in enostaven za uporabo, ima veliko kompatibilnosti s predhodnimi programi, kot na primer KR C2. Robot, njegovo premikanje, procesi in varnostna kontrola so v enem kontrolnem sistemu. Med moduli poteka »real-time« komunikacija, kar pomeni, da ni zakasnitev. Programski del ima tudi integriran požarni zid za boljšo internetno varnost. Ima tudi veliko zmogljivost na majhnem prostoru.



Slika 9: Krmilnik KR C4

7 VARILNA MIZA DKP 400

Pri varjenju smo uporabljali tudi varilno mizo DKP 400. Miza ima dve vrtljivi osi, ki nam omogočata lažje varjenje z robotom, na primer okroglih elementov. Ena os vrti mizo v smeri urinega kazalca in obratno. Druga os pa nagiba mizo do 45° na levo in desno stran. Da nebi prišlo do poškodb mize, je njeno gibanje programsko omejeno.



Slika 10: Varilna miza DKP400

Tabela 7: Sestavni deli mize

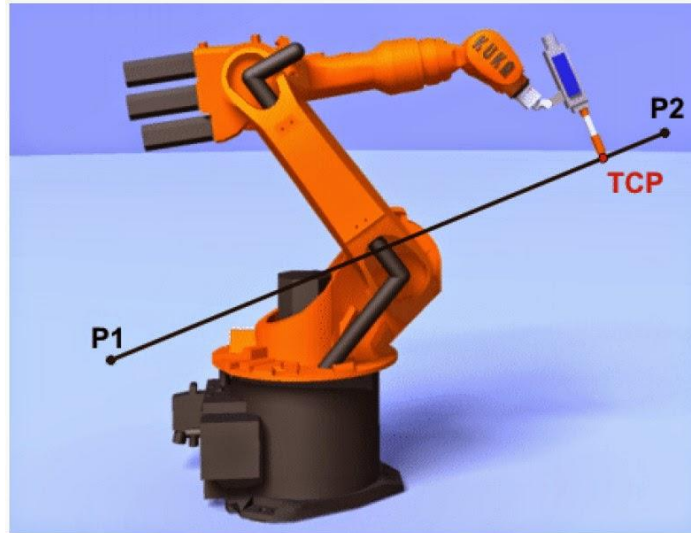
Številka	Ime elementa
1	Podnožje
2	Naklonska os
3	Vrtljiva os
4	Vpenjalna miza

8 GIBI ROBOTA

Poznamo več gibov, ki jih lahko uporabimo za gibanje robota:

- LIN:

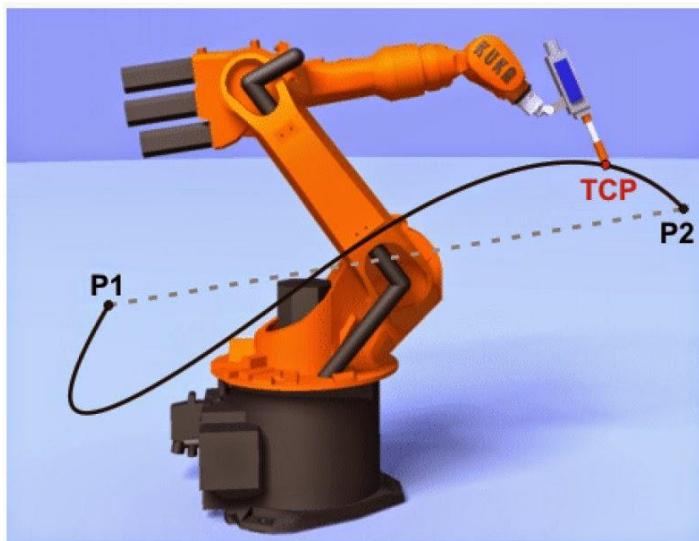
Linearni gib uporabljamo tam, kjer želimo, da se vrh orodja giblje po daljici. Ta gib je zelo uporaben pri varjenju in premikanju najrazličnejših predmetov, kjer je pomembno, kje se robot giblje in da se na svoji poti ne zaleti.



Slika 11: Linearni gib

- PTP (»point to point«):

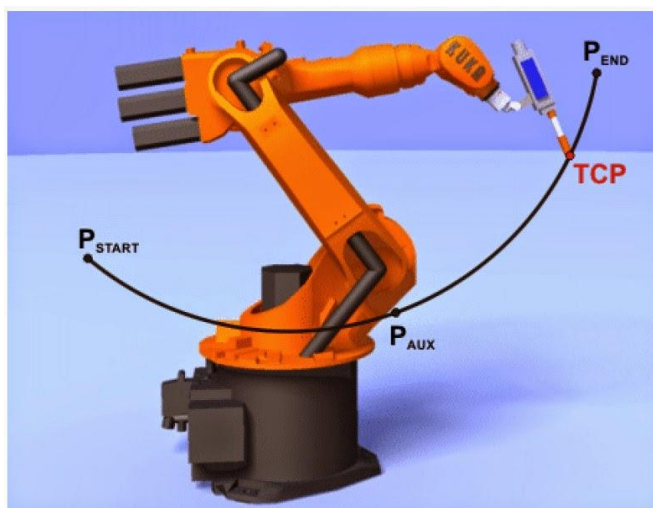
Gib PTP oziroma »od točke do točke« je najhitrejši gib, ki ga uporabljamo takrat, kadar nas ne zanima, kakšno pot opravi vrh orodja. Ko uporabljamo takšen gib, se moramo zavedati, da se robot lahko zaleti. Zaradi tega v njegovem delovnem prostoru ne sme biti ovir. Pri takšnem gibu se vse osi, ki so potrebne pri premiku, gibljejo z največjo dovoljeno hitrostjo in ne čakajo drugih osi.



Slika 12: PTP-gib

- CIRC:

»Cirkularni« oziroma krožni gib uporabljamo, kadar želimo, da se vrh orodja giblje po krožnici. Da robot opravi takšno pot, mu moramo vnesti dve točki, in sicer vmesno »AUX-point« in končno točko »END-point«. Če želimo, da vrh orodja naredi celoten krog, moramo uporabiti dva krožna giba.



Slika 13: Krožni gib

Za varjenje z robotom se poleg zgoraj predstavljenih gibov uporabljajo tudi ukazi »ARC ON«, »ARC SWITCH« ter »ARC OFF«.

Pri ukazu »ARC ON« izberemo debelino, višino, hitrost, vrsto zvara in »Job«. Ko uporabimo ta ukaz, bo robot varil vse predstavljene gibe.

Pri uporabi »ARC SWITCH« spremenimo parametre, nastavljene z »ARC ON«.

Ukaz »ARC OFF« pa uporabljamo za zadnji gib varjenja oziroma z njim nehamo variti.

Spodnja slika prikazuje uporabo predhodno predstavljenih gibov. Prvi narejeni gib je približevanje obdelovancu na približno 2 cm. Ta gib je »PTP«, saj je najhitrejši.

Gib številka 1 je linearni, pri tem uporabimo »ARC ON« ter se približamo obdelovancu.

Gib številka 2 je krožni gib.

Za tretji gib smo uporabili »ARC SWITCH« ter linearni gib. Pri uporabi »ARC SWITCH« smo spremenili parametre, ki smo jih nastavili z »ARC ON«.

Pri gibu s številko 4 smo zopet spremenili parametre z »ARC SWITCH«, uporabili pa smo linearni gib.

Zadnji gib varjenja oziroma gib s številko 5 je krožni gib z ukazom »ARC OFF«, da se varjenje zaključi.

Nato pa smo robota vrnili v začetno pozicijo.



Slika 14: Uporaba gibov

9 OBLIKE ZVAROV

Pri varjenju z robotom poznamo več oblik zvarov:

- Navadno varjenje



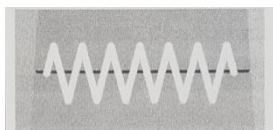
- Asimetrično trapezno varjenje



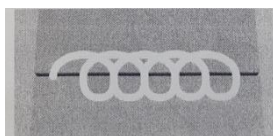
- Simetrično trapezno varjenje



- Trikotno varjenje



- Spiralno varjenje



9.1 SPREMINJANJE PARAMETROV

Da bi dobili kvalitetnejše in lepše zware, smo se odločili, da bomo spreminjali parametre varilnega aparata.

Preden smo se tega lotili, smo morali spremeniti nastavitve robota. Aktivirali smo izhode, ki nam omogočajo upravljanje s TransPlus Synergic 4000 med delovanjem robota.

Na varilnem aparatu smo najprej izbrali vrsto varjenja. Izbirali smo med impulznim in enosmernim varjenjem.

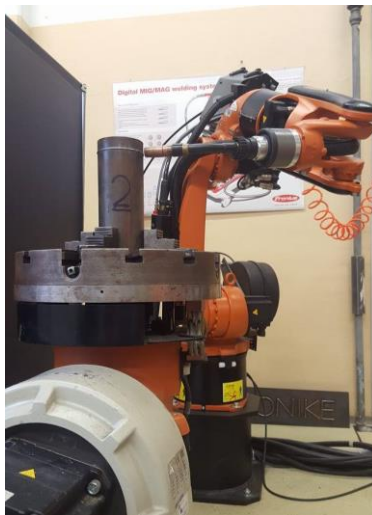
Nato smo izbirali parametre in jih spreminjali. To so bili varilna napetost, tok, višina zvara, hitrost varjenja, hitrost podajanja žice, material in njegova debelina itd.

Ko smo bili zadovoljni z izbranimi parametri, smo jih morali še shraniti in programirati na robota. To smo storili tako, da smo pritisnili tipko v spodnjem levem kotu. Če je »Job« še prost, se na zaslonu napiše »nPG«. Programirali pa smo tako, da smo pridržali isto tipko. Držali smo jo tako dolgo, dokler se na zaslonu ni izpisalo »PrG«, kar pomeni, da so bili parametri uspešno shranjeni v določeno številko »Job-a«.

10 ZVARI

Za nalogo smo si zadali zvariti več različnih zvarov, na različne načine:

- Pri prvem zvaru smo uporabili robota in varilno mizo, s katero smo krožno varili kovinski obdelovanec. Varjenje je bilo pod kotom 90° , miza pa se je vrtela v nasprotni smeri urinega kazalca. To varjenje se je izkazalo za enega boljših načinov. Zvar je enakomeren ter natančen. Programiranje je bilo enostavno in hitro, prav tako tudi čas varjenja.



Slika 15: Varjenje pod kotom 90°



Slika 16: Pravokotni zvar

- Varjenje je bilo pravokotno, miza pa se je vrtela v smeri urinega kazalca. Varjenje je bilo skoraj enako kot v prvem primeru. Edina razlika je, da se je miza vrtela v drugo smer, zato je drugačen samo vzorec zvara.



Slika 17: Varjenje v nasprotni smeri urinega kazalca

- Varjenje je bilo enako predhodnima, v spodnjem primeru smo spremenili samo parametre. Spremenili smo hitrost varjenja, napetost in posledično tudi tok varjenja.



Slika 18: Varjenje v smeri urinega kazalca

- V tem primeru smo varili s pomočjo mize, ki je opravljala krožni gib in je bila pod kotom 45° . Ta zvar se je izkazal za najboljšega, saj je zelo enakomeren in kakovosten. Programiranje je bilo zahtevnejše in daljše v primerjavi s prejšnjimi primeri, saj je bilo potrebno nastaviti kot med varjencem in orodjem.



Slika 19: Varjenje pod kotom 45°



Slika 20: Zvar pod kotom 45°

- Varjenje znotraj obdelovanca in krožni gib mize. To varjenje se je izkazalo za dokaj neuporabno, saj nam orodje ne omogoča posega globlje v obdelovanec. Je pa uporabno, če ne želimo, da se zvar pozna na zunanji strani.



Slika 21: Notranje varjenje



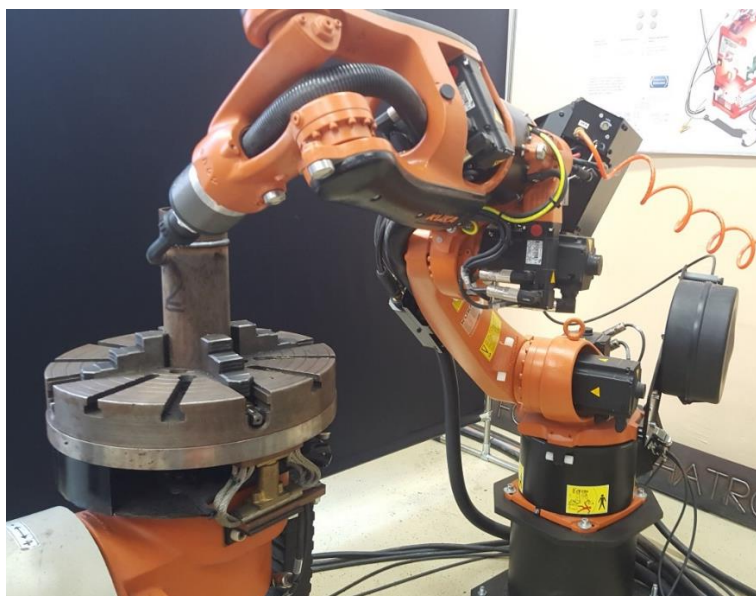
Slika 22: Notranji zvar

- Ročno varjenje se je izkazalo kot neenakomerno ter nenatančno. Poraba varilne žice je v tem primeru večja, tudi čas varjenja je daljši, kar pomeni večje stroške varjenja.

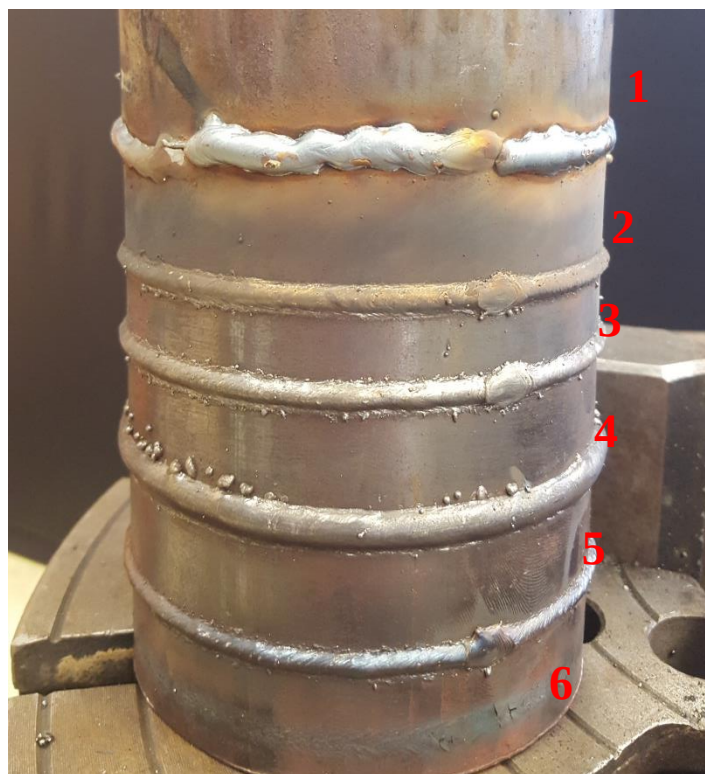


Slika 23: Ročni zvar

- Poskusili smo zavariti obdelovanec brez vrtenja mize, torej mora vse gibe opraviti robot. Izkazalo se je, da s tem robotom takšen način varjenja okroglih obdelovancev skoraj ni mogoč, zato nam ta način varjenja ni uspel, saj robot nima dovolj velikega dosega, da bi lahko obdelovanec, vpet na varilni mizi, zavarili. Če bi imeli večjega robota oziroma robota z večjim dosegom, pa bi bilo to mogoče. Čas samega programiranja je bistveno daljši.



Slika 24: Varjenje brez vrtenja mize



Slika 25: Primerjava zvarov

Tabela 8: Primerjava načinov varjenja

Številka	Način varjenja
1	Ročno varjenje
2	Varjenje pod kotom 90° v smeri urinega kazalca
3	Varjenje pod kotom 90° v smeri urinega kazalca z večjo hitrostjo varjenja
4	Varjenje pod kotom 45°
5	Varjenje pod kotom 90° v nasprotni smeri urinega kazalca
6	Notranje varjenje

11 ZAKLJUČEK

Ob zaključku raziskovalne naloge smo ugotovili, da vseh zastavljenih hipotez ne moremo izpolniti. Najboljši zvar smo pridobili z uporabo robotske mize, ki je bila pod kotom 45° . Kakovosten zvar smo dobili tudi pri vrtenju robotske mize, ki je bila obrnjena navpično, varili pa smo pravokotno na obdelovanec. Ročno varjenje je veliko težje, manj zanesljivo oziroma manj kakovostno, neenakomerno ter neestetsko. Pri poskušanju varjenja brez robotske mize smo naleteli na težavo, da nam robot ne omogoča varjenja okoli okroglega obdelovanca oziroma nam robot zaradi svoje velikosti tega ni omogočal, saj smo imeli preveč težko dostopnih mest. Pri varjenju notranjosti okroglih obdelovancev smo težko dostopali do njihove notranjosti. Dosegli smo zelo majhno globino in ugotovili, da je takšno varjenje zelo neuporabno. Takšno varjenje pa je dobro, kadar želimo skriti zvar. Pri različnih smereh varjenja pa smo ugotovili, da ni večjega vpliva na zvar.

12 ZAHVALA

Zahvaljujemo se profesorjema mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž., ter Mateju Vebru, univ. dipl. inž., ki sta nam pomagala pri reševanju težav, ki so se pojavile, in nas spodbujala pri raziskovanju ter pri delu. Zahvaljujemo se jima tudi za gradivo, ki sta nam ga posredovala.

Zahvaljujemo se tudi gospe Brigiti Renner, prof., ki je naše delo lektorirala.

13 VIRI

- [1] VEBER, M. in GLAMNIK, A. *Robotika*. interno gradivo, 2016.
- [2] RUPNIK, D. *Navodila za nastavljanje TransPlus Synergic 4000*. interno gradivo, 2015.
- [3] MIG/MAG-varjenje (online). 2014. (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:
<http://www.gradim.si/naredi-sam/varjenje-mig-mag-tig-postopek.html>
- [4] Specifikacije KUKA KR 5-2 arc HW varilni robot (online). 2011. (citirano 2. 3. 2016). Dostopno na naslovu:
http://www.robotwelding.co.uk/Spec_KR_5_arc_HW_en.pdf
- [5] Krmilnik KUKA KR C4 (online). 2013. (citirano 2. 3. 2016). Dostopno na naslovu:
<http://www.robotwelding.co.uk/welding-robots.html>
http://www.robotwelding.co.uk/KR_C4_en.pdf
- [6] Gibi robota (online). 2013. (citirano 2. 3. 2016). Dostopno na naslovu:
<http://mkmra2.blogspot.si/2015/01/robot-programming-using-kuka-prc.html>
- [7] KUKA KR 5-2 arc HW varilni robot (online). 2015. (citirano 23. 2. 2016). Dostopno na naslovu:
http://www.kuka-robotics.com/usa/en/products/industrial_robots/special/arc_welding_robots/kr5_arc_hw/
- [8] KUKA DKP 400 varilna miza (online). 2015. (citirano 22. 2. 2016). Dostopno na naslovu:
http://www.kuka-robotics.com/germany/de/products/addons/positioner/2_axis/PA_Content_Dreh_Kipp_Positionierer.htm