

SIMULACIJA ZAVARIVANJA POMOĆU ABB ROBOTSKE RUKE U PROGRAMSKOM ALATU ROBOTSTUDIO

Tomislav Pavlić, Stjepan Golubić, Ante Čikić, Danijel Radočaj

Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar, Hrvatska

Ključne riječi: zavarivanje, RobotStudio, robotska ruka, IRB140, CAD, MIG

Sažetak:

U ovom radu opisan je način kako konfigurirati ABB robotsku ruku IRB140 da odrađuje posao zavarivanja. Navedene su prednosti i nedostaci tog postupka. Simulacija se izrađuje u programskom alatu navedene tvrtke ABB. Zavarivanje je izvršeno na pokaznom modelu loga Visoke tehničke škole u Bjelovaru. Model je izrađen u CAD programskom alatu SolidWorks. Korišteni alat za zavarivanje je PKI 500 pištolj za MIG tehnologiju zavarivanja. Nosivi stol za robotsku ruku i model, također su izrađeni u CAD programskom alatu SolidWorks. Korišten je modul Weldment, te nosivi elementi stola načinjeni su od aluminijskih profila AlSigma 45x45. U programskog alatu RobotStudio robotska ruka IRB140 postavljena je na prvi stol, te na drugi paralelni stol postavljen je model loga VTŠ. Nakon generiranih putanja pištolja za zavarivanje postavljen je tijek izvršavanja putanja u simulacijskom dijelu programa. Nakon otklanjanja eventualnih kolizija ili grešaka u kretnjama robotske ruke, dobiven je prikaz potpuno automatiziranog procesa zavarivanja sa velikom točnošću.

SIMULATION OF WELDING WITH ABB ROBOTIC ARM IN SOFTWARE PACKAGE ROBOTSTUDIO

Key words: welding, RobotStudio, robotic arm, IRB140, CAD, MIG

Abstract:

In this thesis, it is described how to make configuration on ABB robotic arm IRB140, for automatic process of welding. Also, there are mentioned pros and cons of this way of welding. Simulation is made in software package from ABB company, named RobotStudio. Welding is done on test part, logo of Technical college in Bjelovar. Part is made in CAD software package SolidWorks. Tool used for welding is PKI 500 pistol, for MIG technology of welding. Supporting table for robotic arm and test part, is also made in CAD software package SolidWorks. Module Weldment is used for making aluminium profiles AlSigma 45x45. In software package RobotStudio, robotic arm IRB140 is mounted on first supporting table, and logo of Technical college is mounted on second supporting table. After generating of welding pistol paths, execution schedule of paths is made in Simulation window of RobotStudio software. Next step is removal of possible collisions or errors in moves of joints on robotic arm. Finally, there is animated simulation of completely automatic process of welding with high accuracy.

1. UVOD

Nagli razvoj robota i robotskih ruka u svijetu odrazio se i na načine zavarivanja metala. Upotrebom robotskih ruka dobiveno je na preciznosti i na mogućnosti konstantnog rada, bez faktora umora i pogreške, prisutnih kod ručnog zavarivanja. Ukoliko tvrtka koja se bavi zavarivanjem ima potražnju velikog broja proizvoda ili usluga, investiranje u robota za zavarivanje te edukaciju osoblja je zasigurno dobar ulog u poboljšanje kvalitete i povećanje produktivnosti.

Za usporedbu područja upotrebe robotskih ruku, 2005. godine u Sjevernoj Americi, korišteno je oko 120 000 robota u industriji, od toga polovica za zavarivanje. Sama tehnologija robotskog

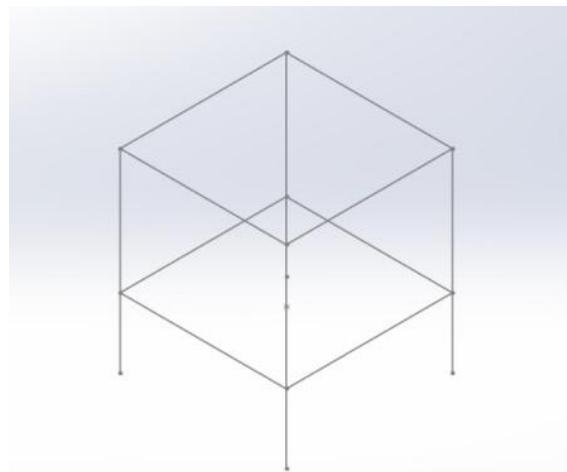
zavarivanja je predstavljena tek oko 1980.- te godine, u autoindustriji u ulozi elektrootpornog zavarivanja. [1]

Robotsko zavarivanja najčešće je korišteno za elektrootporno zavarivanje, elektrolučno zavarivanje i to najviše u serijskim proizvodnjama poput autoindustrije. Postoji primjena u raznim drugim područjima izrade metalnih proizvoda, kao što su komunalna oprema, industrijska oprema i drugo.

Opisana je izrada testnog modela (CAD model), nosivih stolova te izradu same off-line simulacije zavarivanja u programskom alatu *RobotStudio*.

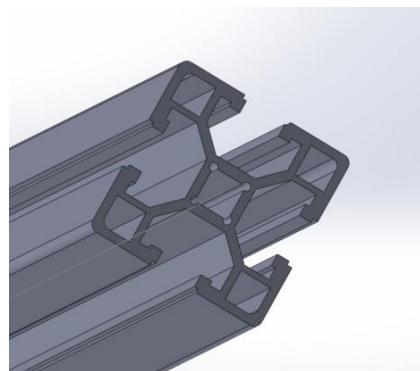
2. IZRADA NOSIVIH STOLOVA (*SOLIDWORKS*)

Potrebno je izraditi nosive stolove za robotsku ruku *IRB_140* i testni model koji će se zavarivati. Za taj posao najprikladniji je CAD programski alat *SolidWorks*. Prema dimenzijama postolja navedene robotske ruke i dimenzijama radnog komada, određene su i dimenzije nosivih stolova. Oboje su istih dimenzija, a one su 645x645x730 mm. Da bi se izradila konstrukcija za izradu profila stola i gornje ploče moramo napraviti prvo okvir. Za to je idealan alat *3D sketch*. Napravi se okvir pomoću *Line* alata (slika 1).



Slika 1. Okvir stola napravljen u 3D sketch alatu

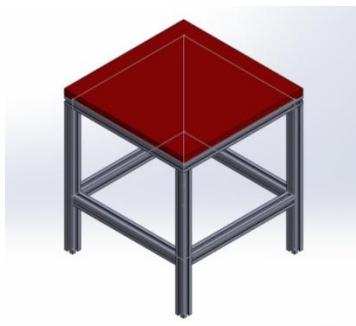
Da bi napravljeni okvir stola se pretvorio u aluminijске *sigma* profile dimenzija 45x45 mm, pristupa se alatu *Weldments* unutar *SolidWorks* programskog alata. Odabire se alat *Structural member*, te pod svako polje odabire se željeni profil *AlSigma 45x45* (slika 2).



Slika 2. Aluminijski profil AlSigma 45x45 mm

Nakon što se izradi profiliranje okvira nosivog stola, na redu je izrada gornje nosive ploče stola. Odabire se gornja ravnicina (*eng. Top plane*) te u klasičnom *2D sketch* alatu napravi se kvadrat,

s opcijom *Extrude* izradi se ploča željene debljine. Gotovi stol ima ojačanja na dolnjem dijelu konstrukcije te je nosiva ploča na vrhu crvene boje (slika 3).



Slika 3. Izrađeni CAD model nosivog stola

3. IZRADA TESTNOG MODELA ZA ZAVARIVANJE

Kako se pokazao automatski proces zavarivanja robotskom rukom *IRB140* potreban je testni model sa što više bridova i utora koje bi trebalo zavariti. Dobar primjer je logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru. Model je izrađen u CAD alatu već ranije spomenutom, *SolidWorks*.

Napravljen je krug promjera 400mm, što je dovoljno za prikaz zavarivanja robotskom rukom. Korištena je naredba *Extrude* kako bi se dobila 3. dimenziju testnog modela. Nakon toga su izrezani vanjski rubovi loga, naredbom *Extruded cut* (koja se i dalje koristi u izrezivanju testnog modela).

Uz korištenje čestih alata u *SolidWorks* paketu, kao što su *Mirror Entities*, *Trim Entities*, *Extruded boss*, *Extruded cut*, *Smart dimension* i drugo, potrebno je spomenuti način pisanja teksta po zaobljenom obliku tj. krivulji. To se radi na način da korištenjem alata *Arc* se napravi krivulja koja opisuje oblik zakrivljenja željenog teksta. Slijedeći korak je uz pomoć alata *Text*, ispisati svoj tekst te u prozor *Curves* unijeti krivulju željenog teksta (slika 4).



Slika 4. Pisanje teksta zakrivljeno

Nakon svih elemenata izrezanih iz modela loga, testni model je spreman za uvoz u *RobotStudio* te daljnju obradu zavarivanjem pomoću robotske ruke *IRB140* (slika 5).



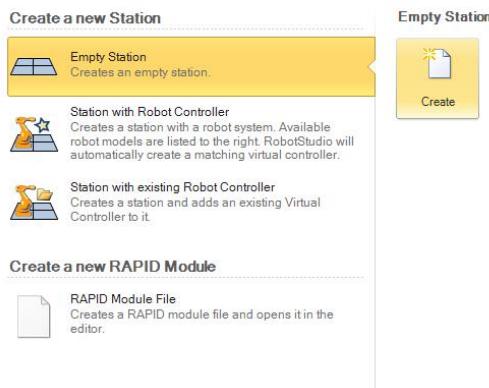
Slika 5. Gotov testni model za zavarivanje

4. PRIPREMA IZRAĐENOG STOLA I MODELA ZA ROBOTSTUDIO

Potrebno je spomenuti da programski alat *RobotStudio* tvrtke *ABB*, ima opciju uvoza vanjske geometrije, tj. CAD modela. Ta mogućnost je iskorištena na način da je napravljen CAD model na kojem će se prikazati postupak konfiguracije robota za zavarivanje. Važno je da CAD modeli moraju biti spremljeni na lokaciju na disku, u *ACIS (.sat)* formatu, jer taj format je zahtijevan od strane *RobotStudio* programskog alata za simulaciju

5. ROBOTSTUDIO - IZBOR ROBOTA I POKRETANJE RS

Simulacija je izrađena u programskom alatu *RobotStudio*, verzija 5.15.02, tvrtke *ABB* čiji robot se koristi. Verzija programa je besplatna za uporabu na probni period od 30 dana, stoga je moguće odraditi simulaciju zavarivanja. Nakon pokretanja programa, odabire se *Create new station* te projekt *Empty station* (slika 6).



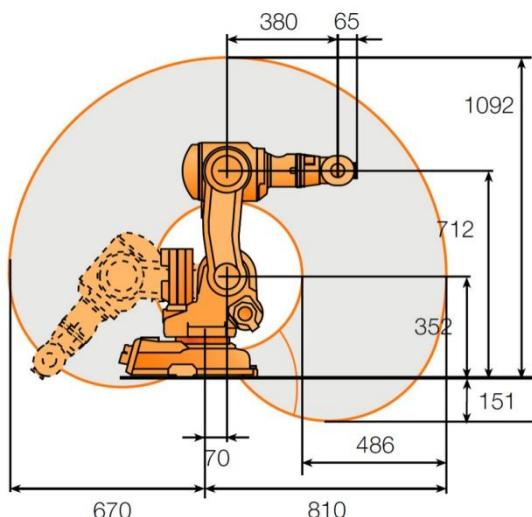
Slika 6. Kreiranje novog praznog projekta

Nakon toga, prema željenom poslu, potrebi i mjestu primjene, odabire se željeni robot za posao zavarivanja. U ovom slučaju to je robot *IRB 140*, iz serije malih industrijskih robota. *IRB 140* ima nosivost 6 kilograma te doseg pete osi 810 mm. Glavne aplikacije su elektrolučno zavarivanje, pakiranje, čišćenje, rukovanje materijalom i dr. (slika 7).



Slika 6. ABB robot IRB 140 [3]

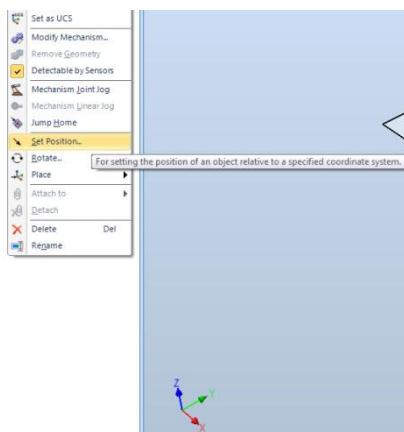
Kod biranja robota bitno je pripaziti i na lokaciju na kojoj se primjenjuje, o preprekama i kolizijskom prostoru. Potrebno je obratiti pažnju na radni prostor robota. Taj prostor definiran je u specifikaciji pripremljenoj od strane proizvođača (slika 7).



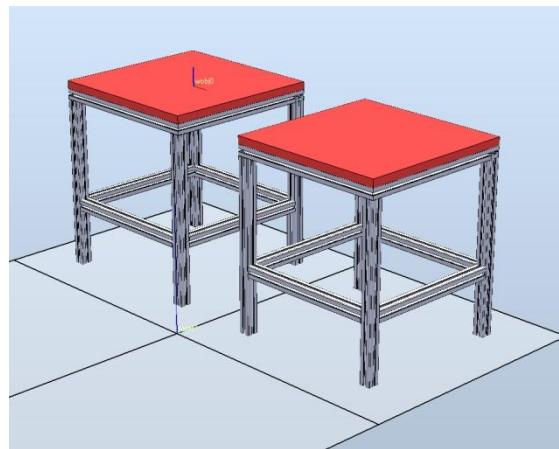
Slika 7. Radni prostor ABB robot IRB 140 [3]

Da bi se uveo model robota u radni prostor, u programskom alatu *RobotStudio* (dalje u tekstu *RS*), potrebno je koristiti opciju *ABB library* te odabratи robota *IRB 140*. Nakon toga je potrebno napraviti uvoz izrađenih geometrija, nosivih stolova te testnog modela za zavarivanje. U *RS* se koristi opciju *Import Geometry* te se pronađazi na tvrdom disku modele napravljene u CAD programskom alatu *SolidWorks*, spremljene u *ACIS (.SAT)* formatu.

Uvezene geometrije potrebno je pozicionirati s obzirom na koordinatni sustav prostora u kojem se robot nalazi (slika 8 i 9).

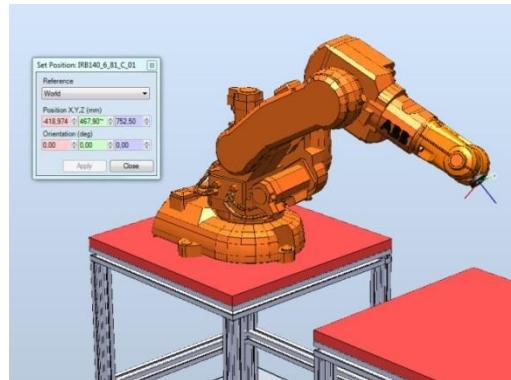


Slika 8. Pozicioniranje uvezene geometrije



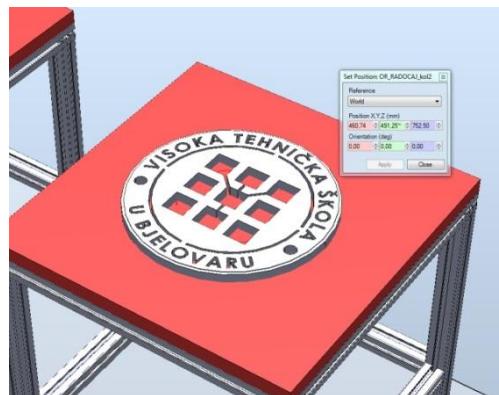
Slika 9. Pozicionirani stolovi u radnom prostoru

Nakon ispravnog pozicioniranja u radnom prostoru, što je bitno da bi se znalo gdje se točno koji objekt nalazi, postavlja se robotsku ruku *IRB 140* na prvi radni stol. To se obavlja opcijom *Set position* (slika 10).



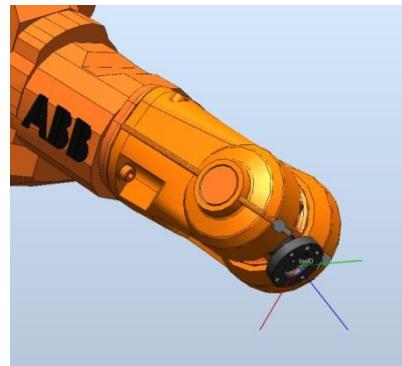
Slika 10. Pozicioniranje robota na radni stol

Potrebno je i postaviti testni model za zavarivanje (Logo VTŠ) na drugi radni stol. Kod postavljanja robota i odlučivanja oko pozicije radnog modela potrebno je obratiti pozornost na doseg robota (*IRB140* ima doseg 810mm), te na izvedbu robota koja opisuje moguća kretanja robotske ruke i njenih zglobova. Postavljanje testnog modela na radni stol obavljeno je *RS* opcijom *Set position* (slika 11).



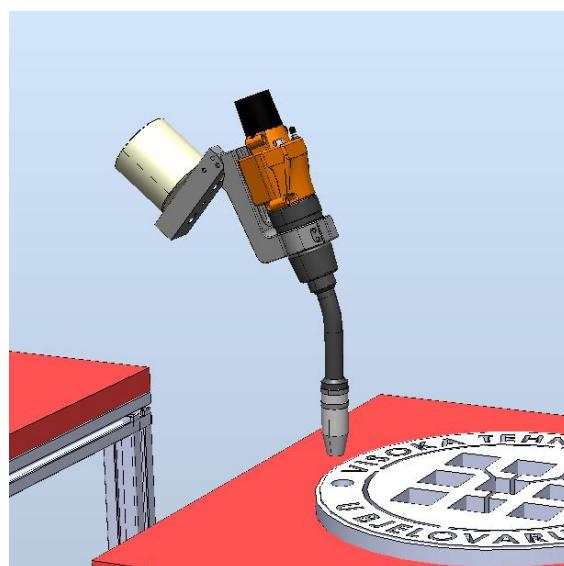
Slika 11. Postavljen testni model zavarivanja na stol

Robotska ruka ima mogućnost priključka raznih alata za zavarivanje, rezanje, glodanje, bojanje i dr. Bitno je obratit pozornost na centralnu točku alata (*engl. TCP - Tool Center Point*) tj. njen koordinatni sustav. U toj točki robot ima prihvatinicu na koju je moguće priključiti pištolj za zavarivanje (slika 12).



Slika 12. Prikaz TCP i priključnice

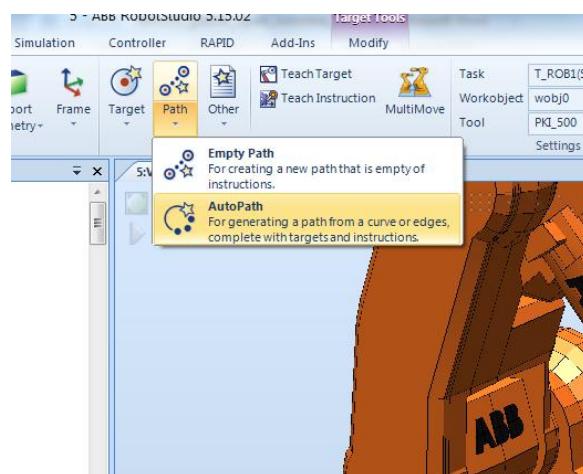
Za zadatak zavarivanja izabrana je MIG tehnologiju zavarivanja i pištolj za zavarivanje PKI 500 M2001 . Priklučivanje pištolja je automatizirano u sklopu programa RS, izvršava se opcijom Attach to te izborom robota *IRB 140* (slika 13).



Slika 13. PKI 500 pištolj za zavarivanje

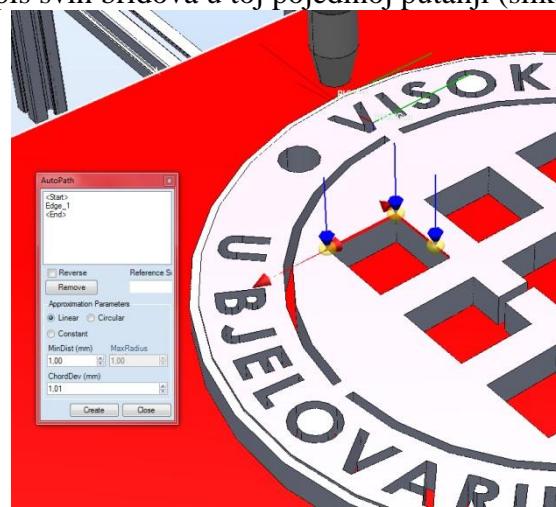
6. IZRADA RUTA KRETANJA ROBOTA

Da bi se moglo „voziti“ robota po željenim rutama zavarivanja, potrebno ga je „naučiti“ gdje su te rute. Bitno je napomenuti da postavljanje testnog modela u što jednostavniju poziciju u prostoru, dobiva se to lakše izvediva konfiguracija ruta. Odlučeno je robota voziti po bridovima testnog modela loga VTŠ. Glavna opcija *RS-a* korištena za generiranje ruta robotske ruke jest *Path*, *AutoPath*. Nalazi se u izborniku *Home*, u *RobotStudio* (slika 14).



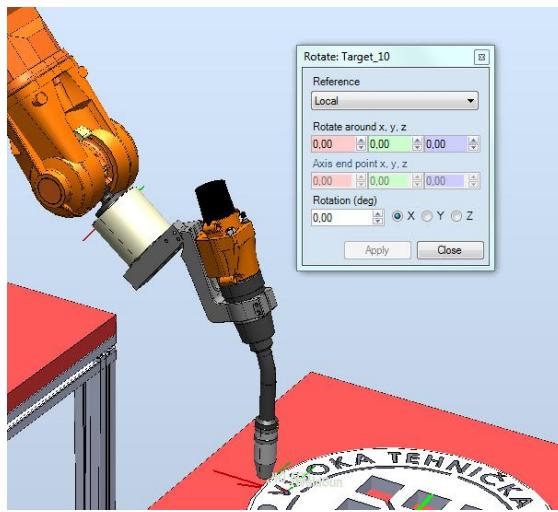
Slika 14. Opcija AutoPath za generiranje ruta

Redom se označe bridove po kojima se želi zavarivati, tako da robot ima što manje praznog hoda. Bitno je obratiti pažnju kod alata *AutoPath* da li je u području *Approximation Parameters* odabранo *Linear* ili *Circular*, s obzirom na zaobljenost bridova. Moguće je podesiti i preciznost kretnje sa minimalnim razmakom (*MinDist (mm)*) od točaka (eng. *Targets*). U gornjem prozoru alata *AutoPath* nalazi se popis svih bridova u toj pojedinoj putanji (slika 15).



Slika 15. AutoPath označavanje bridova

Nakon označavanja svih željenih ruta zavarivanje, na redu je postavljanje osnovne orientacije *PKI* alata za zavarivanje, kako bi se smanjila kompleksna vrtnja zglobova robotske ruke. Određeno im je za tu poziciju da bude u liniji sa centralnom alatnom točkom robota te pod kutem od 90 stupnjeva. To je izvršeno na način da je označena pozicija tj. meta broj 10 (*Target 10*), pomoću alata *Modify Target, Set rotation*, određena je poziciju pištolja za zavarivanje (slika 16).



Slika 16. Postavljanje osnovne pozicije pištolja

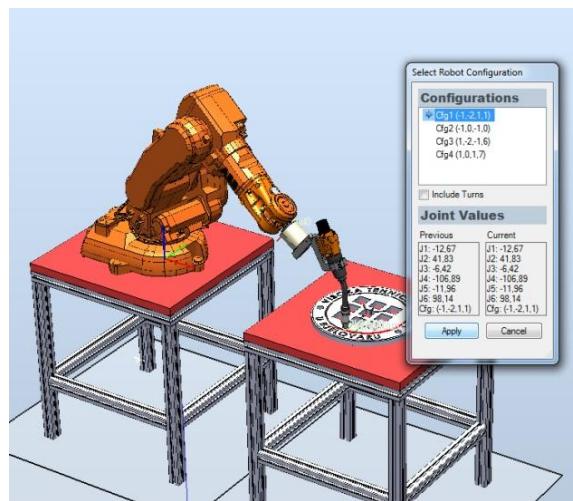
Nakon postavljanja pozicije kao što je definirano na slici 16 potrebno je desnim klikom označiti tu istu poziciju (*target*), iz padajućeg izbornika izabrati opciju za kopiranje orijentacije (eng. *Copy Orientation*). Sljedeći korak je označiti sve pozicije (*targete*) u pod izborniku radnog objekta (eng. *workobject*) i desnim klikom otvoriti padajući izbornik te primijeniti istu orijentaciju na cijeli skup (eng. *Apply orientation*).

Nakon ispravne osnovne orijentacije potrebnji korak je ponovno označavanje svih pozicija pištolja za zavarivanje (eng. *Target*) te upotreba opcije za provjeru dostupnosti svih pozicija (eng. *Reachability*), a provedena provjera se vidi na slici 17.



Slika 17. Provjera dostupnosti pozicija kretanja

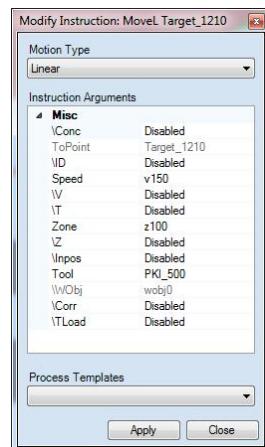
Ukoliko su sve pozicije robotske ruke dostupne, kreće se s konfiguracijom kretnji robotske ruke prema odabranoj putanju. To je napravljeno na način da se označi putanju robotske ruke te iz kategorije *Path tools*, odabere alat *Auto Configuration*. Nakon izbora najprikladnije konfiguracije kretnji robota može se ponoviti korištenje alata *Auto Configuration* kako bi se vidjela animirana kretanja robota po zadanoj putanji (slika 18).



Slika 18. Konfiguriranje kretnji robotske ruke

Isto je potrebno napraviti za svaku posebno putanju tj. rutu te provjeriti dostupnost i eventualne greške u kretnjama. Postoji mogućnost da robotska ruka, koristeći linearne kretnje ne može dosegnuti slijedeći željeni položaj. Tada je prva opcija da se kretnju definira kao kretnju zglobo (MoveJ; move joint). To se radi tako da s odabere kretnja unutar problematične rute (Move;Path) te uz pomoć opcije za mijenjanje instrukcija (eng. *Modify Instructions*) promijeni se tip kretanja (eng. *Motion type*) iz linearног u zglobno (linear;joint) (slika 19).

U predstavljenoj opciji za mijenjanje instrukcija (*Modify Instructions*), moguće je mijenjati i brzinu kretnji robotske ruke. Na simulacijskom primjeru koji je opisan, parametar brzine postavljen je na „v150“.

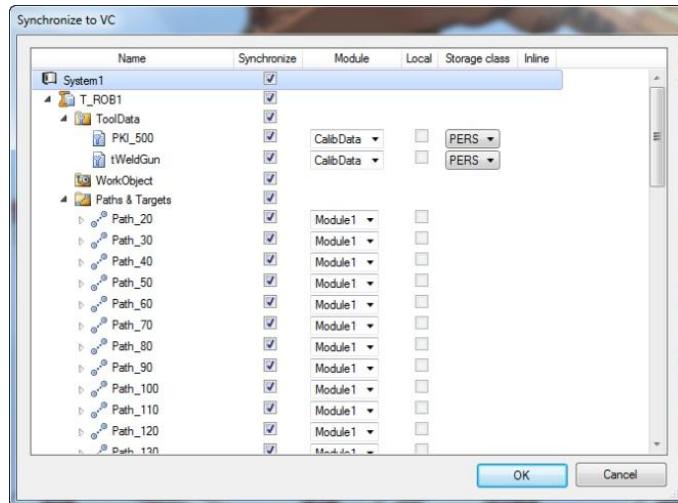


Slika 19. Opcija za izmjenu instrukcija

7. IZRADA SIMULACIJE U ROBOTSTUDIO

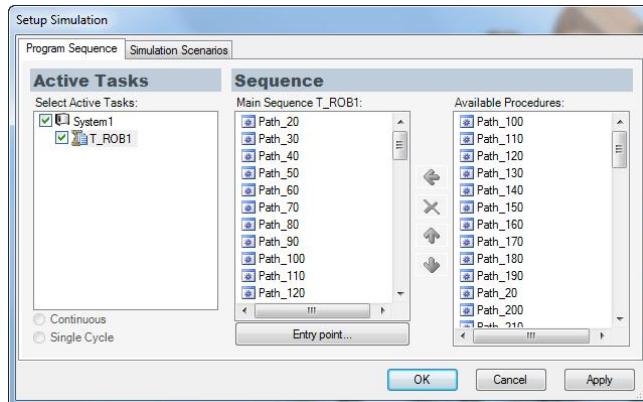
Nakon izrade putanja potrebno je izraditi simulaciju zadatka zavarivanja. Prvo je potrebno odabrati robotski mehanizam koji ćemo koristiti, u našem slučaju je to *IRB 140*. To se radi na način da u izborniku *Home* odabere se opcija *Robot System* i postavi se sustav za odabir robotske ruke.

Slijedeći korak je sinkronizacija sa virtualnim kontrolerom u *RS-u*. U programu pod dijelom *RAPID*, koristi se opcija *Synchronize to VC*. Označivši sve opcije, pokrene se sinkronizacija (slika 20).



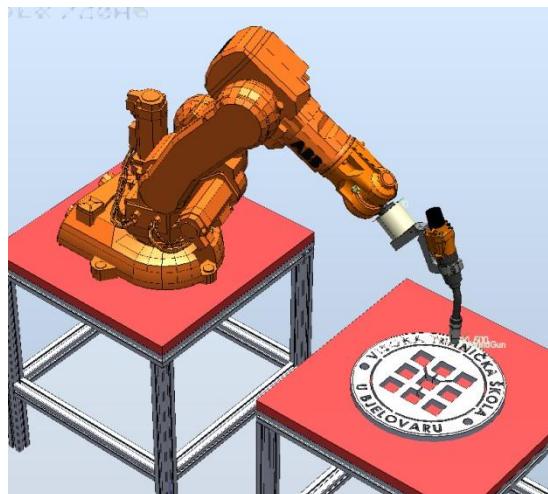
Slika 20. Sinkronizacija virtualnog kontrolera

Nakon izvršene sinkronizacije, potrebno je postaviti redoslijed izvođenja zavarivanja prema postavljenim putanjama (tj rutama). To se radi pod dijelom programa *RS*, nazvanim *Simulation*. Odabire se opcija *Simulation setup*. U novo otvorenom prozoru, iz dijela dostupnih ruta (eng. *Available Procedures*) za zavarivanje, prebacuju se rute u glavnu sekvencu robotske ruke (eng. *Main Sequence T_ROB1*). Pod dijelom odabira aktivnih zadatka (eng. *Active Tasks*), označavanjem želenog, ranije kreiranog robotskog sustava, moguće je odabrati izvršavanje glavne sekvene kontinuirano ili samo jedan ciklus (slika 21).

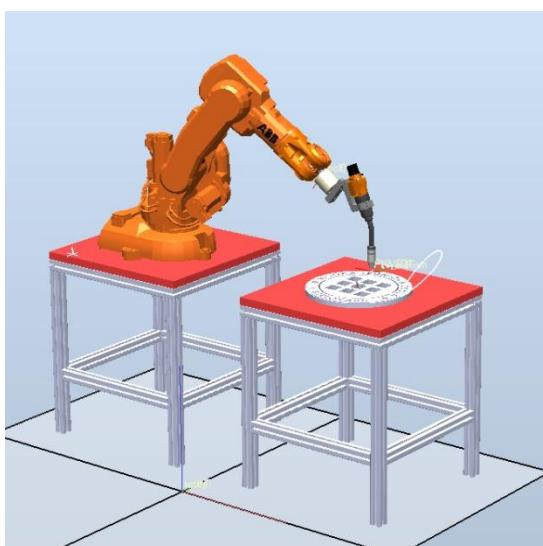


Slika 21. Glavna sekvenca simulacije

Nakon odabira ruta za izvršavanje glavne sekvene robotske ruke *IRB 140*, preostalo je samo pokrenuti simulacijski proces zavarivanja, jednostavnom naredbom *Play* iz simulacijskog dijela programa *RS*. Robotska ruka izvršava zavarivanje po zadanim putanjama, s minimalnom pogreškom, velikom preciznošću i brzinom (slika 22 i 23).



Slika 22. Zavarivanje testnog modela



Slika 23. Zavarivanje testnog modela

8. ZAKLJUČAK

Simulacijom robotskog zavarivanja prikana je efikasnost i učinkovitost robotskog zavarivanja u usporedbi s radom čovjeka. Velika je točnost ponavljanja, velika preciznost i mogućnost neprestanog rada. Potrebna je edukacija osoblja koje radi sa robotskom rukom, za mogućnost konfiguracije vlastitog radnog zadatka. Zavarivanje robotskom rukom višestruko je isplativo ukoliko tvrtka ima velik broj izlaznih proizvoda, jer primjenom robotske ruke dobiva se ne samo na brzini nego i povećava se kvaliteta proizvoda.

Simulacijom moguće je izraditi veoma detaljan proizvodni postupak sa robotima, te tako u potpunosti biti siguran u projekt automatiziranja pogona robotima. Simulacija je direktno primjenjiva na program realnog robota i njegovu svakodnevnu uporabu.

9. LITERATURA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Robot_welding (28.01. 2015.)
- [2] SolidWorks Online Help (28.01. 2015.)
- [3] <http://new.abb.com/products/robotics/industrial - robots/irb-140> (28.01. 2015.)
- [4] <http://vtsbj.hr/osnove-robotike-program/kolegij/> (28. 01. 2015.)
- [5] T. Šurina, M. Crneković, „Industrijski roboti“, Školska knjiga, Zagreb, 1990

