

KONCEPCIJSKO PROJEKTOVANJE ROBOTIZOVANIH ČELIJA ZA ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE

Dragan Milutinović,
Mašinski fakultet Beograd

Robotizovano elektrolučno zavarivanje je sofisticirana tehnologija pa je njena implementacija u industriji veoma težak problem kako za inženjere tako i za menadžment. U cilju prevazilaženja postojećih nedostataka u složenim procesima projektovanja i implementacije robotizovanih ćelija u elektrolučnom zavarivanju, u radu je prikazana metodologija njihovog konceptijskog projektovanja kao neophodnog preduslova za detaljno projektovanje, gradnju i instalisanje ovih sistema. Metodologija je zasnovana na analizi i modeliranju realnih predmeta i procesa zavarivanja i na korišćenju savremenih softverskih sistema za modeliranje i simulaciju robotizovanih ćelija.

Ključne reči: robotizovanje ćelije, elektrolučno zavarivanje, konceptijsko projektovanje.

UVOD

Robotizovano elektrolučno zavarivanje je danas tehnologija koja kombinuje fleksibilnost i produktivnost sa kvalitetom proizvoda i racionalizacijom procesa. U poslednje vreme su postignuti značajni rezultati u razvoju robota, zavarivačke opreme za njih, senzora i softvera za programiranje i simulaciju u cilju odgovora na stalne izazove u ovoj oblasti primene [1]. Implementacija robotizovanog elektrolučnog zavarivanja (obično MIG/MAG i TIG postupci) u industriji je veoma težak problem kako za inženjere tako i za menadžment.

Koncipiranje i razvoj robotizovanih ćelija, u opšte, ne zahteva samo nova znanja, ideje i iskustvo u ovoj oblasti već i sposobnost da se ta znanja transformišu u metodološku proceduru. Problem projektovanja robotizovanih ćelija, u opšte, je razmatran u [2] i [4]. Međutim, postavljene opšte aktivnosti procesa projektovanja nisu sistematizovane kao metodologija za projektovanje i organizaciju ćelija sa robotom. S obzirom na sve širu oblast primene, kako u manipulacionim tako i procesnim, kombinovanim i specijalnim zadacima, problem nedostatka opštih ili specifičnih metoda projektovanja robotizovanih ćelija (za pojedine oblasti primene robota) postaje sve značajniji.

U cilju uspešnijeg rešavanja problema projektovanja i implementacije robotizovanih ćelija, predložen je novi pristup [3].

Osnova predloženog pristupa je metodologija konceptijskog projektovanja robotizovanih ćelija kao neophodni preduslov za detaljno projektovanje, gradnju i instalisanje ovih sistema.

Predložena metodologija konceptijskog projektovanja robotizovanih ćelija za elektrolučno zavarivanje, koja se ukratko prikazuje u ovom radu, je zasnovana na analizi i modeliranju radnih predmeta i procesa zavarivanja i na korišćenju sofisticiranih softverskih sistema za simulaciju i modeliranje robotizovanih ćelija. Kao osnova za implementaciju razvijene metodologije je softverski paket WORKSPACE5¹ koji je instalisan u laboratoriji za industrijske robote i veštačku inteligenciju, Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu.

ULOGA I ZNAČAJ METODOLOGIJE KONCEPCIJSKOG PROJEKTOVANJA ROBOTIZOVANIH ČELIJA ZA ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE

Investiranje u automatizaciju procesa elektrolučnog zavarivanja je opravdano ako se, zavisno od ciljeva, ispunjava jedan ili više od sledećih zahteva:

- veća produktivnost,
- niži proizvodni troškovi,

¹ WORKSPACE5, PC based robotic software, Flow software Technologies, Canada, nabavljen sredstvima MNTR u okviru projekta Troosne paralelne mašine, MIS.3.02.0101.B

- viši i konstantan nivo kvaliteta proizvoda,
- bolje upravljanje proizvodnjom,
- bolji odgovor na zahteve kupca,
- visoka fleksibilnost, i
- humanizacija rada itd.



Slika 1. Opšta metodologija projektovanja robotizovanih ćelija na primeru elektrolučnog zavarivanja

Robotizovane ćelije za elektrolučno zavarivanje su značajna investicija pa se u procesu projektovanja mora pažljivo razmotriti veliki broj zahteva koji su često oprečni. Kako je naglašeno u [2] i [4] projektovanje robotizovanih ćelija, u opšte, obuhvata:

- projektovanje fizičkog layout-a ćelije,
- upravljanje svim komponentama ćelije,
- predviđanje i evaluaciju performansi,
- tehno-ekonomsku analizu,
- realizaciju i instalisanje,
- bezbednost,
- obuku, i
- održavanje.

Kao što je rečeno, ove aktivnosti nisu sistematizovane u metodološku proceduru pa je uspešno projektovanje i implementacija vrlo ozbiljan problem i za menadžment i za inženjere. U cilju rešavanja ovog problema u [3] je postavljena opšta metodologija projektovanja robotizovanih ćelija. Metodologija ima opštu strukturu odnosno može poslužiti za projektovanje robotizovanih ćelija u različitim oblastima primene. Prikaz postavljene metodologije za projektovanje robotizovanih ćelija je dat na slici 1.

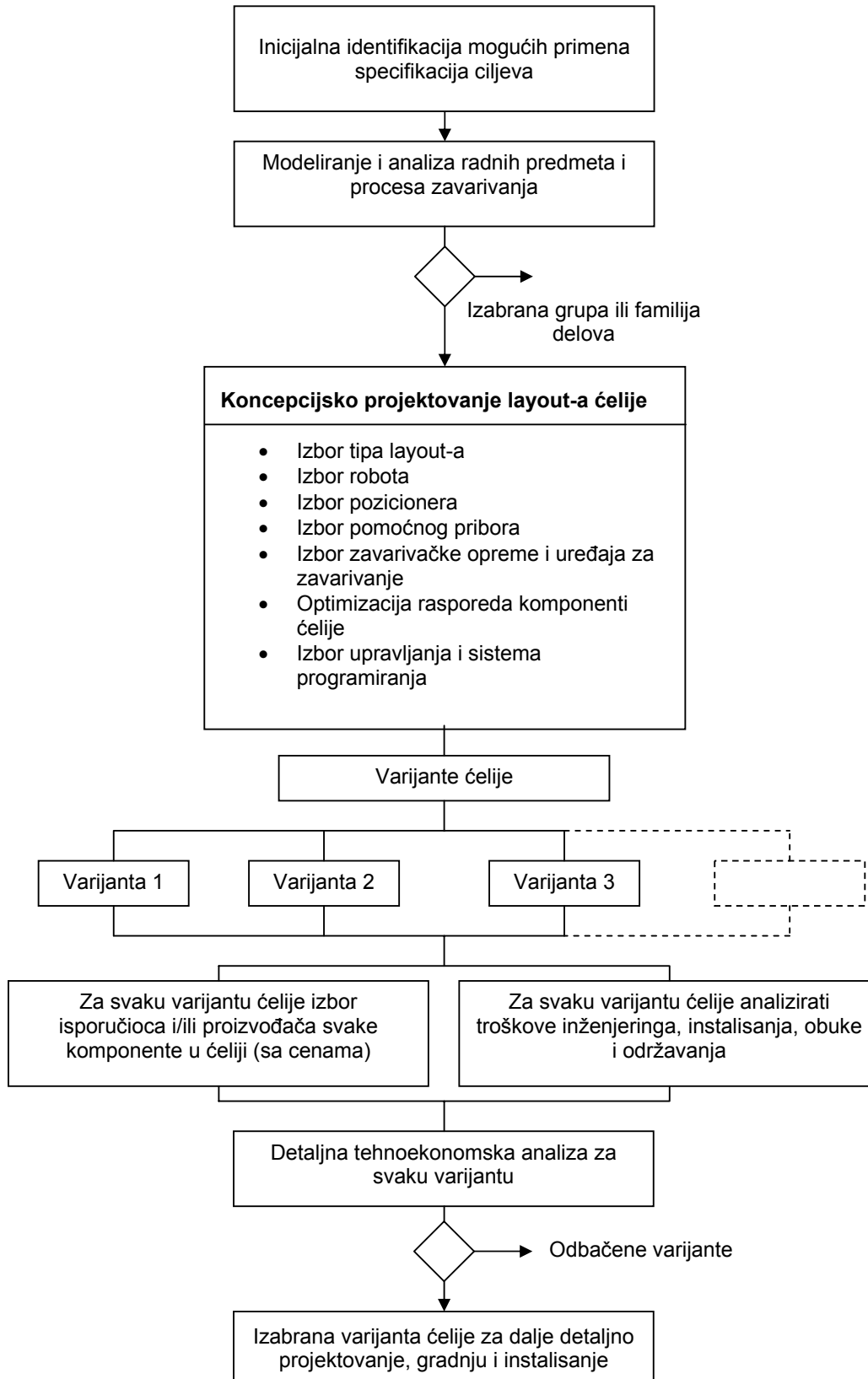
Kao što se vidi, osnova pristupa je metodologija konceptijskog projektovanja zasnovana na savremenim informacionim i komunikacionim tehnologijama. Efikasnim projektovanjem većeg broja varijanti "virtuelnih ćelija", koje postoje samo u računaru, omogućava se:

- izbegavanje rizika u donošenju odluka menadžmenta,
- ušteda u vremenu i novcu, i
- efikasno detaljno projektovanje, gradnja i instalisanje usvojene varijante ćelije.

PRIKAZ METODOLOGIJE

Metodologija konceptijskog projektovanja robotizovanih ćelija je osnova opšte metodologije projektovanja i implementacije robotizovanih ćelija prikazane na Slici 1 i bazirana je na:

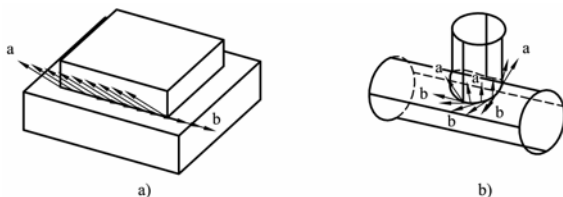
- analizi i modeliranju radnih predmeta i procesa, i
- primeni sofisticiranih softverskih sistema za modeliranje i simulaciju robotizovanih ćelija kao neophodnog alata.



Slika 2. Uprošćeni algoritam koncepcijskog projektovanja robotizovanih ćelija za elektroslučno zavarivanje

Na osnovu razmatranja i analiza danas relevantnih znanja, metoda, sistema, procesa i problema vezanih za elektrolučno zavarivanje metodologija je, kao što se vidi sa Slike 2, organizovana kao logički redosled sledećih aktivnosti:

1. Inicijalna identifikacija mogućih primena i specifikacija ciljeva (produktivnost, kvalitet, fleksibilnost ...).
2. Analiza i modeliranje radnih predmeta i procesa zavarivanja (definisane grupe ili familije delova – oblik i dimenzije, materijal, debljine, priprema, tip spoja, tip i položaj šava, trajektorije, mogući redizajn, priprema...; process, parametric procesa, plan zavarivanja...; modeliranje i generisanje trajektorije šava, Slika 3...).
3. Konceptijsko projektovanje layout-a ćelije u nekoliko varijanti (izbor tipa layout-a – konvencionalni pozicioneri, sinhronizovani pozicioneri, robot kao pozicioner...; izbor robota – konfiguracija, broj stepeni slobode, dimenzije radnog prostora, nosivost, upravljanje, tačnost, brzine...; izbor pozicionera, zvarivačke opreme, optimizacija rasporeda, opreme sa proverom dostizivosti i analizom ciklusnog vremena, izbor senzora, upravljanja i programiranja...).
4. Za svaku varijantu layout-a ćelija se razmatraju potencijalni proizvođači i/ili isporučioци i cene svih komponenata (ova aktivnost je danas relativno jednostavna i brza zahvaljujući internetu).
5. Analiza problema inženjeringa i instalisanje izabranih komponenata ćelija sa očekivanim troškovima uključujući obuku i održavanje.
6. Tehnoekonomska analiza svake varijante (npr. metodom vremena otplate zasnovane na analizi troškova i ušteda...).
7. Presentacija varijantnih rešenja menadžmentu sa izborom najpovoljnijeg ili ni jednog, tj. odustajanje od projekta.

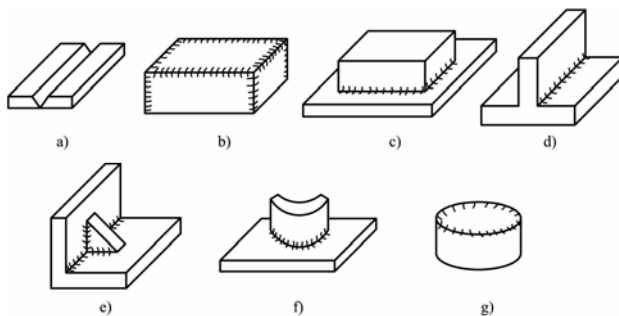


Slika 3. Trajektorije šava sa orijentacijom elektrode
a) pravolinijska, b) složena trajektorija

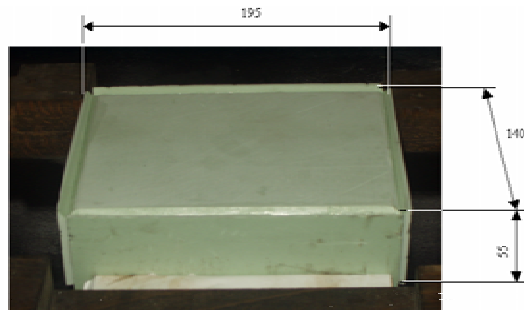
PRIMENLJIVOST METODOLOGIJE

U svakoj aktivnosti predložene metodologije, postoji najmanje nekoliko mogućnosti ili rešenja, ali to sada nije problem. Naprotiv, primenom sofisticiranih softverskih sistema za modeliranje i simulaciju ćelija to postaje prednost jer se nekoliko varijanti layout-a ćelija, sa više različitih komponenata može kreirati u kratkom periodu. Međutim, nije dovoljno samo imati moćan softver i pokušati primeniti metodologiju jer ona nije recept iz kuvara. Metodologija može biti primenljiva za specijalizovane inženjering firme ili kvalifikovani fabrički tim sa iskustvom, odnosno specijalistima iz oblasti proizvodnje, robota, zavarivanja, senzora, upravljanja, softvera, itd.

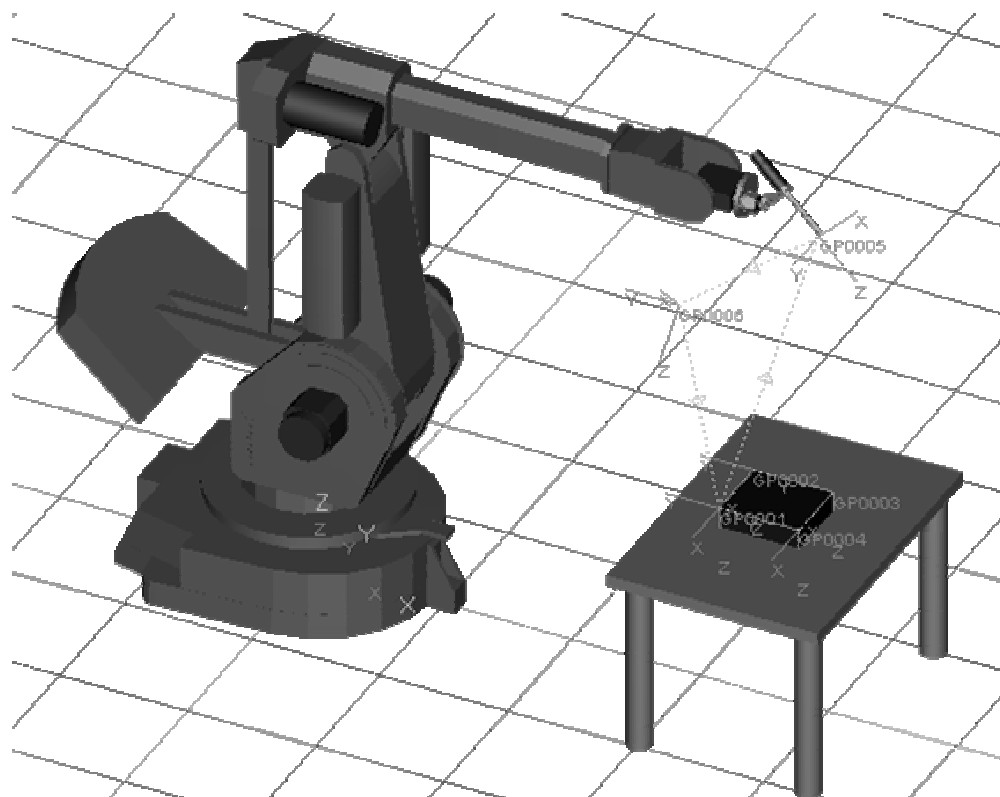
Pojedini algoritmi metodologije su razvijeni u [5], gde su sa ograničenim resursima urađene i simulacije i eksperimenti. S obzirom na raspoložive robote, nedostatak pozicionera i zavarivačke opreme izabrana je grupa jednostavnih manjih delova, Slika 4. Za test primer radnog predmeta od stiropora sa Slike 5, urađena je simulacija i optimizacija layout-a primenom probne verzije softvera WORKSPACE5, na primeru ABB robota IRB C400-2.4, Slika 6 i 7, kao najbližijeg raspoloživom robotu LOLA15, na kome je izvršena eksperimentalna provera korišćenjem simulatora elektrode, slika 8.



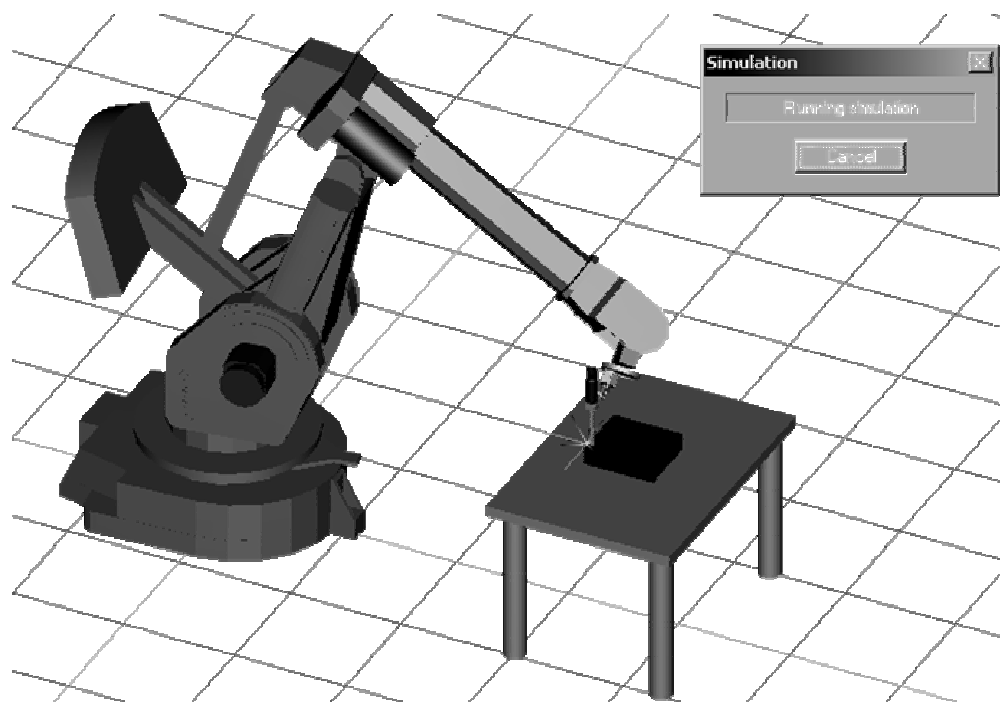
Slika 4. Primer izabrane grupe radnih predmeta



Slika 5. Test primer radnog predmeta



Slika 6. Model ćelije sa radnim predmetima i pridruženim koordinatnim sistemima



Slika 7. Simulacija procesa elektrolučnog zavarivanja

ZAKLJUČAK

Razvijenu metodologiju konceptijskog projektovanja robotizovanih ćelija za elektrolučno zavarivanje je bazirana na analizi i modeliranju radnih predmeta i procesa zavarivanja i na korišćenju savremenih softverskih sistema za modeliranje i simulaciju robotizovanih ćelija.

Metodologija je organizovana kao redosled logičkih koraka za konceptijsko projektovanje ćelije kao neophodnog koraka za kasnije detaljno projektovanje, gradnju, instalisanje pa i eksploataciju. Metodologija omogućava efikasno konceptijsko projektovanje nekoliko varijanti ćelija za izabranu klasu radnih predmeta u kratkom vremenu. Ovako projektovane "virtualne ćelije" postoje samo u računaru ali svaka od njih može biti brzo detaljno projektovana nakon odluke menadžmenta.



Slika 8. Eksperimentalna verifikacija korišćenjem robota LOLA 15 i simulatora elektrode

Razvijena metodologija bi efikasno mogla biti primenjena u industriji, naročito u malim i srednjim preduzećima (SMEs), odnosno pri projektovanju robotizovanih ćelija za male i srednje serije zbog sledećih prednosti:

- kroz veći broj kontrolnih tačaka menadžment izbegava rizik u donošenju odluka,
- uštede u novcu i vremenu,
- luži kao osnova za sve aktivnosti od detaljnog projektovanja ćelije do njene gradnje i instalisanja.

LITERATURA

- /1/ Bolmsjo , G., Olson, M., et al. „Robotic arc welding-trends and developments for higher autonomy, Industrial robot, An international journal, vol.29,No.2 ,2002
- /2/ Groover, P.M., Weis, M., et al., Industrial Robotic; technology, programming, and applications, second edition, McGraw- Hall Book Company, 1987.
- /3/ Milutinovic, D., et al., Razvoj opšte metodologije projektovanja robotizovanih ćelija, Završni izveštaj, Projekt s.1.03.07.295, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1997.
- /4/ Rehg, A.J., Introduction to robotics in CIM systems, Fourth edition, Prentice Hall, 2000.
- /5/ Slama, M.M., Methodology for conceptual design of robotized arc-welding cells, Master thesis, University of Belgrade, Faculty of mechanical engineering, 2003.

CONCEPTUAL DESIGN OF ROBOTIZED ARC-WELDING CELLS

Robotic arc-welding is sophisticated technology and its successful implementation in industry is formidable management as well as technical problem. In order to overcome the deficiencies in robotic workcell design and implementation processes, the methodology for conceptual design is proposed as necessary precondition for detailed design, building and installation of these systems. The methodology is based, on workpieces and welding process modelling and analysis, and on using sophisticated modelling and simulation software for robotic arc-welding.

Key words: robotic cells, arc-welding, conceptual design.