



Branko Zrilić<sup>1</sup>, Nebojša Pantelić<sup>1</sup>, Radomir Jovičić<sup>2</sup>, Dejan Jovičić<sup>3</sup>

## UPRAVLJANJE KVALITETOM ZAVARIVANJA POSREDSTVOM DALJINSKOG NADZORA

### TOTAL WELDING QUALITY MANAGEMENT BY THE MEANS OF REMONTE MONITORING

**Originalni naučni rad / Original scientific paper**  
**UDK / UDC: 621.791**

**Rad primljen / Paper received:**  
April 2014.

**Ključne reči:** punjena žica, metal šava, mikrostruktura, zatezne karakteristike, energija udara, MAG postupak

\* Rad je izlagan na 28. savetovanju Zavarivanja 2014 – Borsko jezero

**Adresa autora / Author's address:**

<sup>1</sup> FIN IMPORT DOO, Dobropoljska 39. Beograd

<sup>2</sup> Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16. Beograd

<sup>3</sup> Institut Kirilo Savić, Vojvode Stepe 51. Beograd

**Key words:** flux-cored wire, weld metal, microstructure, tensile properties, impact energy, MAG process

#### Rezime

Optimizacija konstrukcija i osiguranje kvaliteta zavarivanja, naročito kod velikih projekata, stvara potrebu za efikasnim upravljanjem kvalitetom zavarivanja. Počev od 1993. godine, kada je prvi u svetu potpuno digitalizovani MIG/MAG uređaj omogućio „real-time“ daljinski nadzor (beleženje i analizu) parametara zavarivanja - jednog uređaja jednim kompjuterom (iz druge prostorije, ili sa drugog kontinenta), sada je posredstvom jednog (ili više kompjutera) omogućen „real-time“ nadzor brojnih uređaja za zavarivanje na raznim udaljenim gradilištima.

#### Abstract

Constructions optimization and welding quality assurance, at big projects particularly, request efficient welding quality management. Starting from 1993rd, when world the 1st completely digitalized MIG/MAG machine enabled „real-time“ WPS remote monitoring (evidence & analysis), of one machine from one PC (from another room, or a Continent), we are enabled now for „real-time“ WPS remote monitoring of numerous welding machines, at one or various remote sites, from one PC (or more PCs).

#### UVOD

Pri proizvodnji zavarenih konstrukcija neophodno je osigurati kontrolu kvaliteta od faze projektovanja do završnih funkcionalnih ispitivanja. Loše projektovana konstrukcija ili loše projektovana tehnologija njenog zavarivanja i propusti u proizvodnji, pri montaži i pri ispitivanjima mogu da izazovu ozbiljne probleme i visoke troškove.

Da bi se izbegli navedeni problemi i osigurao stalan i dovoljno visok kvalitet zavarenih konstrukcija u standardima grupe EN ISO 3834 su definisani zahtevi koje preduzeća koja se bave izradom ovih konstrukcija moraju da ispune. Ovi standardi daju smernice za izbor potrebnog nivoa kvaliteta zavarivačkih radova imajući u vidu nivo odgovornosti zavarene konstrukcije. Sa porastom potrebnog – projektovanog nivoa kvaliteta povećava se broj faktora koji, tokom izrade konstrukcije, utiču na mogućnost postizanja tog kvaliteta. Standardi grupe EN ISO 3834 definišu faktore o kojima treba voditi računa i koje treba kontrolisati da bi ostvareni nivo kvaliteta zavarene konstrukcije uvek bio jednak ili viši od projektovanog. Ovi standardi su primeljni na sve tipove zavarenih konstrukcija i na sve uslove izrade. U daljem tekstu će biti reči samo o faktorima koji utiču na kontrolu pre početka zavarivanja i u toku zavarivanja.

#### 1. KONTROLA ZAVARIVANJA

Osnovni preduslovi za postizanje projektovanog – zadatog kvaliteta zavarenih spojeva su korišćenje predviđenih materijala osnovnih, dodatnih i pomoćnih, korišćenje predviđenih procedura zavarivanja - WPS lista, kvalifikovano osoblje i odgovarajuća oprema.

Tokom zavarivanja, čak i u slučaju neprekidnog nadzora nad radom svakog zavarivača, nije moguće registrovati svako odstupanje od zadatih parametara zavarivanja. Naime, tokom zavarivanja parametri kao što su dužina slobodnog kraja žice kod MIG/MAG postupka, jačina struje, napon i brzina zavarivanja se neprekidno menjaju. Pri tim promenama se dešava da navedeni parametri izađu iz oblasti zadatih vrednosti, što može biti praćeno nastankom grešaka u zavarenim spojevima. U slučajevima grubljeg narušavanja tehnološke discipline može doći i do zamene dodatnog materijala, zaštitnog gasa ili WPS liste, ili je moguće da spojeve zavaruju zavarivači koji nemaju odgovarajuće kvalifikacije.

Dosadašnji način kontrole pre početka i u toku zavarivanja je bio povremen i nasumičan, čak i kada su u pitanju bile najodgovornije konstrukcije kao što su



naftne platforme i objekti atomske energetike. Taj način kontrole nije obezbeđivao kontinuirani uvid u kvalitet zavarenih spojeva. Zbog toga se dešavalo da se u njima pojave greške koje su kasnije tokom eksploatacije dovodile do katastrofalnih lomova konstrukcija. Slika 1. prikazuje havariju naftne platforme Alexander L. Kielland u vodama Norveške 1980. godine koja je praćena ljudskim žrtvama. Uzrok havarije je bila greška u jednom od zavarenih spojeva. Da bi se ovakvi lomovi izbegli

razvijen je sistem monitoringa tj. kontinuiranog praćenja toka zavarivanja. Standardi grupe EN ISO 3834 predviđaju i da zavarivačke radove moraju da prate odgovarajući dokumenti, koji omogućavaju uvid u poštovanje predviđenih procedura i uvid u eventualna odstupanja od tih procedura. Sistem monitoringa mora da obezbedi mogućnost izrade i štampanja tih dokumenta.



Slika 1. Lom naftne platforme

## 2. PROGRAM PRO WELD DATA

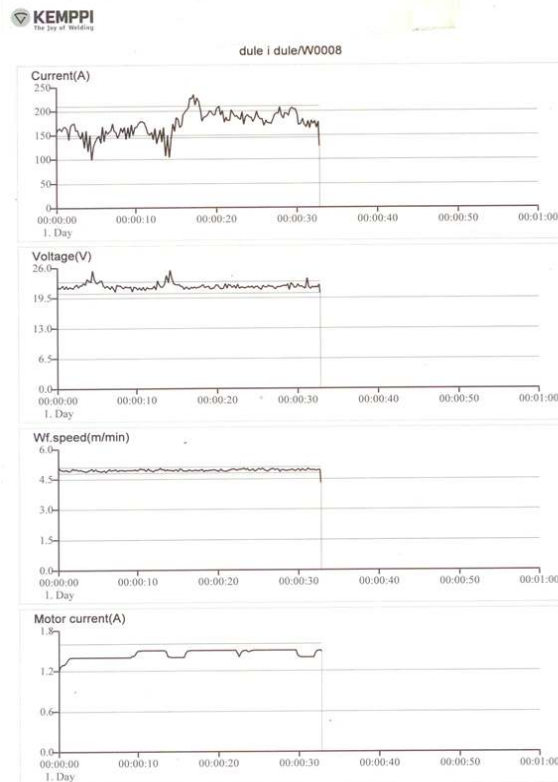
Serijska proizvodnja uređaja za zavarivanje sa potpuno digitalizovanom komunikacijom je omogućila kompjuterizovano neprekidno praćenje i dokumentovanje procesa zavarivanja. Sa uređaja za zavarivanje, posredstvom interfejsa, se na kompjuter, pomoću programa PRO Weld Data prenose parametri zavarivanja: jačina struje i napon zavarivanja, brzina dodavanja žice i jačina struje napajanja motora za dovod žice, slike 2. i 3. Program PRO Weld Data [1] prima i obrađuje podatke i omogućava "real-time" grafički prikaz, napona, jačine struje, brzine dovođenja žice i jačine struje napajanja motora za pogon žice, slika 2.

Osim toga program može biti upotrebljen za proračun troškova električne energije za napajanje uređaja za zavarivanje, troškova dodatnog materijala (MIG/MAG), trajanja zavarivanja, srednje jačine struje i napona,

trajanja gorenja luka i troškova za svaki pojedinačni zavar, slika 3.

Unosom izmerene dužine zavara, dobijaju se količina unete toplote za svaki pojedinačni zavar (kJ/cm) i brzina zavarivanja (mm/min).

Program može, od uređaja za zavarivanje, da prikluplja informacije u intervalima od 0,2 do 60 sek. Interval beleženja kao i ukupno trajanje prikupljanja informacija definiše rukovaoc. Takođe, mogu se definisati min/max granice za jačinu struje i napon zavarivanja, kao i za brzinu dovoda žice. Prekoračenja mogu biti prikazana i memorisana. Razvoj kompjutera je omogućio neprekidan istovremeni nadzor nad maksimalno 64 uređaja za zavarivanje.



Slika 2. Program PRO Weld Data, grafički prikaz parametara zavarivanja jačine struje, napona, brzine dodavanja žice i jačine struje na motoru dodavača žice

Job name	Process	Date	Start time	Total time	Welder	Supervisor	Power so...	Tig-unit	Ca
TEST WELD	PMIG	23.05.2001	14:37:32	00:00:00	Test	Test	PRO5000	protig	

Weld name	Start time	Tot. time	Av. Current (A)	Av. Voltage (V)	Av. Wfs (m/s)	Tot. Energy (kJ)	Heat input...	Wi
w0001	14:38:41	00:16	250	42.0	21.5	167.8	0.0	
w0002	14:38:58	00:16	249	42.8	21.5	170.8	0.0	
w0003	14:39:15	00:16	251	42.7	21.5	171.8	0.0	
w0004	14:39:32	00:16	251	42.4	21.5	170.0	0.0	
w0005	14:39:49	00:00	245	42.2	21.7	0.0	0.0	
w0006	14:41:31	00:16	250	42.6	21.6	170.6	0.0	
w0007	14:41:48	00:16	250	42.2	21.4	168.8	0.0	
w0008	14:42:05	00:16	249	42.4	21.4	169.4	0.0	
w0009	14:42:22	00:16	250	43.0	21.6	171.9	0.0	

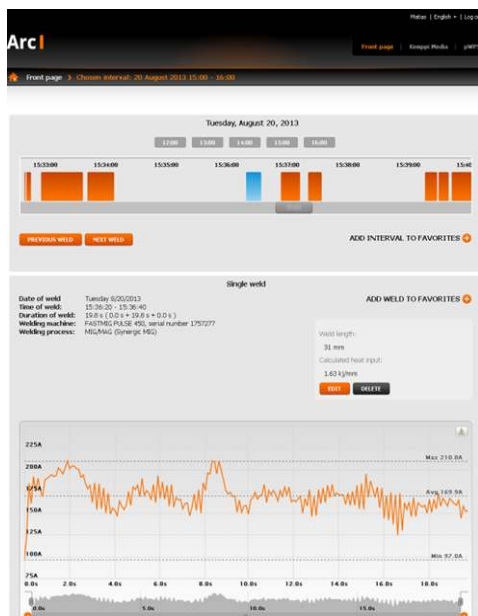
Slika 3. Program Pro Weld Data, tabelarni prikaz snimljenih i izračunatih parametara zavarivanja

Program omogućava i prikupljanje i štampanje izveštaja sa podacima o tipu korišćenog uređaja i pištolja za zavarivanje, vrsti i polaritetu struje zavarivanja, vrsti i protoku zaštitnog gasa, vrsti i prečniku dodatnog materijala, trajanju zavarivanja i podataka o zavarivaču.

### 3. PROGRAM ARC INFO

Program ArcInfo služi za registrovanje parametara zavarivanja u toku zavarivanja i za njihovu naknadnu analizu [2]. Na ekranu – displeju aparata za zavarivanje se vidi da se, u toku zavarivanja, jačina struje i napon menjaju svakog trenutka. Međutim, na ovaj način nije moguće registrovati trenutke kada ti parametri izađu iz

zadatog okvira. S obzirom da odstupanja parametara zavarivanja od zadatih vrednosti mogu dovesti do pojave grešaka u zavarenim spojevima, važno je da se ta odstupanja registruju i svedu na minimum. Sistem ArcInfo omogućava da se promene parametara zavarivanja tokom zavarivanja prikažu na pregledan i razumljiv način i da se naknadno analiziraju, slika 4. Za prikupljanje podataka, na MIG/MAG uređaje novijih generacija, se priključuje uređaj DataCatch, slika 5. Posle zavarivanja uređaj DataCatch se priključuje na kompjuter, koji ima pristup Internetu i time i web servisu ArcInfo, čime se prikupljeni podaci obrađuju i prikazuju na jasan i pregledan način, slika 4.



Slika 4. Program Arc Info, način prikazivanja parametara zavarivanja

Program ArcInfo omogućava da se ubrza proces učenja i obuke zavarivača, jer na jasan i pregledan način prikazuje zavarivaču promene parametara zavarivanja i njihova odstupanja od zadatih vrednosti tokom njegovog rada, slika 6. Program omogućava da se prati napredovanje svakog zavarivača u toku obuke, da se prati rad zavarivača tokom provere njihove stručne osposobljenosti tj. atestacije i pri proveri sposobnosti



Slika 6. Instuktor pokazuje zavarivaču grafički prikaz kretanja parametara zavarivanja u toku zavarivanja ispitnog uzorka

#### 4. SISTEM ARC QUALITY

Za mnoge zavarene spojeve se ne raspolaže zadovoljavajućim dokazima da su ih zavarili zavarivači sa odgovarajućim kvalifikacijama, koristeći propisane dodatne i pomoćne materijale. Sa druge strane za najveću većinu zavarenih spojeva ne postoje nikakvi dokazi da su zavareni propisanim parametrima i, u slučaju da je bilo odstupanja od tih parametara, da su ona registrovana. Registrovanje ovih odstupanja je važno jer ona mogu da budu razlog nezadovoljavajućeg kvaliteta zavarenih spojeva. Do sada nije postojao sistem koji bi mogao da obezbedi sve navedene dokaze i tako potvrdi da izvedeni zavareni spoj odgovara



Slika 5. Program Arc Info, načina rada

zavarivača da sprovedu postupak zavarivanja po određenoj WPS listi. Program omogućava objektivnu i tačnu ocenu sposobnosti zavarivača. Program ArcInfo može još da se koristi za registrovanje parametara zavarivanja tokom izrade uzoraka za kvalifikacije tehnologija zavarivanja i pri ispitivanjima i razvoju novih tehnologija zavarivanja.

propisanom kvalitetu. Sistem ArcQuality [3] meri i registruje parametre zavarivanja, registruje kvalifikacije zavarivača, dodatne i pomoćne materijale i sakupljne informacije poredi sa odgovarajućim informacijama iz tehnoloških lista – WPS lista, spojeva koji se zavaruju. Ovo rešenje obezbeđuje potrebni kvalitet zavarivanja i ne dopušta odstupanja koja mogu da dovedu do problema sa kvalitetom.

Sistem ArcQ funkcioniše na sledeći način. Pre početka zavarivanja zavarivač se priključuje na sistem ArcQ



pomoću ručnog skenera, slika 7. Skeniranjem bar koda sa identifikacione kartice učitavaju se lični podaci i profesionalna kvalifikacija zavarivača, slika 7. a). Zatim se skenira bar kod WPS liste spoja koji treba da bude zavaren, slike 7.b) i 8. Sistem ArcQ poredi kvalifikaciju zavarivača sa kvalifikacijom prema WPS listi. To garantuje da kvalifikacija zavarivača odgovara WPS listi spoja koji treba da bude zavaren i da je kvalifikacija

važea. Izabrani dodatni materijal i zaštitni gas se takođe skeniraju, porede i potvrđuju, slike 7. c). Na ekranu skenera se, pomoću informacija koje su praćene jarkim bojama, slike 7 c) i d), potvrđuje ili negira saobraznost unetih podataka sa WPS listom i time garantuje da je zavarivač informisan i da u, slučaju potrebe, treba da preduzme korektivne mere da bi se izbegao loš kvalitet spoja.



Slika 7. a) unos podataka za zavarivača, b) unos WPS liste, c) dodatni materijal nije odgovarajući za unetu WPS listu, d) upotrebljen odgovarajući dodatni materijal za unetu WPS listu



Slika 8. Skeniranje bar koda WPS liste

Podaci o parametrima zavarivanja se snimaju pomoću senzora koji priključen na aparat za zavarivanje i na sistem ArcQ. Kompanije koje rade na više lokacija mogu da organizuju daljinsko očitavanje unetih podataka pomoću inovativnog sistema razmene informacija na bazi "cloud" podrške, slika 9. Zahvaljujući mogućnosti ulaza u sistem i uvida u podatke sa bilo koje lokacije

moguće je održavanje kvaliteta i upravljanje proizvodnjom sa jednog mesta. To daje mogućnost inspektoru, koji sa jednog mesta kontroliše rad većeg broja zavarivača, da se, preko web korisničkog interfejsa slike 10. i 11., umeša ako su potrebne korektivne mere, a one nisu preduzete ili su propuštene na zavarivačkom radnom mestu





**Quality**

WPS number	Info	Welder	Time
WPS 020	WPS deviation	Jernström Petteri	31.05.2012 10:25:39
WPS 019	WPS deviation	Tilikka Vesa	31.05.2012 10:12:42
	Mandatory info missing	Kemppi Kari	31.05.2012 10:10:21
WPS 019	WPS deviation	Mäki Markku	29.05.2012 11:13:28

**Welder qualification**

Welder	Days left
Kemppi Kari	-1
Hankomäki Timo	+2
Tilikka Vesa	+14
Mäki Markku	+14

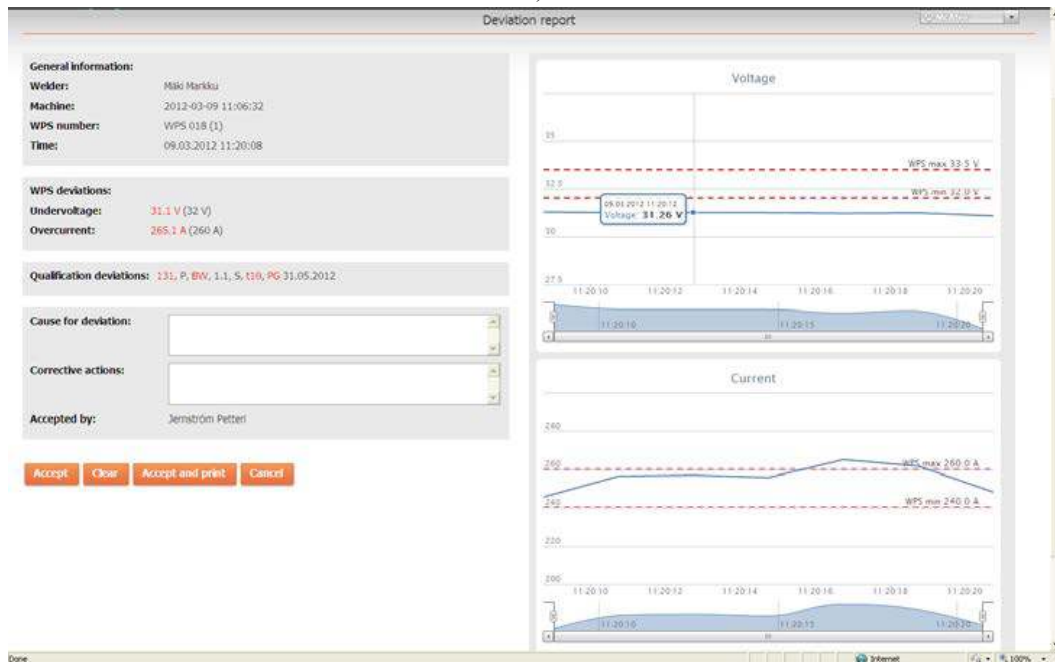
**Welder efficiency**

Welder	Arc time / 60 min
Jernström Petteri	8 min
Mäki Markku	10 min
Hankomäki Timo	4 min
Tilikka Vesa	12 min

**Service reminder**

Welding machine	Info
Panel line 01	Planned maintenance not done
Part fabrication 01	Corrective maintenance for wire feed needed
Part fabrication 07	Planned maintenance not done
Block hall 01	Upcoming planned maintenance

a)



b)

Slika 10. Sistem ArcQ, izgled korisničkog interfejsa, a) podaci o radu svih zavarivača obuhvaćenih sistemom ArcQ, b) podaci o radu jednog od zavarivača



## 5. ZAKLJUČCI

Nadzor nad zavarivačkim radovima je usavršavan od jednostavnog induktivnog davača koji je registrovao vreme trajanja električnog luka, preko registrovanja i memorisanja svih parametara zavarivanja na jednom uređaju za zavarivanje, do nadzora svih parametara zavarivanja na brojnim uređajima, čak i na dislociranim gradilištima.

Za razliku od sistema koji samo evidentiraju parametre, sistem ArcQ obezbeđuje: da se zavarivanje izvodi prema propisanoj WPS listi, garantuje da zavarivanje izvodi zavarivač sa potrebnom kvalifikacijom, registruje odstupanja parametara zavarivanja od zadatih vrednosti, omogućava daljinsku kontrolu i korektivne mere, automatski sakuplja podatke, snižava troškove zbog popravki loših zavara, daje informacije o trajanju zavarivanja i zastoju u zavarivanju, racionalizuje

upravljanje zavarivačkom opremom i njenim održavanjem i daje podršku zavarivačima, specijalistima za kontrolu i rukovotstvu.

### LITERATURA

- [1] PRO Weld Data Manual, Kemppi Oy, Finska, 2005.
- [2] ArcInfo, The latest step in the evolution of welding analysis, New Ice breaking Innovations, Kemppi Oy, Finska, 2013., p.p. 17 -18.
- [3] Kemppi Arc System 2.0, New Module ArcQuality – самая функциональная система управления качеством сварки, Kemppi ProNews 2012, Kemppi Oy, Finska, 2012., p.p. 8 -10.

**Web lokacija časopisa:**

**<http://www.duzs.org.rs/journal>**