



ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 59 Vol. 59	Br. 2 No. 2	49-96 49-96	Beograd Belgrade	Srbija Serbia	2014. 2014.
--------------------	----------------	----------------	---------------------	------------------	----------------

ČASOPIS DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE
ZAVARIVANJA U SRBIJI

SERBIAN WELDING SOCIETY
QUARTERLY REVIEW

IZLAZI TROMESEČNO

IZDAVAČ / PUBLISHER

**DUZS - Društvo za unapređivanje
zavarivanja u Srbiji**

Adresa: 11000 Beograd, Grčića Milenka 67

Za izdavača / For Publisher

Branislav Lukić, dipl.ing, predsednik DUZS

UREDNIŠTVO / EDITORIAL

Glavni i odgovorni urednik / Editor-in-Chief

Milica Antić, dipl.ing. EWE

duzs@eunet.rs, milicamantic@yahoo.com

Tehnički urednik / Technical Editor

Branislav Lukić, dipl.ing

Redakcijski odbor / Editorial Board

Dr Nenad Radović, dipl.ing.

Dr Bore Jegdić, dipl.ing.

Miloš Pavlović, dipl.ing.

UREĐIVAČKI ODBOR / PUBLISHING COUNCIL

Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing, (predsednik)

Prof. dr Miroslav Đurđanović, dipl.ing.

Prof.dr Vukić Lazić, dipl.ing.

Sava Đurić, dipl.ing.

Doc.dr Ismar Hajro, dipl.ing. (BiH)

Prof.dr Darko Bajić, dipl.ing. (Crna Gora)

Prof. dr Aleksa Blagojević, dipl.ing. (BiH, Republika Srpska)

Prof. dr Sveto Cvetkovski, dipl.ing. (Makedonija)

Doc. dr Tomaž Vuherer, dipl.ing. (Slovenija)

Prof. dr Ivan Samardžić, dipl.ing. (Hrvatska)

Horia Dascau, dipl.ing. (Rumunija)

REDAKCIJA I MARKETING / EDITORIAL OFFICE AND MARKETING



Vesna Jović
Grčića Milenka 67, I sprat
11000 Beograd



Tel / Fax + 381 (11) 2850-794
(10-16h)



duzs@eunet.rs
www.duzs.org.rs

CIP - Каталогизacija y yблuкaцuи
Народна бuблuотека Србује, Београд
621.791

ZAVARIVANJE i zavarene konstrukcije :
časopis Društva za unapređivanje zavarivanja
u Srbiji = Welding & Welded Structures :
Serbian Welding Society quarterly review /
glavni i odgovorni urednik = editor-in-chief Milica Antić. -
Vol. 41, no. 1 (1996)- . - Beograd :
Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji,
1996-. (Beograd : VIS studio).-29 cm

Tromesečno.
ISSN 0354-7965 = Zavarivanje i zavarene konstrukcije
COBISS.SR-ID 105396743

CENE I NARUDŽBINA ZA 2014.

Cena pojedinačnog broja 825,00 dinara
Godišnja pretplata 2500,00 dinara
Tekući račun: 355-1025530-87

PRICE AND ORDER

Annual subscription: EUR 100
Account No. 000200073783

VBUBRS22 (Vojvođanska banka Novi Sad, Srbija)
IBAN CODE RS35 3550 0000 0200 0737 83

ŠTAMPA / PRINTED

"VIS STUDIO" d.o.o.
Aleksinačkih rudara 35, Beograd
Tiraž: 400 kom.

SADRŽAJ:

CONTENTS:



NAUKA • ISTRAŽIVANJE • RAZVOJ

SCIENCE • RESEARCH • DEVELOPMENT

- 53 EKSPERIMENTALNA ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA ALATA KOD POSTUPKA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MIJEŠANJEM
 EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DYNAMIC BEHAVIOUR OF INSTRUMENTS IN THE PROCESS OF FRICTION STIR WELDING
Mr Milenko Perović, Dr Petar Todorović, Miodrag Jevtović
- 61 OPTIMIZACIJA SADRŽAJA NIKLA U PUNJENOJ ŽICI NAMENJENOJ ZA ZAVARIVANJE MIKROLEGIRANIH ČELIKA
 OPTIMIZING THE CONTENT OF NICKEL IN FLUX-CORED WIRE INTENDED FOR WELDING MICRO-ALLOYED STEELS
Nikola Bajić, Marko Rakin, Darko Veljić, Mihailo Mrdak, Slobodan Stojadinović, Jasmina Pekez
- 71 KAKO SMO IZUMELI NAJBOLJI MAGNETNI KONCENTRATOR NA SVETU ZA VISOKOFREKVENTNO ZAVARIVANJE
 HOW WE INTENDED THE WORLD'S BEST HUB FOR HIGH-FREQUENCY WELDING
Miroslav S. Miličević, Tatjana M. Jovanović, Valentina M. Nejković



PRAKSA

PRACTICE

- 89 UPRAVLJANJE KVALITETOM ZAVARIVANJA POSREDSTVOM DALJINSKOG NADZORA
 WELDING QUALITY MANAGEMENT BY THE MEANS OF REMONTE MONITORING
Branko Zrilić, Nebojša Pantelić, Radomir Jovičić, Dejan Jovičić



VESTI

NEWS

- 52 SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM „ZAVARIVANJE 2014“
- 62 IN MEMORIAM – VLADA GMTROVIĆ
- 68 MEĐUNARODNI SAJAM OBRADNE METALA
- 80 SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM „ZAVARIVANJE 2014“ - nastavak
- 83 ZAPISNIK SA 61. GODIŠNJE SKUPŠTINE DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE ZAVARIVANJA U SRBIJI
- 96 MARKETING

Poštovani čitaoci,

naša tradicionalna bijenalna aktivnost, savetovanje održano je prema planu od 04.-07. juna na prelepom Borskom jezeru. Kao što je kroz objavljivane pozive već prezentovano, ovogodišnje savetovanje sa međunarodnim učešćem imalo je 26 radova podeljenih u četiri tematske grupe. Na kraju savetovanja održana je izborna skupština našeg Društva.

Iscrpne izveštaje, odnosno neke radove sa savetovanja i zapisnik sa pomenute skupštine ćete imati prilike da vidite u ovom broju.

No, u vremenu između dva broja, na našu zemlju su se obrušile nezapamćene padavine praćene katastrofalnim poplavama, tako da se u određenim momentima razmišljalo i o održavanju ovog skupa.

Obrenovac, lepi gradić na Kolubari i Savi, prošlogodišnji domaćin takmičenja mladih zavarivača koji su bili naša reprezentacija na takmičenju u Esenu, tačno godinu dana kasnije je poprište nadljudskih sila prirode. Glavni sponzor ili duša prošlogodišnjeg takmičenja, JKP „Toplovod“ Obrenovac je ove godine u situaciji da traži pomoć. U svom obraćanju DUZS-u navedeno je: „Kompletna oprema, alat i potrošni materijal za zavarivanje u svim postupcima koje smo koristili, se nalazila u pomenutim, poplavljenim magacinima. U ovom trenutku JKP „Toplovod“ Obrenovac ne poseduje ni jedan element potreban za zavarivanje ni u jednom postupku, te u periodu koji je pred nama na možemo izvršiti ni jedan radni zadatak.“

Nadamo se, da ćemo mi koji se bavimo zavarivanjem na različite načine i za ovaj problem naći pravo rešenje.

Za ranu jesen predviđen je seminar sa temom „Novi standardi u kvalifikaciji zavarivača“ i da će i kolege sa poplavljenih područja biti sa nama

S poštovanjem,

Milica Antić, dipl.ing.



U periodu od 04-07. juna 2014. Na Borskom jezeru



održano je 28. savetovanje sa međunarodnim učešćem zavarivanja 2014.

Ovo je deo atmosfere sa savetovanja...



Koktel dobrodošlice za učesnike

Nastavak na strani 80



Mr Milenko Perović¹, Dr Petar Todorović², Miodrag Jevtović³

EKSPERIMENTALNA ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA ALATA KOD POSTUPKA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MIJEŠANJEM

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DYNAMIC BEHAVIOUR OF INSTRUMENTS IN THE PROCESS OF FRICTION STIR WELDING

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: 621.791.92 ; 621.9.01

Rad primljen / Paper received:

April 2014.

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

Adresa autora / Author's address:

¹ Privredna komora Crne Gore, Novaka Miloševa 29/II 81000 Podgorica, Crna Gora

² Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić br. 6, 34000 Kragujevac, Srbija

³ ICI doo Aleksandra Dupčeka br. 5-9, 11070 Beograd, Srbija

Ključne riječi: zavarivanje trenjem sa miješanjem, pritisna sila, vibraciono ubrzanje

Key words: friction stir welding, pressure force, vibration acceleration, frequency domain

Rezime

Proces spajanja metalnih materijala trenjem sa miješanjem praćen je brojnim i složenim termičkim, mehaničkim i tribološkim pojavama. Struktura zavarenog spoja u najvećoj mjeri zavisi od geometrije alata kao tehnološkog parametra, odnosno od njegovog dinamičkog odziva koji je rezultat otpora deformaciji osnovnog materijala za vrijeme istovremenog obrtno-translatornog kretanja alata kroz zavarivani radni predmet.

U radu je predstavljen fragment obimnih eksperimentalnih mjerenja i ispitivanja relevantnih za ocjenu o dinamičkom ponašanju alata tokom različitih faza i ciklusa zavarivanja visokočvrste legure aluminijuma složenog faznog sastava EN AW 7049A u stanju T652. Primijenjeni model kontinualnog praćenja dinamičke komponente pritisne sile i troosne komponente vibracionog ubrzanja u frekventnom domenu, osnova su za formiranje tehnološkog procesora pogodnog za predikciju uticajnih faktora na proces zavarivanja.

Abstract

The process of friction stir welding of metal materials is followed by numerous and complex thermal, mechanical and tribological phenomena. The structure of a welding joint most highly depends on the geometry of the instrument as a technological parameter, i.e. its dynamic response, which is the result of deformation resistance of basic material during simultaneous rotary-translatory motion of the instrument through the object being welded.

This paper presents a fragment of comprehensive experimental measurements and tests relevant for assessing the dynamic behaviour of instruments during different phases and cycles of welding of the high-strength aluminium alloy of complex phase composition EN AW 7049A in T652 state. The applied model of continuous monitoring of pressure force and the three-axis component of vibration acceleration in the frequency domain are a basis for forming a technological process suitable for prediction of impact factors on the welding process.

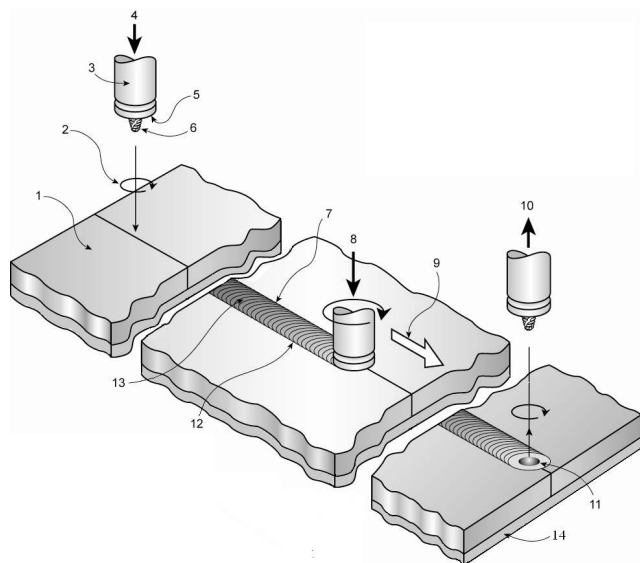
UVOD

Sve do pojave zavarivanja trenjem sa miješanjem (ZTM) prije dvije decenije, zavarivanje aluminijuma i njegovih legura predstavljalo je ozbiljan tehnološki problem. Konvencionalni postupci spajanja topljenjem nijesu uvijek obezbjedjivali uslove za formiranje spoja visoke efikasnosti, naročito limova od termički obradivih aluminijumskih legura.

Proces ZTM u čijoj se osnovi nalazi kombinovano djelovanje toplote i mehaničkog rada, utiče da zavareni spoj nastane u čvrstoj fazi-bez prisustva rastopa osnovnog materijala radnih komada. To omogućava mali

unos toplote samo u uskoj zoni ispod alata, minimalnu distorziju gotove zavarene konstrukcije i odsustvo faktora za nastanak i razvoj prslina u strukturnim sadržajima zavarenog spoja.

Proces ZTM sastoji se od dvije faze. Prva faza je kretanje alata u vertikalnom pravcu u smjeru naniže u odnosu na ravan zavarivanja, a druga faza je horizontalno kretanje alata u ravni predmeta obrade u smjeru zavarivanja. Prva faza se završava prodorom alata u zavarivane komade, a druga počinje istovremenim obrtnim i translatorskim kretanjem alata po površini obratka u ravni njihovog spajanja, slika 1.



Slika 1. Ilustrovana shema zavarivanja ZTM[1]

1. Osnovni materijal
2. Smjer rotacije alata
3. Alat za zavarivanje
4. Kretanje alata na dolje
5. Čelo valjka alata
6. Trn
7. Isturena strana metala šava
8. Vertikalna sila
9. Smjer zavarivanja
10. Kretanje alata na gore
11. Izlazna rupa
12. Povučena strana metala šava
13. Lice šava
14. Podložna ploča

2. CIKLUSNI STADIJUMI PROCESA

Početna faza procesa, u kinetičkom smislu, obuhvata tri stadijuma. U prvom stadijumu, trn alata dotakne gornje površine limova, ali zbog male aktivne površine, generisanje toplote i mehanička deformacija su zanemarljive sve dok čelo alata ne ostvari kontakt sa zavarivanim materijalom. Drugi stadijum karakteriše dalje prodiranje tijela valjka alata do zadate dubine (najčešće od 0,2 mm do 0,5 mm), što rezultira osjetnim porastom trenja a time i količine oslobodjene toplote i plastične deformacije neposredno ispod i oko čela alata. U trećem stadijumu, odnosno u ciklusu koji označava prestanak faze prodiranja alata i početak faze zavarivanja, alat rotira u mjestu, čime se radni predmet dodatno zagrijava do temperature koja je za oko 20% niža od njegove tačke topljenja. Druga faza sadrži dva stadijuma. Ciklus zavarivanja se odvija neprekidno zahvaljujući prethodno stvorenim pretpostavkama dovoljne količine generisane toplote i zadovoljavajućeg inteziteta sile pritiska od čela alata koja po liniji spoja konsoliduje plastično deformisani materijal obje ploče. Ovaj stadijum najviše odgovara mikro kovanju jer se izmiješani materijal nalazi u ograničenom prostoru između podložne ploče sa donje i čela alata sa gornje

strane, kao i dvije oblasti-homegene iza i heterogene ispred alata. Drugi stadijum ove faze je izvlačenje alata izvan mjesta spajanja, nakon prethodnog kratkog zadržavanja u kojem je prestalo translatorno kretanje alata a počelo njegovo vertikalno pomjeranje naviše u ravni normalnoj na pravac zavarivanja.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Eksperimentalna istraživanja usmjerena su na praćenje karaktera dinamičke komponente pritiska alata i nivoa vibracija na podložnoj ploči tokom procesa ZTM legure aluminijuma četvornog faznog sastava Al-Zn-Mg-Cu u stanju vjestačkog starenja. Uzorak je homogenizovani otkovak dimenzija 560 mm x 660 mm x 13 mm legure EN AW 7049 A u stanju T 652 tvrdoće 175 HB, iz kojeg su mašinskom obradom dobijene ploče za zavarivanje dimenzija 185 mm x 65 mm x 6 mm.

Određivanje učešća hemijskih elemenata u uzorcima za zavarivanje izvedeno je na epruveti u stanju T652 korišćenjem OE kvantometra ARL 3580 sa elektronskim uzorcima "Peshiney". Rezultati su dati u tabeli 1.

Vrsta legure	Sadržaj elementa, mas %											
	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Zr	Ti	V	B	Fe	Si	Al
EN AW 7049A	7.20	2.15	1.45	0.27	0.13	0.13	0.01	0.004	0.003	0.23	0.10	ostalo

Tabela 1. Hemijski sastav osnovnog materijala EN AW 7049A T652[2]



Da bi se eliminisao potencijalni uticaj toplote na rezultate eksperimenta, ploče su pripremane rezanjem vodenim mlazom a zatim skidanjem strugotine dovedene na pomenute mjere uz intenzivno hlađenje površine obrade. Mehanička ispitivanja osnovnog

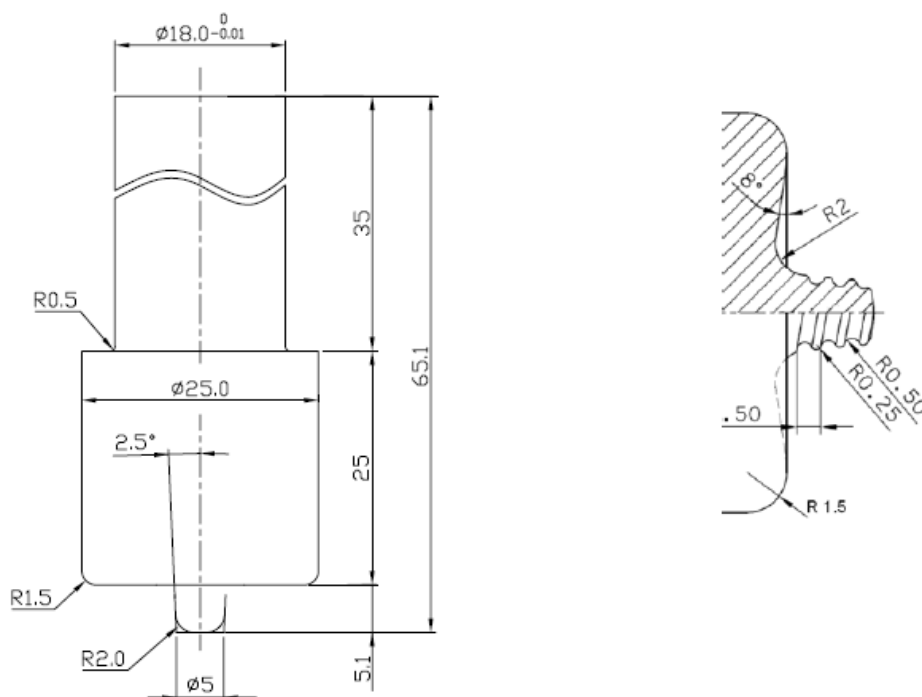
materijala pokazala su rezultate date u tabeli 2. Na slici 3. prikazan je izgled mikrostrukture osnovnog materijala uvećan x 530.[2]

Vrsta legure	Mehaničke karakteristike		
	$R_{0,2}$, MPa	R_m , MPa	A, %
EN AW 7049A	562	628	7.5

Tabela 2. Mehaničke karakteristike osnovnog materijala EN AW 7049A T652[2]

Za radni sto improvizovane mašine za FSW-numerički upravljane glodalice, pričvršćena je podložna ploča dimenzija 300mm x 200mm x 25mm, od čelika za poboljšanje 42 Cr Mo 4, termički obrađenog na 850 MPa i površinski okaljenog na 44 ± 2 HRC. U steznu glavu glavnog vretena umetnut je alat za zavarivanje čiji je crtež dat na slici 2, a hemijski sastav prikazan je u tabeli

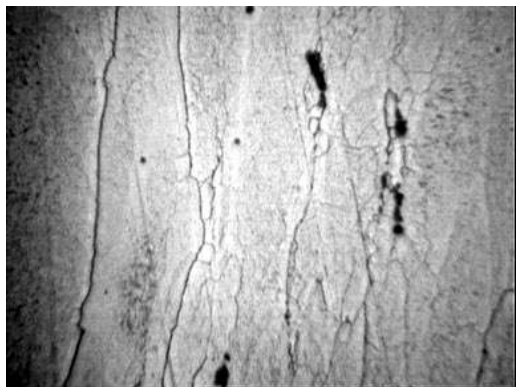
3. Alat je termički tretiran do površinske tvrdoće od 54HRC. Na slici 4. je prikazana mikrostruktura alata za zavarivanje pri povećanju x1000, dobijena na svjetlosnom mikroskopu NEOPHOT 21. Mikrostrukture se sastoji od fino dispergovanih karbida u osnovi otpuštenog martenzita.[4]



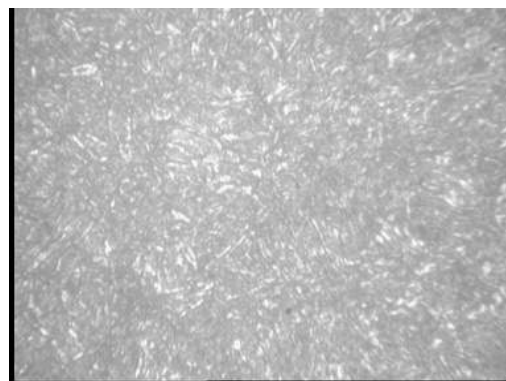
Slika 2. Ctež alata za zavarivanje

Vrsta čelika	Sadržaj elementa, mas %						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Fe
ENx155CrVMo 121	1,55	0,32	0,34	11,81	0,82	0,95	Ostalo

Tabela 3. Hemijski sastav alata za zavarivanje [4]



Slika 3. Mikrostruktura osnovnog materijala



Slika 4. Mikrostruktura alata

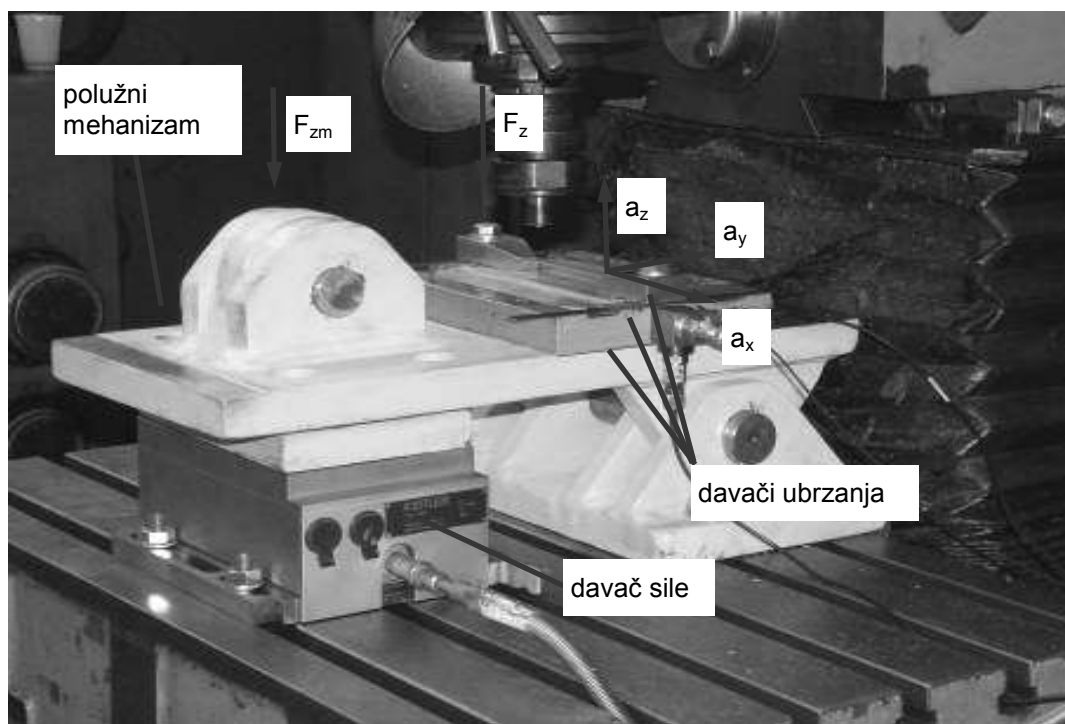
Za uticajne ulazne parametre procesa određeni su brzina zavarivanja, broj obrtaja alata, ugao i visina trna. Vrijednosti ostalih parametara procesa održavane su na konstantnom nivou. U tu svrhu urađen je set od pet alata sa istim dizajnom trna alata. Sačinjen je plan matrica eksperimenta za slučaj četvorofaktornog plana eksperimenta sa ponavljanjem u centralnoj tački plana. Postavljena mjerna instrumentacija za izvođenje eksperimentalnih istraživanja tokom ZTM procesa prikazana je na slici 5. Eksperimentalna istraživanja su obuhvatila mjerenje:

1. Sile F_z koja je mjerena pomoću trokomponentnog davača sile *Kistler 9265A* sa dodatkom za glodanje 9443.S obzirom da su očekivane sile prevazilazile mjerni opseg davača sile u cilju redukcije sile korišćen je zglobni

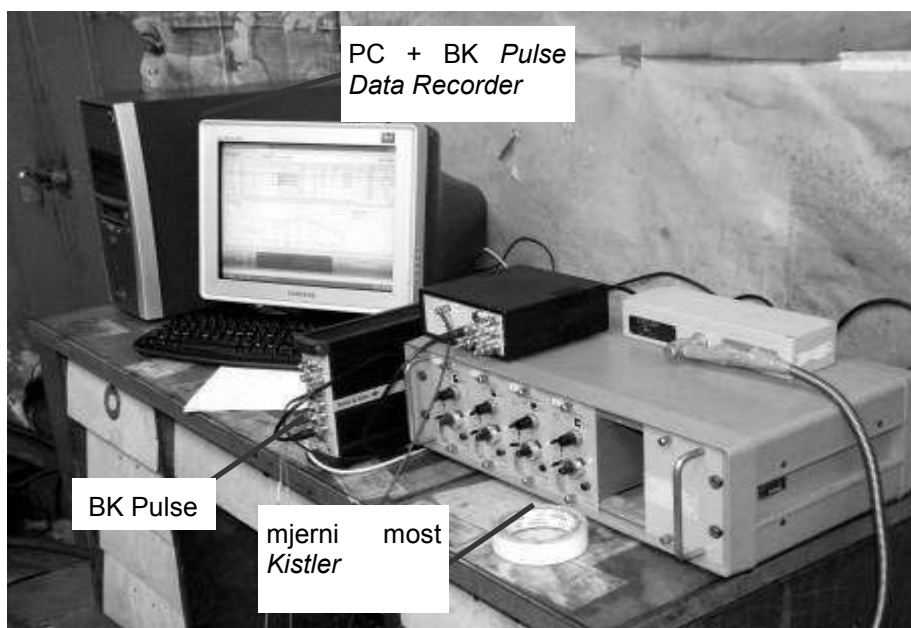
polužni mehanizam koji je redukovao aksijalnu silu u odnosu 4:1 Pojačanje signala sa davača sile vršeno je pomoću mjernog mosta *Kistler*, slika 6.

2. Nivoa vibracija na priboru za prihvatanje ispitivanih epruveta za zavarivanje. Vibracije su mjerene u tri pravca a_x , a_y i a_z pomoću tri piezoelektrična davača ubrzanja *BK 4391*.

Snimanje signala sile F_z i signala sa davača ubrzanja a_x , a_y i a_z urađeno je pomoću *BK Pulse* platforme i *BK Pulse Data recorder* softvera, slika 6. Snimanje ovih parametara trajalo je tokom čitavog trajanja svakog pojedinačnog eksperimenta primjenom 24-to bitne AD konverzije. Učestanost diskretizacije je bila 2048 Hz uz primjenu odgovarajućeg filtera propusnika niskih učestanosti (*low-pass filtra*) od 800 Hz.



Slika 5. Prikaz eksperimentalnog mjesta sa davačima za silu i vibracije



Slika 6. Izgled mjernog mosta i monitora za identifikaciju parametarskih vrijednosti sile i oscilovanja alata

4.REZULTATI EKSPERIMENTALNIH MJERENJA

U tabeli prikazani su “kumulativni” rezultati eksperimentalnih istraživanja. Varirane su vrijednosti broja obrtaja n , brzina zavarivanja v , ugla trna data β i visina trna alata h .

Kolona 1 – broj eksperimenta,

Kolona 2 – zadati broj obrtaja,

Kolona 3 – najdominantnija učestanost dobijena frekventnom analizom dinamičke komponente sile F_z , i

Kolona 4 – broj obrtaja izračunat na osnovu učestanosti iz kolone 3. Kolone 5, 6 i 7 – RMS vrijednosti nivoa ubrzanja (vibracija) a_x , a_y i a_z

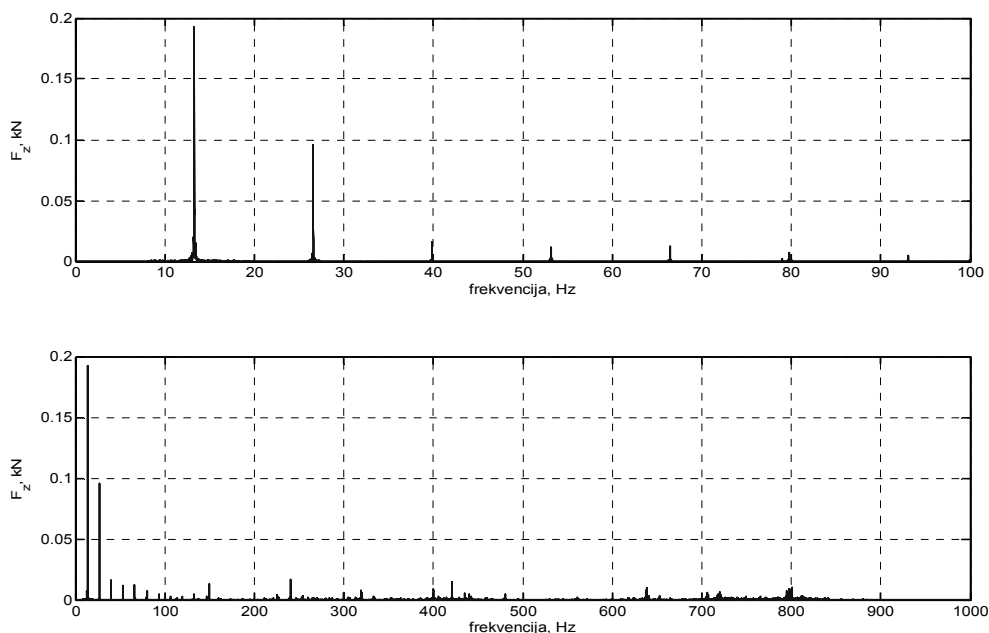
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Br. eks.	n, min^{-1}	f_1, Hz	n_{iz}, min^{-1}	$a_x, \text{mm/s}^2$	$a_y, \text{mm/s}^2$	$a_z, \text{mm/s}^2$
1.	850	13,29	847,42	1,887	1,845	1,238
2.	850	13,24	848,28	1,727	2,474	1,653
3.	750	11,69	751,25	3,313	1,507	1,242
4.	750	11,71	750,75	2,396	1,451	1,364
5.	850	13,26	849,36	1,230	1,993	1,366
6.	850	13,28	849,61	1,297	2,151	1,513
7.	750	11,73	749,00	1,079	1,445	1,243
8.	750	11,25	749,12	2,931	2,026	1,633
9.	850	13,29	749,63	2,657	2,097	1,718
10.	850	13,29	850,40	1,919	2,526	1,872
11.	750	11,73	749,55	1,896	1,434	1,374
12.	750	11,31	748,61	1,242	2,329	1,697
13.	850	13,31	849,66	1,396	2,046	1,426
14.	850	13,30	848,13	2,472	2,168	1,509
15.	750	11,72	750,39	1,145	1,461	1,386
16.	750	11,26	750,56	1,581	2,118	1,513
17.	798	12,48	798,66	1,416	1,452	1,262
18.	798	12,49	799,30	1,645	1,505	1,222
19.	798	12,49	799,62	1,439	1,421	1,202
20.	798	12,47	798,29	1,625	1,506	1,118



4.1 Eksperimentalna ispitivanja dinamičke komponente sile F_z

Rezultati su za svaki eksperiment prikazani preko frekventnih dijagrama od 0-100 Hz i od 0-1000Hz. Na

grafikonu na slici 7. prikazani su podaci za eksperimentalnu tačku 1 ($n=850^0/\text{min}$, $v=90\text{mm}/\text{min}$, $h=5,1\text{mm}$, $\beta=5^0$)

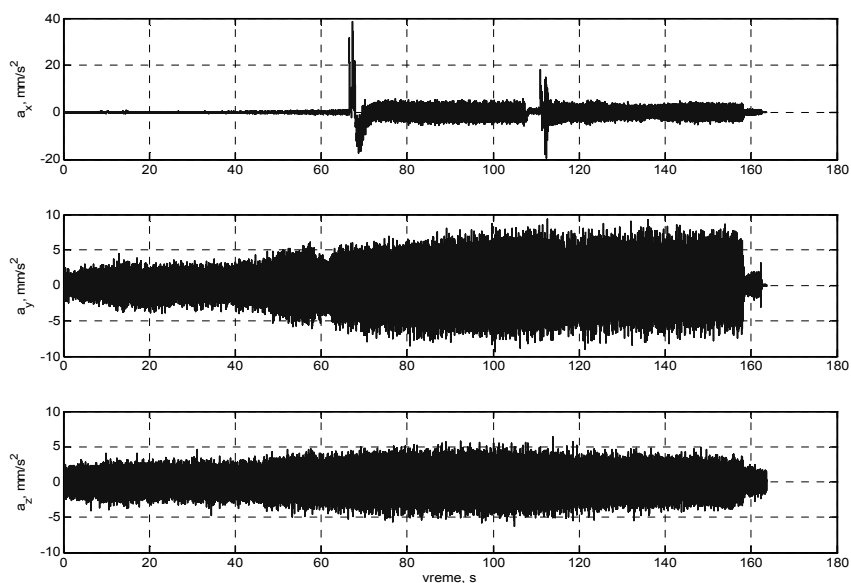


Slika 7. Grafikon dinamičke komponente sile F_z u ET 01

4.2 Eksperimentalna ispitivanja ubrzanja a_x , a_y i a_z

Rezultati eksperimentalnih mjerenja ubrzanja su prikazani preko dijagrama u vremenskom i frekventnom

domenu. Na sledećem dijagramu slika 8. dati su rezultati vibracijskog ubrzanja u istoj eksperimentalnoj tacki.



Slika 8. Dijagram zavisnosti troosnog vibracijskog ubrzanja od vremena u ET 01.



5. ZAKLJUČAK

Izvršena eksperimentalna istraživanja i mjerenja reaktivnih komponenata procesa ZTM relevantnih za ocjenu o dinamičkom ponašanju alata, pokazala su sledeće:

- dinamička komponenta sile zavarivanja ima nestabilan karakter na niskim i visokim frekvencijama čak i u početnoj fazi prodiranja alata, što se tumači povećanim otporom deformaciji još nedovoljno zagrijanog i omekšanog osnovnog materijala,
- stabilna vrijednost dinamičke komponente vertikalne prisutne sile u toku stadijuma zavarivanja posledica je fenomena samoregulisanja toplote i ravnoteže transfera mase oko trna alata,
- vibracijska ubrzanja u pravcu i smjeru zavarivanja kao i u pravcu normalnom na pravac zavarivanja u vertikalnoj ravni, znatno su veća od vrijednosti dobijenih u bočnoj ravni, čime se potvrđuje da je na toj strani otpor deformaciji minimalan,
- vertikalna komponenta vibracijskog ubrzanja ne pokazuje bitniju varijaciju vrijednosti tokom faze zavarivanja, dok komponenta u smjeru zavarivanja ima tendenciju rasta jer alat prodire u pravcu zavarivanja,

- daljom obradom ovih parametara analitičkom i numeričkom analizom moguće je sačiniti dovoljno široku bazu podataka za konfiguraciju tehnološkog procesora za predikciju ulaznih parametara procesa,
- praćenje, kontrola i upravljanje parametrima procesa ZTM otvara prostor za njihovu korekciju tokom procesa na način da se utiče na kvalitet zavarenog spoja.

6. LITERATURA

- [1] An American National Standard, AWS D 17.3/D 17.3M:200 X, American Welding Society „Specification for Fusion Stir Welding of Aluminium Alloys for Aerospace Hardware“, 2011.
- [2] Projekat osvajanja proizvodnje legure PD33, SOUR Kombinat aluminijuma Titograd, OOUR Kovačnica, Titograd, SFRJ, 1983.
- [3] Izvještaj o analizi uzorka legure PD33, AD Kombinat aluminijuma, Sektor kontrole kvaliteta, Podgorica, Crna Gora, 2010.
- [4] Izvještaj o ispitivanju alata, Institut crne metalurgije, Nikšić, Crna Gora, 2010.
- [5] Katalog proizvoda Željezara Nikšić, Služba marketinga i informisanja, Nikšić, Crna Gora, 2008.



Podsećamo Vas da je članarina za 2014.g ostala nepromenjena i iznosi 3500,00 dinara. Molimo Vas da obnovite svoje članstvo i ostanete uz časopis



IN MEMORIAM

Dana, 22.marta 2014.g preminuo je naš kolega iz zavarivačke struke, prijatelj i otac porodice, Vladimir Gmitrović.



VLADIMIR GMITROVIĆ
1930-2014

Rođen je 1930.g u Kusatku u siromašnoj seoskoj porodici. Za vreme Drugog svetskog rata završio je bravarski zanat. Po završetku rata, zajedno sa svojim vršnjacima – akcijašima radio je na izgradnji pruge Šamac- Sarajevo. Tokom 1947.godine zaposlio se u „Goši“ gde je ubrzo završio elektrozavarivački zanat. Nastavio je školovanje uz rad. Stekao je diplomu VKV zavarivača. Postaje poslovođa zavarivača. Tokom 1960-e godine upisuje Višu tehničku školu. Po njenom završetku, pohađa specijalistički kurs za zavarivanje u Nemačkoj gde je stekao diplomu specijaliste za zavarivanje. Posle toga, nastavlja rad u novoosnovanom odeljenju za razvoj tehnologije proizvodnje. U Fabrici šinskih i drumskih vozila radi na uvođenju poluautomatskog zavarivanja u zaštiti ugljen-dioksida i argona. Zatim uvodi automatsko zavarivanje pod zaštitom praška i kao kruna svega, zavarivanje vagona za spavanje od nerđajućih čelika za železnice SSSR. Za ovaj posao dobio je i priznanje Instituta Paton iz Kijeva.

Krajem sedamdesetih godina prošlog veka formiran je Institut Goša u kojem Vladimir predvodi Zavod za zavarivanje, ispitivanje i kontrolu materijala gde se velika pažnja posvećuje osnovnoj obuci novih zavarivača kao i obuci za nove postupke zavarivanja.

Do kraja svog radnog staža od 42 godine ostaje u svojoj zavarivačkoj struci. Ceo svoj radni vek proveo je u Industriji Goša na raznim poslovima od VKV zavarivača do savetnika direktora Instituta Goša. Za zasluge u službi odlikovan je Ordenom rada sa srebrnim vencem, 1972. godine. Svojim zalaganjem ostavio je neizbrisiv trag u istoriji zavarivanja u Fabrici šinskih i drumskih vozila a posebno u proizvodnji putničkih vagona.

Vladimir je bio aktivan društveni i politički radnik. U jednom mandatu je bio predsednik Društva za unapređivanje zavarivanja u Srbiji. U mladosti se bavio i sportom a kasnije je bio fudbalski sudija i predsednik fudbalskog kluba „Mladost“.

Smiren, skroman čovek koji se trudio i uspevao da stvara nove iskorake u zavarivanju bio je Vlada..



Nikola Bajić¹, Marko Rakin², Darko Veljić¹, Mihailo Mrdak³, Slobodan Stojadinović⁴, Jasmina Pekez⁴

OPTIMIZACIJA SADRŽAJA NIKLA U PUNJENOJ ŽICI NAMENJENOJ ZA ZAVARIVANJE MIKROLEGIRANIH ČELIKA

OPTIMIZING THE CONTENT OF NICKEL IN FLUX-CORED WIRE INTENDED FOR WELDING MICRO-ALLOYED STEELS

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: 621.791.021

Rad primljen / Paper received:

April 2014.

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

Adresa autora / Author's address:

¹ IHIS Techno-experts d.o.o - Research and Development Center, Batajnički drum 23, 11080 Belgrade, Serbia

² Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, 11120 Belgrade, Serbia

³ Research and Development Center, IMTEL Communications a.d., Mihajla Pupina 165b, 11090 Belgrade, Serbia

⁴ Technical Faculty Mihajlo Pupin, University of Novi Sad, 2300 Zrenjanin, Serbia

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

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

Rezime

U radu su dati rezultati vezani za osvajanje proizvodnje punjene žice legirane sa Ni i Mo prema standardu AWS A5.29 namenjeno za MAG postupak zavarivanja.

Na eksperimentalnoj liniji za kalibraciju čelične trake i izradu punjene žice proizvedene su dve šarže punjene žice sa konstantnim sadržajem Mo i sadržajem Ni na dva nivoa (1.2%Ni kod jedne i 2.6%Ni kod druge šarže). Eksperimentalno zavarivanje uzoraka čeličnih ploča je izvedeno MAG postupkom sa dva kvaliteta punjene žice. Ispitivanje strukture i kvaliteta metala šava je izvedeno u cilju optimizacije sadržaja Ni u legiranoj punjenoj žici koja je namenjena za zavarivanje sitnozrnih mikrolegiranih čelika. Na osnovu analize dobijenih rezultata ispitivanja mikrostrukture i EDS analize strukture zavarenih uzoraka i rezultata ispitivanja zateznih karakteristika energije udara, dati su zaključci o optimalnom sadržaju Ni u metalu šava, a time i izboru kvaliteta punjene žice.

Abstract

This paper presents the results related to organizing production of flux-cored wire alloyed with Ni and Mo according to standard AWS A5.29 intended for the MAG welding process. On the experimental line for steel strip calibration and production of flux-cored wire two batches of flux-cored wire were produced with a constant Mo and Ni content at two levels (1.2% Ni in one and 2.6% Ni in the other batch). Experimental welding of steel plate samples was performed using the MAG process with two qualities of cored wire. Testing the structure and quality of the weld metal was done in order to optimize content of Ni in the alloyed flux-cored wire intended for welding fine grained micro-alloyed steels. Based on the analysis of test results of the microstructure and EDS analysis of the structure of welded samples and test results of tensile properties and impact energy, conclusions were made about the optimal content of Ni in the weld metal, and thus the choice of quality of flux-cored wire.

UVOD

Izbor dodatnog materijala kod definisanja tehnologije zavarivanja se izvodi na osnovu hemijskog sastava i osobina osnovnog materijala, postupka zavarivanja i zahteva koji se postavljaju za osobine zavarenog spoja [1-5]. Legirajući elementi koji se dodaju u dodatne materijale u cilju poboljšanja osobine metala šava su: Mn, Cr, Ni, Mo, zatim elementi Si, Ti, Al i Zr koji se dodaju da bi smanjili i ograničili sadržaj kiseonika i azota

[6]. Pored elemenata koji se namerno dodaju u metal šava ulaze i elementi prisutni kao nečistoće, a svi zajedno utiču na osobine zavarenog spoja. Ugljenik se u austenitu nalazi rastvoren u atomskom stanju. Poznato je da se feritni i perlitni preobražaji austenita realizuju difuzijom ugljenika, dok se beinitni i martenzitni preobražaji odvijaju bez njegove difuzije. Najpovoljniju strukturu u legiranom feritnom šavu, obezbeđuje



optimalni sadržaj ugljenika oko 0,06 %. Mangan ima osnovnu ulogu u kinetici faznih preobražaja metala šava, koja se sastoji u ograničenju rasta primarnog ferita do trenutka kada stepen pothlađenja postigne nivo pri kome je nastajanje acikularnog ferita energetski moguće. Mangan uveden u metal šava snižava štetan uticaj sumpora vezujući ga u odgovarajući sulfid. Kod zavarenih spojeva niskolegiranih čelika smatra se da je optimalan sadržaj mangana u metalu šava oko 1,5 %. Sadržaj mangana preko 1,6 % pogoduje stvaranju gornjeg beinita dok se smanjuje sadržaj igličastog ferita. Molibden je veoma značajan za postizanje optimalnih odnosa strukturnih komponenata. Molibden uveden u metal šava utiče na sniženje temperatura ($\alpha \rightarrow \gamma$) preobražaja, povećava prokaljivost i usitnjava se primarna struktura metala šava, zatim povećava količina acikularnog ferita i skoro potpuno uklanja gornji beinit, zadržavajući samo tanke pločice primarnog ferita u matrici metala šava [7]. Nikl pogoduje obrazovanju igličastog ferita za razliku od većine legirajućih elemenata, nikl u čvrstom rastvoru povećava otpornost metala šava prema krutom lomu, zbog čega je nikl redovan legirajući element metala šava [7]. Titan prisutan u malim količinama u dodatnom materijalu potpuno modifikuje mikrostrukturu metala šava. Porast sadržaja titana u metalu šava do 80 ppm (0.003% zapreminski) sadržaj acikularnog ferita se desetstruko povećava. [7-8].

Za obezbeđenje visokog nivoa žilavosti i sniženje temperature prelaska u krto stanje metala šava primenjuju se različite kombinacije legirajućih elemenata. Specifičnost pojedinačnog uticaja legirajućih elemenata na strukturu se istražuje analizom sastava strukture metala šava, ohlađenog sa različitim brzinama. Kod procesa zavarivanja brzinu hlađenja metala u fazi kristalizacije određuje pogonska energija zavarivanja. Povećanje brzine hlađenja dovodi do formiranja prvenstveno strukture igličastog ferita. Ako je brzina hlađenja veoma velika, ponovo se obrazuje ferit sa

ojačanom drugom fazom (tipa beinita) ili čak martenzit [9-11].

Značajan napredak u razvoju dodatnih materijala za zavarivanje MAG - postupkom je postignut razvojem novih punjenih žica. Punjenje žica se sastoji od metalnog plašta niskougljeničnog i niskolegiriranog čelika odgovarajućeg hemijskog sastava. U sastav jezgra punjene žice uvode se metalne i nemetalne komponente namenjene za formiranja šljake (rutil, silicijum, cirkonijum), stabilizaciju električnog luka (feldspat, liskun, kalijumoksalat), nastajanje gasova (kalcijum karbonat, magnezijum karbonat i dr.), dezoksidaciju (silicijum, mangan, ferotitan, Al-prah), legiranje metala šava (mangan, nikal, molibden, hrom i dr.). Primenom punjenih žica omogućeno je da legirajući elementi iz jezgra preko električnog luka prelaze u metal šava, dajući metalu šava željenu strukturu i zahtevane mehaničko-tehnološke osobine [9-11].

2. EKSPERIMENT

Eksperimentalno istraživanje se sastoji iz dva dela. U prvom delu istraživanja je definisan hemijski sastav i osvojena proizvodnja dva metalurška kvaliteta legirane punjene žice (PŽ-2Ni, PŽ-1Ni) prema standardu AWS A5.29, a u drugom delu istraživanja je sa navedenim kvalitetima elektrodne žice izvedeno eksperimentalno zavarivanje uzoraka čeličnih ploča i zatim ispitivanje sadržaja legirajućih elemenata (Mn, Ni, Mo) u metalu šava i ispitivnje kvaliteta zavarenih spojeva.

Proizvedena su dva metalurška kvaliteta legirane punjene žice gde su legirajući elementi (Mn, Ni, Mo) menjani na dva nivoa. Sadržaj Ni u čistom metalu šava varira na dva nivoa: 1.20 % Ni i 2.60 % Ni. Sadržaj % Mn u metalu šava varira na dva nivoa: 1.10 % Mn i 1.60 % Mn. Sadržaj Mo u čistom metalu šava na dva nivoa: 0.23 % Mo i 0.33 % Mo. Rezultati ispitivanja hemijskog sastava čistog metala šava izvedeni sa PŽ-2Ni i PŽ-1Ni su dati u tabela 1.

Oznaka el.žice	Hemijski sastav, %									
	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni	Mo	Ti	Al
PŽ-2Ni	0,07	0,27	0,012	0,012	0,022	1,62	2,60	0,233	0,020	0,016
PŽ-1Ni	0,07	0,26	0,012	0,013	0,022	1,10	1,20	0,326	0,023	0,015

Tabela 1. Rezultati ispitivanja hemijskog sastava čistog metala šava izvedeni sa dva metalurška kvaliteta punjene žice PŽ-2Ni i PŽ-1Ni

Proizvedena punjena žica je prečnika 1.55 mm namotana na zavarivački kalem K-300. Eksperimentalno zavarivanje je izvedeno MAG postupkom na uređaju ESAB, Lax320 (sa parametrima: struja -310A, napon -28 V, unos toplote 16-18 kJ/cm) na dve grupe pripremljenih uzoraka - ploča osnovnog materijala različite debljine i kvaliteta. Pripremljene ploče za od mikrolegiranog čelika, debljine 12mm i dužine 450 mm, su zavarene

elektrodnom punjenom žicom oznake PŽ-2Ni, (uzorak br1), a dva para ploča od konstrukcionog čelika debljine 10 mm i dužine 300 mm su nakon mašinske pripreme zavarena elektrodnom žicom oznake PŽ-1Ni, (uzorak br 2 i 3).

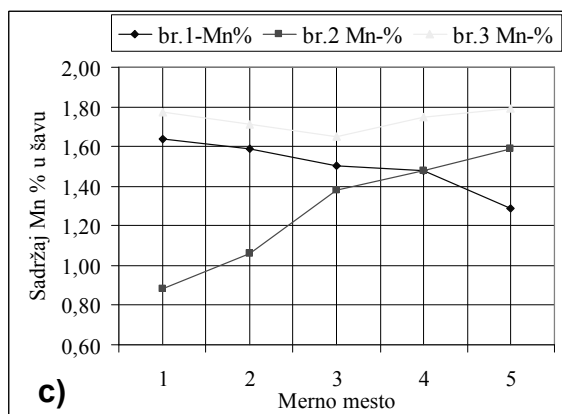
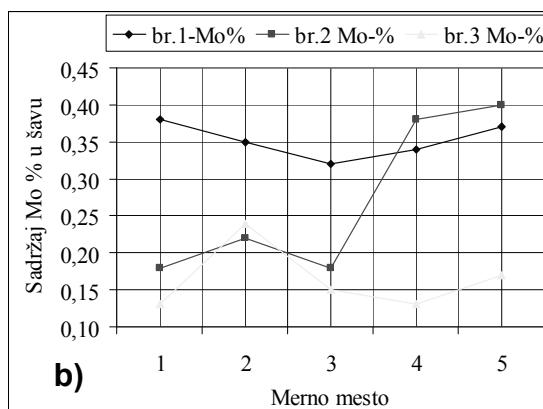
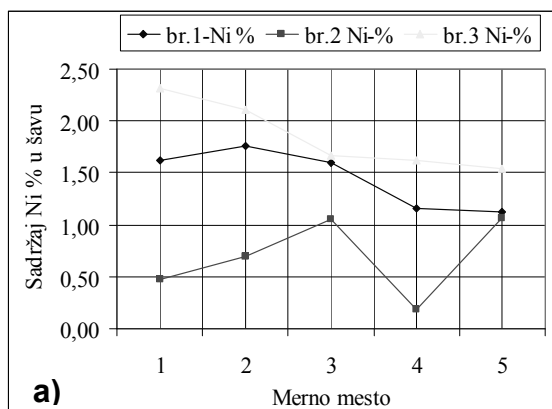


3. REZULTATI I DISKUSIJA

Iz zavarenih čeličnih ploča su prema standardu sečene epruvete a zatim mašinski obrađene za ispitivanja mehaničkih osobina, žilavosti i strukture zavarenih spojeva. Uzorci zavarenih ploča su oznake br.1 (debljine 12 mm); uzorak br.2 (debljine 10 mm); uzorak br.4 (debljine 10 mm i dužine 300 mm).

Ispitivanje sastava legirajućih elemenata u metalu šava. Hemijski sastav metala šava je određen stepenom odvijanja pojedinih reakcija u sistemu metal – troska – gas i može se kretati u širokim granicama zavisno od izabrane kombinacije dodatnog materijala, osnovnog materijala i tehnoloških parametara zavarivanja. Dobijeni

rezultati EDS analize hemijskog sastava metala šava vertikalno po preseku metala šava od lica prema korenu su pregledno dati na dijagramima i za svaki legirajući element mereni na uzorcima 1, 2 i 3, slika 1 (a,b,c). Dijagrami, slika 1, pokazuju određeno rasipanje sadržaja legirajućih elemenata vertikalno po šavu zbog razlike u broju prolaza, procentu mešanja osnovnog i dodatnog materijala i odgora u toku zavarivanja. Značajna promena sadržaja legirajućih elemenata se uočava na uzorku broj 2 koji je zavaren sa elektrodnom punjenom žicom oznake PŽ-1Ni. Međutim, promena sadržaja legirajućih elemenata je ujednačena vertikalno po šavu kod ostala dva uzorka br.1 i 3 koja su zavarena sa punjenom elektrodnom žicom oznake PŽ-2Ni.

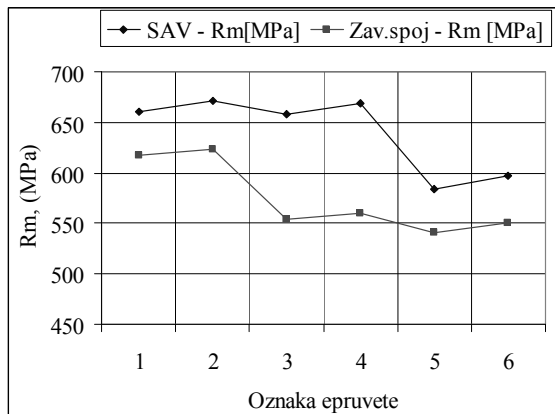


Slika 1. Promena sadržaja legirajućih elemenata (a)Ni %, (b)Mo%, (c) Mn % vertikalno po visini šava

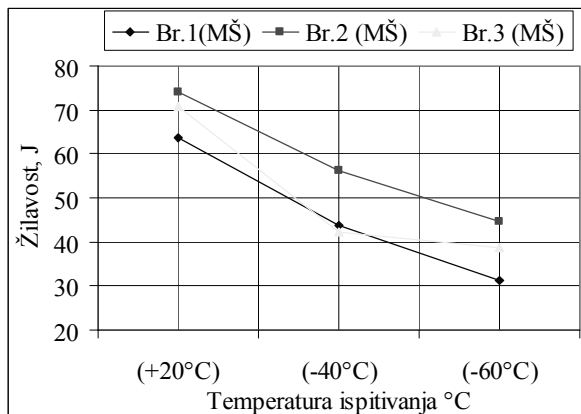
Ispitivanje zatezne čvrstoće metala šava i čvrstoće zavarenog spoja. Zatezna čvrstoća metala šava i čvrstoća zavarenog spoja u celini su ispitane na pljosnatim epruvetama sa udubljenim odnosno paralelnim bokovima, na univerzalnim mašinama za ispitivanje zatezanjem, prema standardima SRPS EN 895 i SRPS EN 10002-1/1. Promena vrednosti zatezne čvrstoće metala šava R_m [MPa] prati promenu sadržaja legirajućih elemenata i režima zavarivanja. Najveći nivo zateznih karakteristika je postignut kod mikrolegiranog čelika sa najvećim sadržajem Mo, Mn i Ni. Dobijene vrednosti su pregledno prikazane na dijagramu slika 2.

Ispitivanje energije udara. Energija udara određena je na sobnoj i sniženim temperaturama (+20 °C - 40°C i - 60 °C) prema standardima SRPS EN 875 i SRPS EN 10045-1, na Šarpi epruvetama 10x10x55mm sa ISO-V zarezom. Nazivna energija udara klatna je 300 J a brzina 5,11m/s. Dobijene vrednosti za zavarene uzorke br1, 2 i 3 su prikazane na dijagramu slika 3.

Dobijeni rezultati ispitivanja energije udara na temperaturama ispitivanja metala šava pokazuju da su bolji rezultati dobijeni na uzorku br2 koji je zavaren sa punjenom elektrodnom žicom oznake PŽ-1Ni u odnosu na vrednosti dobijene kod uzorka br1 i 3 koji je zavaren sa punjenom elektrodnom žicom oznake PŽ-2Ni



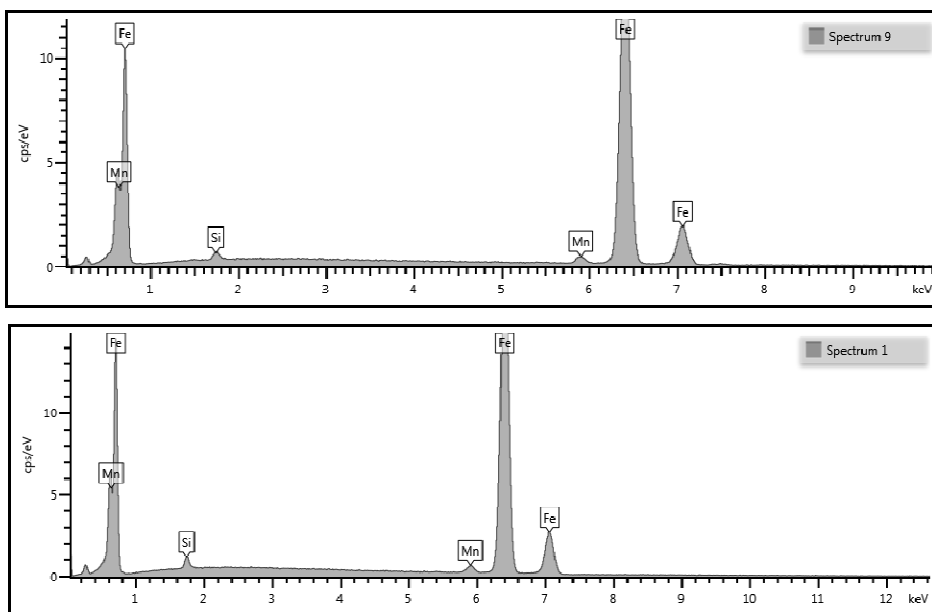
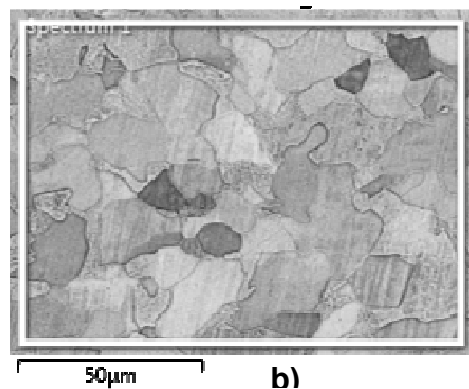
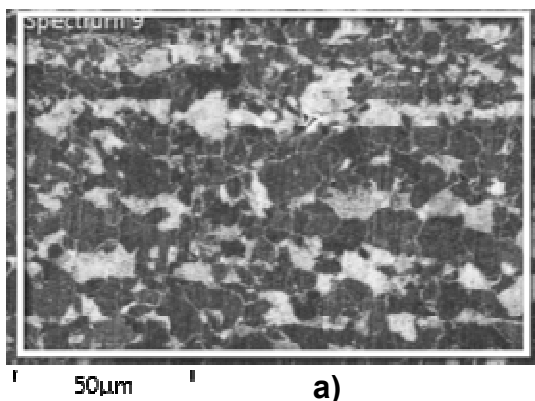
Slika 3. Promena vrednosti žilavosti metala šava uzorka br1, 2 i 3. na temperaturama ispitivanja



Slika 2. Ispitivanje zatezanjem epruveta sa udubljenim i sa paralelnim bokovima

Mikrostruktorna analiza metala šava. Mikrostrukturu šava zavarenih spojeva čine tri osnovne modifikacije ferita: igličasti ferit (acicular ferrite), poligonalni ferit (primary ferrite) i Vidmanštetenov ferit, koje nastaju različitim mehanizmima transformacije i različito utiču na vrednosti čvrstoće i žilavosti zavarenog spoja. U zavisnosti od termičkog ciklusa zavarivanja i

systema legiranja šava, u visokotemperaturnoj oblasti se obrazuju različite morfološke modifikacije ferita. [12-14]. Mikrostruktura mikrolegiranog čelika, debljine 12mm, uzorak br.1 je data na slici 4a, mikrostruktura konstrukcionog čelika, debljine 10 mm, uzorak br.2 i 3. je prikazana na slici 4b.



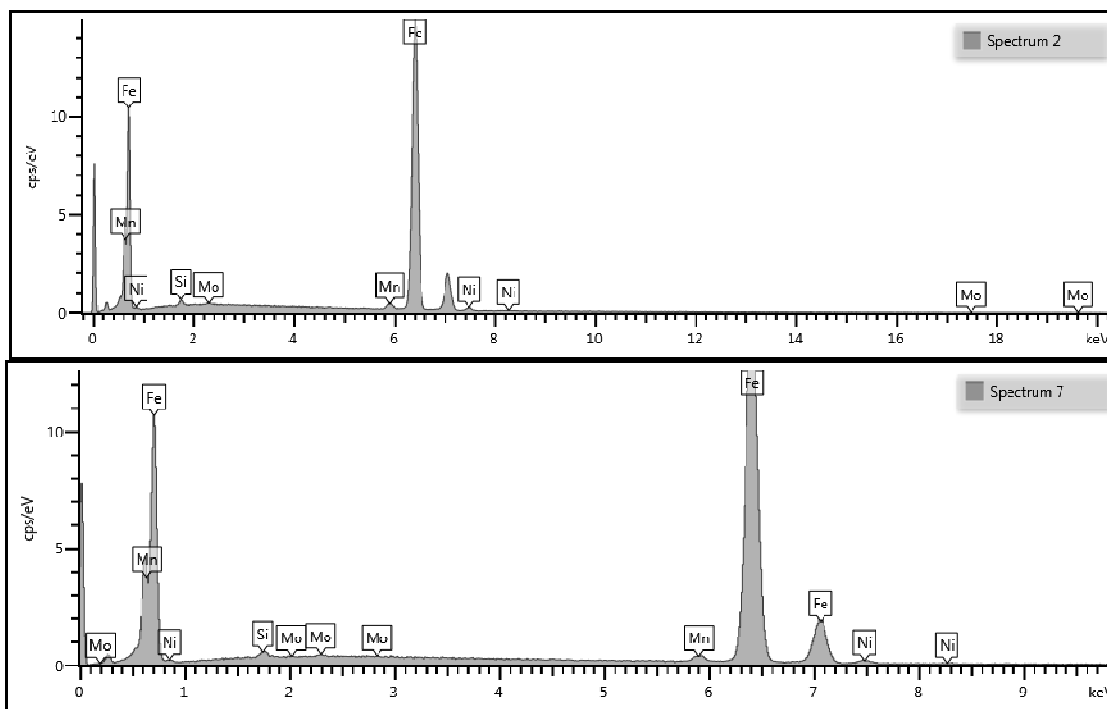
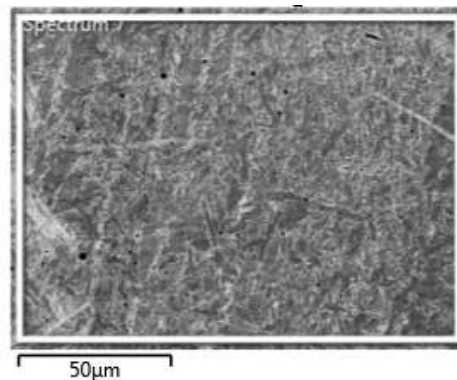
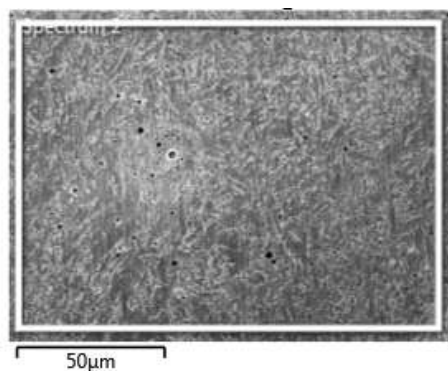
Slika 4 EDS analiza osnovnog materijala: a) uzorak br.1(Spectrum9), b) uzorak br.2 i 3 (Spectr.1)



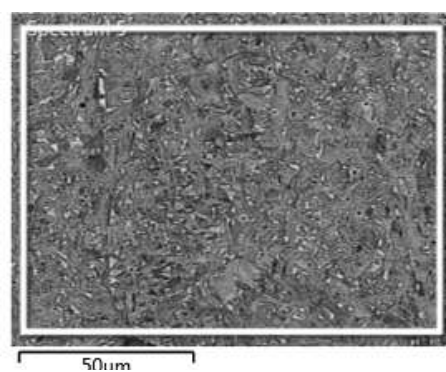
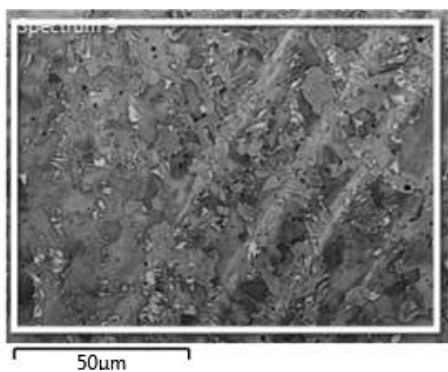
U metalu šava svih prikazanih zavarenih spojeva uočeno je prisustvo različitih morfoloških oblika ferita, a najviše je zastupljen acikularni ferit (AF), ferit sa sekundarnom fazom (FS) i Widmanstattenov ferit (WF).

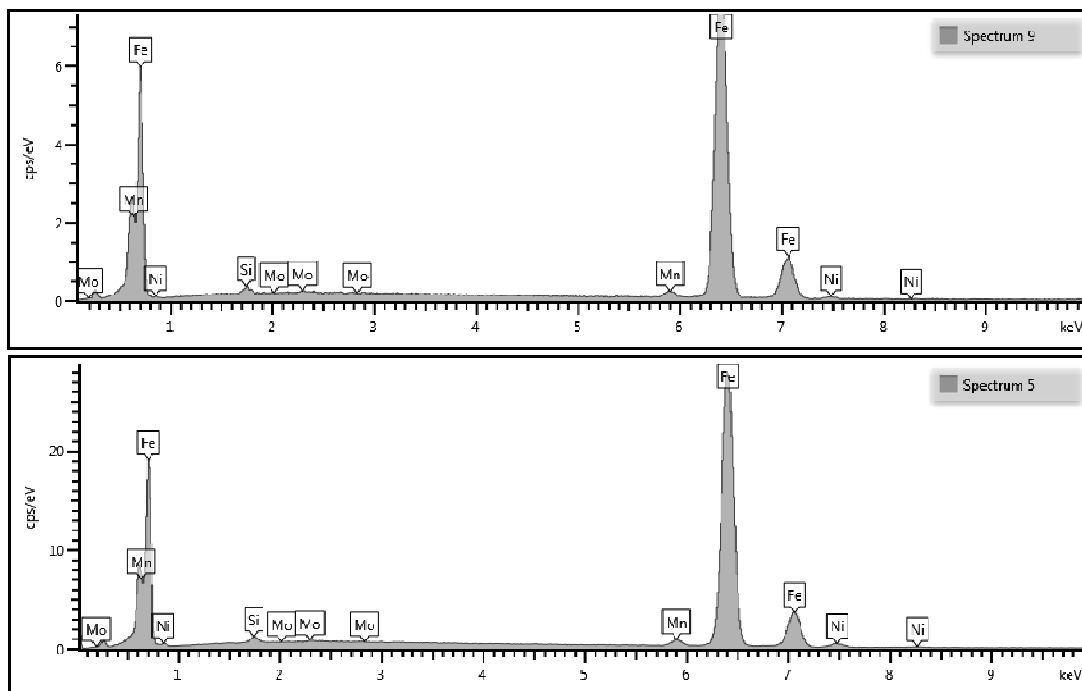
Mikrostrukture metala šava zavarenih spojeva uzorak br.1 i 3 izvedenih sa elektrodom punjenom žicom

oznake PŽ-2Ni se sastoje od ~65-80% AF dok ostatak čini PF + FS, slika 5 i 6, a uzorak br.2 izveden sa elektrodom punjenom žicom oznake PŽ-1Ni se sastoji od ~55-65% AF dok ostatak čini PF + FS, slika 7.

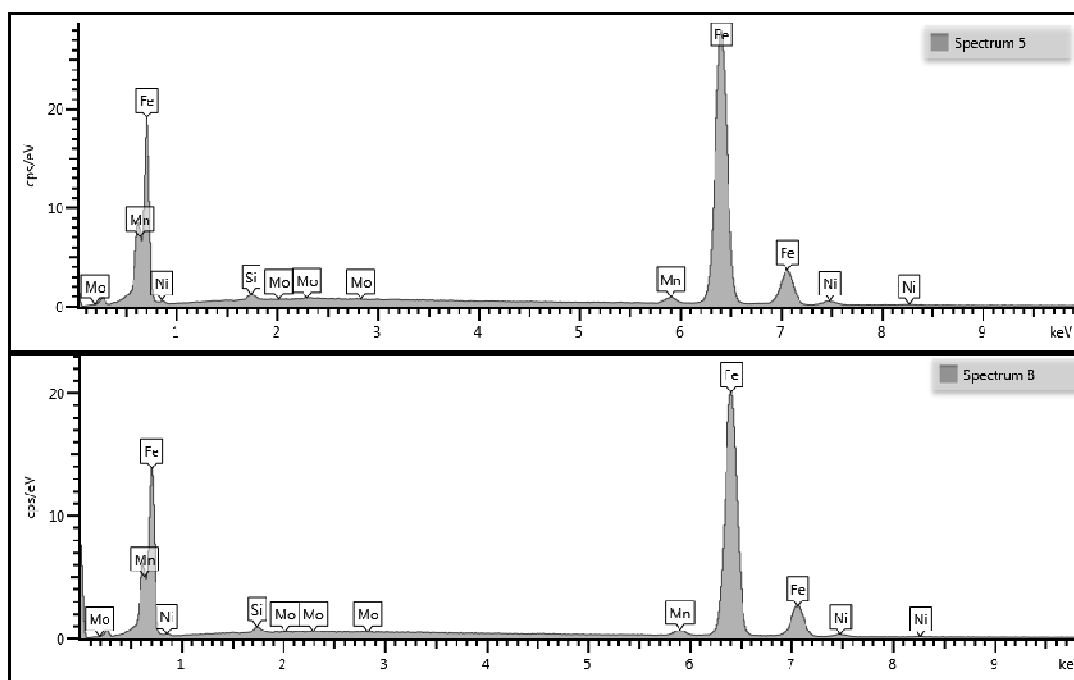
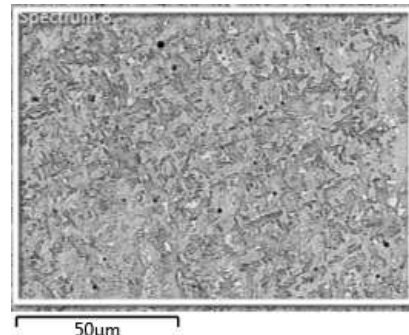
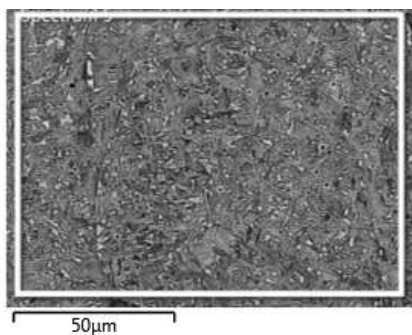


Slika 5. EDS analiza metala šava, uzorak br.1 (Spectrum 2 i 7)





Slika 6. EDS analiza metala šava, uzorak br.2 (Spectrum 5 i 9)



Slika 7. EDS analiza metala šava, uzorak br.3 (Spectrum 5 i 8)



4. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize dobijenih rezultata ispitivanja hemijskog sastava, mehaničkih osobina, žilavosti i metalografskih ispitivanja metala šava izvedeog sa dva metalurška kvaliteta punjene legirane žice mogu se izvesti sledeći zaključci:

Povećanje sadržaja legirajućih elemenata (Mn, Ni i Mo) povoljno utiče na povećanje kvaliteta metala šava;

Pouzdan nivo kvaliteta metala šava u pogledu strukturnih i mehaničkih osobina, žilavosti je postignut u punjenoj žici kvaliteta „PŽ-2Ni“ sa 1.6% Mn, 2.6% Ni i 0.50% Mo i može se uspešno primeniti kod zavarivanja mikrolegiranih čelika povišene i visoke čvrstoće.

Sadržaj legirajućih elemenata od 1.2% Mn, 1.6% Ni i 0.30% Mo u punjenoj žici kvaliteta „PŽ-1Ni“ se može preporučiti za zavarivanje niskougleničnih i konstrukcionih čelika.

ZAHVALNOST

The authors are grateful to the Ministry of Science and Technological Development for financing the projects (TR 34016, OI 174004).

LITERATURA

- [1] Nikola S. Bajić,: Razvoj dodatnih materijala sa preporukom za zavarivanje mikrolegiranih čelika, Monografija, ISBN 978-86-89775-00-6, COBISS.SR-ID 204235020, 2013.
- [2] Hrivnjak I.: "Zavarljivost čelika", Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [3] Kou: Welding Metallurgy, Second edition, New York: John Wiley&Sons, Inc.,2002.
- [4] N. Bajić, D. Bajić, D. Veljić, M. Rakin , Z. Janjušević: The advantages of using activated flux-cored wire compared to solid wire in the MAG welding process from the aspect of metallurgical

characteristics. ISSN METABK UDC-UDK: Metallurgy -Journal, 2014, No.1942.

- [5] Semjan V., Katnić LJ. Imamović A. Petrović Ž.: "Teorija zavarljivosti čelika", knjiga, Magenta, Sarajevo, 1989.
- [6] N. Bajić, Vera Sijacki-Zeravčić Blijana Bobić, Dejan Cikara, Miodrag Arsić: Filler Metal Influence on Weld Metal Structure of Micro-Alloyed Steel, manuscript number: 201039, Supplement to the welding journal, Sponsored by the American Welding Society and the Welding Research Council, vol.90, (2011), p:55-62.
- [7] Evans G.M.: "The effect of alloying elements on the mikrostrukture and properties of ferritic all- weld metal deposits", Welding-90, Zurich, Switzzelland, 1990
- [8] Evans G.M.: "The effect of molibdenium on the mikrostrukture and properties of C-Mn-weld metal deposits" (I I W 2-A 666-86), 1986.
- [9] Nikola Bajić, Darko Veljić, Marko Rakin, Slobodan Stojadinović, Jasmina Pekez, Mihailo Mrđak: Experimental laboratory for development of fillers and auxiliary materials for welding and soldering, Welding&Welded Structures, LVIII, UDK/UDC:621.791.04, ISN 0354-7965, COBISS.SR-ID 105396743, No 4/2013, I-deo.157-161
- [10] Grabin A.O. Koreun T.T. Solomničuk: "Morfoložičeskije osobennosti strukturi nisko-legirovanovo metala šva i ih vlijanie na svojstva svarnih soedinenij", Avtomatičeskaja Svarka, No10 (1990) 32-37.
- [11] Pohodnja I. K., Golovko V, V.: "Vlijanie kisloroda na obrazovanie strukturi igolčatovo ferrita b nizkolegirovannom metalle svarnih švov", Obzor, Naučno – tehničeskij razdel, Avtomatičeskaja Svarka, No 2(1999) 3-10.



23. Međunarodni sajam za obradu metala, izložba, tehnologija

Za više informacija: <http://www.euroblech.com/english/>



23. Međunarodni sajam za obradu metala, izložba, tehnologija (metalne ploče, cevi, metali i nemetali, gotovi proizvodi, komponente, sklopovi, rukovanje, separacija / sečenje, oblikovanje, obrada fleksibilnih metalnih ploča, cevi / izrada, mašinski elementi, spajanje / zavarivanje / pričvršćivanje, obrada površina metalnih ploča, alati / matrice, kontrola / regulacija / merenje / ispitivanje, obezbeđenje kvaliteta, CAD / CAM sistemi / obrada podataka, oprema za fabrike i skladišta, ekologija / reciklaža, bezbednost na radu, istraživanje i razvoj ...).

PROGRAM PUTOVANJA AVIONOM DO FRANKFURTA NASTAVAK IC VOZOM DO HANOVERA:

20. – 23.10.2014 / 4 dana, 3 noćenja

ili

20. – 24.10.2014 / 5 dana, 4 noćenja

1. dan 20.10.2014 Beograd – Frankfurt – Hanover

Sastanak učesnika putovanja na aerodromu "Nikola Tesla" u 10:00h. Poletanje za Frankfurt letom JU 330 u 12:00h. Sletanje u Frankfurt u 14:00h. Nastavak putovanja za Hanover IC vozom. Nakon dolaska u Hanover individualni transfer do izabranog smeštaja. **Noćenje.**

2. - 3. ili 4. dan 21. – 22. ili 23.10.2014 Hanover

Doručak. Individualni transferi javnim saobraćajem do sajma. Poseta sajmu. **Noćenje.**

4. ili 5. dan 23. ili 24.10.2014 Hanover – Frankfurt – Beograd

Doručak. Napuštanje hotelskih soba ili privatnog smeštaja. Individualni odlazak na železničku stanicu. Prevoz IC vozom do Frankfurta. Po dolasku na aerodrom u Frankfurtu čekiranje za let JU 331. Poletanje za Beograd u 14:50h. Sletanje u Beograd u 16:40h.

CENA ARANŽMANA ZA 3 NOĆENJA

Hotel	Cena po osobi u dvokrevetnoj sobi	Doplata za jednokrevetnu sobu
Privatan smeštaj	590 €	120 €
Concorde Leineschloss 3*	790 €	255 €
Maritim Grand Hotel 4*	810 €	270 €
Dormero 4*	890 €	384 €

Plaćanje u dinarskoj protivvrednosti po prodajnom kursu banke Intesa za efektivu na dan uplate

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

office@omegatravel.rs

PIB: 104132223 / Matični broj: 20096268 Tekući račun: 265-1630310003602-76 Licenca OTP Br. 353/2010 od 19.02.2010

www.omegatravel.rs



Accredited Agent



CENA ARANŽMANA ZA 4 NOĆENJA

Hotel	Cena po osobi u dvokrevetnoj sobi	Doplata za jednokrevetnu sobu
Privatan smeštaj	640 €	160 €
Concorde Leineschloss 3*	890 €	340 €
Maritim Grand Hotel 4*	970 €	360 €
Dormero 4*	1.040 €	512 €

Plaćanje u dinarskoj protivvrednosti po prodajnom kursu banke Intesa za efektivu na dan uplate

CENA ARANŽMANA UKLJUČUJE: avio prevoz Beograd – Frankfurt – Beograd na letovinu Air Serbia, aerodromske takse, IC voz Frankfurt – Hanover – Frankfurt, 3 ili 4 noćenja sa doručkom u izabranom smeštaju, ulaznice za sajam, troškove organizacije aranžmana.

CENA ARANŽMANA NE UKLJUČUJE: polisu međunarodnog zdravstvenog osiguranja Delta Generali 737,00 dinara ili DDOR cca 695,00 dinara, lične troškove putnika.

ROK ZA PRIJAVU: zbog veličine sajma i velike tražnje i ograničenih kapaciteta, **rok je do popune mesta.**

Prijavljivanje za putovanje vrše se putem fax-a ili e-mail-a. Prijava treba da sadrži tačna imena putnika prema pasošu, izabrani smeštaj i strukturu soba. Aranžman se **potvrđuje** uplatom u roku naznačenom na profakturi.

NAPOMENA 1:

Moguće je obezbediti letove do Hanovera i to:

- Lufthansa preko Minhena ili Frankfurta
- Swiss air preko Ciriha
- Austrian Airlines preko Beča

NAPOMENA 2:

Moguće je obezbediti kraći ili duži boravak u Hanoveru

Možete nam se obratiti putem maila ili telefona ukoliko želite duži ili kraći boravak ili ako želite da letite na nekoj od ponuđenih avio kompanija.

POSEBNE UZANSE KOJE VAŽE UZ OVAJ PROGRAM - USLOVI OTKAZA:

Hotel se ne može otkazati bez finansijskih posledica. U slučaju odustajanja putnika od putovanja moguća je promena imena putnika. Ova posebna uzansa je vezana za uslove otkaza hotela u Nemačkoj za vreme održavanja velikih međunarodnih sajmova.

Promena imena za avio kartu nije moguća. U slučaju odustajanja od putovanja avio karta se stornira prema uslovima tarife koje propisuje avio kompanija, a nova karta se rezerviše po trenutno raspoloživim tarifama.

OPIS HOTELA U HANOVERU

PRIVATAN SMEŠTAJ kod proverenih stanodavaca, na bazi noćenja sa doručkom. Gostima su na raspolaganju zasebne sobe za spavanje sa upotrebom zajedničkog kupatila. Uobičajno je da gosti dobiju ključ od stana od stanodavca koji su obavezni da vrate pre odlaska iz Hanovera. Svi stanovi su locirani u užem i širem centru grada, sa dobrom saobraćajnom vezom sa sajmom. Svi stanovi su odličnog kvaliteta i prošli su kontrolu agencije. U ponudi imamo i određeni broj praznih stanova (u kojima ne borave stanodavci u vreme boravka gostiju), koji mogu da se rezervišu "na upit" po višim cenama.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

office@omegatravel.rs

PIB: 104132223 / Matični broj: 20096268 Tekući račun: 265-1630310003602-76 Licenca OTP Br. 353/2010 od 19.02.2010

www.omegatravel.rs



Accredited
Agent



Hotel Concorde am Leineschloss 3*, Am Markte 12, Mitte, 30159 Hannover,

<http://www.concordehotel-am-leineschloss.de/en/>

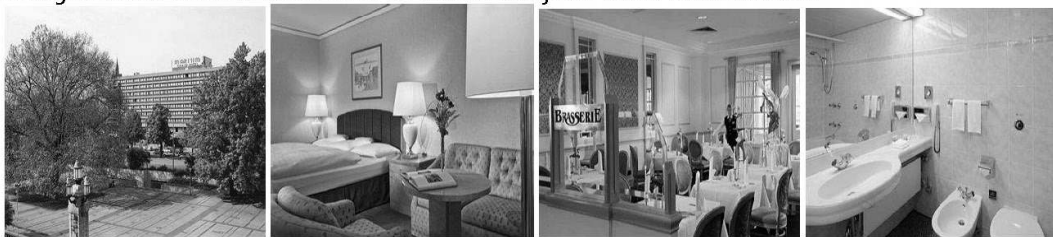
Hotel se nalazi odmah do Crkve Marktkirche i udaljen je 10 minuta pešice od glavne železničke stanice. Hotel raspolaže sa 80 smeštajnih jedinica. Sve sobe su sa kupatilom, imaju fen, radni sto i flat- screen TV. Besplatan bežični internet je dostupan u hotelskom lobiju. U hotelu se svakod dana servira ukusni nemački doručak. U blizini hotela se nalaze brojni kafići i restorani koji nude lokalne specijalitete i odlična piva. Hotel je lociran na Markthale, 100 m daleko od tramvajskih stanica i odlično je povezan sa glavnim atrakcijama grada.



Hotel Maritim Grand 4*, Friedrichswall 11, Mitte, 30159 Hannover,

<http://www.maritim.de/de/inhalt>

Maritim Grand Hotel sa 4 zvezdice nalazi se u centru Hanovera, preko puta nove Gradske većnice. Nudi moderne sobe, 2 internacionalna restorana i elegantni piano bar. Sve sobe u Maritim Grand Hotelu imaju kablovsku televiziju, mini-bar i moderno kupatilo. Restorani Brasserie i L'Adresse u hotelu Maritim služe internacionalnu hranu i veliki izbor pića. U kafiću Café am Kamin su na raspolaganju domaći kolači i specijalne kafe. U večernjim satima, Pianobar nudi muziku uživo, koktele i mnogo toga. Sajam Messegelände u Hanoveru nalazi se na 15 minuta vožnje od hotela Maritim Grand.



Hotel DORMERO 4*, Hildesheimer Straße 34-38, 30169 Hannover, www.dormero-hotel-hannover.de

Ovaj superior hotel sa 4 zvezdice nudi sobe sa 2 TV-a sa ravnim ekranom, besplatna pića iz mini-bara i besplatan video na zahtev. Do njega se od Glavne železničke stanice u Hanoveru stiže direktnom tramvajskom linijom. Hotel Dormero Hannover nudi besplatan bežični internet i zvučno izolovane sobe sa elegantnim nameštajem i priključkom za iPod. Doručak na bazi švedskog stola se u hotelu Dormero služi svakog jutra. Gosti mogu da uživaju u odličnoj kuhinji u restoranu ili u internacionalnim specijalitetima u bistrou. Pivo i kokteli se služe u baru hotela. Spa centar hotela Dormero Hannover uključuje saunu, parno kupatilo i opremu za fitness. Tramvajska stanica Šlegerstraße je na samo 60 metara od hotela.



Beograd, 21.5.2014

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

office@omegatravel.rs

PIB: 104132223 / Matični broj: 20096268 Tekući račun: 265-1630310003602-76 Licenca OTP Br. 353/2010 od 19.02.2010

www.omegatravel.rs



Accredited Agent



Miroslav S. Milićević¹, Tatjana M. Jovanović¹, Valentina M. Nejković²

KAKO SMO IZUMELI NAJBOLJI MAGNETNI KONCENTRATOR NA SVETU ZA VISOKOFREKVENTNO ZAVARIVANJE

HOW WE INTENDED THE WORLD'S BEST HUB FOR HIGH-FREQUENCY WELDING

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: 621.791.92 ; 621.9.014

Rad primljen / Paper received:

April 2014.

Adresa autora / Author's address:

¹ Niš, Bulevar Nemanjića 33/39, email: lavmiro@eunet.rs,

² Elektronski fakultet u Nišu

Ključne reči: koncentrator, zavarivanje, brzina, snaga, energija.

Key words: welding, concentrator, speed, power, energy

Abstract

Rad predstavlja doprinos poboljšanju energetskih parametara kod visokofrekventnog induktivnog zavarivanja čeličnih cevi. Doprinos se sastoji u velikoj uštedi potrošene električne energije. Funkcija koncentratora je da prenese i pretvori elektromagnetnu energiju u toplotnu energiju na najbolji način. Optimalan koncentrator je predmet izuma rada i on je realizovan sa magnetodielektrikom tipa Fluxtro A. Rezultati eksperimentalnih istraživanja čine rešenje najboljim na svetu što potvrđuju odgovarajući kriterijumi.

Abstract

This paper represents contribution of improvement for energy parameters of high frequency inductive welding of steel tubes. This improvement was shown through lessened consumption of electric energy. The function of concentrator is to transfer and convert electromagnetic energy into heating energy in the best possible way. Optimal concentrator with Fluxtro A magneto-dielectric material was projected and made. Practical results provide us most one of the best solutions in this field in the world, with the proven criteria.

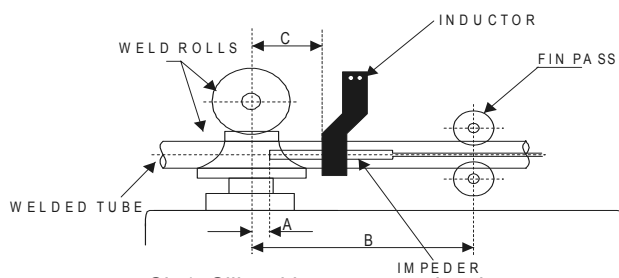
1. UVOD

Rad obrađuje temu vezanu za istraživanje i praktičan razvoj vezan za poboljšanje tehnokonomskih parametara kvaliteta VF induktivnog zavarivanja čeličnih cevi na odgovarajućim tehnološkim linijama za proizvodnju. Ideja da se cevi zavaruju VF strujama ima dug i veliki razvojni put u celom svetu [1,2,3,4]. Kod VF zavarivanja postoje dve metode i to kontaktna i induktivna, a razlikuju se po načinu na koji se prenosi elektromagnetna energija oscilatora na ivice čelične trake koja se zavaruje. Koja će se metoda izabrati, zavisi od proizvodnog programa kao i strategije samih proizvođača generatora za zavarivanje.

Kroz ovaj rad će se obrađivati doprinosi koji su postignuti kod VF zavarivanja putem induktivne metode prenosa energije. Inače, istraživanja su rađena na VF cevnim generatorima, koji rade na frekvencijama od 400 do 500 kHz, a koji su integrisani sa tehnološkim linijama za izradu čeličnih cevi fabrike gde se vrše istraživanja.

Generatori za induktivno zavarivanje se sastoje od visokonaponskog transformatora, ispravljača visokog napona, oscilatora sa elektronskom cevi kao aktivnim elementom, transformatora za prilagođenje impedanse i izlaznog induktora. Regulacija snage se obavlja tiristorskim regulatorima napona koji su povezani u primaru VN transformatora, tako da se ovom promenom izaziva promena visokog napona u sekundaru koji ispravljen predstavlja anodni napon oscilatora.

Finalni deo generatora za zavarivanje cevi je prikazan na sl. 1. Induktor se povezuje preko razvodne ruke na sekundar transformatora za prilagođenje. Unutar induktora prolazi formirana cev od čelične trake. Valjcima za zavarivanje se pritiskaju ivice trake koje su zagrejane do temperature topljenja tako da se određenim pritiskom obavlja tzv. kovanje. Ispred su valjci za vođenje i usmeravanje zavarenog spoja cevi.



Sl. 1. Slika sklopa za zavarivanje



Zbog poboljšanja efekata zavarivanja unutar cevi se ugrađuje dobro poznati u ovoj tehnici impedier, čija je funkcija da smanji struje u unutrašnjoj i spoljašnjoj konturi cevi ispod samog induktora a poveća struju u ivicama trake koja teče tzv. V prilazom preko kontaktne tačke. Indukovana struja u ivicama trake na otporu usled gubitaka izaziva toplotu koja izaziva temperaturu sve do tačke topljenja. Topljenje čelične trake se vrši u uskim granicama, a proizvodnja čeličnih cevi je kontinualna i to brzinom od 100 m/min.

Dimenzije sa sl.1. određuje ponaosob svaki proizvođač generatora a iste su određene u [1,16]. Na istraživačima je da iznalaženjem i kreativnm delovanjem postignu dobre rezultate. Do sada je poznato da je impedier izrađivan od zaštitne čaure koja se punila feritima kao magnetnim koncentratorima. Čaura služi za mehaničku zaštitu i istovremeno obezbeđuje priključak radi hlađenja impediera zbog disipacije. Postoji mnogo radova i projekata koji su usmeravani na poboljšanje impediera radi smanjenja utroška električne energije pri zavarivanju cevi.

2. PROJEKTOVANJE NOVOG KONCEPTA ZAVARIVANJA UVOĐENJEM NOVE ORIGINALNE KONSTRUKCIJE KONCENTRATORA

Glavno mesto i doprinos ovog rada je projektovanje novog koncentratora koji će kroz praktične rezultate nadvisiti sva rešenja koja su do sada poznata u svetu. Radi ocene efektivnosti koristiće se poznati kriterijumi iz [1,4] gde se gleda specifična snaga [kW/mm(m/min)] u funkciji proizvodne brzine[m/min] . Takođe se koristi kriterijum iz [14] gde se pri zavarivanju prati toplotni koeficijent [kW/m/min] u funkciji brzine zavarivanja. Uvodimo i novi kriterijum, gde se prati utrošak energije po jedinici proizvoda - čelične cevi[kWh/t] u funkciji proizvodne brzine [m/min].

Da bi de obavilo valjano i strogo testiranje, moralo se kroz eksperimente u zavarivanju pronaći najbolji referentni koncentrator sa feritima. Kroz višegodišnju praksu koristili su se feriti raznih proizvođača sa različitim uspehom a naročito od domaćih Ei ferita. Na bazi ovih iskustava, rezultata iz [11,15,16,], mnogih

tehničkih podataka iz ponuda, kao referentni ferit se usvaja TDK-ov ferit. Koncentrator sa TDK feritima je dao do sada najbolje rezultate u zavarivanju čeličnih cevi.

Po prvi put se predlaže i uvodi u konstrukciju koncentratora magnetodielektrik firme Fluxtrol iz Mičigena – USA. Testirano je više tipova magnetodielektrika, ali za visokofrekventno induktivno zavarivanje čeličnih cevi, na frekvencijama na kojima rade lampni generatori koji se istražuju i na kojima je dokazan doprinos novog koncentratora. Testirani su magnetodielektrici Fluxtrol B i A, gde je istoimena firma za visokofrekventno zavarivanje specijalno razvila tip B, a tip A je serijske proizvodnje korišćen za termičku obradu metala.

2.1 Prikaz eksperimentalog istraživanja sa Ei feritnim koncentratorom

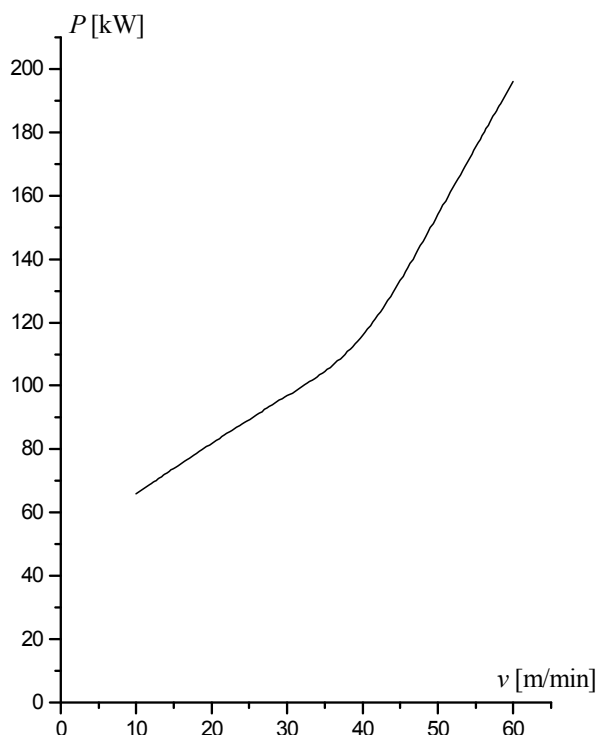
Elektronska industrija je razvila nekoliko ferita za VF zavarivanje. Sama jezgra ferita se proizvode od oksida gvožđa i oksida dvovalentnih metala kao što su ZnO, NiO, MnO i CoO i visokog su stepena čistoće i proizvedeni su u strogo kontrolisanim uslovima sinterovanja. Sve ovo obezbeđuje da feriti mogu raditi na visokim frekvencijama i povećanim temperaturama pri čemu se teži da se približno zadržava vrednost magnetnog permeabiliteta i magnetne indukcije.

Od strane ovog proizvođača preporučuje se primena feritnih materijala tipa N31 i M32, a naša iskustva su pokazala da je bolje rezultate postigao ferit N31. Ovaj ferit ima početni permeabilitet 250, relativni faktor gubitaka 70÷140. Indukcija pri magnetnom polju od 10A/cm iznosi 3,25 T, a za ovaj materijal je specifična otpornost $10^5 \Omega\text{cm}$. Kiri temperatura ferita N31 iznosi 250°C .

Testiranje Ei feritnog koncentratora je obavljeno na generatoru korisne snage (snage odate na induktoru) 130kW pri zavarivanju čelične cevi prečnika 26,9x2,65 mm, gde su rezultati pregledno dati u tabeli T1. Snaga se izračunava kao proizvod jednosmerne struje i napona iz ispravljača koji napajaju oscilator generatora, i kad je reč o snazi kod ovakvih testiranja misliće se na ovu snagu. Na sl.2 je data grafička zavisnost snage potrebne za zavarivanje u funkciji brzine zavarivanja cevi.

v [m/min]	U_a [kV]	I_a [A]	P [kW]
10	5,6	11,8	66
20	6,36	12,9	82
30	7,0	13,87	97
40	7,5	14,8	111
50	9,37	16,47	154,3
60	11,14	17,6	196

Tabela 1. Eksperimentalna istraživanja pri zavarivanju cevi prečnika 26,9x2.65 mm pomoću Ei feritnog koncentratora



Slika 2. Snaga u funkciji brzine zavarivanja pri proizvodnji cevi prečnika 26,9x2,65 mm pomoću Ei feritnog koncentratora

2.2 Specijalni materijal za koncentrator razvijen od Američke firme Fluxtrol B

Američka kompanija Fluxtrol je specijalno za potrebe VF zavarivanja čeličnih cevi razvila magnetodielektrik FluxtrolB. Eksperimentisanja su nastavljena sa magnetodielektrikom tipa Fluxtrol B. Osnovne karakteristike ovog magnetodielektrika su te da mu je magnetni permeabilitet 23÷25, električna otpornost 20÷40 kΩcm, specifična težina 5,8÷5,9 gr/cm³, radna frekvencija 10÷450 kHz, B=1 T i H=11000 A/m. Ovaj materijal pripada grupi mekih magnetodielektrika. Do sada se koristio kod induktivni grejanja i raznih termičkih obrada.

Za naše eksperimente od magnetodielektrika (MDM) Fluxtrol B napravljen je koncentrator polja za zavarivanje

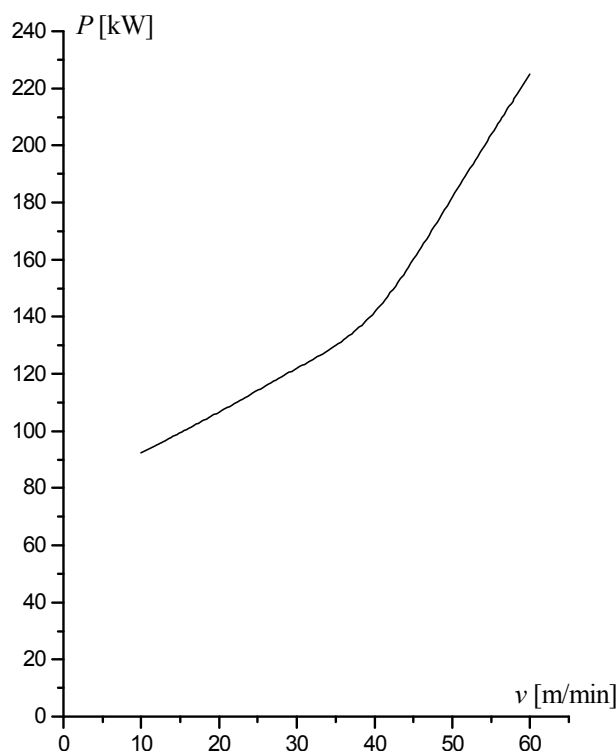
čelične cevi prečnika 26,9x2,5 mm. Rezultati iz testa zavarivanja su pregledno dati u tabeli T.2 Grafik za angažovanu snagu je dat na sl.3 kao funkcija brzine zavarivanja.

Primenom ovog MDM-a za koncentrator nismo postigli energetske uštede u odnosu na ferite Ei i TDK. Var je bio još kvalitetniji u odnosu na mehaničke probe spljoštavanja. Cevi zavarene ovom metodom su imale i vizuelno drugačiji var, a testovi mehaničkog spljoštavanja su dali velike prednosti ovom novom koncentratoru.

Iz navedenih tabela i grafika se zaključuje da ovo rešenje nije povoljnije u energetskej potrošnji prema koncentratorima realizovanim sa feritima Ei i TDK. Ali je primećeno da je var dobijen primenom koncentratora od magnetodielektrika Ferotron 559 postojaniji i da izdržava bolje testove na mehaničke probe spljoštavanja.

v [m/min]	U _a [kV]	I _a [A]	P [kW]
10	6,75	13,67	92,3
20	7,61	13,95	106,2
30	8,25	14,8	122,10
40	9	15,17	136,53
50	10,5	17,39	182,59
60	11,90	18,91	225,0

Tabela 2. Vrednosti eksperimentalnih podataka pri zavarivanju cevi prečnika 26,9x2,5 mm primenom koncentratora Fluxtrol B



Slika.3 Angažovana snaga u funkciji brzine zavarivanja pri proizvodnji cevi prečnika 26,9x2,5 mm uz primenu koncentratora Fluxtrol B

2.3 Realizacija koncentratora sa optimalnim TDK feritnim materijalom

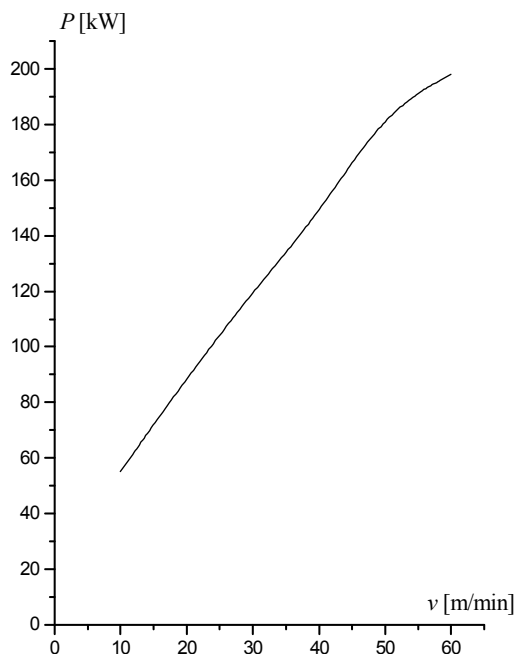
Za induktivno zavarivanje kod istraženih generatora korišćeni su feriti za koncentratore firme TDK [11]. Ova firma proizvodi ferite sa specijalnom namenom za VF induktivno zavarivanje. U katalogu ove firme navode se osnovne karakteristike ferita ali nema podataka o ključnim magnetnim parametrima. Ovi feriti, u energetske smislu, daju bolje rezultate pri zavarivanju cevi u odnosu na ferite firme Ei.

Na istom generatoru obavljeno je testiranje koncentratora polja sa TDK feritima pri proizvodnji i zavarivanju čelične cevi prečnika 21,3x2,65 mm. Rezultati su pregledno dati u tabeli T3 Na sl.4 je data grafička zavisnost angažovane snage u funkciji brzine zavarivanja pri zavarivanju napred navedene cevi.

Podaci iz ovih tabela i grafika dobijeni pri zavarivanju sa koncentratorima od TDK ferita, ukazuju da su efikasniji u odnosu na Ei ferite u smislu energetske uštede, odnosno angažovanih i potrebnih snaga za zavarivanje pri proizvodnji čeličnih cevi.

v [m/min]	U_a [kV]	I_a [A]	P [kW]
10	5,05	10,92	55,1
20	7,5	11,84	88,8
30	9,0	13,32	119,98
40	10	14,8	148
50	11,35	16,3	185
60	11,82	16,75	198

Tabela 3. Vrednosti podataka pri izradi cevi prečnika 21,3x2,65 mm pomoću TDK ferita



Slika.4 Angažovana snaga u funkciji brzine zavarivanja pri proizvodnji čelične cevi prečnika 21,3x2,65 mm pomoću TDK feritnog koncentratora

2.4 Kako smo pronašli najbolji koncentrator za VF zavarivanje na svetu

Dalja eksperimentalna ispitivanja nastavljena su na uzorcima magnetodielektrika tipa Fluxtrol A, čiji su grubi osnovni tehnički podaci: radni opseg frekvencija 60 do 30kHz, minimalna magnetna permeabilnost iznosi 55, električna otpornost $6,5 \times 10^{12} \Omega\text{cm}$, $B=1 \text{ T}$ i $H=12500 \text{ A/m}$. Specifična težina je $6,8 \div 7,1 \text{ gr/cm}^3$. Navodi se da je maksimalna magnetna permeabilnost u opsegu 110÷120. Ovaj magnetodielektrik je predviđen, bar kako ga deklarirše proizvođač, za rad na nižim i srednjim frekvencijama. Frekvencija na kojoj rade generatori za VF induktivno zavarivanje je u opsegu (400÷500) kHz.

Vidi se da ovaj magnetodielektrik ne odgovara za oblast visokfrekventnog zavarivanja, a pomoću TDK ferita ostvaren je optimalan rezultat u klasi feritnih rešenja i tu više se ne može učiniti ništa u smislu energetske uštede.

Takođe magnetodielektrik tipa B iako je proračunat za oblast viskih frekvencija ne može dati energetske uštede. Čak štaviše i simulacioni paketi američke firme Fluxtrol i instituta CIT su dali neadekvatne rezultate jer se ih opovrgli opsežni eksperimentalni rezultati i istraživanja autora ovog rada. Autori su dovedeni pred svršen čin, da završe kompletna istraživanja zato što nisu bili u mogućnosti da sami dizajniraju ni nove feritne materijale ni magnetodielektrike.

Autori su nastavili ipak istraživanja, i sa raznim koncentratorima od specijalnih čeličnih materijala i rezultati nisu bili značajniji. Autori ovog rada su rešili da upotrebe FluxtrolA, iako je neodgovarajući po

frekvenciji, ali je znatno većeg magnetnog permeabiliteta i moraće da da zavarivanje sa velikom energetsom uštedom. Ali, zbog velikih gubitaka pitanje koliko će vremenski da izdrži do pregorevanja i potpunog uništenja. Opsežnim eksperimentalnim istraživanjima u dužem periodu, u standardnim uslovima hlađenja koncentratora, autori su postavili sebi cilj da se proizvodi najmanje 3 smene, što su i postigli čime su velikom energetsom uštedom dobili značajnije povećanje proizvodne brzine tehnološke linije za proizvodnju čeličnih cevi. Na ovaj način iako je magnetodielektrik znatno skuplji od ferita, sve je to zanemarljivo u odnosu na dobijenu finansijsku dobit od povećane produktivnosti. Time je dobijen najbolji u energetsom smislu koncentrator na svetu za VF zavarivanje čeličnih cevi.

Ako bi se vezali za podatak o frekvenciji, praktično ovaj MDM je neadekvatan. Ali što se tiče magnetnog permeabiliteta, pri većim magnetnim poljima, ovaj magnetodielektrik je veliki izazov za primenjena istraživanja. Testovi ovog materijala su izvršeni u proizvodnji cevi prečnika 21,3x2,65 mm.

Rezultati eksperimentalnih istraživanja novog magnetodielektričnog koncentratora A su pregledno dati u tabeli T4. Grafik angažovane snage u funkciji brzine zavarivanja, za novi koncentrator, je dat na sl.5. Odmah se primećuje velika energetska ušteda ovog koncentratora u odnosu na zavarivanje sa Ei i TDK feritnim koncentratorima.

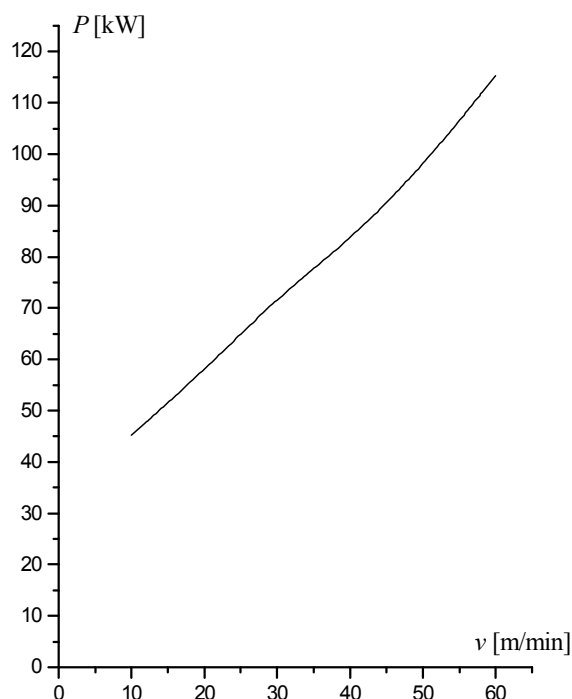


v [m/min]	U_a [kV]	I_a [A]	P [kW]
10	5,94	7,61	45,2
20	6,25	9,25	57,8
30	6,50	11,1	72,15
40	7,50	11,1	83,25
50	8,25	11,84	97,70
60	8,90	12,95	115,3

Tabela 4. Eksperimentalni rezultati pri zavarivanju cevi prečnika 21,3x2,65mm uz primenu magnetodielektrika tipa Fluxtrol-A

Ispitivanjem kvaliteta vara sa novim FluxtrolA koncentratom polja utvrđuje se da je zavareni spoj kvalitetniji i da izdržava mnogo više probe na mehaničko spljoštavanje. Sveukupno gledajući dobili smo nov materijal, magnetodielektrik Fluxtrol A, koji upotrebljen za koncentrat polja za VF induktivno zavarivanje, ima energetske uštede koje su znatne i mnogo kvalitetniji var u odnosu na staro rešenje VF zavarivanja sa feritnim koncentratom.

Ovaj solidan rezultat je postignut, iako je materijal predviđen za mnogo manje frekvencije, a testiranja su obavljena na generatoru snage 130 kW, koji ima trenutnu radnu frekvenciju oscilovanja oko 430 kHz. Dužina koncentratora sa magnetodielektrikom Fluxtrol A je bila 150 mm dok je kod starog feritnog rešenja iznosila 200 mm.

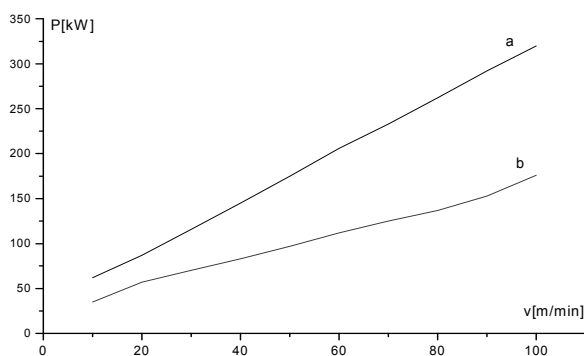


Slika.5 Angažovana snaga u funkciji brzine zavarivanja pri proizvodnji cevi prečnika 21,3x2,65 mm uz primenu FluxtrolA koncentrata

3. PRIMENA KRITERIJUMA ZA OCENU EFIKASNOSTI NAJBOLJIH IMPEDERA ZA VF ZAVARIVANJE

Zbog upoređivanja i ocene rezultata novog impedera, sa magnetodielektrikom FluxtrolA, u odnosu na koncentrat sa TDK-ovim feritom, i izabranu cev ϕ 21, 3 x 2, 6 mm, rezultati će biti prezentovani grafički. Eksperiment je obavljen na VF generatoru snage 130 kW.

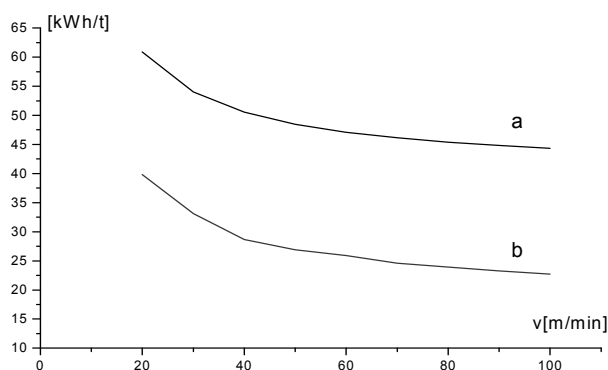
Na sl. 6 su dati grafici, gde je na ordinati prikazana snaga u [kW] koja se očitava iza ispravljača generatora, a na apscisi je brzina zavarivanja u [m/min]. Svi grafici obeleženi sa "a" odnose se na feritni a "b" na novousvojeni impeder. Sa sl. 6 jasno se vidi da je potrošnja energije i učešća snage znatno manja za novi koncentrat u poređenju sa feritnim TDK koncentratom, te je primetna ušteda od preko 40%



Slika.6 Grafik utrošene snage u funkciji brzine zavarivanja(a pomoću TDK ferita i b pomoću magnetodielektrika FluxtrolA)

Koristeći novouvedeni kriterijum nacrtani su grafici na sl. 7 gde se na ordinati nalazi preračunata utrošena električna energija po toni zavarene cevi [kWh/t] u funkciji proizvodne brzine [m/min]. Analizom grafika sa sl. 7 se utvrđuje da koncentrador sa magnetodielektrikom Fluxtrol A troši znatno manje energije po toni zavarene

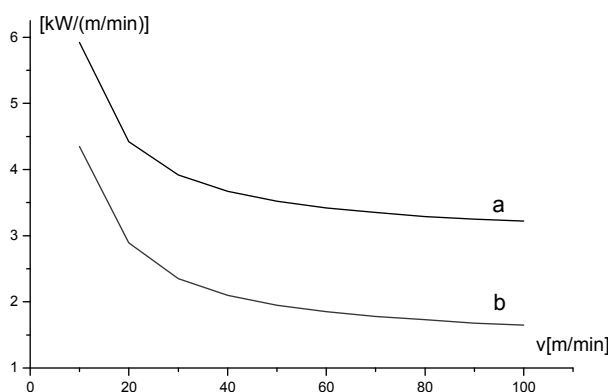
cevi. Izvodimo posve jedan novi zaključak da se potrošnja pri brzinama većim od 50 m/min približava asimptoti što dovodi do zaključka da je ovo produktivna oblast zavarivanja. Odnosno, pri manjim brzinama se troši mnogo više električne energije no pri većim.



Slika. 7. Grafik utrošene energije po toni proizvoda u funkciji brzine zavarivanja ("a" TDK ferit i "b" magnetodielektrik FluxtrolA)

Na sl. 8 je dat grafički prikaz, kao u [14], gde je na ordinati dat tzv. toplotni koeficijent i to snaga iz ispravljača podeljena brzinom zavarivanja [kW/m/min] u funkciji brzine zavarivanja [m/min]. I iz ovog kriterijuma

se vidi da novi impeder ima znatno povoljniju grafičku zavisnost, odnosno znatno manji toplotni koeficijent.

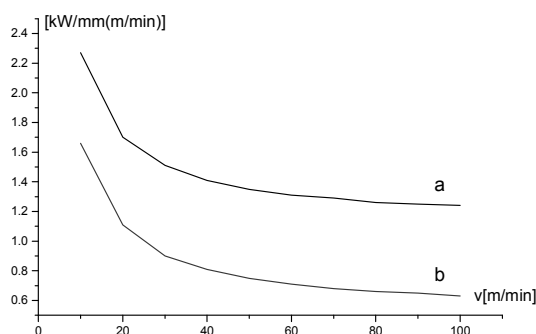


Slika.8. Grafik toplotnog koeficijenta u funkciji proizvodne brzine ("a" TDK ferit i "b" magnetodielektrik FluxtrolA)



Sledeći kriterijum ocene uspešnosti impedera za zavarivanje ilustruje sl. 9, gde je prema [1,4], na ordinati data tzv. specifična snaga [kW/mm(m/min)] u funkciji

brzine zavarivanja cevi. Manje vrednosti krive "b" potvrđuju superiornost koncentratora sa FluxtrolA materijalom u odnosu na feritni koncentrator.



Slika. 9 Grafik specifične snage u funkciji brzine zavarivanja ("a" TDK ferit i "b" magnetodielektrik FluxtrolA)

Zajedničko za sva tri kriterijuma je to da izvodimo zaključak da je veoma nepovoljno zavarivati na malim brzinama, već to treba činiti na brzinama većim od 50 m/min. što potvrđuju svi grafici.

Naš novi FluxtrolA koncentrator podvrgnućemo upoređenju i sa nekim veoma skupim koncentratorima koji su realizovani sa nekim drugim feritima i 3% Si čelikom i amorfnim folijama iz [14]. Rezultati za upoređenje su pregledno dati u tabeli T₅. Rezultati iz ove

tablice su dati po opadajućim vrednostima koje označavaju veće performanse koncentratora. Kod Fluxtrola A, prva kolona, potrošnja energije pada do ispod 30 kWh/t, specifična snaga iz druge kolone po prvi put u svetu pada ispod vrednosti 1. Sva tri kriterijuma povoljno ocenjuju koncentrator sa magnetodielektrikom Fluxtrol A, a buduća primena promeniće filozofiju zavarivanja, a posebno, kada se upoređuje kontaktna i induktivna metoda VF zavarivanja.

Kriterijum			
Mat. koncentr..	$\frac{kWh}{t}$	$\frac{kW}{mm(m/min)}$	$\frac{kW}{m/min}$
FERIT- [14]	83,3	3,57	15
3% Si-foil	57,11	2,45	10,3
FERIT- TDK	50	1,35	3,52
MAGN. DIEL. – F3	27	0,75	1,95

Tabela 5. Eksperimentalni rezultati

4. ZAKLJUČAK

Pokazano je u radu da se uvođenjem novog koncentratora sa magnetodielektrikom Fluxtrol A, znatno poboljšavaju energetska i drugi pokazatelji u odnosu na feritni koncentrator i u odnosu na neke druge specijalne koncentratore. Primenom novog koncentratora se znatno poboljšava kvalitet vara čelične cevi jer zbog boljeg provara dobija se kontinualniji var i imaju se manja nadvišenja unutrašnjeg vara. Ovo potvrđuju rađeni testovi sa mehaničkim probama i rezultati sa metalografske analize.

Novi koncentrator je dominantniji prema dva poznata kriterijuma iz literature a dominantan je i prema novouvedenom kriterijumu iz ovog rada. Znatno smanjenje utroška električne energije, čak do 49%,

stvara osnovne pretpostavke za povećanje produktivnosti tehnoloških linija za izradu čeličnih cevi.

Rezultati iz prakse ispravljaju krivu korekcionog faktora za induktivnu metodu zavarivanja, kod cevi malih dijametara, tako da ovu metodu primenom ovog FluxtrolA koncentratora čine boljom u odnosu na kontaktnu metodu zavarivanja. Pokušaj američke firme Fluxtrol da projektovanjem i izradom magnetodielektrika Fluxtrol B za zavarivanje nije uspeo, nisu se pokazali pouzdanim ni simulacioni paketi za modeliranje, tako se pokazalo da je praktično istraživanje majka svih nauka. Budući da se radi o postignutim rezultatima na lampnim generatorima, ovim velikim uštedama se menja sveukupni koeficijent iskorišćenja lampnih generatora za zavarivanje čeličnih cevi.

Sve u svemu postignuta je značajna tehno-ekonomska ušteda, tako za rad u dve smene, povećanjem



proizvodne brzine godišnje se postiže finansijska ušteda od 300000 evra ako bi se samo proizvodila cev izabrana kao reprezent ispitivanja tj. ϕ 21,3 x 2,65 mm.

Osnovni zaključak je da se u radu daje značajan doprinos u uvođenju novih materijala za koncentrator, što pored praktičnog predstavlja i teoretski doprinos. Povećava se kvalitet vara cevi, povećava produktivnost odakle sledi godišnja ušteda koja nadmašuje cenu celog generatora za zavarivanje. Rad pored navedenih doprinosa uveliko menja poglede na samu filozofiju metoda VF zavarivanja. Glavni izum i vrednost ovog rada je to što su rezultati postignuti pomoću neodgovarajućeg materijala, svesnim žrtvovanjem veka trajanja koncentratara dobijene su velike energetske uštede a samim tim je dobijena velika finansijska dobit.

LITERATURA

- [1] Šamov N.A. Lunin V.I., Ivanov N.V. Vysokočastotnaja svarka metalov, Mašinstroenie, Leningrad, 1977
- [2] Brajović V. Elektrotermija, Naučna Knjiga, Beograd, 1985
- [3] Guljajev D. Soveršenstvovanie tehnologii proizvodstva i povišenje kačestva elektrostvarnyh trub, Tehnika, Kiev, 1984
- [4] Ivanov N.V. Lunin V.I., Kulžinski L.V., Vysokočastotnaja svarka metallov, Mašinstroenie, Leningrad, 1979
- [5] Rudnev I.V.,..., Induction heat treatment, Steel Heat Treatment Handbook, New York, Basel, Hong Kong, 1997
- [6] Fluxtrol Manufacturing, Inc., MI-USA, Magnetic Flux Concentrators for High Frequency Ind. Heating 1996.
- [7] Ruffini S.R., Nemkov S.V., Materials for Effective Magnetic Flux Control and Concentration in Induction Heating Processes, Proces Control Instrumentation, November, 1996
- [8] Ruffini S.R., Ruffini T.R., Nemkov S.V., Advanced Design of Induction, Industrial Heating, November, 1998
- [9] Milićević M., Avtomatičeskoe upravljenie processom indukcionnoi svarki trub s primeneniem mikro – EVM, VII Meždunarodnaja konferencija stran članov SEV i SFRJ po avtomatizaciji proizvodstvenyh processov i upravljenija v černoi metalurgii, SSSR, Ždanov, 1988
- [10] Wade J. Effective Utilisation of Magnetic Flux Concentrators in Induction Heating at Commercial Heat Treating Plant, Heat Treatments, Cleveland, Ohio
- [11] TDK impeder core, Tehnical documentation, Italy
- [12] Ruffini R.S., Nemkov V.S, Magnetic field control and concentration induction heating coils, Centre Induction Technology, Troy, USA
- [13] Ruffini S.R., Ruffini R.T., Nemkov S.V., Goldstein R.S, Computer Simulation for Induction Heat Treating of Automotive Parts, Global Power Train Congress, 1998, Detroit, MI – USA
- [14] Mitani K., Shibuya-Ku H., 'Impeder: How its innovation and design impacts the welding process', The Eight Annual World Tube Congress 9-12.11. 1992, Chicago, Illinois
- [15] Electronic Heating Equipment, Inc., Impeders, Work Coils, Ferrite Casing, 1998 Catalog Applications Guide, Buckley – WA
- [16] Wright J., Principles of high Frequency Induction Tube Welding, Electronic Heating Equipement, Inc., Sumner, 1997



Radni deo savetovanja...





Veliki sponzor - Presentacija...

Za sve to vreme deo predviđen za zabavu i opuštanje je „zvrjao“ prazan ...





Predavanje koje je pobudilo najveću pažnju



Održana je i 61. GODIŠNJASKUPŠTINA DRUŠTVA





ZAPISNIK

SA 61. GODIŠNJE SKUPŠTINE DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE ZAVARIVANJA U SRBIJI (DUZS)

Bor, 6. jun 2014. godine u 15.00 č

Konferencijska sala hotela „Jezero“ na Borskom jezeru

1. tačka

Predsednik Društva, Branislav Lukić, dipl.ing, zahvalivši se prisutnima, otvorio je 61. godišnju Skupštinu Društva.

Za 61. godišnju Skupštinu Društva Upravni odbor DUZS je, u skladu sa članom 26. Statuta, predložio dnevni red koji su članovi dobili uz poziv:

Dnevni red:

1. Otvaranje zasedanja Skupštine; izbor radnih tela
2. Verifikacija mandata članova Skupštine
3. Izveštaj o radu DUZS za period 2013 - 2014. godine. Podnosilac izveštaja: predsednik DUZS
4. Izveštaj o radu DUZS-CertPers za period 2013 - 2014. godine. Podnosilac izveštaja: izvršni rukovodilac DUZS-CertPers
5. Izveštaj o finansijskom poslovanju u 2013. godini. Podnosilac izveštaja: predsednik Nadzornog odbora
6. Diskusija po podnetim izveštajima i usvajanje izveštaja
7. Predlog plana rada za 2014 - 2015. godinu; diskusija i usvajanje
8. Izbor Upravnog odbora DUZS
9. Izbor Nadzornog odbora DUZS
10. Razno

Predloženi dnevni red jednoglasno usvojen, bez primedbi i dopuna.

Predsednik Branislav Lukić je, u ime UO, predložio sastav **radnih tela** današnje Skupštine:

- za radno predsedništvo predloženi su članovi UO DUZS – Branislav Lukić i Vencislav Grabulov.
- za zapisničara je predložena Vesna Jović, a za overivače zapisnika Ana Nanut i Milica Antić.
- za verifikacionu komisiju za utvrđivanje kvoruma i rezultata glasanja, odnosno donošenja skupštinskih odluka, predloženi su Jovica Stevanović i Dragan Mišković, članovi UO DUZS.

Jednoglasno je prihvaćen sastav radnih tela Skupštine.



Predsednik Društva je pozvao izvestioce verifikacione komisije, Jovicu Stefanovića i Dragana Miškovića, koji su saopštili da je verifikaciona komisija konstatovala sledeće:

- da je članarinu uplatilo **70** članova DUZS;
- da sednici Skupštine DUZS prisustvuje **43** člana, priloženo je **6** ovlašćenja (koji se nalaze u prilogu zapisnika);
- da u skladu sa članom 22. Statuta DUZS, sednici prisustvuje više od polovine članova;
- da postoji kvorum za punovažan rad i odlučivanje Skupštine DUZS.

Konstatovano je da Skupština ima kvorum, te može da nastavi sa radom.

3.tačka

Izveštaj o radu DUZS za period između dve Skupštine, od maja 2013. do juna 2014. godine, podneo je predsednik DUZS Branislav Lukić, dipl.ing.

Izveštaj o radu je sastavni deo ovog zapisnika.

4. tačka

Na poziv predsednika Društva, izveštaj o radu DUZS-CertPers za period 2013 - 2014. godine podneo je izvršni rukovodilac DUZS-CertPers-a dr Vencislav Grabulov, dipl.ing.

Izveštaj o radu je sastavni deo ovog zapisnika.

5. tačka

Nadzorni odbor je radio u sastavu dr Nikola Bajić, dipl.ing, Nada Ilić, dipl.ing, dr Miodrag Zrilić, dipl.ing. Na poziv predsednika Društva, izveštaj Nadzornog odbora o finansijskom poslovanju u 2013. godini podneo je predsednik Nadzornog odbora, dr Nikola Bajić dipl.ing, a u njegovom odsustvu izveštaj je pročitao dr Vencislav Grabulov, dipl.ing. uz obrazloženje:

“Nadzorni odbor se ne bavi analizom svih faktura, nego se bavi pitanjem da li postoji potvrda o prijemu ispravnog redovnog godišnjeg finansijskog izveštaja koji je predat registru finansijskih izveštaja i kakva je reakcija registra tj. da li su sve stavke po zakonu: da su svi troškovi pravdani adekvatnim računima i odlukama, da su svi prihodi ispravno oporezovni, da ne postoji nikakav ni pravni ni finansijski problem i to je osnovno čime se Nadzorni odbor bavi. Radi naše i vaše informacije, pošto su podaci dostupni, možemo da kažemo da je i prošla godina bila finansijski uspešna. Ne radi se o ogromnim ciframa, jer je DUZS neprofitna i strukovna organizacija koja svoje kapacitete usmerava ka unapređivanju zavarivanja. Sve obaveze DUZS-a su izmirene.

Nadzorni odbor je na osnovu razmatranja finansijskog i materijalnog poslovanja Društva, odnosno uvida u finansijski izveštaj DUZS po godišnjem računu za 2013. godinu, koji je odobrila Agencija za privredne registre, konstatovao da nije uočio nepravilnosti u radu.”

Izveštaj je sastavni deo ovog zapisnika.

6. tačka

Nakon podnetih izveštaja otvorena je diskusija po podnetim izveštajima u kojoj nije učestvovao nijedan član DUZS.

Predsednik Lukić je stavio na glasanje usvajanje Izveštaja o radu DUZS za period 2013 - 2014. godine, Izveštaj o radu DUZS-CertPers za period 2013 - 2014. godine, kao i Izveštaj o finansijskom poslovanju u 2013. godini.

Nakon glasanja konstatovano je da je:

- Izveštaj o radu DUZS za period 2013 - 2014. godine usvojen jednoglasno.
- Izveštaj o radu DUZS-CertPers za period 2013 - 2014. godine usvojen jednoglasno.
- Izveštaj o finansijskom poslovanju u 2013. godini usvojen jednoglasno.



7. tačka

Upravni odbor je predložio:

PLAN RADA DUZS za 2014/15. godinu:

- Izdavačka delatnost: časopis *Zavarivanje i zavarene konstrukcije*, Druga izdanja, WEB prezentacija DUZS
- Saradnja sa srodnim organizacijama: SDIBR, SMEITS, DIVK
- Organizacija stručnih seminara, na jesen 2014. sa Institutom za standardizaciju u vezi sa izmenama standarda kod kvalifikacija zavarivača, kao i seminar na proleće 2015.g
- Međunarodna saradnja
- Učešće u radu EWF i regionalne grupe IIW

PLAN RADA DUZS- CertPers za 2014/15. godinu:

- Nastaviti praćenje relevantnih dokumenata i uz saradnju sa ATB održati visok nivo kurseva
- Istitcati potrebu obrazovanja kadrova po pravilima IIW
- Učešće u radu Komisija IAB grupa, posebno na harmonizaciji ispitnih pitanja i ispita
- Učešće na godišnjim sastancima IAB grupe
- Učešće u radu tehničkog komiteta EWF
- Održavanje postojećeg nivoa akreditacije
- Analiziranje potrebe za izdavanje sertifikata osoblju u preduzećima koje je sertifikovao ANBCC - Zavod za zavarivanje, A.D. – Beograd
- Permanentna ocena i praćenje ažurnosti materijala za učenje svih ATB-ova
- Priprema za ocenjivačku posetu tima ocenjivača početkom 2015. godine

Predsednik Lukić otvorio je diskusiju o planovima rada DUZS i DUZS-CertPers-a.

Planovi rada za naredni period jednoglasno su usvojeni bez izmena i dopuna.

8. tačka

Predsednik DUZS Branislav Lukić se zahvalio na dosadašnjem višegodišnjem radu i angažovanju članovima Upravnog odbora Ani Nanut i Draganu Miškoviću koji su se povukli iz sastava Upravnog odbora i ne nalaze se na listi za izbor novog sastava.

Upravni odbor je sastavio otvorenu listu sa predlogom kandidata za buduće članove Upravnog odbora na kojoj je 9 kandidata: Branislav Lukić, Vencislav Grabulov, Aleksandar Đorđević, Jovica Stevanović, Milica Antić, Miloš Pavlović, Nikola Šormaz, Milan Prokolab i Slađana Petrović. Pet predloženih kandidata su iz prethodnog sastava Upravnog odbora.

Goran Sofronić iz Zavoda za zavarivanje Beograd predlaže da se na listu kandidata doda i Jugoslav Pavlović iz Zavoda za zavarivanje Beograd. Milan Prokolab iz Instituta Goša Beograd predlaže da se na listu kandidata doda i Ivan Zabunov iz firme Proficut iz Bačkog Petrovca. Skupština je jednoglasno usvojila predlog kandidata koji je sastavio Upravni odbor, kao i da se Jugoslav Pavlović i Ivan Zabunov dodaju na listu kandidata.

Konstatovana je primedba Gorana Sofronić iz Zavoda za zavarivanje Beograd, da se zbog mogućeg sukoba interesa prilikom glasanja, verifikaciona komisija ponovo izabere. Jovica Stevanović se dobrovoljno povukao iz verifikacione komisije, pošto je predložen za kandidata na izbornoj listi za člana Upravnog odbora. Za članove verifikacione komisije predloženi su i izabrani Lazar Brestovački i Dragan Mišković sa 48 glasova za i jednim glasom protiv.

Podeljeno je 49 listića i izvršeno je glasanje. (Glasa se za najviše sedam kandidata po listiću, nevažeći su oni listići koji imaju više od sedam zaokruženih kandidata.)

Verifikaciona komisija je pregledala glasačke listiće, konstatovala da je za predlog članova Upravnog odbora DUZS glasalo 49 članova Skupštine, da su svi glasački listići ispravni, prebrojala glasove i ustanovila da su rezultati glasanja sledeći:



- Branislav Lukić, dipl. ing. – Institut za zaštitu na radu, Novi Sad - 31 glas
- Vencislav Grabulov, dipl. ing. – Institut IMS, Beograd - 45 glasova
- Aleksandar Đorđević – Messer Tehnogas, Beograd - 33 glasa
- Jovica Stevanović, dipl. ing. – PD TE Nikola Tesla, Obrenovac – 28 glasova
- Milica Antić, dipl. ing. – Zavod za zavarivanje, Beograd – 38 glasova
- Miloš Pavlović, dipl. ing. - Zavod za zavarivanje, Beograd - 12 glasova
- Nikola Šormaz, dipl. ing. – JKP Toplovod, Obrenovac - 20 glasova
- Milan Prokolab, dipl. ing. – Institut GOŠA, Beograd – 31 glas
- Slađana Petrović, dipl. ing. – VIA OCEL d.o.o, Beograd – 6 glasova
- Jugosav Pavlović, dipl. ing. - Zavod za zavarivanje, Beograd – 13 glasova
- Ivan Zabunov, ing. – Proficut, Bački Petrovac – 25 glasova

Usvojen je sastav Upravnog odbora DUZS:

1. Branislav Lukić, dipl.ing.
2. Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing.
3. Aleksandar Đorđević
4. Jovica Stevanović, dipl.ing.
5. Milica Antić, dipl.ing
6. Milan Prokolab, dipl.ing
7. Ivan Zabunov, ing.

Članovi Upravnog odbora biraju predsednika iz svojih redova.

Branislav Lukić je čestitao je članovima Upravnog odbora na izboru i zahvalio svim učesnicima Skupštine.

9. tačka

Predloženi kandidati za članove Nadzornog odbora su dosadašnji članovi Nadzornog odbora: dr Nikola Bajić, dipl. ing, IHIS Technoexperts, dr Milorad Zrilić, dipl. ing, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd i novi, Vladimir Zorić, dipl. ing, Zavod za zavarivanje, Beograd.

Predlog kandidata je usvojen.

Jednoglasno je usvojen je sastav Nadzornog odbora DUZS za sledeći mandat 2014/2018:

1. Dr Nikola Bajić, dipl.ing.
2. Dr Milorad Zrilić, dipl.ing.
3. Vladimir Zorić, dipl. ing

Članovi Nadzornog odbora biraju predsednika iz svojih redova.

Predsednik DUZS, Branislav Lukić, se u ime Upravnog odbora zahvalio svim učesnicima Skupštine.

Skupština je završila sa radom u 17.50 časova.

Zapisničar:

Vesna Jović

Predsednik DUZS

Branislav Lukić

Overivači zapisnika:

Milica Antić

Ana Nanut



I pored svih obaveza, našlo se vremena za obilazak prirodnih lepota Borskog jezera ...





I kao što to tradicionalno biva, sve je začinjeno druženjem



Još jednom koristimo priliku da se zahvalimo svima koji su učestvovali kako u radu savetovanja tako i u radu 61. godišnje skupštine Društva.

Na konstitutivnoj sednici novog UO Društva koja je održana 24.06.2014., jednoglasno su izabrani:

- Za predsednika Društva: Branislav Lukić, dipl.ing.
- Za sekretara Društva: Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing.



Branko Zrilić¹, Nebojša Pantelić¹, Radomir Jovičić², Dejan Jovičić³

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:

¹ FIN IMPORT DOO, Dobropoljska 39. Beograd

² Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16. Beograd

³ 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 primeljivi 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

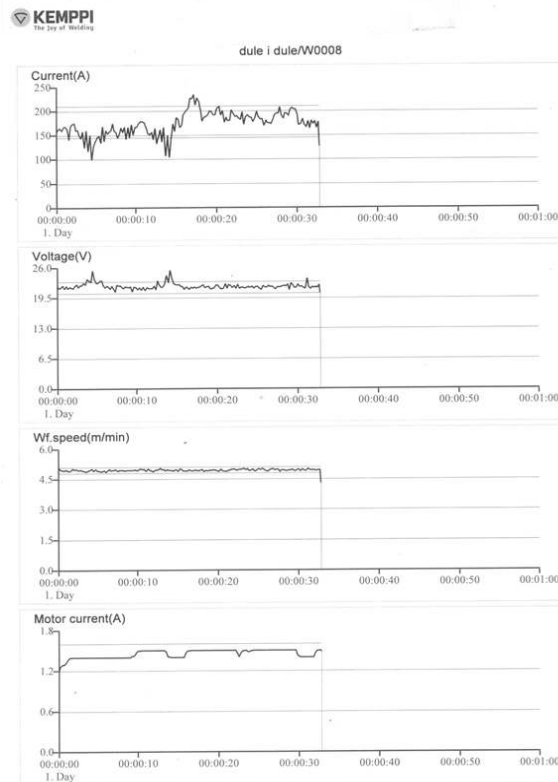
Serijska proizvodnja uređaja za zavarivanje sa potpuno digitalizovanom komunikacijom je omogućila kompjuterizovano neprekidno praćenje i dokumentovanje procesa zavarivanja. Sa uređaja za zavarivanje, posredstvom interfejsa, se na kompjuter, pomoću programa PRO Weld Data prenose parametri zavarivanja: 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	Test1	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	

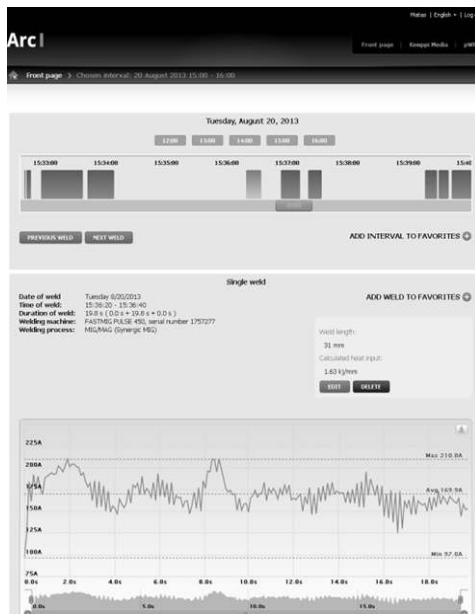
Slika 3. Program Pro Wled Data, tabelarni prikaz snimljenih i izračunatih parametara zavarivanja

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

1. Priključite DataCatch uređaj na uređaj za zavarivanje, radi beleženja parametara zavarivanja
2. Priključite DataCatch na Vaš kompjuter radi analize parametara zavarivanja



Slika 5. Program Arc Info, načina rada

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

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.



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

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





English | Log out

KEMPPi **ArcQ** WPS Help

Quality

WPS number	Info	Welder	Time
WPS 020	WPS deviation	Jernström Petteri	31.05.2012 10:25:39
WPS 019	WPS deviation	Tiikka 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
Tiikka Vesa	+14
Mäki Markku	+14

Welder efficiency

Welder	Arc time / 60 min
Jernström Petteri	8 min
Mäki Markku	10 min
Hankomäki Timo	4 min
Tiikka 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

KEMPPi

a)

Deviation report

General information:
 Welder: Mäki Markku
 Machine: 2012-03-09 11:06:32
 WPS number: WPS 018 (1)
 Time: 09.03.2012 11:20:08

WPS deviations:
 Undervoltage: 31.1 V (32 V)
 Overcurrent: 265.1 A (260 A)

Qualification deviations: 131, P, BW, 1.1, S, 130, PG 31.05.2012

Cause for deviation:

Corrective actions:

Accepted by: Jernström Petteri

Accept Clear Accept and print Cancel

Voltage

33
32.5
30
27.5
0

WPS max 33.5 V
WPS min 32.0 V

09.03.2012 11:20:13
Voltage: 31.26 V

11.20.10 11.20.12 11.20.14 11.20.16 11.20.18 11.20.20

Current

280
260
240
220
200
0

WPS max 260.0 A
WPS min 240.0 A

11.20.10 11.20.12 11.20.14 11.20.16 11.20.18 11.20.20

Done

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>

ČASOPIS ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE**Cenovnik oglasnog prostora u četiri uzastopna broja 2014**

	A4	2/2	1/1	1/2	1/4	1/8
dimenzije (mm)		2 x 210 x 297	210 x 297	180 x 120	90 x 120	90 x 60
DIN	crno/beli	-	39 000	23 000	16 000	10 000
	kolor	105 000	75 000	-	-	-

- U cene nije uračunat PDV 20%.
- Objavljanje oglasa u samo jednom broju iznosi 30% od datih cena.
- Reklamni tekstovi: 25 % od cene površine crno/belih oglasa.
- Dostava materijala:
 - za crno-beli film ili CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW);
 - za kolor film ili CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW);
 - izrada filma sa CD: 10 % od cene angažovanog prostora.
- Na web prezentaciji DUZS-a, (www.duzs.org.rs), na strani Marketing, objavljuje se pregled firmi-oglašivača sa podacima o glavnim grupama proizvoda/usluga i adresom web prezentacije. Svi posetioci naše web prezentacije mogu da posete i web prezentacije oglašivača, preko aktivnih linkova koji se nalaze na ovoj stranici!

WELDING & WELDED STRUCTURES, Quarterly review**Advertising prices for four successive numbers in 2014**

	A4	2/2	1/1	1/2	1/4	1/8
dimensions (mm)		2 x 210 x 297	210 x 297	180 x 120	90 x 120	90 x 60
EUR	black/white	-	840	432	336	240
	colour	2 640	1 680	-	-	-

- VAT 20% included.
- Advertising in one number only is 35% of the given prices.
- Commercial articles: 30 % of black/white advertising price.
- Print material:
 - for black/white CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW)
 - for color CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW).
- All the visitors of our web site may be linked to the advertisers' web site.

**INDEKS OGLAŠIVAČA
ADVERTISERS INDEX**

PROFICUT
YASKAWA SLOVENIJA
HONEX
ELIMP
ZAVOD ZA ZAVARIVANJE
REFIT INŽENJERING
MESSER

1. ČLANARINA DUZS za 2014. godinu **3.500 dinara**
Članovima DUZS **GRATIS** godišnje izdanje časopisa "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE"
2. ČASOPIS "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" - 2014. godina u slobodnoj prodaji (u cene je uračunat PDV 10%):
 - cena pojedinačnog broja..... 825 dinara
 - godišnja pretplata za 1 komplet brojeva godišnjeg izdanja..... 2.500 dinara
3. ČASOPIS - stari brojevi (u cene je uračunat PDV 10%)
 - a) u slobodnoj prodaji:
 - cena pojedinačnog broja za 2013. godinu 500 dinara
 - cena pojedinačnog broja za prethodne godine..... 250 dinara
 - b) beneficirane cene za članove DUZS:
 - cena pojedinačnog broja za 2013. godinu (pouzećem ili preuzimanjem) 400 dinara
 - cena pojedinačnog broja za prethodne godine (pouzećem ili preuzimanjem) Gratis
4. Knjiga Organizacija i ekonomika zavarivačkih radova – autor: prof. dr Zoran Radojević (uračunat PDV 10%) 1.045 dinara
5. Zbirke standarda OBEZBEĐENJE KVALITETA U ZAVARIVANJU. komplet 4 toma 6 750 dinara