

ŠOLSKI CENTER VELENJE
STROJNA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 Velenje
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA
**ALI JE LAHKO SIMULACIJA VARJENJA Z ROBOTOM
REALISTIČNA?**

Tematsko področje: STROJNIŠTVO

Avtorja:

Maks Meh, 4. letnik

Žan Pavič, 4. letnik

Mentor:

Jože Hrovat, dipl. inž. strojništva

Velenje, 2017

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Strojni šoli, in na Medpodjetniškem izobraževalnem centru (MIC).

Mentor: Jože Hrovat, dipl. inž. strojništva

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	ŠC Velenje, šolsko leto 2016/2017
KG	Varjenje/Simulacija/Robot/Robotika/Programiranje
AV	Meh, Maks/Pavič, Žan
SA	Hrovat, Jože
KZ	3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
ZA	ŠC Velenje
LI	2017
IN	ALI JE LAHKO SIMULACIJA VARJENJA Z ROBOTOM REALISTIČNA?
TD	Raziskovalna naloga
OP	VII, 43 strani, 37 slik, 9 virov
IJ	SLO
JI	SLO/EN

AI Varjenje je pogosto fizično naporno delo, ki zahteva od varilca tudi veliko mero natančnosti.

Marsikateri kovinski proizvod, ki ga je potrebno variti, se izkaže pri ročnem varjenju za prekomerno zahtevnega oziroma je delo tudi zelo zamudno, zato si v sodobni proizvodnji obdelave kovin ter izdelovanja kovinskih izdelkov pomagamo z roboti za varjenje. Ti zagotavljajo večje hitrosti, večjo natančnost ter visoko prilagodljivost sistema, kar poenostavi proizvodnjo in pogosto skrajša izdelovalne čase. Robot za varjenje je tako najboljša rešitev za sodobno spajanje kovin oziroma sodobno proizvodnjo kovinskih izdelkov ter polizdelkov.

Robot za varjenje je še vedno zgolj stroj, zato zahteva izurjenega operaterja, ki je v končni fazi tisti, od katerega je odvisno, kako bo robot opravil svoje delo – je nadzornik, brez katerega ne gre. Torej, da vpeljemo varilnega robota v proizvodni sistem, je potrebno izobraziti strokovnjake, ki obvladajo tako programiranje kot tudi postopke varjenja, kar pa je lahko za marsikatero firmo zamudno in drago. V raziskovalni nalogi sva se tako s sošolcem lotila problema, kako se s čim nižjimi stroški, čimbolj realistično in z obstoječim robotom učimo programiranja varilnega robota.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND ŠC Velenje, school year 2016/2017
CX Welding/Simulation/Robot/Robotics/Programming
AU Meh, Maks/Pavič, Žan
AA Hrovat, Jože
PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
PB ŠC Velenje
PY 2017
TI **CAN BE A SIMULATION OF WELDING WITH ROBOT REALISTIC?**
DT Research work
NO VII, 43 pages, 37 pictures, 9 sources
LA SLO
AL SLO/EN

AB Welding is often physically demanding and requires a high degree of a welder's accuracy. Many metal products, which are going to be welded, turn out as over-demanding and also time-consuming work. This is the reason why in modern production of metal processing and manufacturing of metal products robots are used for welding. Robots provide higher speed, greater accuracy, and high flexibility of the system, which simplifies the manufacture and often shortens fabrication time. Nowadays, a welding robot represents the best solution for joining metals as well as for modern production of finished products and half-products.

But a welding robot is still only a machine which requires a trained operator, on whom the robot's performance depends. He is a supervisor, without whom the company cannot do the job. To introduce a welding robot into the production system, it is necessary to educate/train professional experts in both the field of programming as well as welding processes, which can be time-consuming and expensive for companies. In the research project we dealt with the problem how to – with minimal cost and in real environment – learn to programme an existing robot to weld.

Kazalo

1	UVOD.....	1
1.1	HIPOTEZE	2
2	ZGODOVINA INDUSTRIJSKE ROBOTIKE	3
3	NAVODILA ZA VARNO DELO Z ROBOTOM	4
4	RAZLOGI ZA UVAJANJE	5
5	OSNOVNE VRSTE ROBOTOV	6
5.1	KARTEZIČNI ROBOT	6
5.2	CILINDRIČNI ROBOT	6
5.3	SFERIČNI ROBOT	7
5.4	SCARA ROBOT	7
5.5	ARTIKULIRANI ROBOT	7
5.6	PARALELNI ROBOT	8
6	ZMOGLJIVOST INDUSTRIJSKIH ROBOTOV	9
7	ROBOTSKO VARJENJE.....	10
8	ZAGOTAVLJANJE STANDARDOV VARJENJA	11
9	OPREMA ZA VARJENJE	12
9.1	Gorilnik za varjenje	13
9.2	ROBOTSKA CELICA	13
9.3	DELOVNI PROSTOR ROBOTA	14
10	ROBOTIZACIJA VARJENJA.....	15
11	OSNOVE PROGRAMIRANJA INDUSTRIJSKEGA ROBOTA.....	16
11.1	RV – serija robotov Mitsubishi	16
11.2	KRMILNIK CR571	17
11.3	Učni panel za upravljanje in programiranje robotov	18
11.4	UKAZI upravljalne enote R32TB (sprednji del):	19
11.5	UKAZI upravljalne enote R32TB (zadnji del):	19
11.6	Program in programski jeziki	20
11.7	Melfa Basic IV	20
11.8	Zapis ukazov v programu Melfa - BASIC IV in pomen posameznih funkcij	21
12	TEHNIČNA IZVEDBA NALOGE	26

12.1	ODREZ ŽICE S ŠKARJAMI.....	31
12.2	IZVEDBA SIMULACIJE OBLOKA.....	31
12.3	PRETVORNIK ELEKTRIČNE NAPETOSTI	32
12.4	OMEJITEV LASERJA.....	33
12.5	MONTAŽA GORILNIKA ZA SIMULACIJO VARJENJA	34
12.6	VREDNOTENJE STROŠKOV IZDELAVE GORILNIKA.....	35
12.7	PROGRAMIRANJE.....	35
12.8	SNEMANJE TOČK NA ROBOTU	36
13	VREDNOTENJE REZULTATOV	37
14	ZAHVALA.....	38
15	LITERATURA.....	39
15.1	INTERNETNI VIRI	39
16	PRILOGE.....	40

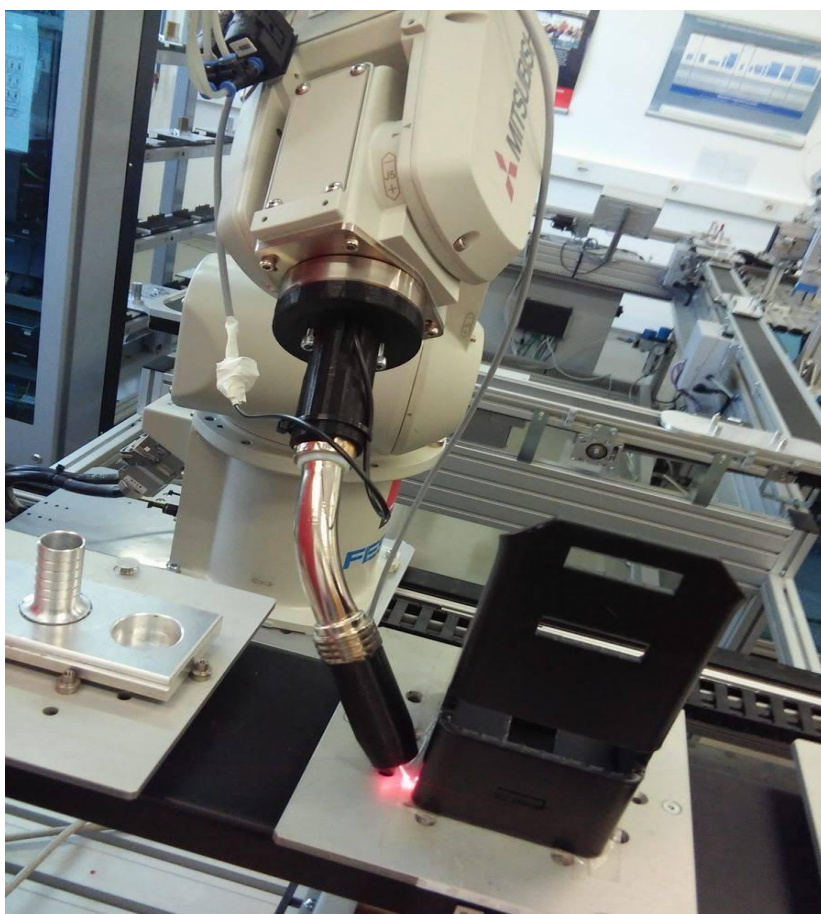
Kazalo slik

Slika 1: Prikaz simulacije varjenja	1
Slika 2: Kartezični robot	6
Slika 3: Cilindrični robot.....	6
Slika 4: Sferični robot	7
Slika 5: Scara robot	7
Slika 6: Artikulirani robot	8
Slika 7: Paralelni robot.....	8
Slika 8: Vrste sledenja trajektorije	11
Slika 9: Oprema za varjenje	12
Slika 10: Gorilnik za robotsko varjenje.....	13
Slika 11: Robotska celica	13
Slika 12: Delovni prostor robota	14
Slika 13: Varilni roboti.....	15
Slika 14: Robot Mitsubishi RV12	16
Slika 15: Krmilnik robota.....	17
Slika 16: Učni panel robota.....	18
Slika 17: Posamezne funkcije	20
Slika 18: Pot pomikov robota.....	23
Slika 19: Načrt prirobnice gorilnika.....	26
Slika 20: Načrt zaščitne šobe.....	27
Slika 21: Načrt ohišja gorilnika.....	28
Slika 22: Gorilnik	29
Slika 25: Škarje z rezili	30
Slika 26: Mehanizem za odrezavanje žice	31
Slika 27: Laserska luč	31
Slika 28: Pretvornik električne napetosti	32
Slika 29: Prikaz vhoda napetosti	32
Slika 30: Simulacija varilnega obloka.....	33
Slika 31: Ploščica za omejitev žarka	33
Slika 32: Prirobnica robota.....	34
Slika 33: Prirobnica gorilnika	34
Slika 34: Gorilnik	34
Slika 35: Shema programskega namizja	35
Slika 36: Simulacija varjenja varjenca z robotom.....	37
Slika 37: Prikaz varjenja.....	43

1 UVOD

Uporaba robotov v industriji se dnevno povečuje, saj je v svetu nameščenih že blizu 2 milijona robotov. Investicija v robotsko celico se zelo hitro povrne. Poznamo več tipov robotskih celic, ki so primerna za različna opravila: barvanje, sestavljanje, razvrščanje, obdelovanje in varjenje, ki pa je tudi največkrat uporabljena robotska aplikacija v industriji, predvsem zaradi slabih delovnih pogojev za delavce in visoke zahtevnosti dela. Delo z robotom in robotsko varjenje se še vedno razvija in uvaja v mnogih podjetjih. Avtomatizacija in robotizacija prinašata velike prednosti zlasti z vidika konkurenčnosti proizvodnje, saj v podjetju prinašata večji dobiček, nemoteno proizvodnjo ter veliko natančnost proizvodov.

V raziskovalnem delu je predstavljena 6 osna robotska roka, namenjena za manipulativna dela, ki pa sva jo opremila z gorilnikom za MIG varjenje in bo v uporabi za potrebe izobraževanja robotskega varjenja na šolskem centru Velenje.



Slika 1: Prikaz simulacije varjenja

1.1 HIPOTEZE

Najino projektno nalogo sva začela tako, da sva robota najprej opremila z varilno šobo, ki sva jo skonstruirala na SolidWorksu in natisnila na 3D tiskalniku. Nato sva v varilno šobo vstavila lasersko diodo, ki je nadomestila svetlobo obloka. Po vstavitvi laserske diode sva na programu Ciro's programming sprogramirala robota in ta program tudi preizkusila.

Zastavila sva si naslednje hipoteze:

- Ali lahko narediva realistično varilni gorilnik s 3D tiskalnikom?
- Ali lahko simuliramo svetlobo obloka pri varjenju?
- Ali lahko s 3D natisnjeno varilno šobo in simulacijo obloka realistično simuliramo varjenje z robotom?
- Ali lahko ustvarimo simulacijo s stroški, nižjimi od 50 €?

V šolah je učenje varjenja z robotom (simulacija) zelo priporočljivo, saj za delo ne potrebujemo zaščitnih sredstev, kot so rokavice, maska in zaščitni plini. Simulacija je veliko cenejša kot realistično varjenje in tudi veliko bolj prijazna okolju.

2 ZGODOVINA INDUSTRIJSKE ROBOTIKE

Robotika je med vsemi tehnologijami tista, ki v ljudeh še vedno vzbuja največ domišljije, ob tem pa tudi zelo različna čustva, od navdušenja do strahu. Po drugi strani so najbolj nazoren dokaz, kaj lahko ustvarita človeški um in znanje. V sebi združujejo ogromno naprednih tehnologij, od mehanike do računalništva, že danes pa jih srečamo kot nepogrešljive pomočnike na zelo različnih področjih rabe, vse bolj tudi v domačem okolju. Za razliko od računalništva smo tu šele na začetkih razvoja in z obeti, da to postane najpomembnejša tehnologija današnje dobe.

Malo je stvari na svetu, ki so tako univerzalno razpoznavne, a hkrati še vedno tako redke, kot roboti. Lahko bi ocenili, da danes praktično vsakdo pozna pomen besede robot in zna vsaj nekaj povedati o njih. Zasluga gre dolgi zgodovini in prizadevanjem ljudi, da bi ustvarili umetno, domnevno bolj zmogljivo, trpežno in morda celo bolj pametno kopijo samih sebe.

V sodobnih časih se je pojmovanje robotov prvič pojavilo s češkim pisateljem Karlom Čapkom, ki je besedo prvič omenil v svoji znameniti knjigi leta 1920.

Razlog, da roboti niso že danes množično med nami tudi v vsakdanjem življenju, je njihova kompleksnost. Malo je področij, kjer je potrebnih toliko različnih znanj, tehnologij in inovacij kot na področju robotike. Toda prav v tem je velik čar, ki daje navdih številnim znanstvenikom in vse bolj tudi podjetnikom, da premikajo naprej mejo možnega.

Za razumevanje robotov je smiselno začeti pri njihovi zgradbi. Ogrodja so praviloma mehanski sestavni deli, ki omogočajo, da se robot giblje v okolju in opravlja svojo nalogo. V večini primerov gre za kompleksno interakcijo med posameznimi sestavnimi deli ogrodja, ki so med sabo povezani z elektromotorji in različnimi hidravličnimi podsistemi, s katerim omogočimo gibanje.

Na številnih področjih rabe je zahtevano, da robotske naprave opravljajo opravila, ki so preveč zahtevna in pretežka za ljudi, zato je tu ključnega pomena njihova vzdržljivost, a obenem tudi velika natančnost. Roboti danes pogosto opravljajo ponavljajoče se delo, pri čemer pričakujemo, da je rezultat dela vselej ponovljiv in predvidljiv. Majhna odstopanja namreč lahko čez čas povzročijo velike nepravilnosti delovanja, napake v izdelkih ali še kaj hujšega.

Da bi vse skupaj delovalo usklajeno, srečamo v povezavi z roboti drugo skupno sestavino, in to so razna tipala, s katerimi roboti lahko vselej preverjajo svoj položaj, okolico, stanje izdelka, ki ga obdelujejo, in druge parametre za svoje delovanje. V bistvu so tipala ekvivalent človeških čutil, s tem da so pogosto številčnejša, natančnejša in zmogljivejša kot človekove sposobnosti. Tipala omogočajo, da se roboti znajo prilagajati okoliščinam, popravljajo napake, samodejno umerjajo in v končni fazi celo razpoznavajo predmete ter okolico okoli sebe.

3 NAVODILA ZA VARNO DELO Z ROBOTOM

Na prvem mestu je vedno varnost, zato je potrebno, da se vsak operater podrobno seznaní z varnostnimi navodili za delo z robotom.

Nevarnost za operaterja predstavljajo:

- premikajoči in vrteči se deli stroja, ki lahko operaterja zgrabijo ali udarijo,
- neurejena in slabo razsvetljena okolica stroja, ki ovira operaterja pri njegovem delu,
- nestrokovno in nespametno ravnanje operaterja ob stroju,
- nevarnost stiska prstov oziroma roke.

Kaj moramo vedeti in storiti pred začetkom dela robotu:

- Delo na robotu je dovoljeno le strokovno usposobljenim in pooblaščenim osebam;
- Delo z robotom je prepovedano nepooblaščenim osebam, osebam, ki so pod vplivom močnih zdravil, poživil, alkohola ali hudim stresom;
- Z robotom bomo delali oblečeni v ustrezni, prilegajoči zaščitni obleki;
- Dolge lase, če jih imamo, bomo speli in zaščitili z ustreznim pokrivalom;
- Preverili bomo izpravnost robota ter prisotnost in izpravnost na njem montirane varovalne opreme;
- O odkritih neizpravnostih ali okvarah takoj obvesti učitelja;
- Počistiti eventualno neurejeno okolico in prižgati potrebno razsvetljavo;
- Varovalne opreme ob robotu ni dovoljeno odstranjevati, tudi ne z namenom izboljšanja pristopa ali preglednosti;
- Preprečiti moramo, da bi robot s svojim delom koga oviral ali ogrožal;
- Okolice stroja naj bo čista, urejena in razsvetljena, razlite tekočine takoj pobriši, obdelovance, orodja in izdelke pa odlagaj na zanje določena mesta;
- Vnašanje pijače in hrane v laboratorij je strogo prepovedano.

Kaj moramo in česa ne smemo storiti med delom robota:

- Ne zapuščaj robota ko ta obratuje;
- Nikoli ne zaženi robota, če nisi program testiral in pregledal v koračnem načinu;
- Nikoli samostojno ne daj robota v avtomatski način - pokliči učitelja;
- Ne posegaj z roko v delovno območje stroja;
- Ne sklanjaj se nad robota, ko ta obratuje;
- Ne čisti in ne popravlaj robota ali periferne enote med obratovanjem robota;
- Obdelovance in orodja odlagaj na v ta namen določeno mesto;
- Ob kakršni koli nejasnosti zahtevaj navodilo od predpostavljenega.

Po delu je potrebno:

- pregledati orodje, ga odstraniti iz vpenjal in shraniti na predvideno mesto,
- izklopiti glavno stikalo in periferne naprave na robotu.

Kaj sploh je robot?

Robot je programabilen, večnamenski mehanizem s tremi ali več stopnjami gibanja, namenjen premikanju in ravnanju z različnimi materiali, deli ali orodji. Programabilen pomeni, da lahko robotu spremenimo potek njegovih gibov brez fizičnega kontakta z mehanizmom. Stopnje gibanja ali osi gibanja nam opišejo gibanje robotskega mehanizma. Premiki v oseh gibanja so lahko rotacijski (kot pri nihalu) ali linearni. Industrijski manipulatorji so večinoma 6-osni (ti lahko dosežejo katero koli točko s poljubno orientacijo) in so sestavljeni iz baze, roke in zapestja. Robotska roka poskrbi za pozicijo, zapestje pa za orientacijo orodja, ki je nameščeno na vrhu robota. Skupaj popolnoma določita lego orodja. Človeška roka (rama, komolec in zapestje) ima sedem osi gibanja. Čeprav za doseg katere koli točke potrebujemo zgolj tri, nam dodatne osi gibanja omogočajo različne orientacije dosega iste točke. O robotu lahko govorimo tudi s tehničnega vidika. Tu pravimo, da je robot v splošnem nek sistem, ki vključuje naslednje tri glavne sklope oz. dele:

- mehanski del (segmenti, motorji, zavore),
- informacijski del (krmilnik, računalnik, umetna inteligenca),
- senzorji (sile, momenti, pospeški, hitrost, pomik, umetni vid itd.).

4 RAZLOGI ZA UVAJANJE

Čeprav so roboti v današnjem času že nekaj povsem samoumevnega, se moramo vseeno vprašati, kateri so tisti osnovni vzroki za tako hiter razvoj robotizacije na že skoraj vseh možnih področjih. Vzroke lahko globalno razdelimo na tri glavne skupine: tehnični, ekonomski in sociološki.

TEHNIČNI VZROKI:

- večja zanesljivost delovanja,
- večja kvaliteta in natančnost izdelanega izdelka,
- adaptivnost (hitro spreminjanje izdelkov),
- ergonomija (velika bremena),
- enakomernost oz. hitrost dela.

EKONOMSKI VZROKI:

- večji zaslužek, dobiček preko večje produktivnosti,
- racionalizacija za uspešnejši boj proti konkurenci,
- nižanje produkcijskih stroškov,
- pomanjkanje delovne sile.

SOCIOLOŠKI VZROKI:

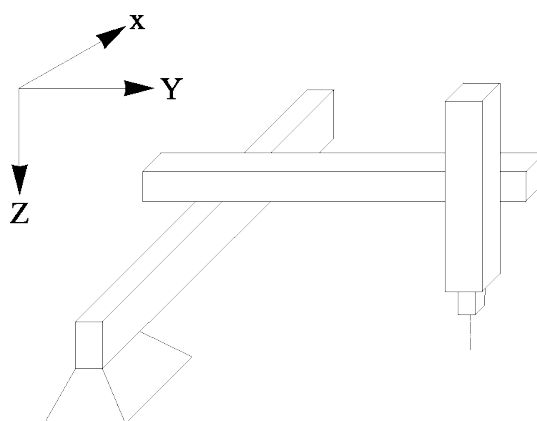
- neprimerno delovno okolje (strupi, vročina, umazanija, tlaki itd.),
- povečani varnostni ukrepi,
- večanje življenjskega standarda (osvoboditev človeka od monotonih del).

5 OSNOVNE VRSTE ROBOTOV

Obstaja kar nekaj različnih oblik industrijskih robotov, ki so s svojo zgradbo – strukturo – prilagojeni določenim tipom nalog.

5.1 KARTEZIČNI ROBOT

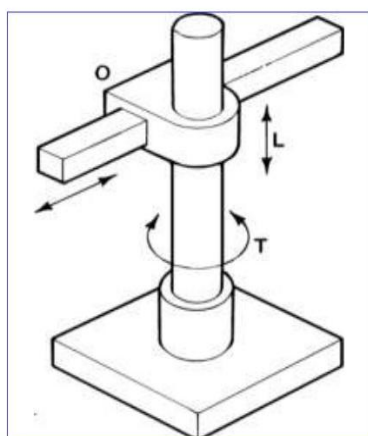
Kartezični robot je robot, namenjen prestavljanju, sestavljanju, obdelavi z odvzemanjem materiala ter celo obločnemu varjenju. Robotska roka tega robota je zasnovana tako, da je gibanje možno le v smereh kartezičnih koordinat (v 3D prostoru, kjer so osi x (dolžina), y (širina) ter z (višina) pravokotne med seboj). Robot ima tri translacijske prostostne stopnje.



Slika 2: Kartezični robot

5.2 CILINDRIČNI ROBOT

Večinoma se uporablja za rokovanje z izdelki ter točkovno varjenje. Prostostne stopnje robota so zasnovane tako, da tvorijo valjni (cilindrični) koordinatni sistem. Robot ima že eno rotacijsko stopnjo, ostali dve pa ostajata translacijski.

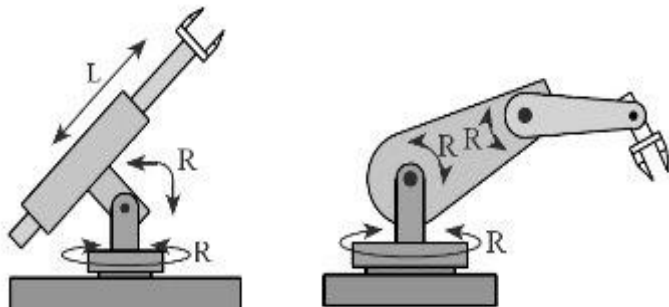


Cylindrical body-and-arm assembly (TLO)

Slika 3: Cilindrični robot

5.3 SFERIČNI ROBOT

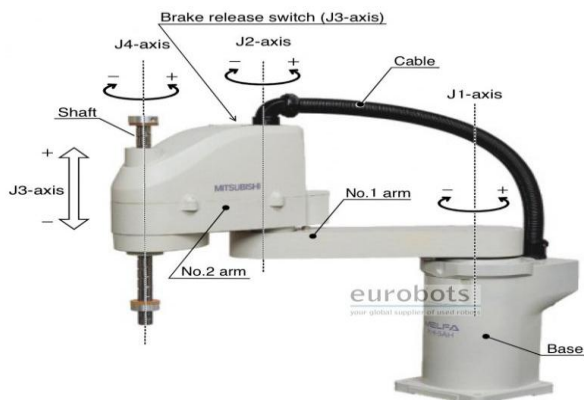
Imenovan je tudi kot polarni robot, saj osi gibanja tvorijo polarni oziroma krogelni koordinatni sistem. Robot ima dve rotacijski prostostni stopnji in le eno translacijsko, uporablja pa se predvsem za različne tipe varjenja.



Slika 4: Sferični robot

5.4 SCARA ROBOT

SCARA robot ima dve rotacijski prostostni stopnji, ki delujeta v isti, horizontalni ravnini, tretji, translacijski sklep, pa omogoča premikanje vrha robota pravokotno na to ravnino. Prav ta struktura omogoča večjo podajnost (mehkobo) glede na sile, ki delujejo v ravnini prvih dveh sklepov. Tako je robot bolj fleksibilen, kar omogoča, da se upogne in s tem kompenzira nenatančno pozicioniranje pri nalogah, ki zahtevajo tesno prileganje delov za sestavljanje.



Slika 5: Scara robot

5.5 ARTIKULIRANI ROBOT

Kombinirani robot je robotski manipulator, sestavljen iz samih rotacijskih prostostnih stopenj oziroma sklepov ter ima vsaj dva zaporedna rotacijska sklepa, ki se gibljeta okrog paralelnih osi. Ti sklepi so ponavadi povezani v obliki odprte kinematične verige (vrh robota je povezan le z enim, prejšnjim sklepom), torej prejšnji sklep določa položaj naslednjega in ga obenem tudi podpira. Ti roboti imajo najširše območje uporabe in so primerni za veliko nalog, kot so varjenje, barvanje, sestavljanje, premikanje, poliranje in podobno.



Slika 6: Artikulirani robot

5.6 PARALELNI ROBOT

Pravimo mu tudi paralelni manipulator. Je mehanizem v zaprti kinematični verigi, kar pomeni, da je vrh robota povezan z vzhajem (bazo) robota preko več kinematičnih verig. Ti roboti so zaradi velikega števila “nog”, ki podpirajo vrh robota, zelo strukturno trdni in natančni, predvsem pa tudi izjemno hitri. Uporabljajo se praviloma za manipulacijo objektov na tekočem traku v kombinaciji z uporabo strojnega vida, trenutno pa je popularna delta oblika.



Slika 7: Paralelni robot

6 ZMOGLJIVOST INDUSTRIJSKIH ROBOTOV

OBREMENITEV

Zraven delovnega prostora in orientacije prijemala je zelo pomembna lastnost robota tudi njegova dopustna obremenitev oziroma kakšno breme lahko prenaša po delovnem prostoru. Proizvajalec poda t. i. efektivno breme, ki ga robot lahko prenaša po vsem delovnem prostoru. Poleg skupne največje delovne obremenitve prijemala pa je zelo pomembno, kje se nahaja težišče prijemala z objektom, saj je potrebno paziti tudi na dovoljeni moment.

NATANČNOST POZICIONIRANJA

Proizvajalec poda za posamezni robot podatke, kako natančno ga je mogoče predstavljati iz enega položaja v drugega. Natančnost pozicioniranja po celotnem delovnem prostoru ni enaka, ker je odvisna od vpliva elastičnosti posameznih segmentov, lastnosti mehanike in posameznih sklepov, načina krmiljenja in seveda tudi od trenutno nameščenega bremena. Podatek o natančnosti, ki ga poda proizvajalec, mora veljati ne glede na obremenitev in položaj robota. Proizvajalci lahko podajo podatek o natančnosti na dva načina:

- natančnost pozicioniranja vrha robota oziroma težišča prijemala – v milimetrih,
- natančnost nastavljanja kota v posameznih sklepih – v radianih.

HITROST ROBOTA

Proizvajalci robotov navadno podajajo hitrost za rotacijske sklepe v stopinjah ali radianih na sekundo ter v milimetrih na sekundo za translacijske sklepe. Pri teh podatkih moramo biti zelo previdni, saj proizvajalec mnogokrat ne določi, v kolikšnem času robot doseže omenjeno maksimalno hitrost. Pogosto je ta maksimalna hitrost odvisna tudi od oblike in dolžine poti med dvema točkama v prostoru. Proizvajalec včasih tudi ne omenja, da se hitrosti ob sočasnem gibanju vseh osi lahko zmanjšajo.

ZANESLJIVOST

Zelo pomemben kazalnik pri nakupu robota je tudi zanesljivost, ki je določena s pogostostjo okvar. Zanesljivost lahko izrazimo z odstotkom časa, v katerem robot ne more opravljati zadane naloge. Seveda je pri vsakem zastoju pomembno poznati vzrok za zaustavitev. V industriji je bolj zanimivo spremljanje zanesljivosti celotne robotske celice ali linije, kjer robot predstavlja le del možnega vzroka za nedelovanje celice. Pogosto je delovanje samega robota dovolj zanesljivo, medtem ko posamezne aplikacije lahko povzročajo težave pri zanesljivem delovanju.

7 ROBOTSKO VARJENJE

Predstavlja rešitev v procesih, v katerih zahteve in potrebe presegajo človeške zmogljivosti po moči, natančnosti, hitrosti in neprekinjenemu izvajanju nekega procesa. V postopek proizvodnje pa prinaša številne prednosti:

- hitrejši varilni cikel,
- ponovljivost varov,
- boljša kakovost varov,
- varilne parametre lahko spreminjamo v vsaki točki,
- točnost,
- zvezno premikanje,
- odpornost na nevarna okolja,
- delovni proces lahko traja 24 ur na dan brez zaustavljanja in prekinitev,
- zanesljivost.

Robot poleg višje kakovosti zvara zagotavlja tudi boljšo učinkovitost delovnega procesa in zmanjšuje dobavne roke.

S sodobno varilno napravo poleg nižjih stroškov proizvodnje, ki pripomorejo k ugodni ceni končnega proizvoda, dosegamo tudi višje varnostne in zdravstvene standarde v delovnem procesu. Robotske tehnike varjenja zajemajo sledeče postopke:

- točkovno uporabno varjenje,
- elektroobločno varjenje v zaščitnem plinu MIG-MAG-TIG,
- lasersko varjenje.

Točkovno uporabno varjenje v robotiki se največ uporablja v avtomobilski proizvodnji za varjenje karoserije. Pločevinaste komponente morajo biti že predhodno pritisnjene druga ob drugo. Robot približa varilne klešče z elektrodami k točki, kjer se obe pločevini stikata (ležita ena na drugi). Bakreni elektrodi klešč stisneta pločevinasti komponenti v želeni točki uporabnega vara in spustita tok skozi elektrodi in obe plasti pločevin. Zaradi upornosti materiala se formira zvar, ki spoji pločevino.

Varjenje po MIG/MAG postopku je zaradi velike produktivnosti in ekonomičnosti med najpogosteje uporabljenimi varjenji v industriji. Je univerzalen postopek varjenja, nepogrešljiv v obrtnih delavnicah, pri vzdrževalnih delih, domači delavnici, avtokleparski delavnici in tudi v težki industriji. MAG postopek z zaščito z aktivnim plinom se uporablja za varjenje vseh vrst konstrukcijskih jekel, medtem ko je MIG postopek z zaščito z inertnim plinom primeren za varjenje nerjavnega jekla, aluminija in barvnih kovin.

Robotizirano varjenje po MIG/MAG postopku predstavlja napredno avtomatizacijo varjenja. Krmilje robotske celice ne nadzoruje le gibanja gorilnika, temveč tudi manipulacijo varjenca. Proces, kot je obločno varjenje, pa ni vedno popolnoma avtomatiziran, saj mora delavec včasih pripraviti obdelovance za varjenje. Robotizirano varjenje se uporablja za spajanje ukrivljenih površin, težje dostopnih varilnih mest in kjer je potrebnih več manjših zvarov v vse smeri, največ pa je v uporabi v avtomobilski industriji. Pri ročnem varjenju varilec hitreje opazi napake in jih lahko takoj popravi. Netočen izdelek pri robotskem varjenju pa predstavlja izmet, saj robot ni sposoben samodejno odpravljati napak. Robot pa je tudi nekajkrat hitrejši od človeka pri obdelovanju in kar je najpomembnejše, da ima zagotovljeno ponovljivost obdelave. Vedno vari enako, človek pa ni vedno enako zanesljiv in natančen.

Pozitivne lastnosti robotiziranega varjenja so:

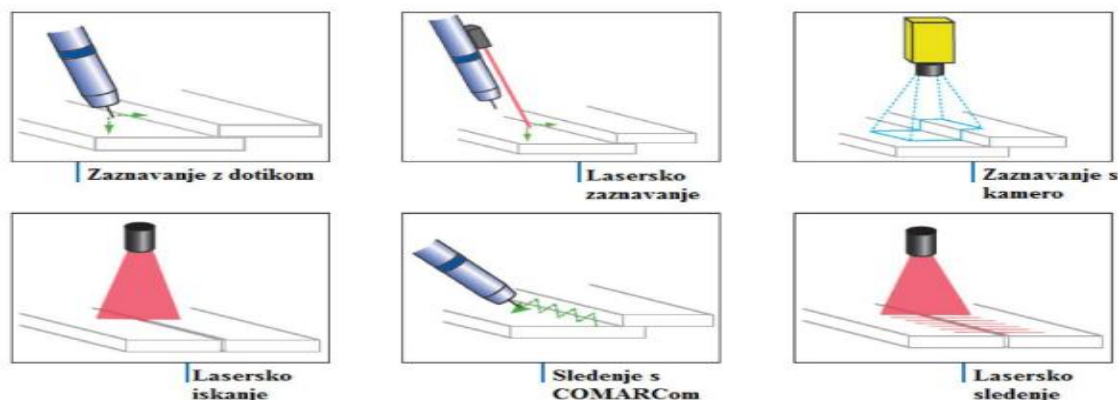
- razbremenitev delavcev,
- hitrejša izdelava obdelovancev in ponovljivost kvalitete obdelovanja,
- zvišanje produktivnosti in konkurenčnosti ter tudi znižanje stroškov.

Problem pri uvajanju robotskega varjenja v podjetje je začetna investicija, vendar se pri večjih serijah investicija kmalu amortizira.

8 ZAGOTAVLJANJE STANDARDOV VARJENJA

Pri robotskem varjenju je najpomembnejša zahteva kvalitetno varjenje v čim krajšem času. Pri vsakdanjem delovanju robota lahko pride do preobremenitev, zato je potrebno dnevno spremljanje pogojev varjenja, da je proces stabilen. Zelo pomembna je ponovljivost varjenja, ki je v idealnih razmerah med 0,02 in 0,08 mm. Do slabe ponovljivosti pride zaradi nenatančnosti varilnih priprav, neprimerne hlajenja varilnih priprav ali varilnih pištol. Varilna priprava mora biti zato izdelana natančno, da je pozicija varjencev vedno enaka. Tudi varjence je potrebno kontrolirati, da so izdelani znotraj toleranc. V avtomobilski industriji je v večini primerov pomemben čas cikla, da je robotska celica v celoti izkoriščena. To se zagotovi z optimizacijo programa ali strukture programa, ki pa mora biti časovno sinhroniziran z ostalo periferijo v celici, da se zagotovi največjo prepustnost in s tem tudi hitrost izdelave izdelka.

V osnovi naj bi bili vsi varilni spoji enaki. Določiti je potrebno oba kosa za varjenje in potek zvara. Vendar se deli razlikujejo in niso vedno postavljeni na enakem mestu. Pri sledenju vara pa si lahko pomagamo s funkcijami krmilnika ali z laserskim sledenjem.



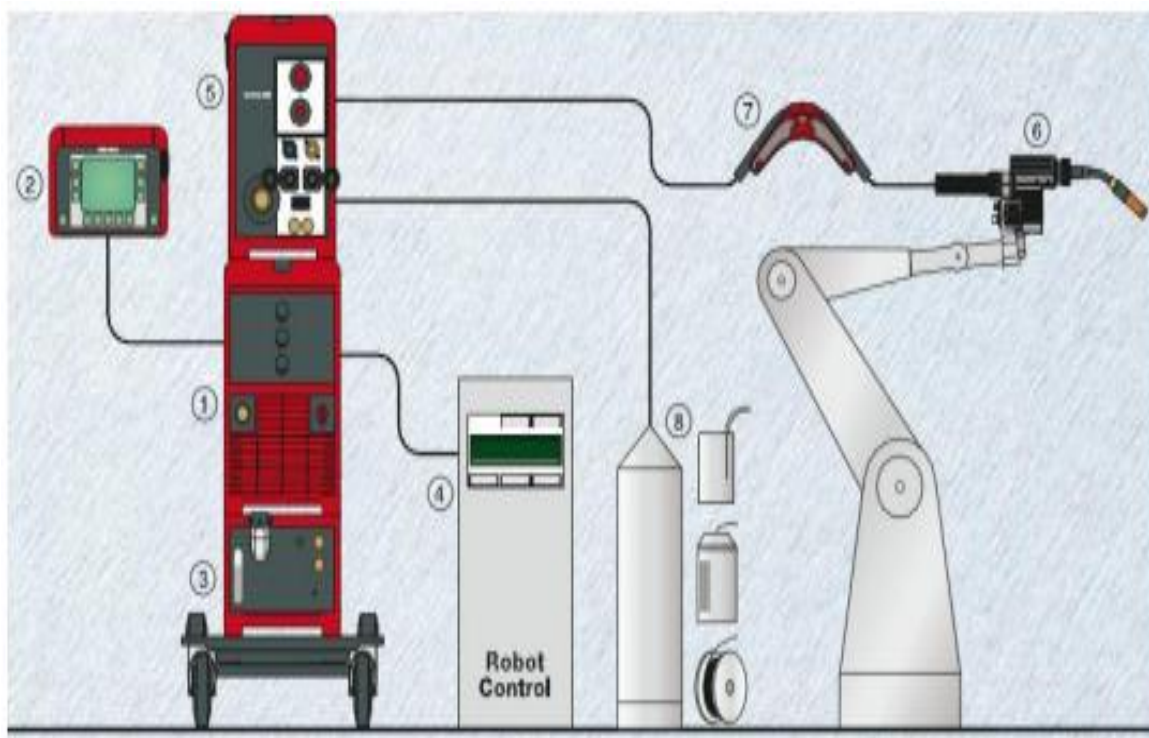
Slika 8: Vrste sledenja trajektorije

9 OPREMA ZA VARJENJE

Mig/Mag varilni aparat, ki omogoča varjenje po postopku MIG/MAG, ima ponavadi možnost pulznega varjenja, je večjih moči in vodno hlajen. Robotska roka omogoča samonadzorovano in natančno gibanje od točke do točke, ki jo vnesemo v program gibanja. Da lahko izvajamo postopek varjenja, potrebuje robot vgrajeno varilno instalacijo.

Varilna instalacija zajema naslednje komponente:

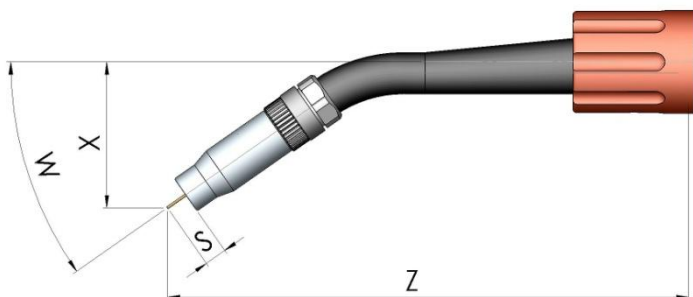
1. varilni aparat,
2. digitalno krmilno enoto, na njej nastavljamo varilne parametre, podajanje varilne žice in nadzorujemo proces varjenja,
3. hladilna enota, zagotavlja optimalno hlajenje,
4. robotska kontrolna enota,
5. podajalno krmilna enota, podajanje žice,
6. varilna pištola,
7. bumerang, zazna napake na sistemu podajanja žice,
8. zaščitni plin.



Slika 9: Oprema za varjenje

9.1 Gorilnik za varjenje

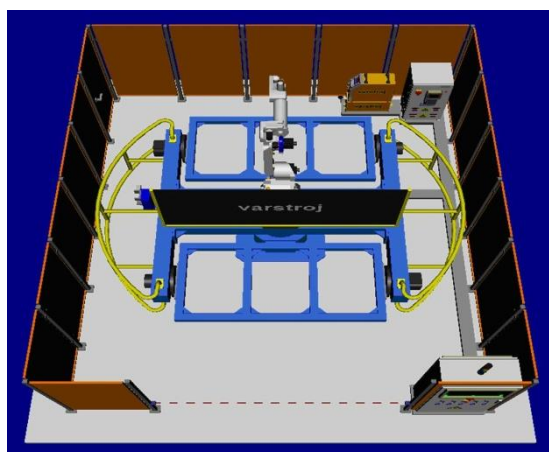
Robotska varilna pištola je v osnovi zgrajena enako kot pištole za varjenje po postopku MIG/MAG. Razlikuje se v obliki prijemale, ki je za robotsko varjenje prirejena za vpetje na robotsko roko. Pištola za robotsko varjenje nima vgrajene tipke za vzpostavitev varilnega obloka, ampak je ukaz za začetek varjenja vnešen v varilnem programu, ki ga ponavadi vnesemo na krmilniku.



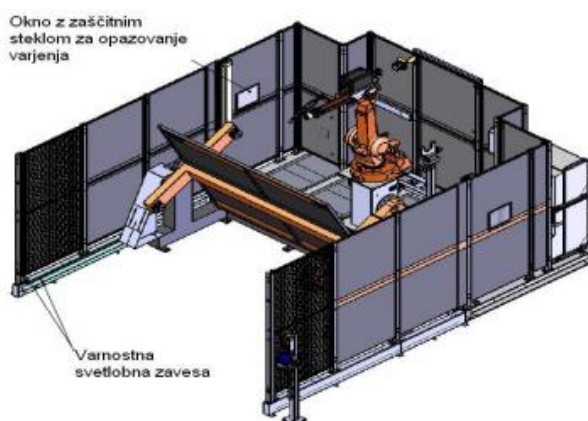
Slika 10: Gorilnik za robotsko varjenje

9.2 ROBOTSKA CELICA

Varilna robotska celica je prostor, v katerem se izvaja postopek varjenja in delovni gibi varilnega robota. Glavna naloga robotske celice je preprečitev vstopa v delovno okolje robota med njegovim obratovanjem. V ta namen so v varnostno ograjo vgrajene svetlobne varnostne zavese, ki ob kakršnikoli prekinitvi ustavijo delovanje robota. Na vsaki strani ima celica tudi vgrajena okna, skozi katera lahko opazujemo potek varjenja. Okna imajo vgrajena stekla, ki ščitijo oči pred svetlobnimi žarki varjenja. Nad celico je potrebna ventilacijska komora, ki vsesava škodljive pline, ki nastajajo med varjenjem.

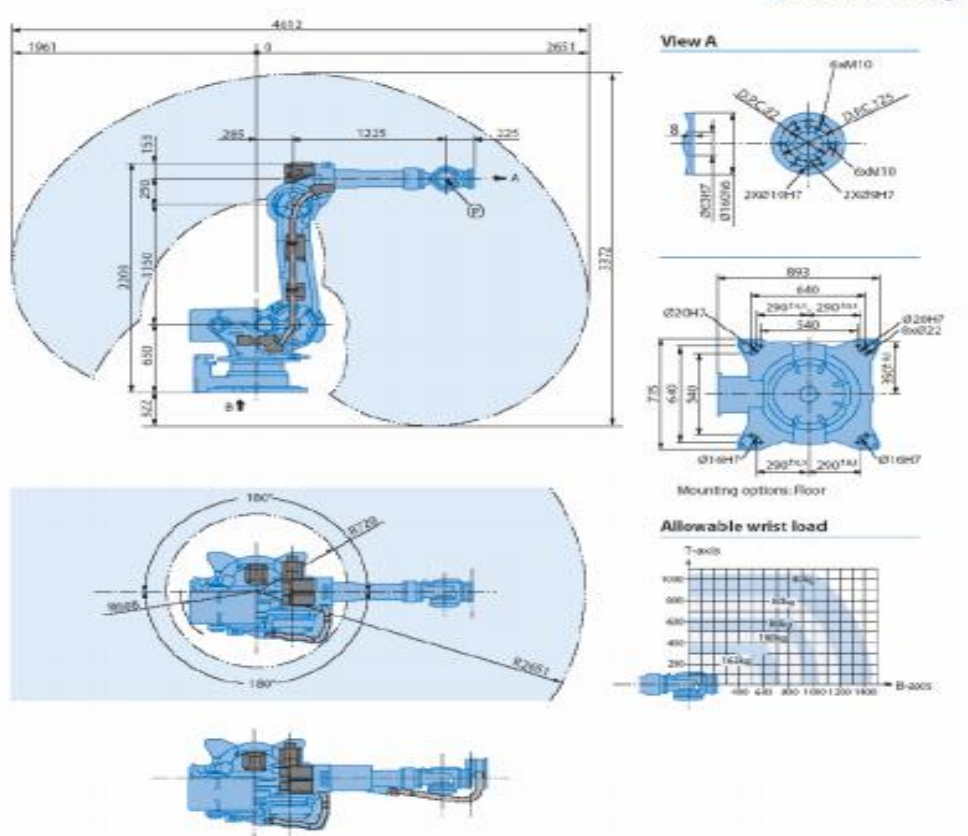


Slika 11: Robotska celica



9.3 DELOVNI PROSTOR ROBOTA

Robot pri zadani nalogi mora doseči različne predmete iz različne oddaljenosti. Na podlagi teh podatkov lahko definiramo delovni prostor robota. To je volumen prostora, v katerem se giblje. Tukaj so upoštewane tudi skrajne lege, ki jih lahko doseže. Večina robotov je sestavljena iz primarnega dela, to je roka, in sekundarnega dela, to je dlan oziroma prijemalo. Pri tem predstavlja roka večji del strukture, ki globalno premika dlan oziroma prijemalo. Prijemalo pa predstavlja manjši del strukture, ki je namenjena za premikanje v manjšem obsegu. Primarni delovni prostor takšnega robota je definiran na podlagi premikanja roke. Proizvajalci industrijskih robotov pogosto podajajo obliko in lastnosti delovnega prostora na grafičen način. Skoraj vedno proizvajalec poda stranski in tlorisni pogled delovnega prostora, kot je prikazano na sliki spodaj.



Slika 12: Delovni prostor robota

10 ROBOTIZACIJA VARJENJA

Z varilnimi roboti pridobimo predvsem na produktivnosti ob hkratnem dvigu kvalitete varjenja. Pred samo uvedbo robotizacije varjenja pa moramo prvič opraviti analizo potencialnih produktov, določiti gabarite za varjenje izdelkov ter minimizirati gabarite varilne robotske celice, del katerega so poleg samega varilnega robota še varilni izvor s pripadajočo varilno opremo, robotsko krmilje, pozicijske enote, varnostna ter ostala oprema. Sam robotski sistem pa ne bo deloval v skladu z zahtevami, če ne bo primerne sodelovanja med sistemskim inženiringom, pozicionirnim tehnikom in tehnologom varjenja.



Slika 13: Varilni roboti

Prednosti robotskega varjenja:

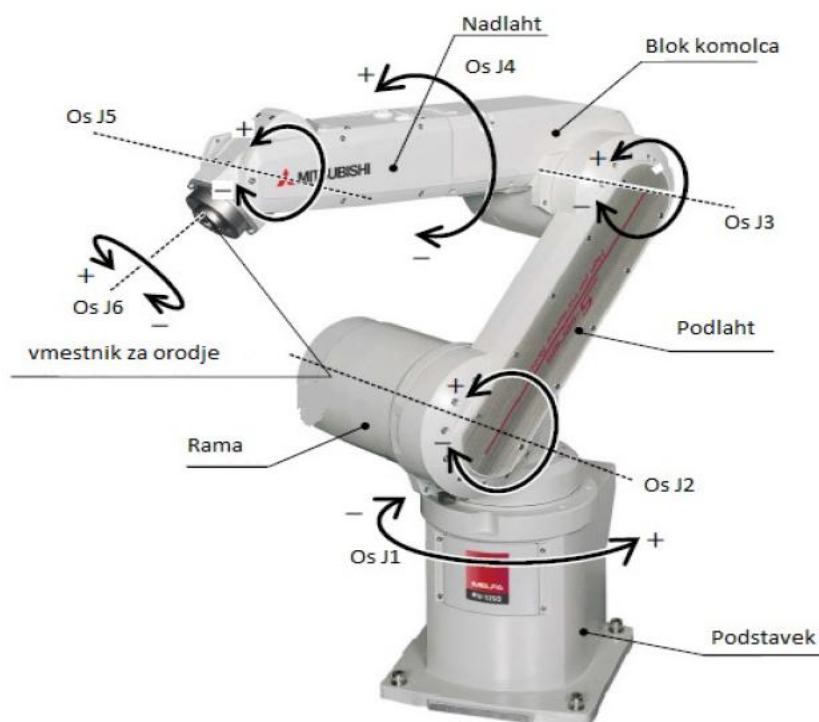
- kakovost zvara,
- ponovljivost,
- učinkovitost delovnega procesa,
- skrajša dobavne roke,
- nižja cena končnega izdelka.

11 OSNOVE PROGRAMIRANJA INDUSTRIJSKEGA ROBOTA

11.1 RV – serija robotov Mitsubishi

Roboti serije RV-3SD so bili zasnovani za preprosto integracijo v obstoječe avtomatizacijske celice. Sposobnost neposredne regulacije preko 32 lokalnih I/O točk robotu omogoča neposredno interakcijo s senzorji in aktuatorji, s čimer se pospeši in poenostavi izgradnja sistema. Sposobnost komunikacije z drugimi avtomatizacijskimi komponentami je pomembna lastnost vsake avtomatizacijske celice. Za ta namen je serija RV-3SD prilagojena za povezavo v tri najbolj razširjene omrežne sisteme: Ethernet, Profibus DP in CC-Link. Kadar gre za kompleksne avtomatizacijske celice, kjer je gibanje omejeno, ali pa so med delovnimi točkami večje razdalje, lahko roboti RV-3SD poleg svoje standardne robotske roke krmilijo še do osem dodatnih osi. Možna je interpolacija v dveh od teh dodatnih osi, s čimer se zagotovi preprosto in učinkovito premikanje okrog ovir. Ostalih šest osi se lahko uporablja na primer za premikanje robota po dodatni linearni osi med delovnimi postajami.

Serija RV tako ponuja visoko dinamične 5- in 6-osne robote z gibljivo roko za visoko stopnjo kakovosti. Čas cikla, ki znaša le 0,32 sekunde, povečuje produktivnost in s tem omogoča njihovo uporabo v sistemih, ki delujejo pri zelo visokih hitrostih. Struktura dvojne roke omogoča več gibanja, obenem pa zagotavlja tudi večjo stabilnost in vsestranskost. Odvisno od modela lahko roboti rokujejo z 2- do 20-kilogramskimi bremenami na razdaljah od 504 do 1503 milimetrov. Roboti serije RV- so primerni tudi za delo v zelo omejenih prostorih, tudi ko je potrebna stenska ali stropna namestitvev.



Slika 14: Robot Mitsubishi RV12

11.2 KRMILNIK CR571

Izbira krmilnika je odvisna od posameznega modela robota. Vendar pa se krmilnike CR1, CR1D, CR2D in CR3D programira v istem jeziku, ne glede na to, kateri robot je priključen nanje. Z vstavitvijo razširitevnih opsijskih kartic v reže krmilnika lahko pridobite dodatne funkcije za posebne vrste uporabe. Obstajajo na primer opsijske kartice za povezavo krmilnikov z različnimi omrežji in za krmiljenje dodatnih robotskih osi. V krmilnikih serije D so že standardno vgrajene nekatere funkcije, kot so npr. Ethernet in USB povezava, krmiljenje dodatnih osi preko SSCNETIII in vmesnika za priklop enkoderja za sledenje transportnega traku.

Za določanje robotovih delovnih položajev se lahko na vrata RS422 krmilnika priključi programabilno učno enoto. Slednjo se lahko uporablja tudi za testiranje celotnega programskega niza. Poleg USB in Ethernet vhoda krmilnik serije D razpolaga tudi z vhodom RS232C, ki omogoča povezavo z osebnim računalnikom. Na ta način je s pomočjo zmogljive programske opreme za osebni računalnik, z uporabniku prijaznim vmesnikom, mogoče razvijati programe ter izvajati 3D simulacije celotnih delovnih celic.



Slika 15: Krmilnik robota

11.3 Učni panel za upravljanje in programiranje robotov

Učni panel je večfunkcijski nadzorni in programski terminal za vse Mitsubishijeve robote. Na učni enoti je možno krmiljenje gibov robota, izvajanje obsežne diagnostike in nadzornih funkcij na vseh uporabniških ravneh. Vse varnostno-kritične funkcije, kot so na primer gibi robota, so dodeljene tipkam. Prek LCD zaslona in tipk je mogoče hitro in preprosto prilagajati in dostopati do funkcij za programiranje in nadzor.



Slika 16: Učni panel robota

Upravljalna enota R32TB je povezana s krmilnikom, krmilnik pa posledično z računalnikom.

11.4 UKAZI upravljalne enote R32TB (sprednji del):

- 1- **[Emergency stop]:** Servo pogoni na robotu se ugasnejo in delovanje se takoj ustavi.
- 2- **[Enable/Disable]:** Pritisnjen gumb zadaj omogočeno, onemogočeno dvignjen.
- 3- **[Enable]:** Ko je stikalo na sliki spodaj omogočeno/onemogočeno in je stikalo sproščeno oz. pritisnjeno, se robot takoj ustavi.
- 4- **LCD display panel.n:** Ekran, na katerem je prikazan status robota in različni meniji.
- 5- **Status display lamp:** Prikaz stanja robota.
- 6- **[F1], [F2], [F3], [F4]:** Izvedba funkcije.
- 7- **[FUNCTION]:** Na LCD zaslonu spremenimo funkcijo prikaza.
- 8- **[STOP] key:** Zaustavitev programa oz. robota.
- 9- **[OVRD ↑][OVRD ↓] key:** Spremeni hitrost gibanja. Hitrost povečujemo [OVRD ↑] ključ. Hitrost zmanjšujemo [OVRD ↓] ključ.
- 10- **JOG gumbi:** Premikanje robota z možnostjo vnašanja numeričnih vrednosti.
- 11- **[SERVO] key:** S pritiskom na ta gumb in hkrati na AA se bo vključil servo pogon.
- 12- **[MONITOR] key:** Prestavimo v monitor način, kjer so za ta način prikazani menuji.
- 13- **[JOG] key:** Prestavimo v JOG mode in način prikaza za ta mode.
- 14- **[HAND] key:** Prestavimo v HAND mode in način prikaza za ta mode.
- 15- **[CHAR]:** Spremenimo prikaz na zaslonu oz. spremembe med črkami in številkami.
- 16- **[RESET]:** Resetiranje po napaki. Pogoji, da je istočasno pritisnjen tudi EXE gumb.
- 17- **[↑] [↓] [←] [→] key:** Premaknemo kurzor v vsako smer.
- 18- **[CLEAR] key:** V poziciji, kjer se nahaja kurzor, izbrišemo eno polje (črko, številko ...).
- 19- **[EXE] key:** Potrditev operacije ob vnosu programa.
- 20- **Number/Character:** V poziciji, kjer se nahaja kurzor, izbrišemo črko, številko... Možnost vnosa številke oz. črke na mestu, kjer je kurzor.

11.5 UKAZI upravljalne enote R32TB (zadnji del):

- 2- **[T/B VKLOP]:** za ročno delovanje mora lučka goreti, pri avtomatskem delovanju pa naj bo izklopljena.
- 3- **[IZVRŠNO STIKALO]:** DRŽATI V SREDNJEM POLOŽAJU!

11.6 Program in programski jeziki

Robotski program je zaporedje ukazov v strojni kodi, ki jih lahko robotski krmilnik prebere in izvede. Pišemo jih s pomočjo robotskih jezikov. Za njih je značilno, da jih razvijajo podjetja, ki izdelujejo robote in so ponavadi uporabni samo za njihove robote.

11.7 Melfa Basic IV

Melfa Basic IV je programski jezik, zasnovan posebej za Mitsubishijeve robote. Z uporabo tega jezika je mogoče neposredno programirati robota, kakor tudi opravljati številne posebne funkcije.

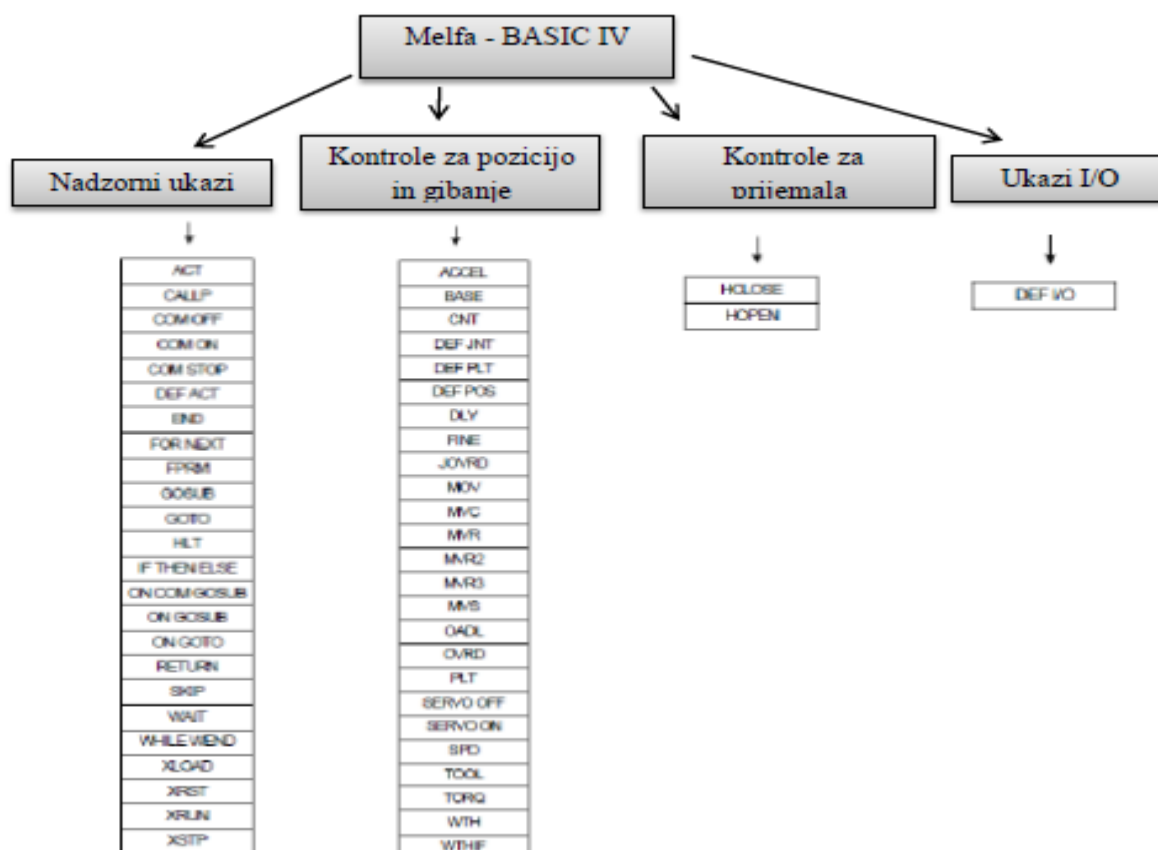
Programiranje robotov se lahko izvede na več načinov.

Najpogosteje se uporablja programiranje z uporabo upravljalne konzole, s kombinacijo konzole in računalnika ali pa z uporabo posebnih programov: COSIMIR/CIROS, MELFA ROBOT, ToolBox rt.

Za pisanje programov za robota uporabljamo ukazni jezik **MELFA –Basic IV**.

Ukaze tega programskega orodja lahko razdelimo na:

- nadzorne ukaze,
- ukaze položaja in gibanja,
- ukaze za prijemala,
- nadzor vhodnih izhodnih signalov I/O in
- ukaze za druge funkcije, na primer programiranje s spremenljivkami itd ...



Slika 17: Posamezne funkcije

11.8 Zapis ukazov v programu Melfa - BASIC IV in pomen posameznih funkcij

```
10 MOV P1 WTH M_OUT (6) = 1
  ↑   ↑   ↑   ↑
  1   2   3   4
```

- 1 - številka programske vrstice (številčenje poteka v naraščajočem vrstnem redu 1-32767), vrstica lahko vsebuje do 127 znakov in lahko vsebuje samo eno izjavo,
- 2 - glavni ukaz,
- 3 - parameter pozicije,
- 4 - dodatna navodila, ki se izvajajo vzporedno z ukazom gibanja (MOV, MVS, MVR, MVC).

Ukazi, katere sva najpogosteje uporabljala:

- MOV (Move): Osna interpolacija robotske roke;
- MVS (Move Straight): Linearna interpolacija robotske roke;
- DLY (Delay): Zakasnitev v sekundah;
- END (Program End): Konec enega cikla programa;
- CNT (Continuous): Neprekinjeno gibanje-glajenje;
- HOPEN (Hand Open): Odpri prijemalo;
- HCLOSE (Hand Close): Zapri prijemalo;
- ACCEL: Pospešek in pojemek hitrosti robotske roke;
- SPD: Nastavitev hitrosti za MVS ukaz;
- OVRD(Override): Nastavitev splošne hitrosti gledene na %;
- M_IN (bit number) = Status: input bit deklaracija;
- M_OUT (bit number) = Status: output bit deklaracija;

JOVRD

S to funkcijo je določena največja hitrost robota v sklepkih. Vrednost je zapisana v območju od 1do100,0 in je predstavljena kot odstotek maksimalnega gibanja.

Primer:

- 10 JOVRD 1: hitrost gibanja v sklepkih je 1 % maksimalne hitrosti,
- 40 JOVRD 50,2: hitrost gibanja v sklepkih je 50,2 % maksimalne hitrosti,
- 50 JOVRD 100,0: hitrost gibanja v sklepkih je 100 % - maksimalna hitrost.

OVRD

S to funkcijo je določena največja splošna hitrost v odstotkih. Vrednost je zapisana v območju od 1 do 100,0 in je predstavljena kot odstotek maksimalnega gibanja.

Primer:

- 10 OVRD 50: skupna hitrost gibanja je 50 % maksimalne hitrosti,
- 20 OVRD 90: skupna hitrost gibanja je 90 % maksimalne hitrost,
- 30 OVRD 100: skupna hitrost gibanja je 90 % maksimalne hitrosti.

SPD

S to funkcijo določamo največjo hitrost gibanja robota pri linearnem gibanju (MVS) ter pri krožnih gibih (MVC MVR). Največja hitrost znaša 10.000 mm/s in je shranjena s spremenljivko robota.

Največja dovoljena hitrost RV-2AJ robot, to je 2 m/s ali 2000 mm/s.

Primeri:

10 SPD 100: hitrost linearnega giba je 100 mm/s,

20 SPD 500: hitrost linearnega giba je 500 mm/s,

30 SPD M_NSPEED: hitrost linearnega giba je spremenljiva.

ACCEL

S to funkcijo je določena stopnja pospeševanja in zaviranja v odstotkih.

Odstotek bo največji pospešek ali pojemek vrednost hitrosti.

Primer:

10 ACCEL 50,60: robot pospeši s 50 % max. hitrosti in pojema s 60 % maks. hitrosti,

20 ACCEL 100,100: maksimalno pospeševanje in zaviranje,

30 ACCEL: vrnitev pospeševanja in zaviranja na maksimum.

DLY

S to funkcijo je določena časovna zakasnitev v sekundah. Najmanjša dovoljena zakasnitev je 0,01 sekunde.

Primer:

50 DLY 0,5: zakasnitev 0,5 sekunde,

60 DLY 10: zakasnitev 10 sekund,

70 M_OUT(2)=1 DLY 0,5 : zakasnitev 10 sekund pri preklopu signala.

HOPEN

S to funkcijo odpiramo prijemalo.

Primer:

50 HOPEN 1: prijemalo št. 1 odprto,

60 HOPEN 4: prijemalo št. 4 odprto.

HCLOSE

S to funkcijo zapiramo prijemalo.

Primer:

50 HCLOSE 1: prijemalo št. 1 zaprto,

60 HCLOSE 4: prijemalo št. 4 zaprto.

TOOL

S to funkcijo v programu določimo položaj prijemala ali orodja.

Primer:

10 TOOL (0, 0, 95, 0, 0, 0): Določitev dolžine orodja L= 95mm.

MOV – joint interpolacija

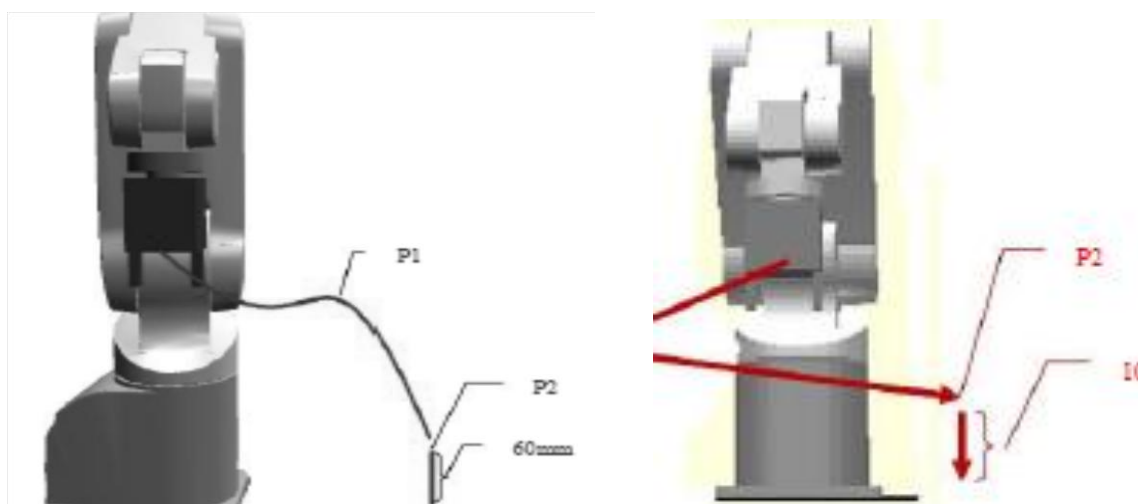
Pomeni, da se robot pomakne med dvema točkama po najhitrejši možni poti, ki jo določi sam krmilnik robota. S tem ukazom pot konice roke ne more biti popolnoma predvidena, saj se krmilnik glede na trenutno stanje pozicije robota sam odloči, kako bo najhitreje prepotoval pot.

Primer:

10 MOV P1: robot se premakne v točko P1,

20 MOV P2,60: robot se premakne 60 mm pod točko P2,

30 MOV P1 + (0,0-60,0,0,0): robot se premakne v točko, ki se nahaja 60 mm pod točko P1.



Slika 18: Pot pomikov robota

MVS – linearna interpolacija

Pomeni, da se robot pomakne med dvema točkama po linearni oziroma ravni poti, ki jo izračuna krmilnik. Čeprav deluje najkrajša pot, pri robotih to ponavadi pomeni daljši čas poti, saj mora krmilnik več osi hkrati pomikati, da lahko realizira popolnoma raven linearni pomik vrha konice robota.

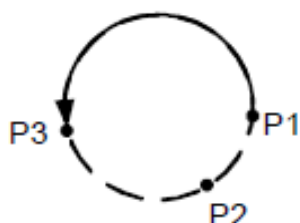
20 MVS P1: robot se linearno premakne v točko P1,

30 MVS P2,10: robot se linearno premakne 10 mm pod točko P2,

40 MVS P1,-10: robot se linearno premakne 0 mm nad točko P2.

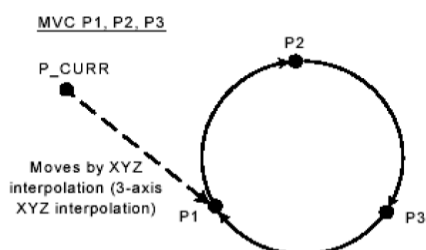
MVR- Krožno gibanje z interpolacijo

Krožno gibanje z interpolacijo, krog se tvori iz treh točk, iz katerih robot pri krožnem gibanju generira krožnico. Če se trenutni položaj in začetna točka ne ujemata, se robot samodejno premakne z linearno interpolacijo (3-osno XYZ interpolacijo) do začetne točke.



MVC - Krožno gibanje z interpolacijo 360

Krožno gibanje z interpolacijo, krog se tvori iz treh točk, iz katerih robot pri krožnem gibanju generira krožnico, ki se zaključi na 360 stopinjah. Če se trenutni položaj in začetna točka ne ujemata, se robot samodejno premakne z linearno interpolacijo (3-osno XYZ interpolacijo) do začetne točke in se nato izvede krožni gib.



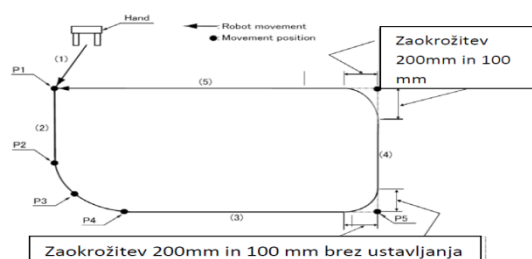
CNT - Kontinuirano gibanje

1. Robot se kontinuirano giblje po konturi brez ustavljanja v posameznih točkah.
2. Začetek in konec kontinuiranega gibanja sta podana z ukaznim stavkom.
3. Med samim kontinuiranim gibanjem lahko spreminjamo hitrost.

CNT 1 - Označuje začetek neprekinjenega gibanja.

CNT 1, 100, 200 - Označuje začetek stalnega gibanja in privzete vrednosti za zaokrožitve.

CNT 0 - Označuje neprekinjeno gibanje.



Podprogrami

SUB je skrajšana oblika izraza podprogram, ki se uporablja za delo z določenimi nalogami znotraj programa. Podprogrami se uporabljajo za razbijanje nalog v posamezne procedure. Razbijanje programa v procedure in podprocedure izboljšuje berljivost in zmanjšuje možnost napak kot tudi skrajšanje programa.

- **GOSub** - pokliče podprogram na določenem stavku ali določenem imenu-etiketi
- **RETURN** - ukaz vrne izvajanje programa na linijo za ukazom GOSUB,
- **CALLP** - pokliče določeni program,
- **FPRM** - argument se prenese s programom, imenovanim z ukazom CALLP.

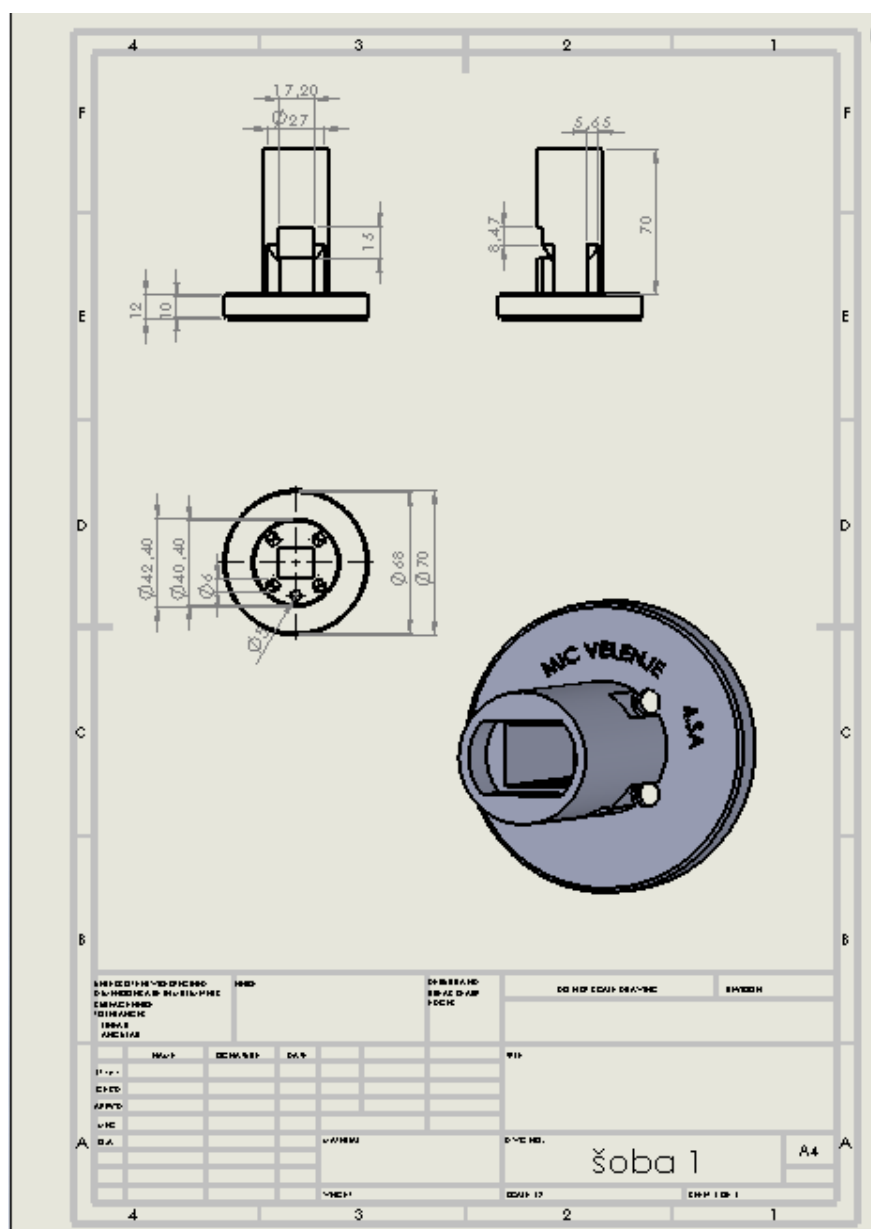
12 TEHNIČNA IZVEDBA NALOGE

Za industrijski robot Mitsubishi RV 3SDB je potrebno izdelati gorilnik, ki ga bova lahko privila na prirobnico robota in z njim simulirala delovanje.

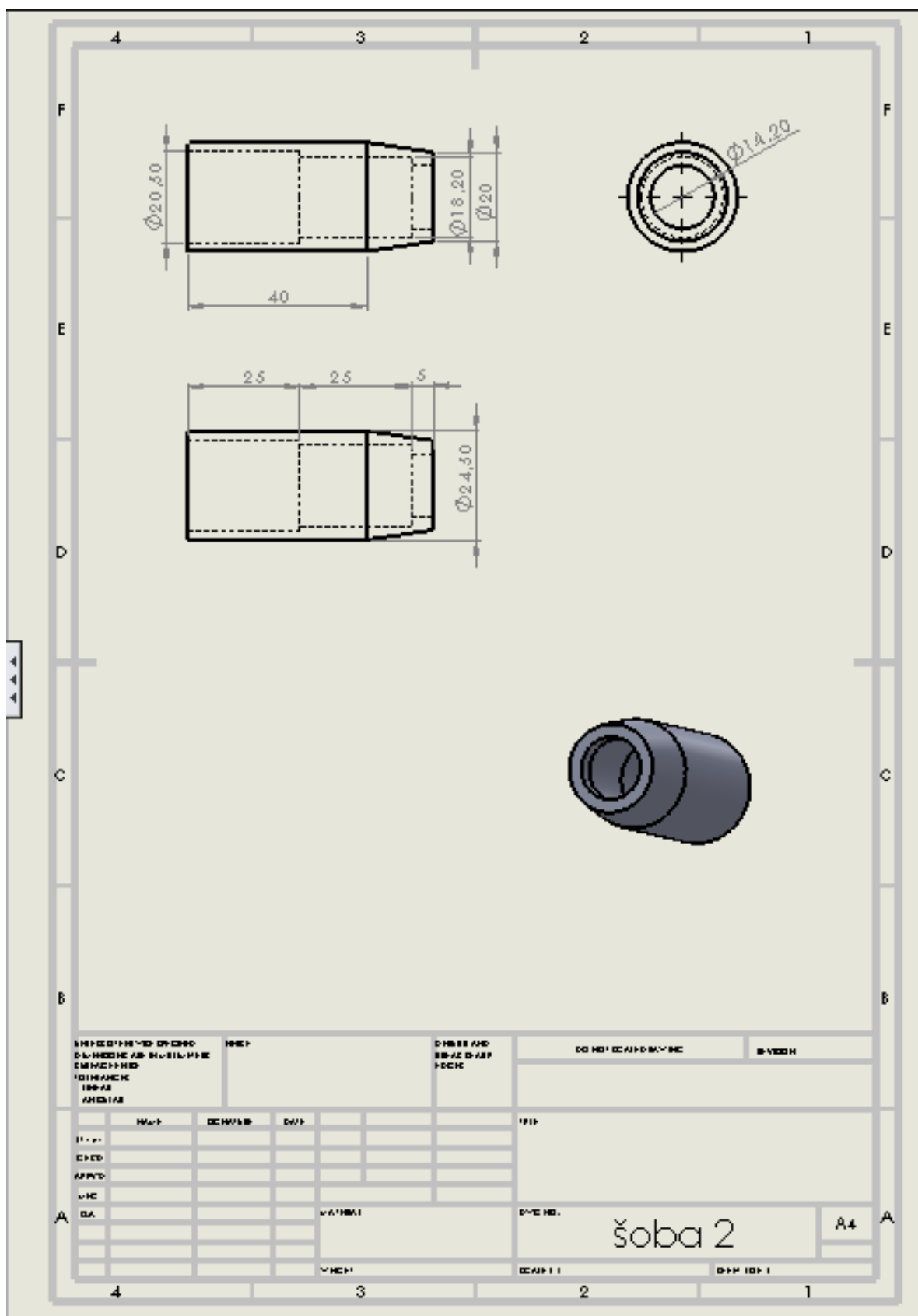
Za konstruiranje sva izbrala program Solidworks in z njim narisala vse potrebne elemente.

Elemente sva shranila v obliki STL, da bodo primerni za tiskanje s 3D tiskalnikom.

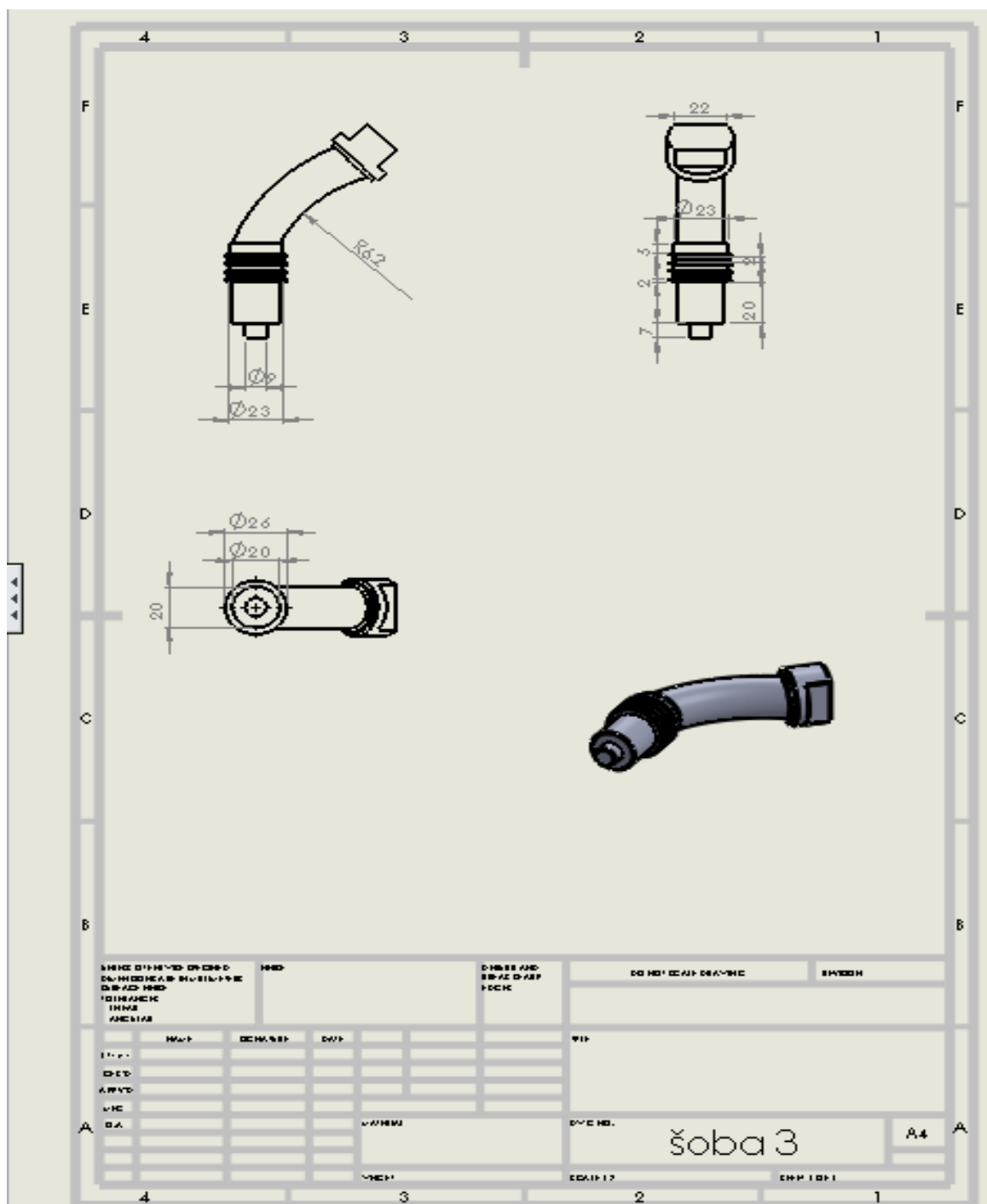
Načrti:



Slika 19: Načrt prirobnice gorilnika

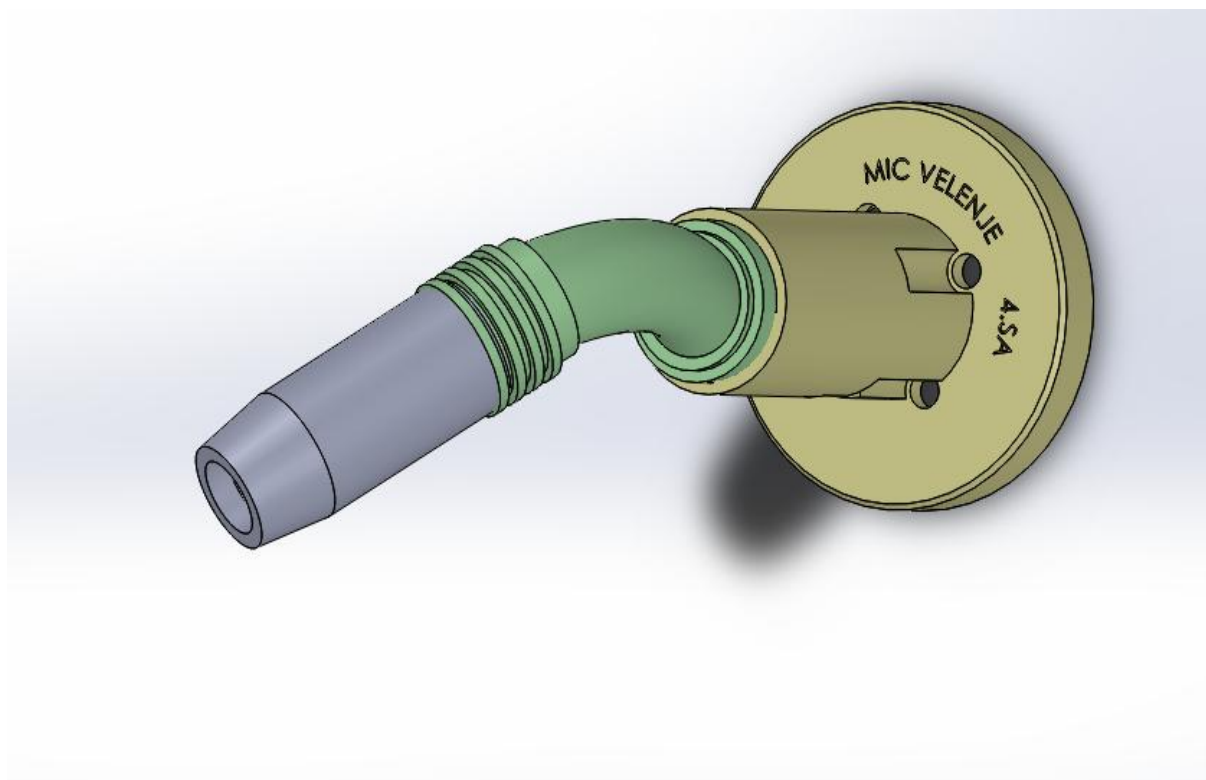


Slika 20: Načrt zaščitne šobe

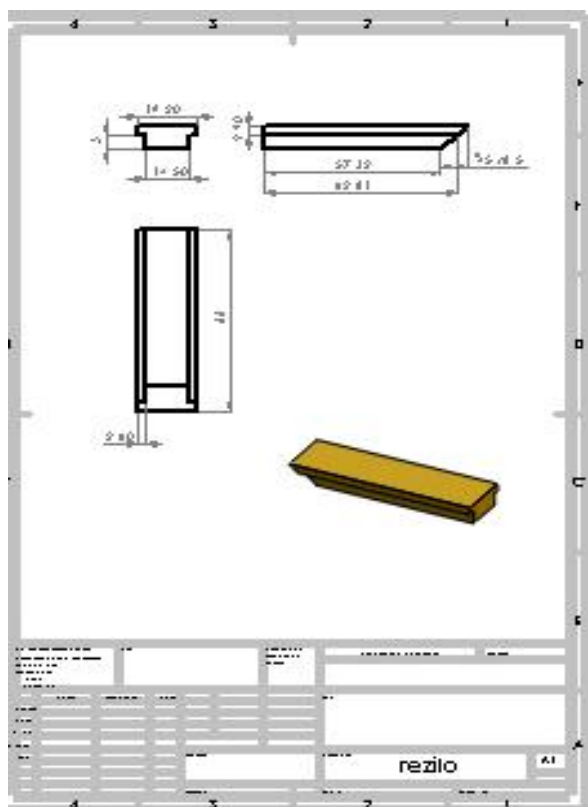


Slika 21: Načrt ohišja gorilnika

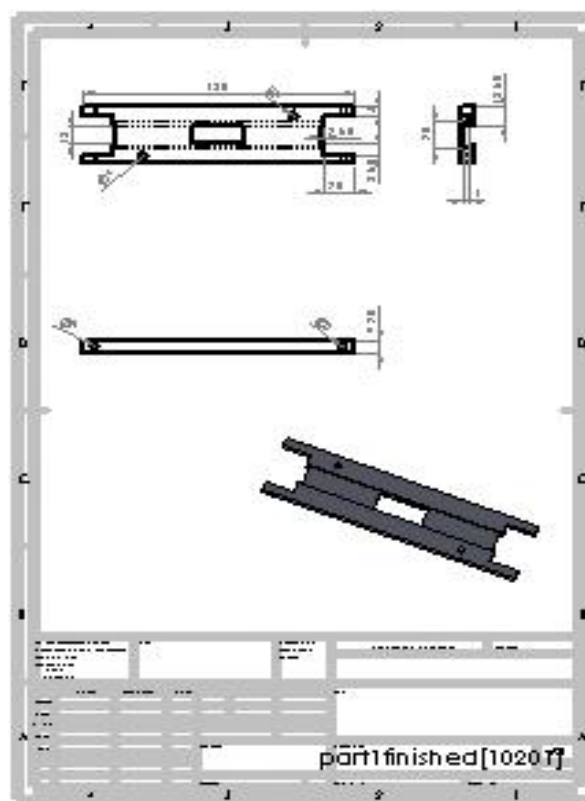
Ker sva v varilnici našla neuporabno kovinsko ohišje originalnega gorilnika, sva se odločila, da tega ne natisneva, temveč uporabiva kovinskega.



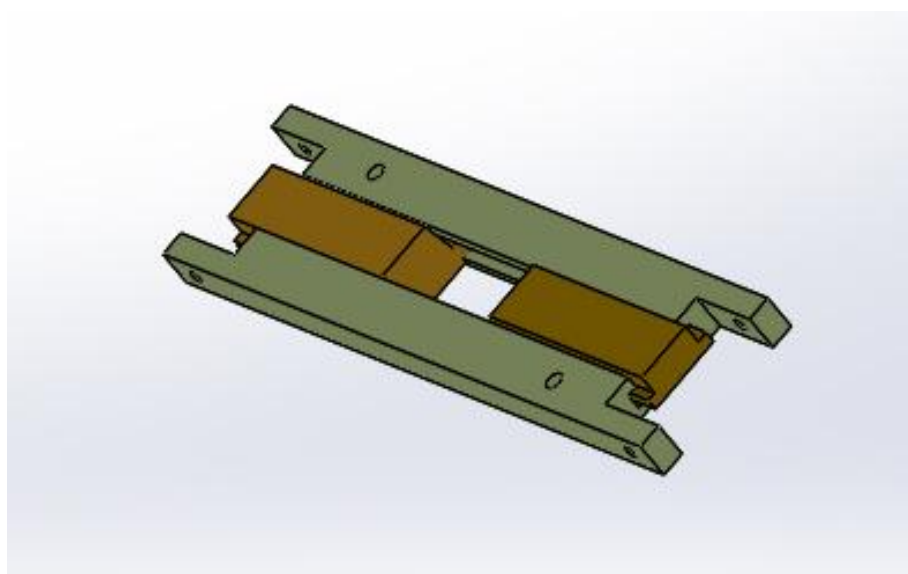
Slika 22: Gorilnik



Slika 23: Rezilo



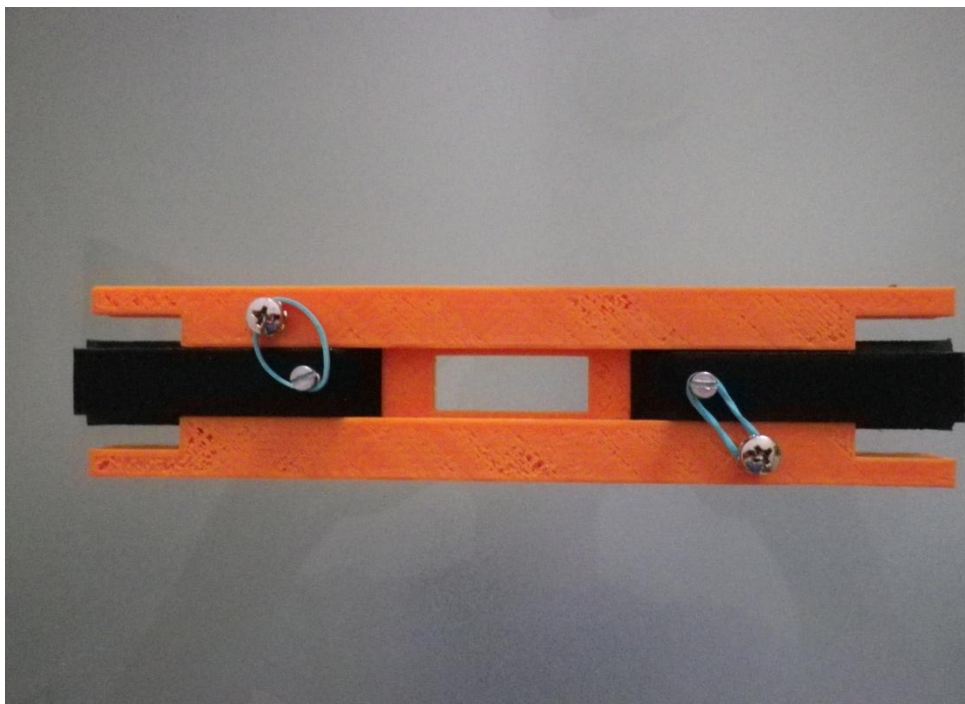
Slika 24: Škarje



Slika 23: Škarje z rezili

12.1 ODREZ ŽICE S ŠKARJAMI

Pri varjenju pride do popačenja varilne žice, zato je priporočljivo, da se pred vsakim pričetkom varjenja majhen del žice odreže. V ta namen sva izdelala škarje, ki so simulirale odrez žice. Sistem za odrezavanje sva natisnila s 3D tiskalnikom. Mehanizem je prirejen tako, da se montira na že obstoječa cilindra na varilnem robotu.



Slika 24: Mehanizem za odrezavanje žice

12.2 IZVEDBA SIMULACIJE OBLOKA

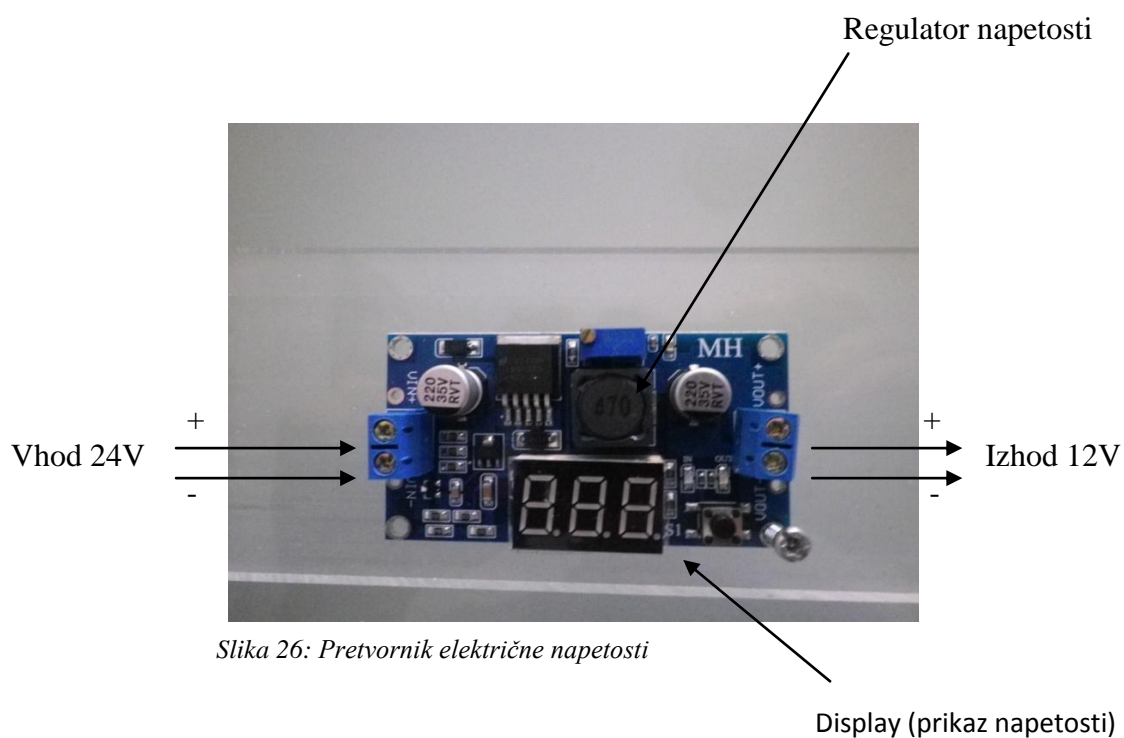
Za simulacijo obloka sva izbrala lasersko lučko, ki je v uporabi za označevanje avtomobila pri vožnji v megli (laser za meglo).



Slika 25: Laserska luč

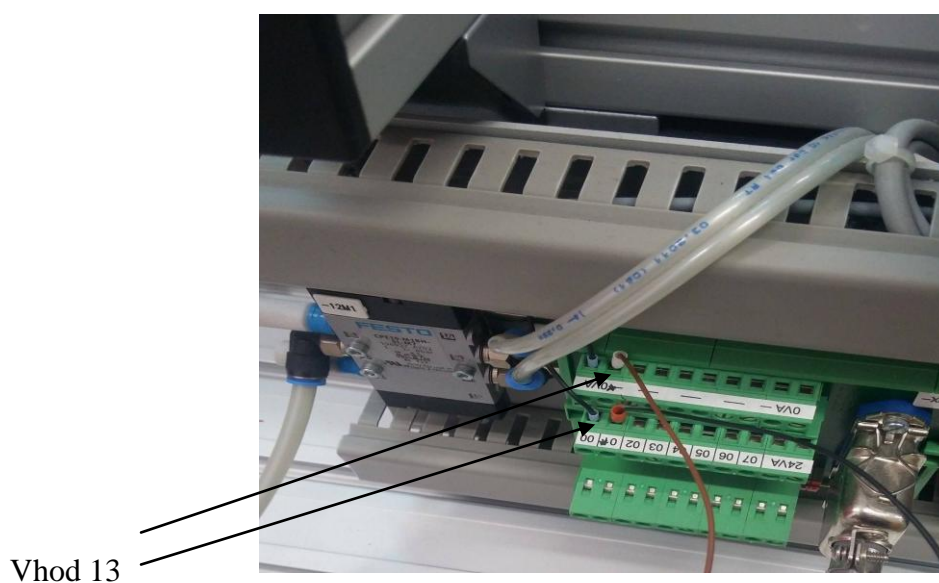
12.3 PRETVORNIK ELEKTRIČNE NAPETOSTI

Ker je priključna napetost laserja 12V, na robotu pa imamo napetost 24V, sva jo s pretvornikom zreducirala na 12V.



Slika 26: Pretvornik električne napetosti

Za izhodno napetost sva določila stikalo na vhodu 13.

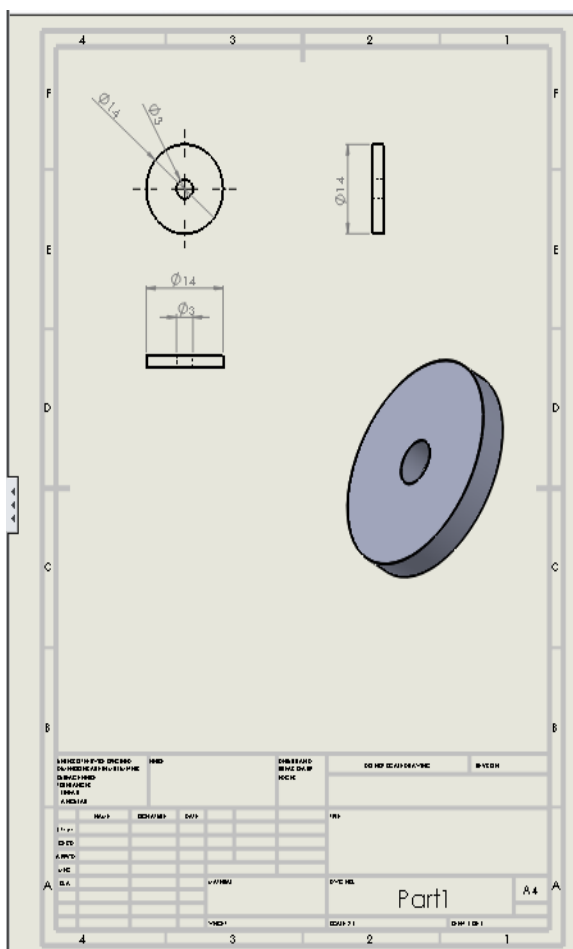


Slika 27: Prikaz vhoda napetosti

12.4 OMEJITEV LASERJA

Laserski žarek je pri polni svetilnosti škodljiv za oči, zato ga je potrebno omejiti. V ta namen sva izrisala in natisnila majhno ploščico, ki je v varilni šobi omejila žarek.

Ploščico sva nato vstavila pred laserski izvor, v izvrtino pa sva vstavila 2 mm debel šop optičnih vlaken. Ta optična vlakna so bolj natančno usmerjala žarek in omogočila natančnejšo izvedbo. Tak pristop nama je zagotovil varno uporabo laserja in simulacijo oblaka.



Slika 29: Ploščica za omejitev žarka



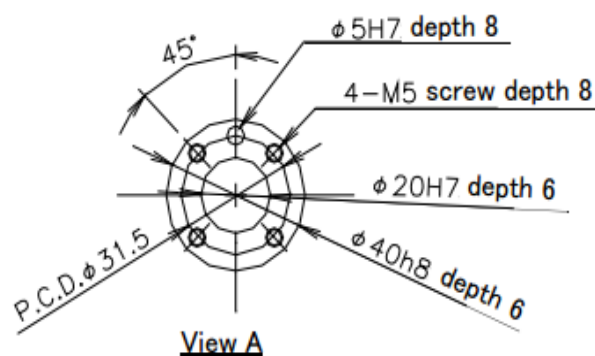
Slika 28: Simulacija varilnega oblaka

12.5 MONTAŽA GORILNIKA ZA SIMULACIJO VARJENJA

Da je gorilnik izgledal čimbolj realističen, sva uporabila originalno kovinsko ohišje ročnega gorilnika za MIG varjenje. Na ohišje sva pritrdila prirobnico, ki se na eni strani prilega z gorilnikom, na drugi strani pa s prirobnico, ki je nameščena na robotu.

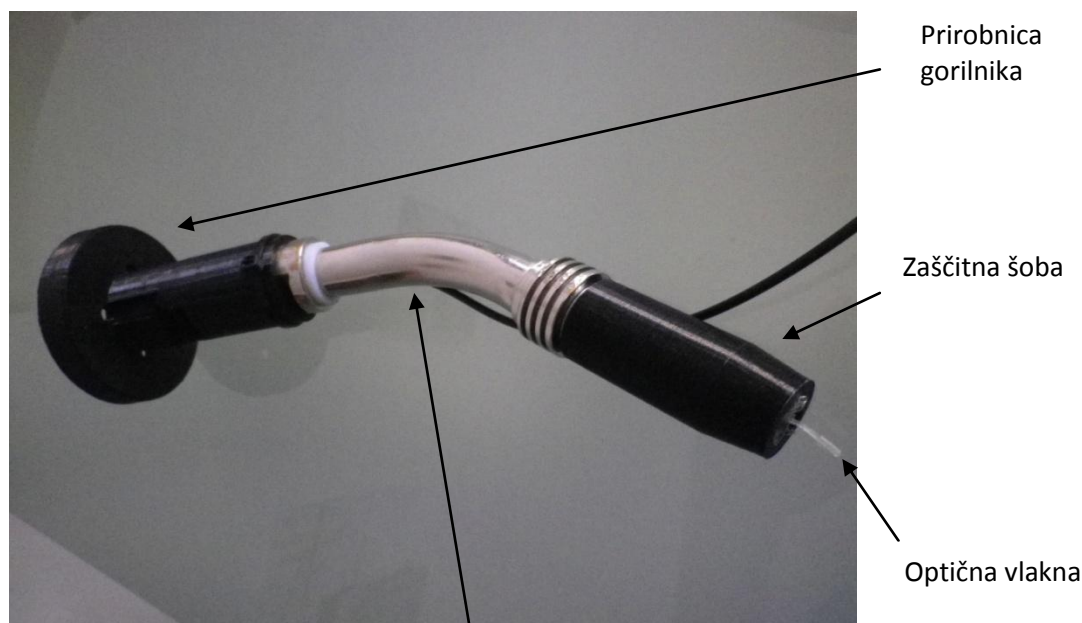


Slika 31: Prirobnica gorilnika



Slika 30: Prirobnica robota

Na sprednjo stran gorilnika sva pritrdila natisnjeno zaščitno šobo, ki je vsebovala laser, zaščito žarka ter optična vlakna. Napajalni kabel za laser sva speljala skozi telo gorilnika, nato pa sva kompletni gorilnik montirala z vijaki na prirobnico robota.



Slika 32: Gorilnik

Telo gorilnika

12.6 VREDNOTENJE STROŠKOV IZDELAVE GORILNIKA

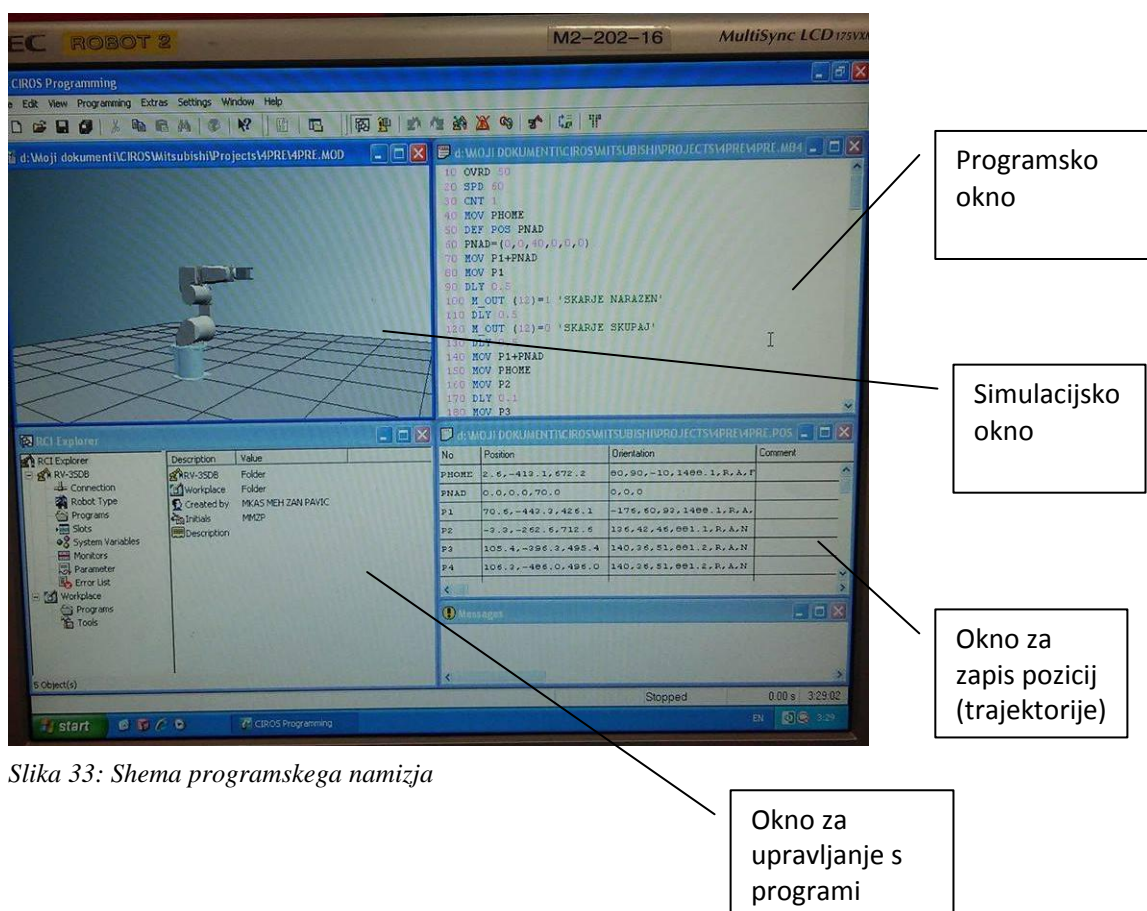
Skupni stroški za izdelavo kompletnega gorilnika za simulacijo varjenja znašajo:

- 3D TISKANJE: filament 0, 20 kg = 5 €
tiskanje ura = opravljeno doma in ni vkalkulirano v skupne stroške
- LASERSKA LUČKA (zadnja meglenka) = 5 €
- PRETVORNIK ELEKTRIČNE NAPETOSTI = 3 €
- OPTIČNA VLAKNA – 2 €

Skupni stroški (brez upoštevanja ure tiskanja): 15 €

12.7 PROGRAMIRANJE

Program sva napisala v programskem okolju Ciros Programming.



Slika 33: Shema programskega namizja

Robota sva na računalniku programirala v robotskem jeziku MELFA BASIC IV ter ga nato prenesla v krmilnik robota.

Izpis programa:

```

10 OVRD 50          'HITROST V %'
20 SPD 60           'HITROST V mm/S'
30 CNT 1           'KONTINUIRANO GIBANJE'
40 MOV PHOME       'PREMIK V TOČKO HOME'
50 DEF POS PNAD    'DEFINICIJA POZICIJE NAD'
60 PNAD=(0,0,40,0,0,0) 'DEFINIRANA POZICIJA NAD ZA 40mm'
70 MOV P1+PNAD     'PREMIK NAD DEFINIRANO TOČKO'
80 MOV P1          'PREMIK V TOČKO P1'
90 DLY 0.5         'POČAKAJ 0.5 SEKUNDE'
100 M_OUT (12)=1   'SKARJE NARAZEN'
110 DLY 0.6        'POČAKAJ 0.6 SEKUNDE'
120 M_OUT (12)=0   'SKARJE SKUPAJ'
130 DLY 0.5
  
```

12.8 SNEMANJE TOČK NA ROBOTU

Krmilnik robota sva nastavila na učni način ter po napisanem program pričela s snemanjem točk (trajektorije). Posnela sva 30 točk.

Po snemanju sva testirala program in točke v koračnem načinu. Ker nisva bila zadovoljna z rezultati, sva pozicijo točk večkrat korigirala.

Izpis točk:

```

DEF POS PHOME=(2.63,-413.13,672.20,79.64,90.00,-10.36,1488.11)(6,0)
DEF POS PNAD=(0.00,0.00,70.00,0.00,0.00,0.00)
DEF POS P1=(70.59,-443.28,426.10,-175.78,59.99,93.39,1488.06)(6,0)
DEF POS P2=(-3.28,-262.61,712.57,136.33,42.33,45.63,881.12)(7,0)
DEF POS P3=(105.42,-396.27,495.37,140.34,36.14,50.92,881.21)(7,0)
DEF POS P4=(106.29,-486.03,495.98,140.34,36.14,50.92,881.21)(7,0)
DEF POS P5=(96.13,-260.67,681.11,-133.08,44.83,112.10,1293.67)(7,0)
DEF POS P6=(31.55,-410.71,468.82,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
DEF POS P7=(31.65,-500.89,468.82,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
DEF POS P8=(111.89,-262.98,647.36,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
  
```

13 VREDNOTENJE REZULTATOV

Hipoteze

1. Ali lahko narediva realistični varilni gorilnik s 3D tiskalnikom?

Prvo hipotezo potrjujeva, saj sva s 3D tiskanjem uspešno izdelala vse potrebne elemente za simulacijo varjenja, razen kovinskega ohišja, ki sva ga že imela.

2. Ali lahko simuliramo svetlobo obloka pri varjenju?

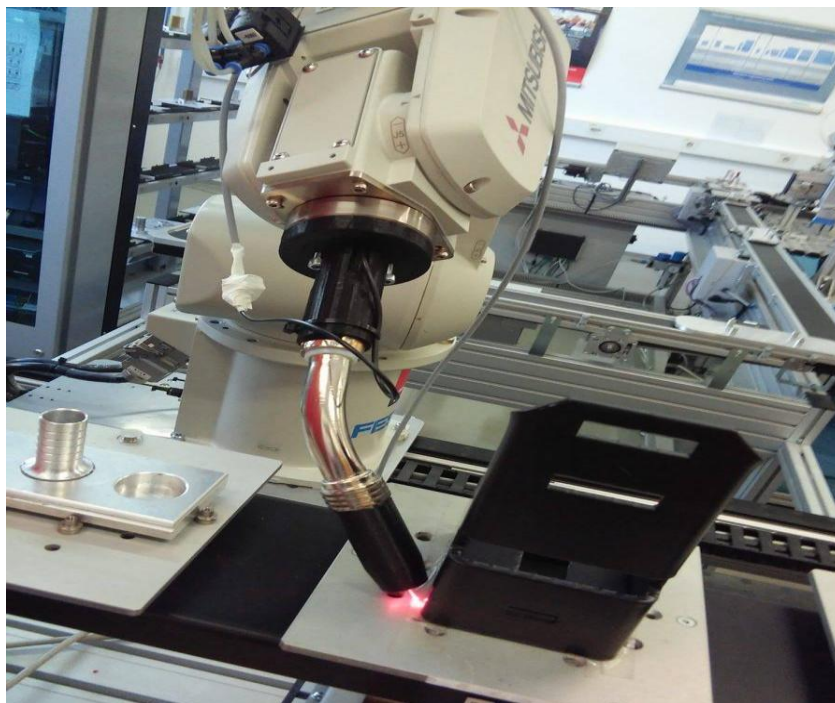
Svetlobo obloka pri varjenju lahko zelo kvalitetno in varno simuliramo z laserskim žarkom in šopom optičnih vlaken.

3. Ali lahko s 3D natisnjeno varilno šobo in simulacijo obloka realistično simuliramo varjenje z robotom?

To hipotezo potrjujeva le delno, saj je vizualno simulacija zelo realistična, ne moremo pa simulirati deformacij, ki bi se eventualno pojavile tokom varjenja. Zaščita pred svetlobo (varilna maska) ni potrebna, kar močno izboljša pregled nad potekom varjenja. Simulacija je primerna samo za izobraževalne namene.

4. Ali lahko ustvarimo simulacijo s stroški, nižjimi od 50 €?

To hipotezo lahko potrdiva, saj so stroški izdelave in nabavljenega materiala nižji od načrtanega zneska.



Slika 34: Simulacija varjenja varjenca z robotom

14 ZAHVALA

Zahvaljujemo se naslednjim učiteljem, ki so nama pomagali pri izdelavi te raziskovalne naloge:

- Jožetu Hrovatu, dipl. inž. Strojništva;
- Mag. Silvi Hudournik, prof., za prevajanje.

15 LITERATURA

- Skripta za robotiko: Robotika 2016
- Zbornik: Dnevi industrijske robotike 2010
- STO delovni zvezek 2016 za srednjo šolo

15.1 INTERNETNI VIRI

- <http://www.motoman.si/sl/izdelki/>
- <https://sl.wikipedia.org/wiki/Varjenje>
- <https://www.nopromat.si/robotizacija.html?gclid=CNC5t-eKk9ICFY6RGwodzqkKdA>
- <https://www.kovinc.si/storitve/robotsko-varjenje>
- <http://www.trol.si/robotsko-varjenje>
- https://www.google.si/search?q=robotsko+varjenje&biw=1600&bih=794&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiVpI70ipPSAhUFRQKHSP1B9wQ_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=robot+torch+mig&imgc=jbl9P_7BbodhwM

16 PRILOGE

Zapis točk v programu:

DEF POS PHOME=(2.63,-413.13,672.20,79.64,90.00,-10.36,1488.11)(6,0)
DEF POS PNAD=(0.00,0.00,70.00,0.00,0.00,0.00)
DEF POS P1=(70.59,-443.28,426.10,-175.78,59.99,93.39,1488.06)(6,0)
DEF POS P2=(-3.28,-262.61,712.57,136.33,42.33,45.63,881.12)(7,0)
DEF POS P3=(105.42,-396.27,495.37,140.34,36.14,50.92,881.21)(7,0)
DEF POS P4=(106.29,-486.03,495.98,140.34,36.14,50.92,881.21)(7,0)
DEF POS P5=(96.13,-260.67,681.11,-133.08,44.83,112.10,1293.67)(7,0)
DEF POS P6=(31.55,-410.71,468.82,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
DEF POS P7=(31.65,-500.89,468.82,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
DEF POS P8=(111.89,-262.98,647.36,-120.27,39.16,120.61,1293.67)(7,0)
DEF POS P11=(-42.17,-387.29,509.66,-127.22,21.57,147.27,1244.99)(7,0)
DEF POS P12=(-42.17,-447.95,509.50,-127.24,21.56,147.26,1244.96)(7,0)
DEF POS P13=(-144.67,-267.79,588.32,-146.31,67.98,137.31,1244.96)(7,0)
DEF POS P14=(-160.33,-410.41,487.07,-139.69,68.63,144.07,1244.96)(7,0)
DEF POS P15=(-120.08,-410.28,487.07,-139.69,68.63,144.07,1244.96)(7,0)
DEF POS P16=(-253.38,-234.40,544.92,102.16,67.44,29.23,1244.96)(7,0)
DEF POS P17=(-195.92,-362.40,476.42,120.74,53.15,46.39,1244.96)(7,0)
DEF POS P18=(-195.92,-435.32,476.42,120.74,53.15,46.39,1244.96)(7,0)
DEF POS P19=(-181.56,-254.17,606.21,166.40,69.56,87.03,1244.96)(7,0)
DEF POS P20=(-151.14,-422.69,489.87,150.82,69.24,72.57,1244.96)(7,0)
DEF POS P21=(-151.14,-422.69,507.12,150.82,69.24,72.57,1244.96)(7,0)
DEF POS P22=(-151.14,-422.69,532.45,150.82,69.24,72.57,1244.96)(7,0)
DEF POS P23=(-151.14,-422.69,602.02,150.82,69.24,72.57,1244.96)(7,0)
DEF POS P24=(-105.13,-290.42,591.34,-139.16,57.96,136.58,1244.96)(7,0)
DEF POS P25=(-92.13,-425.84,502.55,-127.32,50.15,145.46,1244.96)(7,15728640)
DEF POS P26=(-92.13,-425.84,516.54,-127.32,50.15,145.46,1244.96)(7,15728640)
DEF POS P27=(-92.13,-425.84,544.89,-127.32,50.15,145.46,1244.96)(7,0)
DEF POS P28=(-92.13,-425.84,610.91,-127.38,50.12,144.22,1244.96)(7,0)
DEF POS P29=(-91.92,-366.52,670.28,-127.56,52.30,142.63,1262.66)(7,0)
DEF POS P9=(38.97,-338.37,458.62,-119.43,17.65,172.38,1193.72)(7,0)
DEF POS P10=(38.97,-338.37,458.62,-119.43,17.65,172.38,1112.22)(7,0)
DEF POS P30=(104.58,-233.16,515.54,-118.80,17.91,172.38,1113.27)(7,0)

Zapis programa:

10 OVRD 50	'HITROST V %'
20 SPD 60	'HITROST V mm/S'
30 CNT 1	'KONTINUIRANO GIBANJE'
40 MOV PHOME	'PREMIK V TOČKO HOME'
50 DEF POS PNAD	'DEFINICIJA POZICIJE NAD'
60 PNAD=(0,0,40,0,0,0)	'DEFINIRANA POZICIJA NAD ZA 40mm'
70 MOV P1+PNAD	'PREMIK NAD DEFINIRANO TOČKO'
80 MOV P1	'PREMIK V TOČKO P1'
90 DLY 0.5	'POČAKAJ 0.5 SEKUNDE'
100 M_OUT (12)=1	'SKARJE NARAZEN'
110 DLY 0.6	'POČAKAJ 0.6 SEKUNDE'
120 M_OUT (12)=0	'SKARJE SKUPAJ'
130 DLY 0.5	
140 MOV P1+PNAD	
150 MOV PHOME	
160 MOV P2	
170 DLY 0.1	
180 MOV P3	
190 DLY 0.5	
200 M_OUT (13)=1	'VKLOP VARJENJA'
210 MVS P4	
220 DLY 0.5	
230 M_OUT (13)=0	'IZKLOP VARJENJA'
240 DLY 0.2	
250 MOV P2	
260 DLY 0.1	
270 MOV P5	
280 DLY 0.1	
290 MOV P6	
300 DLY 0.5	
310 M_OUT (13)=1	
320 DLY 0.3	
330 MVS P7	
340 DLY 0.3	
350 M_OUT (13)=0	
360 DLY 0.2	
370 MOV P8	
380 DLY 0.1	
390 MOV P9	
400 DLY 0.5	
410 M_OUT (13)=1	
420 DLY 0.2	
430 MVS P10	
440 DLY 0.3	
450 M_OUT (13)=0	
460 DLY 0.3	
470 MOV P30	
480 MOV P8	
490 DLY 0.1	


```
500 MOV P11
510 DLY 0.5
520 M_OUT (13)=1
530 DLY 0.1
540 MVS P12
550 DLY 0.5
560 M_OUT (13)=0
570 DLY 0.1
580 MOV P11
590 MOV P13
600 DLY 0.3
610 MOV P14
620 DLY 0.5
630 M_OUT (13)=1
640 MVS P15
650 DLY 0.5
660 M_OUT (13)=0
670 DLY 0.1
680 MOV P16
690 DLY 0.1
700 MOV P17
710 DLY 0.5
720 M_OUT (13)=1
730 DLY 0.1
740 MVS P18
750 DLY 0.5
760 M_OUT (13)=0
770 MOV P19
780 DLY 0.3
790 MOV P20
800 DLY 0.5
810 M_OUT (13)=1
820 DLY 0.1
830 MVS P21
840 DLY 0.3
850 M_OUT (13)=0
860 DLY 0.5
870 MVS P22
880 DLY 0.3
890 M_OUT (13)=1
900 MVS P23
910 DLY 0.5
920 M_OUT (13)=0
930 DLY 0.3
940 MOV P24
950 DLY 0.1
960 MOV P25
970 DLY 0.3
980 M_OUT (13)=1
990 DLY 0.3
1000 MVS P26
```

```
1010 DLY 0.3
1020 M_OUT (13)=0
1030 DLY 0.1
1040 MVS P27
1050 DLY 0.3
1060 M_OUT (13)=1
1070 MVS P28
1080 DLY 0.3
1090 M_OUT (13)=0
1100 DLY 0.1
1110 MOV P29
1120 MOV PHOME
1130 CNT 0
1140 GOTO 10
1150 END
```

Fotografija obdelovanca:



Slika 35: Prikaz varjenca