

INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U ZAVARIVANJU

INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY IN WELDING

Mirjana Čičak¹, Gordana Zeba¹

¹Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku

Ključne riječi: *Informacijsko komunikacijska tehnologija, Industrija 4.0, zavarivanje, Internet stvari (IoT)*

Key words: *Information and Communication Technology, Industry 4.0, welding, Internet of things (IoT)*

Sažetak:

Mnogi proizvodi u modernom društvu, od vozila, mostova, preko vojne industrije, medicinskih uređaja i računala, ne mogu se proizvesti bez zavarivanja. Razvojem Informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) mijenja se način njenog korištenja u zavarivanju otvarajući nove perspektive i mogućnosti. IKT-a ima neograničen potencijal uključujući uštedu troškova i povećanje produktivnosti i postaje neophodna za napredak proizvodnje i postizanje konkurentnosti na tržištu. U radu se daje pregled primjene IKT-a u zavarivanju sa osvrtom na Industriju 4.0 i Internet stvari (engl. Internet of Things) koje dodaju novu vrijednost industriji zavarivanja.

Abstract:

Many products in modern society, from vehicles, bridges, to the military industry, medical equipment and computers, can not be produced without welding. The development of Information Communication Technology (ICT) has enabled its application in welding, opening up new perspectives and opportunities. ICT has unlimited potential, including cost savings and increased productivity and as such becomes necessary for the progress of production and achieving competitiveness in the market. This paper provides an overview of the use of ICT in welding with the review of Industry 4.0 and Internet of Things that add new value to the welding industry.

1 UVOD

Rješavanje složenih inženjerskih problema i modeliranje nezamislivo je bez primjene numeričkih postupaka, informacijsko komunikacijske tehnologije, računala i računalnih alata. Informacijsko komunikacijske tehnologije u industriji zavarivanja i dizajniranju proizvoda kontinuirano poboljšavaju kvalitetu, točnost, fleksibilnost i isplativost proizvoda. S obzirom na statičke i dinamičke karakteristike kod zavarivanja računalo se većinom koristi za kontrolu postupka zavarivanja a jedna od bitnih primjena je postavljanje parametara zavarivanja.

Računalna kontrola postupka zavarivanja obrađuje različite značajke koje se javljaju tijekom procesa zavarivanja poput slijeda pokretanja, uključujući podešavanje parametara i redoslijed završetka. Različite postavke koje postavlja operater su: brzina dovođenja žice, napon luka i odziv struje na izmjerene varijacije napona luka. Konstantna računalna kontrola procesa zavarivanja daje kvalitetu zavara bez nedostataka.

2 INFORMACIJSKI SUSTAVI U ZAVARIVANJU

Razvoj i automatizacija zavarivanja temelje se na primjeni različitih senzora i računala za praćenje, i upravljanje parametrima zavarivanja, uz predviđanje grešaka i istodobno otklanjanje uzroka.

Tradicionalno računalni sustavi se koriste u inženjerstvu zavarivanja za modeliranje, podršku proizvodnji, praćenje proizvodnje i kontrolu opreme, te postaju ključni alati za rukovanje informacijama, kontrolu kvalitete, obrazovanje i obuku.

Primjenom informacijsko komunikacijske tehnologije, automatizacije i robota za zavarivanje imamo mogućnost simulacije korištenja atributa koji simuliraju sposobnost zavarivača za inteligentno donošenje odluka, prilagodbu za nesigurnost, primjenu ugrađenog ili stečenog znanja, te primjenu pravila i postupaka za podešavanje parametara zavarivanja u realnom vremenu.

Sustavi za upravljanje informacijama o zavarivanju u realnom vremenu prikupljaju podatke iz radionice i aparata za zavarivanje (poluautomatskih ili robotskih) kako bi se osiguralo nadziranje nad svakim aparatom i stanicom za zavarivanje. Podaci se mogu premjestiti u oblak (internet ili intranet) radi mogućnosti udaljenog pregledavanja putem Interneta. Time se menadžerima omogućuje praćenje različite metrike vezane uz produktivnost, kao što su vrijeme uključivanja i brzina zavarivanja. Velike tvrtke imaju mogućnost centraliziranja baze znanja i razvoja standardnih postupka zavarivanja.

Uz održavanje kvalitete rukovoditelji operacija koriste sustave informacija o zavarivanju za pronalaženje mogućnosti povećanja produktivnosti. Dostupne su mogućnosti određivanja

najproduktivnijih operatera, onih koji trebaju dodatnu obuku, mjerena stvarnih troškova zavarivanja, otkrivanja mogućnosti za smanjenje troškova i mjerene utjecaja inicijative za kontinuirano poboljšanje.

Inženjeri za osiguranje kvalitete mogu pratiti izvedbu zavarivanja i odrediti potrebne promjene radi sprječavanja budućih problema. Inženjeri za zavarivanje mogu računalne sustave koristiti za podešavanje i optimizaciju procesa zavarivanja, testiranje i preuzimanje ažuriranih parametara za jedan ili više strojeva.

Razvojem zavarivačke industrije razvijale su se i druge grane u strojarstvu, poput robotike. Roboti su se pokazali korisnim u području zavarivanja te se klasični oblici ručne proizvodnje na tome području ne mogu natjecati s modernim robotiziranim i računalnim sustavima.

Svaki složeni sustav mora imati omogućeno upravljanje i nadzor. Za upravljanje procesima i senzorima automatiziranog zavarivanja robotom koristi se računalo. Središnja procesorska jedinica služi za pohranjivanje i prikupljanje podataka te se na računalo spaja upravljačka ploča ili privjesak za učenje preko kojeg se vrši određeno podešavanje parametara zavarivanja, izvođenje napisanih programa i slično.

Primjena računalnih programa u zavarivanju poprima sve veće značenje. Računalni program omogućuje simulaciju zavarivanja (elektrolučnog, laserskog, elektrootpornog, kao i zavarivanja elektronskim snopom) sa sljedećim mogućnostima¹:

- predviđanje deformacija
- predviđanje nastalih zaostalih naprezanja
- identifikaciju optimalnog redoslijeda zavarivanja
- određivanje utjecaja vremena stezanja na deformacije i naprezanja
- optimizaciju naprava za stezanje i analizu transfera topline u naprave za stezanje
- predviđanje mikrostrukture i tvrdoće zavarenog spoja.

Različitim programima za simulaciju zavarivanja nastoji se simulirati proces zavarivanja, tj. prikazati greške i promjene koje nastaju u materijalu prilikom i nakon izvođenja samog procesa, te promjenom parametara doći do optimalnog rješenja. Tehnologija zavarivanja je vrlo kompleksan proces i prilikom simulacije potrebno je načiniti mnogo iteracija i utrošiti dosta vremena. Takav pristup smanjuje troškove, međutim program ne uzima u obzir sve realne uvjete koji se mogu pojaviti te sa prihvaćanjem rješenja treba biti oprezan i provesti eksperiment za dodatno ispitivanje rješenja.

¹ http://pages.mscsoftware.com/rs/109-LAC296/images/Simufact.welding_2015_E_print.pdf
Simufact engineering GmbH, Hamburg: Best welded

3 INDUSTRIJA 4.0 U ZAVARIVANJU

Industrija 4.0 podrazumijeva strojeve, uređaje, proizvode i proizvodne module koji samostalno razmjenjuju informacije i pokreću akcije. Za ovakav scenarij, tvornice se razvijaju u pametna proizvodna okruženja, gdje je raskorak između stvarnog i digitalnog svijeta sve manji. Proizvodni sustavi integriraju intelligentne procese koji omogućuju fleksibilnost, praćenje prekida i kvarova te generiranje pokazatelja za upravljanje proizvodnjom.

Računala postaju sve manja i kao da nestaju u gotovo svim tehničkim uređajima. Više od 90% procesora u svijetu nalazi se u ugrađenim sustavima (engl. Embedded systems) [1] kao što su strojevi ili namjenski uređaji koji komuniciraju na svjetskoj mreži, Internetu. Procesori u ugrađenim sustavima našli su svoju primjenu i u industrijskoj proizvodnji, koja sve više koristi napredak informacijske tehnologije a naziva se četvrta industrijska revolucija, skraćeno, Industrija 4.0 [2]. Na slici 1. prikazana je promjena tradicionalnog proizvodnog odnosa uz industriju 4.0.



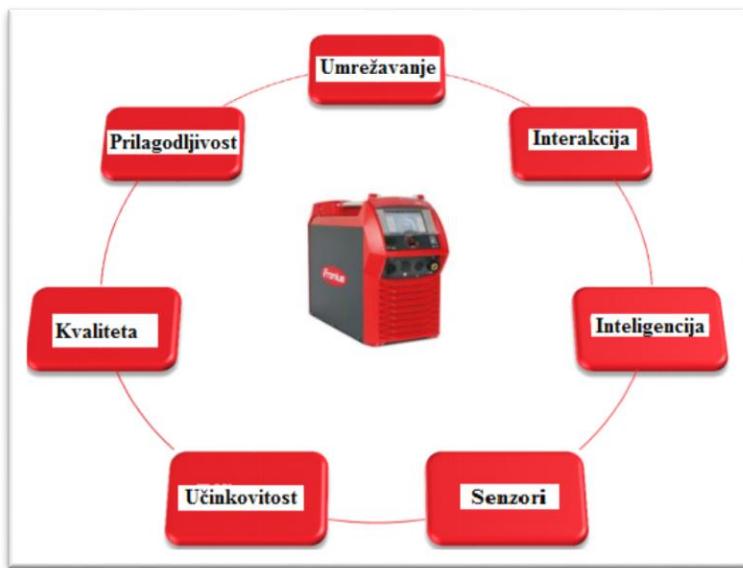
Slika 1. Promjena tradicionalnog proizvodnog odnosa uz industriju 4.0

Autonomne radne tvornice su cilj Industrije 4.0 (I4.0). Sve potrebne informacije o proizvodnji bile bi dostupne u računalnom oblaku, intelligentni softverski alati upravljali bi i kontrolirali proizvodne procese i organizirali nabavni lanac dok bi se roba proizvodila na zahtjev. Sve to utječe i na razvoj tehnologije zavarivanja i opreme za zavarivanje čiji je dosadašnji razvoj prikazan na slici 2..



Slika 2. Razvoj opreme u zavarivanju

Razvoj i automatizacija zavarivanja temelje se na primjeni različitih senzora i računala za praćenje, bilježenje i upravljanje parametrima zavarivanja, uz predviđanje grešaka i istodobno otklanjanje uzroka. Za industriju 4.0 parametri zavarivanja moraju biti digitalizirani, mikroprocesori postaju dio hardvera za zavarivanje i prilagođenog softvera. Zahtjevi sustava zavarivanja u Industriji 4.0 (senzori, inteligencija, interakcija, umrežavanje, prilagodljivost, kvaliteta i učinkovitost) prikazani su na slici 3.. Računalom simulirano okruženje pomoću kojeg pokušavamo dočarati pojedine situacije iz stvarnog života nazivamo virtualnom stvarnosti (engl. Virtual Reality, (VR)). U zavarivanju virtualna stvarnost je prikazana na monitoru računala ili preko specijalnih pomagala (npr. naočala ili maske za zavarivanje).



Slika 3. Industrija 4.0 – zahtjevi sustava zavarivanja

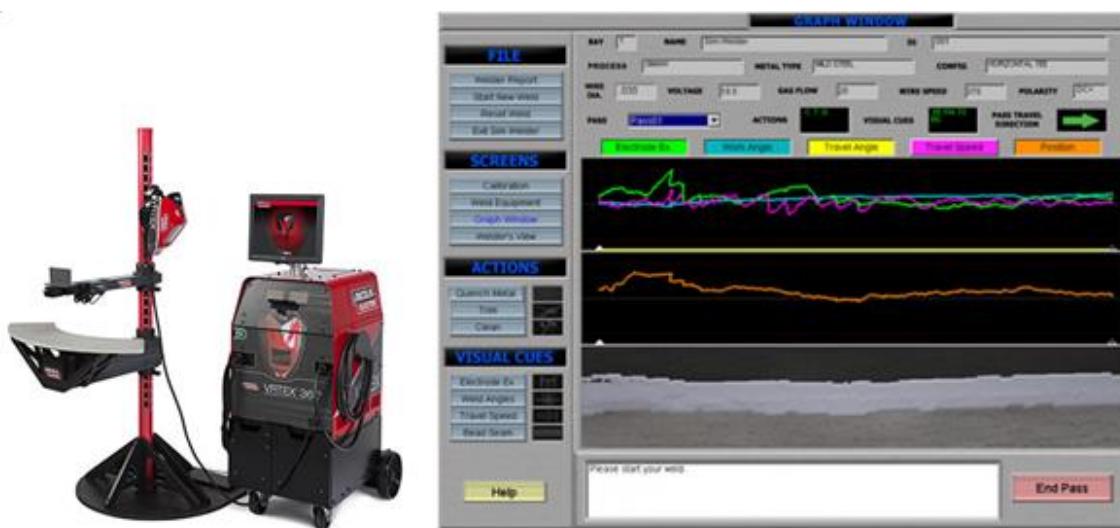
Pored vizualizacije simulacija danas uključuje informacije koje dobivamo osjetom sluha (zvuk) i osjetom dodira (vibracije) - "haptic sistem". Simulatori postaju tehnološki sustavi pomoću kojih

umjetno stvaramo željenu situaciju iz realnog života s namjerom da poslije određenog broja ponavljanja lakše riješimo probleme koje nam može donijeti stvarna situacija.

Prvi simulator zavarivanja proizведен je 1990.g. (Lenco Welding Accessories Ltd., Canada). Sustav je omogućavao ograničenu vizualizaciju na malom uređaju uz upotrebu držača elektrode (MIG,TIG,REL) za zavarivanje. Analiza kretanja pri zavarivanju bila je ograničena. U proteklom periodu razvijeno je nekoliko simulatora za zavarivanje čiji je razvoj uglavnom povezan sa školskim centrima za zavarivanje ili proizvođačima zavarivačkih uređaja.

Obrazovanje na virtualnim sustavima bazira se na usavršavanju osjećaja za pravilno izvođenje procesa zavarivanja. Simulatori uz pomoć računala omogućavaju snimanje kompletног toka vježbe uz grafički prikaz pojedinačnih parametara i vizualizaciju procesa. Pojedini sustavi imaju integrirane greške koje se mogu pojaviti uslijed nepravilnog zavarivanja a kontrolni centar je glavno oruđe pomoću kojeg instruktor prati i analizira pedagoški napredak kandidata. Simulator koristi industrijske držače elektroda, a virtualna slika se stvara u zaštitnoj maski pomoću 3D naočala².

Simulator za zavarivanje (prikazan na slici 4) omogućuje jeftiniju, bržu, kvalitetniju, sigurniju i ekološki prihvatljivu obuku zavarivača.



Slika 4. Prikaz simulatora i parametara procesa na monitoru simulatora VRTEX 360

Vještina zavarivača postiže se treningom putanje kretanja, razmaka elektrode od predmeta, brzinom zavarivanja i kutom u odnosu na predmet i pravac kretanja. Nakon treninga moguće je izvršiti analizu rezultata, otkriti greške pri zavarivanju te pratiti napredak obuke.

² <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
VRTX 360® Virtual Welding Trainer

Zavarivanje je vrlo složen proces i za pokretanje „Pametne tvornice“ ("Smart Factory") potrebno je prije svega znanje inženjera za zavarivanje o zavarivanju digitalizirati na način kako bi računalo moglo donositi uspješne odluke usporedive s inženjerskim odlukama.

Oprema za zavarivanje treba biti opremljena mikroprocesorima i različitim senzorima za pretvaranje bilo koje vrste informacija u digitalne podatke. Zahtjev za obradom podataka u stvarnom vremenu zahtjeva poseban naglasak na prijenos podataka. Strojevi opremljeni mikroprocesorom trebaju izvršavati mnogo različitih zadataka uz brzu sinergijsku liniju poput algoritama upravljanja parametrima zavarivanja, mjerena podataka o zavarivanju te minimalno kratkoročno skladištenje istih, ograničavanje snage zavarivanja u odnosu na “najslabiju” instaliranu komponentu, pružanje mrežnih funkcija kao i samo-otkrivanje i samo-testiranje instaliranih komponenti (poput gorionika za zavarivanje, rashladnog uređaja i zaslona) [3]. Sve to zahtjeva mnogo različitih elektroničkih komponenti i integriranih krugova uz zahtjev da elektronika mora raditi u vrlo prljavom i prašnjavom industrijskom okruženju.

Jedan od najkvalitetnijih čimbenika koji utječe na zavarivanje je položaj zavarivanja u odnosu na radni komad i njegove kutove i vrlo ih je teško držati konstantnim tijekom robotskog zavarivanje duž 3D trajektorija. Pregled komponente koja mora biti zavarena, može se obaviti pomoću videozapisa, laserski ili ultrazvučnim sustavom.

Uz razvoj kao što su Google Glass ili Microsoft HoloLens, kaciga za zavarivanje postaje komunikacijska platforma između ljudi i aparata za zavarivanje. Vizija je prikazati parametre zavarivanja na zaštitnom staklu kacige. Osim toga, kaciga se oprema sa sustavom glasovnog upravljanja koje je u interakciji s izvorom napajanja zavarivanja. Stoga kaciga treba biti spojena bežično sa izvorom napajanja zavarivanja.

4 INTERNET STVARI (INTERNET OF THINGS (IoT)) U ZAVARIVANJU

Internet stvari (Internet of things (IoT)) su jedan od najčešće korištenih pojmove o vizijama sljedeće razine industrijalizacije i "Pametne tvornice". Pojam Internet of Things prvi je koristio Kevin Ashton 1999. godine uvodeći novu ideju praćenja informacija pomoću RFID (radio-frekvencijska identifikacija) tehnologije [4].

Industrija 4.0 i IoT koriste se kao sinonimi za globalnu tehničku evoluciju zasnovanu na znanju koje je čovječanstvo steklo do danas [5]. Predviđa se digitalno umrežavanje svih strojeva i uređaja proizvodnih sustava u realnom vremenu, pretvaranje svih informacija u digitalne podatke i dijeljenje velikog skupa podataka na digitalnoj platformi.

Digitalna veza fizičkih objekata (npr. proizvodni alati i proizvodna oprema) čini virtualni svijet koji se smatra najvažnijim pokretačem inovacija.

Prelazak na širokopojasnu upotrebu IoT-a već je započeo, potaknut poboljšanom širokopojasnom internetskom dostupnošću, nižim troškovima veze i tehnologije, povećanom upotrebom pametnih telefona i činjenicom da se sve više uređaja i strojeva gradi s Wi-Fi mogućnostima.

Digitalni podaci mogu se koristiti uz pomoć interneta i stvoriti nova (digitalna) znanja i usluge kombiniranjem specijalističkog znanja stručnjaka s relevantnim podacima uz stvaranje programskih alata po mjeri. Osnova za internet stvari (IoT) je digitalna transformacija bilo koje vrste informacija i znanja koje aktivira razvoj specifičnih mjernih i analizirajućih hardverskih senzora u kombinaciji s elektroničkim uređajima za digitalni prijevod (npr. proizvodni podaci, fizičko stanje proizvoda, topografija i kretanje bilo koje vrste predmeta tijekom cijelog životnog vijeka) [6]. Pohrana tih podataka temelji se na svjetskoj mreži pohrane, takozvani "oblak" za što je potrebno uspostaviti fizičku mrežnu infrastrukturu koja omogućuje prijenos podataka velikom brzinom.

Kako svaka komponenta objekta treba isporučivati podatke u oblak potrebno je izraditi učinkovitu standardizaciju u slanju, prijenosu, primanju i obradi podataka. Sve komponente trebaju imati zajednički mikrokontroler, jednostavan za postavljanje i sigurno povezivanje s internetom. Osim toga troškovi za ulazak u internet stvari ne smiju biti veliki i alati koji preuzimaju dio aktivnosti korisnika, bilo automatski ili čak samostalno trebaju biti cjenovno dostupni.

5 ZAKLJUČAK

Informacijsko komunikacijske tehnologije postaju neophodan dio procesa zavarivanja. S najnovijom tehnologijom industrija zavarivanja kontinuirano poboljšava kvalitetu i točnost postupaka zavarivanja. Radi digitalizacije aktivnosti profesionalaca s I4.0/IoT treba se razvijati i profil zavarivača. Zbog uključivanja presjeka znanja između odabira materijala, postupaka zavarivanja, interakcije s izvorom topline, metalurgijom i zajedničkim svojstava, složenost zavarivanja je na vrlo visokoj razini. Jedan od glavnih zahtjeva I4.0/IoT je potreba zavarivača da koriste virtualnu stvarnost kao alat za nadzor u tijeku zavarivanja ili alat za naknadnu obradu. Javljuju se veliki izazovi poput visoke brzine prijenosa podataka unutar aparata za zavarivanje, ali i unutar interneta i razvoja strategija za osiguranje sigurnosti podataka. Internet stvari čvrsto su u našoj svakodnevnoj stvarnosti ali postoji cijeli niz problema za rješavanje koji se trebaju nositi sa zakonima fizike, udaljenosti i vremena. Primjena IoT će olakšati prikupljanje i integriranje podataka o zavarivanju.

6 LITERATURA

- [1] Singh S. ; Pandit D. : Emerging Trends of Embedded System for Industrial Applications, International Journal of Advances in Engineering, 2015, 1(9), 661 – 666
- [2] Kagermann H, Wahlster W, Helbig J.: Securing the Future of German Manufacturing Industry: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V., Berlin, 2013 URL: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> (10.07.2019)
- [3] Bruckner J.,Ennsbrunner H.: Industry 4.0 in weldin, Fronius International GmbH, 2017 Wels, Austria
- [4] Ashton K.: „That Internet of Things Thing“, RFID Journal, 07/2009 <https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [5] Wischmann S., et al.: „Industrie 4.0. Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0.“; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2015
- [6] Chao Chen, Na Lv, Shanben Chen: Data-Driven Welding Expert System Structure Based on Internet of Things, Dio knjige Transactions on Intelligent Welding Manufacturing. Volume I No. 3 2017, Springer, Singapore, Pages 45-60