



ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 59 Vol. 59	Br. 3 No. 3	97-144 97-144	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.

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 - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, 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

- 101 USPOREDBA REZULTATA NAVARIVANJA LEGURE TIPRA 625 S DVA RAZLIČITA ZAŠTITNA PLINA U KOTLOGRADNJI COMPARISON OF THE RESULTS OF ALLOY 625 CLADDING WITH TWO SHIELDING GASES IN BOILER PRODUCTION

Božo Despotović, Dalibor Žubrinić, Ivan Samardžić

- 113 DEMAGNETIZACIJA PLINSKOG CJEVOVODA PRI ZAVARIVANJU I MJERE ZA SIGURNOST I POUZDANOST ZAVARENE CIJEVNE KONSTRUKCIJE U EKSPLOATACIJI DEMAGNETISATION OF GAS PIPELINE DURING WELDING AND SAFETY MEASURES AND RELIABLE OF WELDED PIPE CONSTRUCTION IN EXPLOATATION

Sead Avdić



MIZ

IIW

- 119 THE EFFECT OF MICROSTRUCTURE ON HIGH-STRESS ABRASION RESISTANCE OF Fe-Cr-C HARDFACING DEPOSIT UTICAJ MIKROSTRUKTURE NA OTPORNOST PREMA VISOKOJ ABRAZIJI TVRDO NAVARENIH SLOJEVA OD FE-CR-C

M. Morsy, E. El-Kashif



OBRAZOVANJE

EDUCATION

- 137 RAZVOJ FINOZRNIH ČELIKA
- 140 ISTORIJSKI PREGLED KORIŠĆENJA MATERIJALA



VESTI

NEWS

- 100 MEĐUNARODNO SAVETOVANJE „IBR 2014“
- 112 MEĐUNARODNI SAJAM ZAVARIVANJA „EXPO WELDING“
- 133 67. GODIŠNJA SKUPŠTINA MEĐUNARODNOG INSTITUTA ZA ZAVARIVANJE I MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
- 134 NOVI NAČIN ZAVARIVANJA ŠINA
- 144 MARKETING

Poštovani čitaoci,

posle zamarajuće čudnog leta na pragu smo jeseni i ponovo zajedno.

U ovom broju nastavljamo sa objavljivanjem radova sa našeg junskog skupa na Borskom jezeru; ovoga puta ćete imati priliku da čitate dva rada.

U rubrici Obrazovanje, dajemo kratak pregled razvoja modernih čelika velike čvrstoće, za neke od njih, sigurno niste ni čuli do sada.

Pokušavamo ovoga puta da obogatimo sadržaj i nekim zanimljivostima, tako da ćemo ovoga puta objaviti istorijski pregled korišćenja materijala, prevashodno metalnih.

Tradicionalno, u rubrici Vesti, dat je izveštaj sa ovogodišnjeg skupa Međunarodnog instituta za zavarivanje.

A šta je pred nama?

Tokom oktobra treba da se održi seminar sa tematikom vezanom za bliže (nadamo se i brže) upoznavanje sa novim standardom za kvalifikaciju zavarivača (čelika) ISO EN 9606-1. S obzirom da taj standard sadrži velike promene, verujemo da ćete prisustvovati ovom seminaru gde ćemo zajednički pokušati da rešimo i neke dileme oko njegove primene.

Evropska zavarivačka federacija (EWF) ponovo organizuje takmičenje mladih zavarivača za šta je i naše društvo prijavljeno, te očekujemo da nam se pridružite i na ovom polju.

Do narednog broja...

S poštovanjem,

Milica Antić, dipl.ing.



SRPSKO DRUŠTVO ZA ISPITIVAŃE BEZ RAZARAŃA
SERBIAN SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING

member of

EF European Federation for
 Non-Destructive Testing
NDT

СДИБР



Međunarodno savetovanje

„IBR 2014“

30

GODINA SA VAMA

Vreme održavanja
 10. – 12.09.2014. god.

Mesto održavanja
 FRUŠKA GORA
 Hotel „Norcev“



1.Božo Despotović, 2.Dalibor Žubrinić, 3.Ivan Samardžić

COMPARISON OF THE RESULTS OF ALLOY 625 CLADDING WITH TWO SHIELDING GASES IN BOILER PRODUCTION

USPOREDBA REZULTATA NAVARIVANJA LEGURE TIPA 625 S DVA RAZLIČITA ZAŠTITNA PLINA U KOTLOGRADNJI

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC:

Rad primljen / Paper received:

Jun 2014.

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa savetovanja „ZAVARIVANJE 2014“ održanog na Borskom jezeru 4-7. Juna 2014, gde je i izlagan.

Ključne riječi: navarivanje, mješavine plinova, kotlogradnja, otpornost na koroziju

Sažetak

U radu se opisuje navarivanje membranskih cijevnih zidova i navarivanje pojedinačnih cijevi otvora u zaštiti dvokomponentne mješavine plinova i usporedba rezultata navarivanja s rezultatima navarivanja u zaštiti četverokomponentne mješavine plinova. Navarivanje je vršeno na tri stroja za navarivanje u različitim položajima zavarivanja.

Uvod

Cilj navarivanja u zaštiti dvokomponentne mešavine gasova je smanjenje troškova navarivanja, gde je najveći izdatak za helijum kao inertni gas. Visoka cena četverokomponentnog gasa (Ar + He + H₂ + CO₂), posebno helijuma, uslovlila je pokušaj navarivanja u zaštiti dvokomponentnog gasa (97,5% Ar + 2,5% CO₂). Korišćeni dodatni materijal je S Ni 6625. Usled zahteva za minimum 5 % Fe na površini navara, neophodno je obezbediti minimalno mešanje osnove i dodatnih materijala, ali ipak osigurati dobro vezivanje da se spreči nalepljivanje. Probno zavarivanje je izvedeno uz pomoć tri mašine za navarivanje, mašine za vertikalno navarivanje membranskih zidova, horizontalne robotizovane linije za navarivanje membranskih zidova i mašine za navarivanje pojedinačnih cevi I zaglavlja u cilju osiguranja pouzdanosti rezultata zavisno od mašine I položaja zavarivanja.

Adresa autora / Author's address:

1.Đuro Đaković, TEP, d.o.o., Slav. Brod, Hrvatska;

bozo.despotovic@ddtep.power-m.hr

2.Đuro Đaković, TEP, d.o.o., Slav. Brod, Hrvatska;

dalibor.zubrinic@ddtep.power-m.hr

3.Strojarski fakultet, Slav. Brod, Hrvatska; Ivan.Samardzic@sfsb.hr

Key words: cladding, gas mixtures, steamboiler production, resistance to corrosion

Abstract

This paper describes the cladding of membrane tube walls and cladding of single tubes for window openings in two-component gas mixtures protection. Obtained results are compared with the results of cladding in four-component gas mixtures protection. Cladding was performed on three machines for cladding in different positions

Introduction

The goal of cladding in the protection of two-component gas is to reduce the cost of cladding, the main measure of inert gas helium. Given the high price of four-component gas (Ar + He + H₂ + CO₂), helium exclusively, accessed the trial of cladding in the protection of the two-component gas (97,5% Ar + 2,5% CO₂). Additional material used for surfacing is S Ni 6625. Due to the requirements of a minimum 5 % of Fe on the surface of cladding, it is necessary to ensure minimum interference basic and supplementary materials, and yet achieve sufficient bonding to avoid sticking. Test welding was performed by three cladding machines, machine for vertical cladding of membrane walls, horizontal robotic line for cladding of membrane walls and a machine for single tubes and headers cladding, in order to prove the reliability of the results depending on the machine and welding position.



1. Optimizacija vertikalnog navarivanja

Navarivanje je izvedeno pomoću vertikalne mašine za navarivanje membranskih zidova. Uzorak za navarivanje je membranska cev prečnika $\text{Ø}57 \times 5,6$, razmak između cevi 81 mm, od osnovnog materijala kvaliteta 16Mo3, sa dodatnim materijalom Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625, šarža broj 155761.

Početna tačka navarivanja su parametri zavarivanja za četvorokomponentni gas. Na slici 1 je prikazana redosled nanošenja navara na membransku cev u vertikalnom položaju

1. Optimization of the vertical cladding

Cladding was performed by a vertical machine for cladding membrane tube walls. Cladding sample is the membrane wall pipe diameter $\text{Ø}57 \times 5,6$, peach between the tube 81 mm, quality basic material 16Mo3, with additional material Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625, batch 155761.

The starting point of cladding is welding parameters for four-component gas. Figure 1 shows the sequence of the cladding membrane walls in the vertical position.

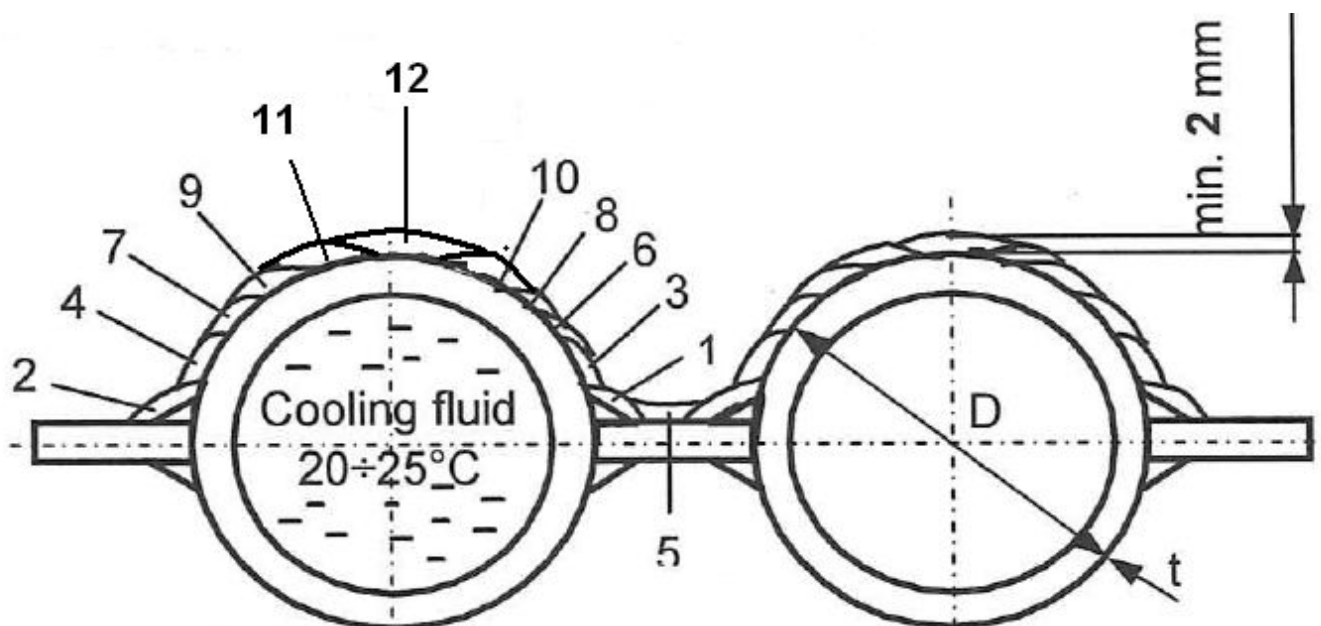


Figure 1 Sequence of cladding membrane tube wall in a vertical position [1]

Slika 1 Redosled navara cevi membranskog zida u vertikalnom položaju [1]

Kada se koriste parametri zavarivanja za četvorokomponentni gas u kombinaciji sa dvokomponentnim zaštitnim gasom, pojavljuju se defekti (otvorene pore) na površini navara. Razlog za to je odsustvo inertnog gasa helijuma, koji poboljšava širenje šavova i obezbeđuje bolje "kvašenje" rastopljene kupke sa osnovnim materijalom i eliminaciju H_2 , što obezbeđuje veću brzinu navarivanja.

Zbog izbacivanja zaštitnih gasova He i H_2 , neophodno je smanjiti brzinu navarivanja ili brzinu dodavanja žice da bi se održavala približna debljina navarenih površina. Navarivanjem i podešavanjem parametara zavarivanja, može se uočiti razlika u širini pomeranja gorionika, brzini transporta žice i brzine zavarivanja pri korišćenju različitih zaštitnih gasova. Pri korišćenju dvokomponentnog zaštitnog

When using welding parameters for four-component gas in combination with two-component protective gas, it comes to the appearance of defects (open pores) on the cladding surface. The reason for the appearance of defects is the lack of inert gas helium, which improves the spreading of welds and provides better "wetting" of melting baths with basic materials and elimination of H_2 , which provides a higher speed of cladding.

Due to the elimination of protective gases He and H_2 , it is necessary to reduce or decrease cladding speed and wire speed to maintain an approximate thickness of welded surfaces. By cladding and adjustment of welding parameters, one can see the difference in the width of the swinging burner, speed of wire transport and welding speed using different shielding gases. Using a two-component shielding gas it is necessary to expand the width of



gasa, neophodno je povećati širinu pomeranja gorionika, jer zbog nedostatka gasa He ima malo tečenje. Zbog ekspanzije oscilovanja i nedostatka gasa H_2 u ovoj mešavini, potrebno je smanjiti brzinu zavarivanja jer H_2 obezbeđuje veće brzine zavarivanja.

Ukupno smanjenje brzine zavarivanja je 15% brzine zavarivanja. Kako je sadržaj Fe na površini navara povećan, to je potrebno smanjiti količinu unete toplote preko jačine struje ili brzine transporta žice.

the swinging burner, because of the lack of He gas has less spillage. Due to the expansion of oscillation and the lack of H_2 gas in this mixture of gases is necessary to reduce the speed welding because the H_2 provides greater speed welding.

Total reduction in welding speed is 15% of the welding speed. As the Fe content at the cladding surface weld beads is elevated it is necessary to reduce heat input over-current welding, or wire-speed transport.

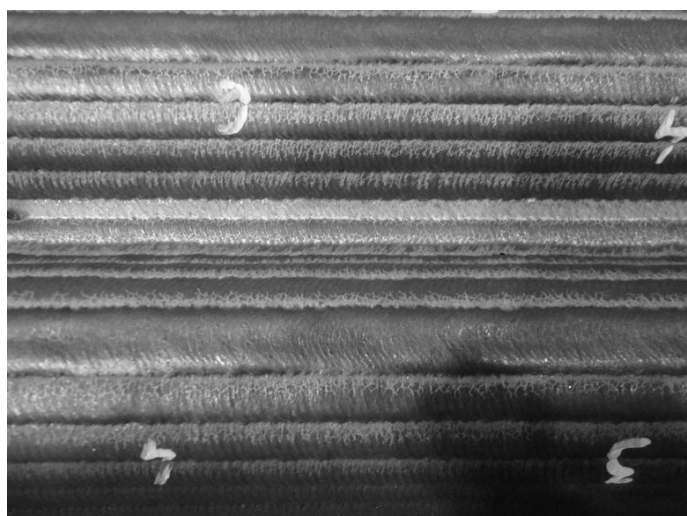


Figure 2 Pattern welded in the protection of the two-component gas.
Slika 2. Šablon navara u zaštiti dvokomponentnog gasa

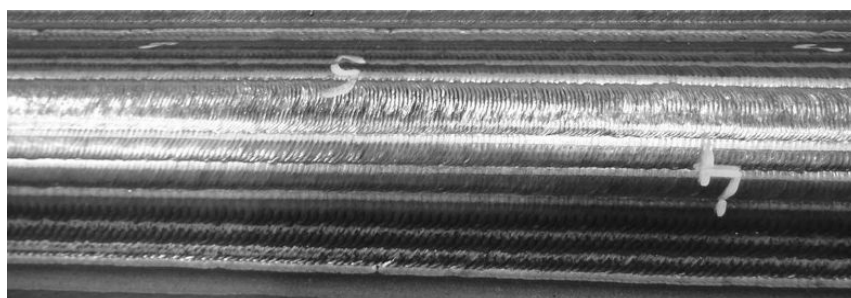


Figure 3 Pattern welded in the protection of the four-component gas
Slika 3. Šablon navara u zaštiti četvorokomponentnog gasa

Rezultati navarenih uzoraka su navari izvedeni bez čađi i dima tokom zavarivanja. Površina navara je vizuelno grublja duž šava u pređenju sa četvorokomponentnom mešavinom uz neprirodno tamne šavove (Slike 2 i 3). Iz tabele 1 vidi se da su sadržaji Fe i debljine navarenih površina u zahtevanim granicama. Kada uporedimo rezultate za debljinu i sadržaje Fe zavisno od zaštitnog gasa, može se zaključiti da je debljina navara koji sadrže Fe na površini skoro identična bez obzira na zaštitni gas.

Results of cladding samples are surface weld beads without soot and smoke during welding. Surface of weld beads is visually rougher crossings to weld compared to four-component mix and unnatural dark welds (Figure 2 and 3). From Table 1 one can see that the contents of Fe and the thickness of the weld surface are in the required limits. When we compare results of the thickness and contents of the Fe depending on the protective gas, it can be concluded that the thickness of the Fe-content of the weld beads on the surface is almost identical regardless of the shielding gas.



Two-component gas/dvokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	2,56	3,5	4,40	3,9	4,1	2,14	2,58	3,0	3,3	3,8
d (mm)	3,3	2,97	2,43	2,73	3,0	3,10	2,80	2,6	3,5	3,2
Four-component gas/ četvorokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	3,0	3,53	3,0	3,2	3,1	2,95	2,8	3,3	3,9	3,8
d (mm)	2,95	3,0	3,2	2,9	2,4	2,71	2,6	3,29	2,8	3,2

Table 1. Measured values of thickness and content of Fe on vertical cladding

Tabela 1. Izmerene vrednosti debljine i sadržaja Fe pri vertikalnom navarivanju



Figure 4. Cross section of cladded wall in vertical position in the protection of two-component gas [1]

Slika 4. Poprečni presek navarenog zida u vertikalnom položaju u zaštiti dvokomponentnog gasa [1]

2. Optimizacija horizontalnog navarivanja

Navarivanje je izvedeno uz pomoć robota za horizontalno navarivanje cevi membranskih zidova. Uzorci za navarivanje su identični membranskom zidu : membranska cev prečnika $\varnothing 57 \times 5,6$, razmak između cevi 81 mm, od osnovnog materijala kvaliteta 16Mo3, sa dodatnim materijalom Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625. Kao i u prethodnom pokušaju, prvi korak u navarivanju je definisanje parametara zavarivanja za četvorokomponentni gas.

Posle navarivanja uzoraka u zaštiti oba gasa, imamo rezultate u povećanju širine oscilacije i potrebnog smanjenja brzine navarivanja u zaštiti

2. Optimization of the horizontal cladding

Cladding was performed by the robot for cladding membrane tube walls. Cladding samples are identical to membrane wall: pipe diameter $\varnothing 57 \times 5,6$, peach between the tube 81mm, basic material 16Mo3, filler metal Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625. As in the previous working trial, the first step of cladding is definition of the welding parameters for four-component gas.

After cladding samples in the protection of both gases we have results of increase of the width oscillation and necessary speed reduction of cladding in the protection of the two-component gas, in order to avoid the appearance of defects on



dvokomponentnog gasa, u cilju izbegavanja prisustva defekata na površini šava. Pri zavarivanju u zaštiti dvokomponentnog gasa, povećanjem brzine transporta žice zadržava se generalna brzina zavarivanja, ali sadržaj Fe na površini navara ne zadovoljava kriterijume i udeli nadmašuju zahtevanih 5%. Pri zavarivanju u dvokomponentnom gasu neophodno je smanjiti parametre zavarivanja, smanjiti struju zavarivanja (brzina transporta žice) i smanjiti brzinu zavarivanja.

the surface of the weld. By welding in protection of the two-component gas, increasing the speed of wire transport retain the overall speed of welding, but the content of Fe on the cladding surface does not meet the criteria and amounts over the required 5%. By welding in the protection of two-component gas it is necessary to decrease the welding parameters, the reduction of welding current (wire speed transport) and reduce the speed of welding.

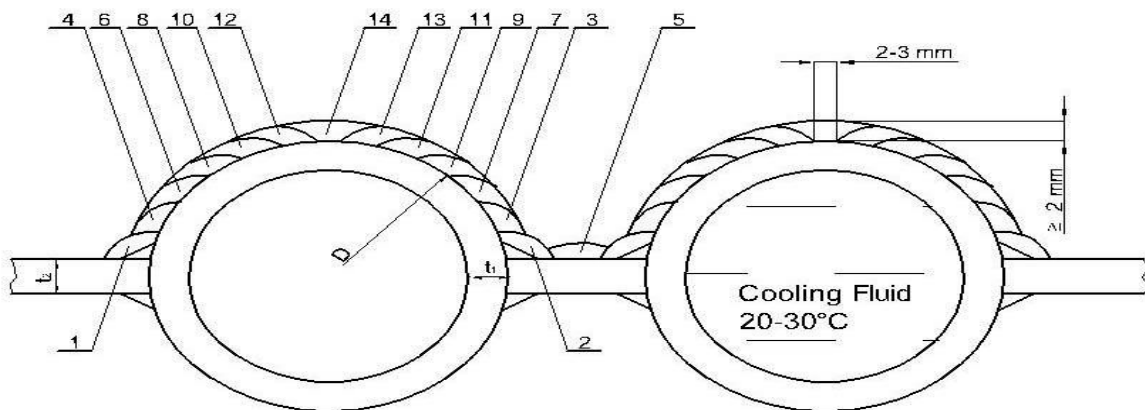


Figure 5. Sequence of cladding membrane tube walls in a horizontal position [1]

Slika 5. Redosled navara na cevima membranskog zida u horizontalnom položaju [1]

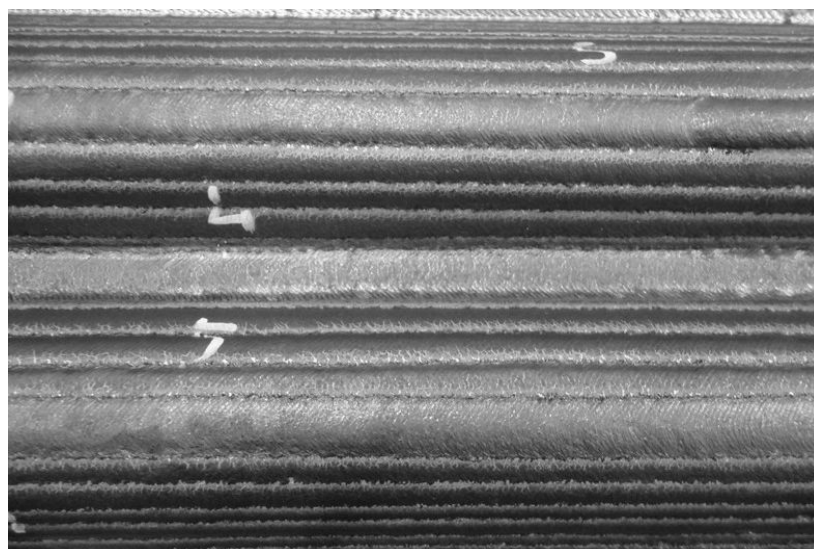


Figure 6. Sample welded in the protection of the two-component gas

Slika 6. Uzorak zavaren u zaštiti dvokomponentnog gasa

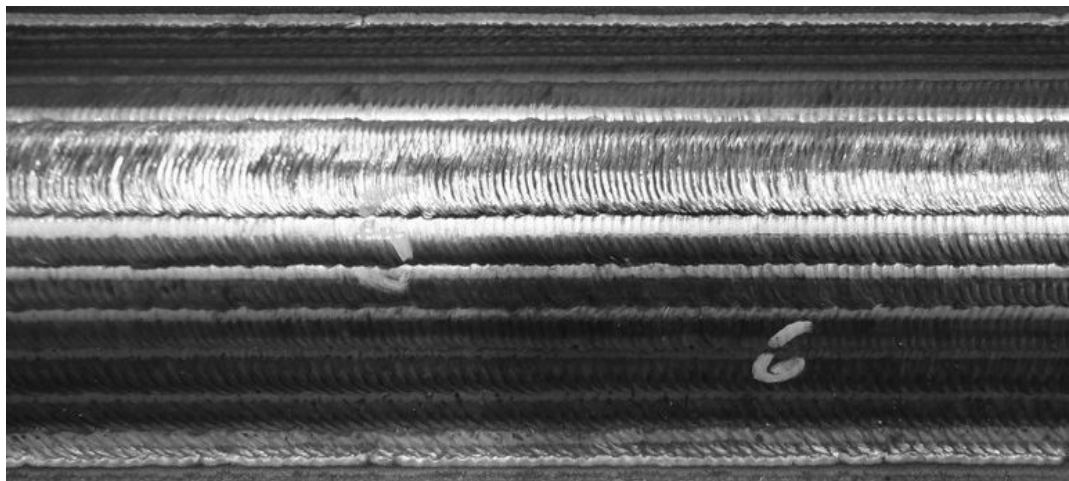


Figure 7. Sample welded in the protection of the four-component gas
Slika 7. Uzorak zavaren u zaštiti četvorokomponentnog gasa

Posle robotskog navarivanja uzorka, kao rezultat imamo površinu tamno plave boje sa grubim prelazima između navara (Sl. 6 i 7).

After the robotic cladding sample for the results we have a dark blue color of the surface with a rough transitions weld beads (Fig. 6 and 7).

Two-component gas/dvokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	1,92	1,94	2,05	2,09	1,98	3,00	2,97	1,35	2,05	1,65
d(mm)	3,65	3,09	2,85	3,16	2,61	2,73	3,45	2,97	3,60	3,03
Four-component gas/četvorokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	0,5	0,8	1,3	1,4	1,1	0,9	0,7	0,3	1,2	1,9
d(mm)	2,8	2,8	2,34	2,72	3,03	2,56	2,2	2,9	2,5	2,9

Table 2. Measured values of thickness and content of Fe on horizontal cladding

Tabela 2. Izmerene vrednosti debljine i sadržaja Fe pri horizontalnom navarivanju

Prema tabeli 2. debljina navarene površine i sadržaj Fe su u zahtevanim granicama. Upoređenjem rezultata za debljinu i sadržaj Fe zavisno od zaštitnog gasa, može se zaključiti da je prosečna vrednost debljine navarene površine 0.4 mm veća na uzorku navarenom u zaštiti dvokomponentne mešavine, dok je sadržaj Fe prosečno za 1% veći, ali još uvek u zahtevanom opsegu.

From Table 2. the thickness of the weld surface and the Fe content is in the required limits. By comparing the results of thickness and content of Fe depending on the shielding gas it can be concluded that the average thickness of the cladding surface is 0.4 mm larger on sample cladding in protection of two-component mixtures, while the content of Fe is average of 1% higher, but still in the required range.



Figure 8. Cross section of cladded wall in horizontal position in protection of two-component gas [1]

Slika 8. Poprečni presek navarenog zida u horizontalnom položaju u zaštiti dvokomponentnog gasa [1]

3. Optimizacija navarivanja pojedinačnih cevi

Navarivanje je obavljeno uz pomoć mašine za navarivanje pojedinačnih cevi i zaglavaka. Zavareni uzorak je cev $\text{Ø}57 \times 5,6$ mm, dužine 300mm, osnovni materijal 16Mo3, dodatni materijal Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625.

3. Optimization of the cladding for single tubes for window openings

Cladding was done by a machine for the cladding of single tubes and headers. Welded sample is tube $\text{Ø}57 \times 5,6$ mm, length 300mm, basic material 16Mo3, filler metal Sandvik Sanicro 60, ERNiCrMo-3, GNi6625.

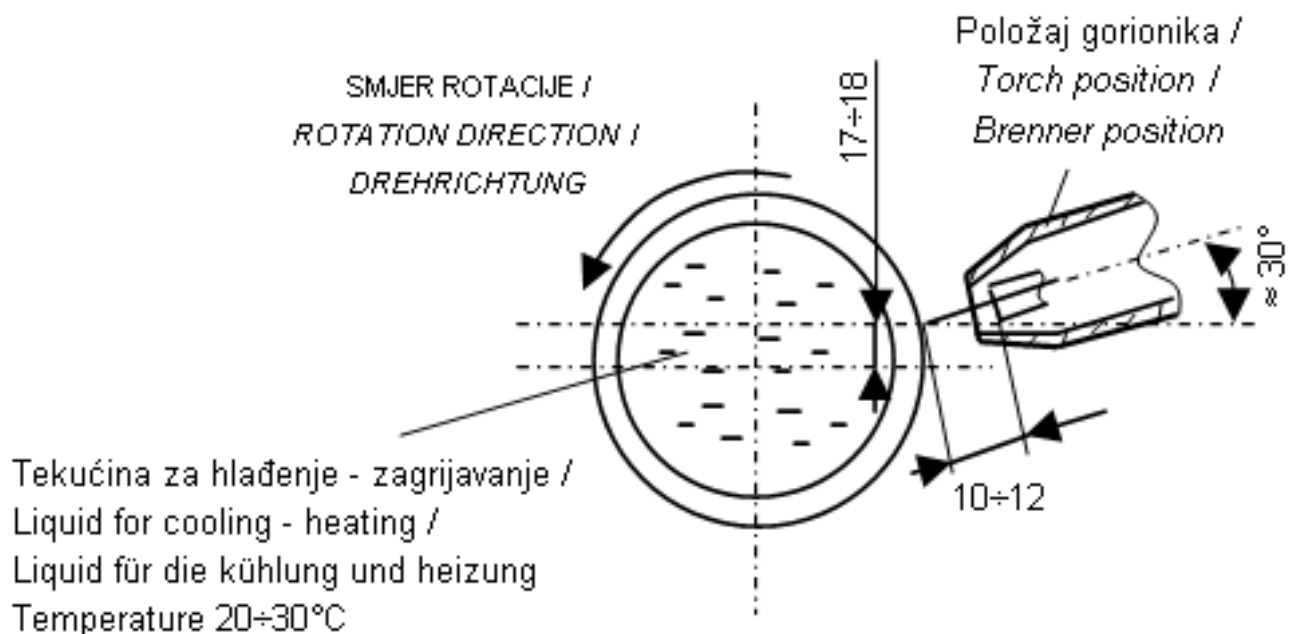


Figure 9. Position of cladding and direction of rotation of the single tubes [1]

Slika 9. Položaj navarivanja i pravac rotiranja pojedinačnih cevi [1]



Navareni uzorci pojedinačnih cevi u zaštiti dvokomponentne i četvorokomponentne mešavine gasova, pokazuju da se brzina zavarivanja ne menja značajno pri korišćenju kombinacije različitih gasnih mešavina, dok se brzina žice (struja zavarivanja) smanjuje pri korišćenju dvokomponentnog zaštitnog gasa. Smanjenjem struje zavarivanja, smanjena je količina unete toplote u osnovni materijal i mešanje primarnih i dodatnih materijala to uzrokuje migraciju do nepoželjnog sadržaja Fe na površinu navara.

Cladding samples of the single tubes in protection of two-component and four-component mixtures of gases, shows that welding speeds are not significantly changed by using a combination of different gas mixtures, while the wire speed (welding current) is reduced by using two-component shielding gas. By reducing the welding current, it is reduced heat input into the base material and mixing of primary and supplementary materials and thus causes the migration of unwanted content of Fe on the surface of weld bead.

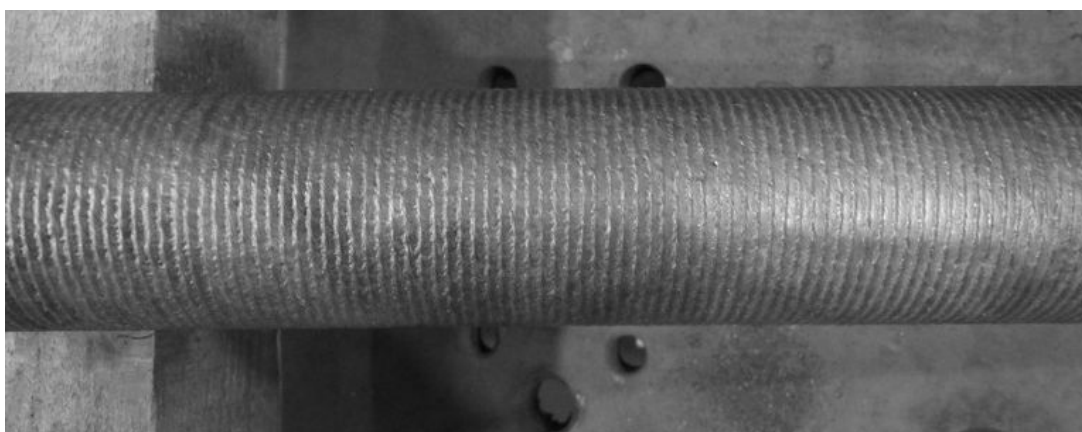


Figure 10. Sample welded in the protection of two-component gas

Slika 10. Uzorak zavaren u zaštiti dvokomponentnog gasa

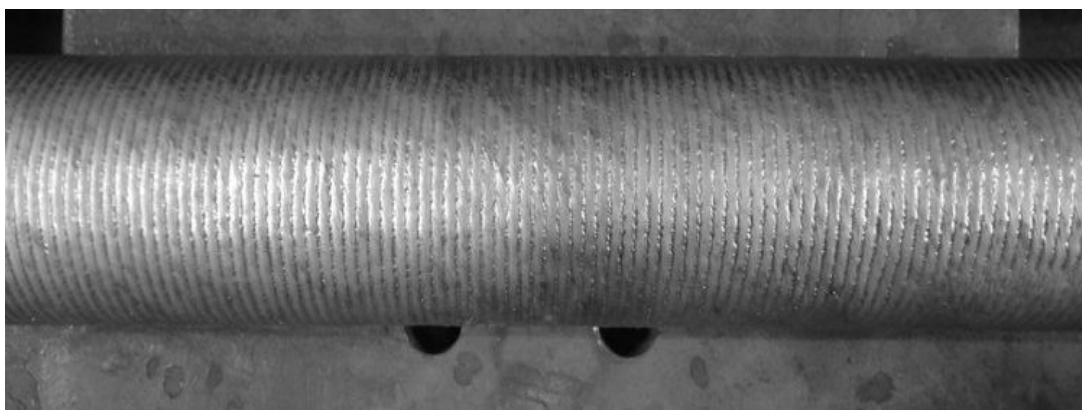


Figure 11. Sample welded in the protection of four-component gas

Slika 11. Uzorak zavaren u zaštiti četvorokomponentnog gasa

Upoređenjem sl. 10. i 11. Uočava se razlika u vizuelnom kvalitetu navarene površine. Rezultat navarenog uzorka za pojedinačne cevi u zaštiti dvokomponentnog gasa je: površina tamno plave boje sa lošim širenjem navara. Poršina navara je gruba i estetski inferiorna u odnosu na uzorak zavaren u zaštiti četvorokomponentne mešavine.

A comparison of Fig. 10. and 11. shows the difference in the visual quality of the cladding surface. The result of the cladding sample for single tubes in the protection of two-component mixtures of gases is: dark blue color of surface with a bad spreading transition of cladding. Surface of cladding is rough and aesthetically inferior to sample weld in protection of four-component mixture.



Two-component gas/dvokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	3,66	3,20	3,58	3,17	4,00	3,60	3,40	3,50	4,15	3,50
d(mm)	2,36	2,27	2,39	2,29	2,24	2,34	2,26	2,26	2,27	2,19
Four-component gas/četvorokomponentni gas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fe (%)	3,50	3,60	3,50	3,60	3,54	3,61	3,47	3,50	3,60	3,55
d(mm)	2,47	2,53	2,48	2,53	2,49	2,57	2,51	2,47	2,53	2,51

Table 3 Measured values of thickness and Fe content of a single tubes cladding

Tabela 3. Izmerene vrednosti debljine i sadržaja Fe pri navarivanju pojedinačnih cevi

Iz tabele 3. se može videti da su debljina navarene površine i sadržaj Fe na površini u zahtevanim granicama. Upoređenjem rezultata za debljinu i sadržaj Fe zavisno od zaštitnog gasa, zaključujemo da je debljina navara za 0.2 mm manja u zaštiti dvokomponentnog gasa, dok je sadržaj Fe skoro identičan.

From Table 3. we can see that the thickness of the cladding surface and the Fe content on surface are in the required limits. By comparing the results of thickness and content of Fe and depending on the protective gas, we conclude that the thickness of weld beads is 0.2 mm less in the protection of two-component gas, while the content of Fe is almost identical.

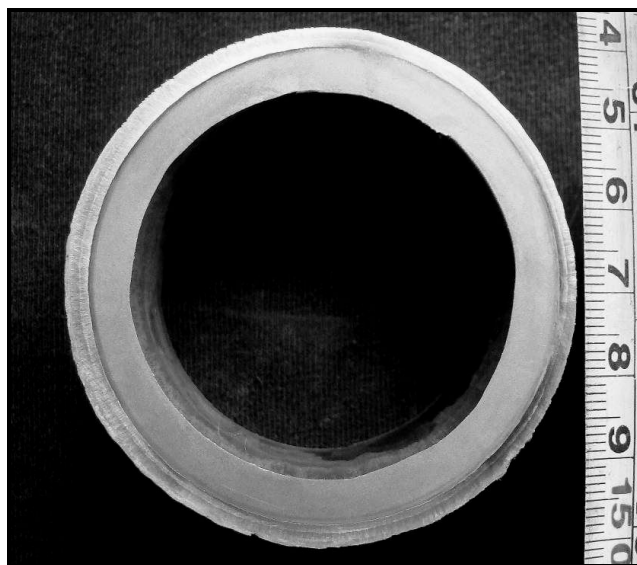


Figure 12 . Cross section of cladded wall in horizontal position in protection of two-component gas

Slika 12. Poprečni presek navarenog zida u zaštiti dvokomponentnog gasa



4. Upoređenje rezultata navarivanja u zaštiti dvokomponentne i četvorokomponentne mešavine gasova

Četvorokomponentne mešavine
(Ar+0,05%CO₂+30%He+2%H₂)

Dobro širenje metalne kupke

Optimalna brzina navarivanja

Optimalna jačina struje 140A

Dobri rezultati kod horizontalnog i vertikalnog navaraivanja

Glatke površine slojeva na prelazima šava

Sjajna površina navara

Dvokomponentne mešavine (97,5%Ar+2,5%CO₂)

Malo širenje metalne kupke

Smanjena brzina navarivanja

Smanjena jačina struje (zbog prevelikog izdvajanja Fe)

Neizvesnost u horizontalnom navarivanju (visok Fe)

Grube površine slojeva na prelazima šava

Neprirodna tamno siva boja površine

Zaključak

Tokom mašinskog navarivanja radnih uzoraka radi poređenja dobijenih REZULTATA paralelni uzorci su zavarivani u zaštiti dvokomponentnih i četvorokomponentnih gasnih mešavina. Rezultati variraju zavisno od mašine za zavarivanje, položaja zavarivanja i korišćenog zaštitnog gasa za navarivanje.

Oblik navara na horizontalnoj robotskoj liniji za cevi membranskih zidova zadovoljava potrebne kriterijume vezane za debljinu navarene površine i

sadržaj Fe u navarima na površini, dok je estetski i vizuelni izgled mnogo gori i grublji u poređenju sa navarenim površinama u zaštiti četvorokomponentnih gasnih mešavina. Pri navarivanju u zaštiti dvokomponentnih gasnih mešavina potrebno je smanjiti brzinu navarivanja i jačinu struje. S obzirom da je postupak zavarivanja u horizontalnom položaju to dovodi do većeg mešanja primarnog sa dodatnim materijalima i čak uzrokuje migraciju do nepoželjnog sadržaja Fe na površini navara... Uz optimalnu korekciju ili smanjenje struje zavarivanja i brzine zavarivanja takođe se očekuje manji udeo Fe na površini navara.

4. Comparison of results cladding in protecting two-component and four-component gas mixtures

Four-component mixtures
(Ar+0,05%CO₂+30%He+2%H₂)

Good spreading of metal bath

Optimal cladding speed

Optimal welding current 140A

Good results in horizontal and vertical cladding

Smooth surface layers on the crossings weld

Glossy surface of cladding

Two-component mixtures (97,5%Ar+2,5%CO₂)

Less spreading of metal bath

Reduce the speed of cladding

Reducing the welding current (because of too much extraction of Fe)

Uncertainty in the horizontal surfacing (high Fe)

Rough surface layers on the crossings weld

Unnatural dark gray color of surface

Conclusion

During machine cladding of working samples to compare the obtained RESULTS parallel samples were welded in protection of two-component and four-component gas mixtures. The results vary depending on the machine for welding, welding position and used shielding gas for cladding.

Cladding pattern in the horizontal line of robots for tube membrane walls meets the necessary criteria in terms of thickness cladding surface and Fe content of a weld beads on the surface, while aesthetically and visual

surface appearance is much worse and rougher compared to the cladding surface in protection of four-component gas mixtures. Cladding in protection of two-component gas mixtures it is necessary to reduce cladding speed and welding current. As the welding process takes place in a horizontal position it leads to the greater mixing of primary and supplementary materials and thus causes the migration of unwanted content of Fe on the surface of weld beads... With optimal correction or reduction of welding current and welding speed it is also expected a smaller proportion of Fe-and surface weld beads.



Rezultati dobijeni uz pomoć mašine za pojedinačno navarivanje cevi i vertikalno navarivanje membranskih zidova zadovoljavaju zahtevani kriterijum za debljinu površinskog sloja i sadržaj Fe na površini, dok su vizuelni uslovi površine lošeg kvaliteta sa lošim prelazima u odnosu na četvorokomponentne mešavine gasova. Brzina vertikalnog navarivanja je smanjena u poređenju sa navarivanjem u zaštiti četvorokomponentne mešavine gasova.

Izmenama gasa za zavarivanje u cilju postizanja finasijskih ušteda, pokazano je da navarivanje ima svoju cenu vezanu za brzinu i kvalitet navarivanja. Korišćenjem dvokomponentne mešavine gasova nije moguće postići vizuelno kvalitetne zavarene slojeve uz zadržavanje postojeće brzine zavarivanja. Pri smanjenju brzine zavarivanja, vizuelni izgled površine je taman sa grubim prelazima između šavova.

Literatura

- [1] ĐĐ TEP, Technological instruction and WPS, Slavonski Brod 2014, Croatia
- [2] Sandvik, Welding products, Sweden
- [3] Linde AG, Industrial gases, Germany
- [4] Messer Croatia Plin, Technical gases, Croatia

The results obtained by a machine for single tube cladding and vertical cladding of membrane walls meet the required criteria of thick surface layer and the content of Fe on the surface, while the visual surface condition of poor quality with poor spreading transition is in relation to four-component mixture of gases. Speed of vertical cladding is reduced compared to cladding in protection four-component gas.

By changing the gas for welding in order to achieve financial savings of the cladding has its price in terms of speed and quality of the cladding. Using the two-component shielding gas it is not possible to achieve visual quality welded layer while retaining the existing speed welding. With decreasing welding speed the visual appearance of the surface is dark with a rough crossing welds.

References

- [1] ĐĐ TEP, Technological instruction and WPS, Slavonski Brod 2014, Croatia
- [2] Sandvik, Welding products, Sweden
- [3] Linde AG, Industrial gases, Germany
- [4] Messer Croatia Plin, Technical gases, Croatia



Expo Silesia and **the Welding Institute in Gliwice** invite you to the next edition of the **International Welding Fair Expowelding 2014**, which will be held on **14-16 October 2014** at the Expo Silesia Exhibition Centre in Poland.

ACCOMPANYING EVENTS:

- **56th Scientific-Technical Welding Conference.** The organizer: Institute of Welding in Gliwice
- International Fair for Steel, Non-ferrous Metals, Technologies and Products **SteelMET 2014.**
- Fair of Fastener Production and Application **TEZ Expo 2014.**

Participation in the event has confirmed **150 companies** from Polish, the Czech Republic, Finland, the Netherlands, Germany, Slovakia, Sweden, Taiwan, Turkey and Italy.
Book an area and select a location.

Wioletta Błońska-Dudek - Project Director

phone: +48 32 78 87 506

fax: +48 32 78 87 525

mobile.: +48 510 031 732

e-mail: wioletta.blonska@exposilesia.pl

e-mail: expowelding@exposilesia.pl

Fair Venue:

Expo Silesia

Exhibition Centre

ul. Braci Mieroszewskich 124

41-219 Sosnowiec, POLAND



Sead Avdić

DEMAGNETIZACIJA PLINSKOG CJEVOVODA PRI ZAVARIVANJU I MJERE ZA SIGURNOST I POUZDANOST ZAVARENE CIJEVNE KONSTRUKCIJE U EKSPLOATACIJI

DEMAGNETISATION OF GAS PIPELINE DURING WELDING AND SAFETY MEASURES AND RELIABLE OF WELDED PIPE CONSTRUCTION IN EXPLOATATION

Originalni naučni rad / Original scientific paper**UDK / UDC:****Rad primljen / Paper received:**

Jun 2014.

Adresa autora / Author's address:

Institut za zavarivanje d.o.o. Tuzla, 75000 Tuzla, BiH

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa savetovanja „ZAVARIVANJE 2014“ održanog na Borskom jezeru 4-7. Juna 2014, gde je i izlagan.

Ključne riječi: magnetno polje, demagnetizacija, zavarivanje, cjevovod, parametri zavarivanja, uređaj za zavarivanje, sigurnost i pouzdanost

Key words: magnetic field, demagnetisation, welding, pipeline, welding parameters, welding device, safety and reliability

Rezime

Kod zavarivanja nekih legiranih čelika sa visokim sadržajem nikla i ugljeničnih čelika veće debljinje može doći do pojave magnetnog polja na radnom komadu. Magnetizam prouzrokuje probleme i teškoće pri uspostavi električnog luka, dovodi do otklanjanja «puhanja» luka od željenog smjera, ne topi jednoliko ivice žlijeba i prouzrokuje greške vezivanja, greške neprovarenog korijena ili čak potpuno onemogućava zavarivanje. Zbog složenosti problematike izgradnje i zavarivanja cjevovoda, te značaja sigurnosti i pouzdanosti cijelog plinovoda, propisana je tehnologija zavarivanja koja će dati najbolje osobine zavarenom spoju. Prethodno su izvršena ispitivanja zavarenog uzorka radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja. U radu je prikazano zavarivanje plinskog cjevovoda sa velikom koncentracijom magnetnih silnica. Osnovni materijal cjevovoda je ugljenični čelik postojan na niskim temperaturama A333 Gr.6, dimenzija ϕ 406,4 x 12,7 mm i (API) 5L X Gr. 52, ϕ 406,4 x 6,35 mm. Demagnetizacija cjevovoda vršena je metodom namotavanja kabla za zavarivanje oko radnog komada (cijevi). Nakon demagnetizacije i uspostavljanja električnog luka zavarivanje je rađeno po planu zavarivanja i parametrima datim u tehnološkim listama. S obzirom da plinski cjevovodi nose velike rizike za sigurnost u eksploataciji, curenjem plina može doći do iznenadne eksplozije i požara, stoga su zavareni spojevi ispitani radiografskom metodom, što i propisi nalažu.

Abstract

When welding some alloyed steels with high nickel and carbon steel greater thickness may occur magnetic fields on working piece. Magnetism causes problems and difficulties in establishing the arc, leading to elimination of blowing port on desired direction, does not melt uniformly edges of groove and cause lack of fusion, non penetrating roots errors or even completely prevents welding. Due to the complexity of problems of construction and welding of pipelines and the importance of safety and reliability of the entire pipeline is prescribed welding technology that will provide the best features of welded joints. Preliminary tests were made of welded samples for welding procedure qualification.

The paper presents a welding gas pipeline with a high concentration of magnetic lines of force. Base material is carbon steel resistant to low temperatures A333 Gr.6 which dimensions are ϕ 406,4 x 12,7 mm and (API) 5L X Gr. 52, ϕ 406,4 x 6,35 mm. Demagnetisation pipeline was determined by winding the cable around the workpiece (pipes). After demagnetisation and provides arc welding was done on schedule and welding parameters given in technological lists. Since gas pipelines carry a high risk to the safety in operation, leaking gas can cause sudden explosion and fire, so that the welds tested radiographic method, and the regulation require.



1. UVOD

U realizaciji projekta rekonstrukcije plinovoda, jedna od najznačajnijih tehnologija je tehnologija zavarivanja. Od zavarljivosti čelika od kojih su izrađene cijevi, zavisi izbor tehnologije zavarivanja. Kako je materijal cijevi definisan,

kvalitet zavarenog spoja, a time i sigurnost i pouzdanost cijelog plinovoda zavisi od izbora dodatnog materijala, tehnologije zavarivanja i kvaliteta izvedenih radova.

Cijevi plinovoda su izrađene od ugljeničnih čelika postojanih na niskim temperaturama. Nizak sadržaj ugljenika, te mikrolegirani elementi niobijum, titan i vanadijum uz odgovarajući termomehanički režim obrade daju im dobre mehaničke osobine. Moraju biti zadovoljene kombinacije visoke čvrstoće,

žilavosti, zavarljivosti kao i visoka otpornost pojavi hladnih pukotina.

Ovi materijali su skloni pojavi magnetnog polja koje otežava postupak zavarivanja čineći ga ponekad skoro nemogućim. Zbog složenosti problematike izgradnje i zavarivanja cjevovoda, te značaja sigurnosti i pouzdanosti cijelog plinovoda, propisana je tehnologija zavarivanja koja će dati najbolje osobine zavarenom spoju.

2. OSNOVNI I DODATNI MATERIJAL

Prema podacima iz tehničke dokumentacije osnovni materijali su ugljenični čelici postojani na niskim temperaturama (ASTM) A 333 Gr.6, dimenzija ϕ 406,4 x 12,7 mm i (API) 5L X Gr. X 52, ϕ 406,4 x 6,35 mm.

MATERIJAL	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	V [%]	Cu [%]
A 333 GR. 6	0,15	0,20	1,04÷1,15	0,015	0,004	0,05	0,015	0,06	0,0014	0,019
5LX GR. X 52	~ 0,17	-	~ 1,40	~0,045	~ 0,045	-	-	-	-	-

Tabela 1. Hemijski sastav osnovnog materijala

OZNAKA	Rp 0.2% [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A ₅ [%]	Av [J]	Av [J]
A 333 Gr. 6	≥ 275	390-510	≥ 22	≥ 27 (-50°C)	-

Tabela2. Mehaničke osobine osnovnog materijala

Dodatni materijali za zavarivanje korijena su elektrode E 6010 prema AWS A5.1 ili E 42 3 C 25 prema ISO 2560-A (Fleetweld 5P+, proizvođač Lincoln Electric) i elektrode E 7018-1 (H4) prema AWS A5.1 ili E 42 4B 32 H4 prema ISO 2560-A

(Vandal; proizvođač Lincoln Electric). Dodatni materijali moraju biti propisno uskladišteni. Obavezno se prije upotrebe vrši vizuelna kontrola dodatnog materijala. Sušenje bazične elektode je 2-4 h na $350 \pm 25^\circ\text{C}$.

OZNAKA	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
E 6010	0,15	0,25	0,50	-	-	-	-	-
E 70181(H4)	0,08	0,42	1,28	0,011	0,008	0,04	0,01	0,04

Tabela 3. Hemijski sastav čistog metala šava



OZNAKA	Rp 0.2% [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A ₅ [%]	Av [J]	Av [J]
E 6010	440	520	26	70 (-20 ⁰ C)	65 (-29/-30 ⁰ C)
E 70181(H4)	499	577	24	99 (-46 ⁰ C)	-

Tabela 4. Mehaničke osobine čistog metala šava

Priprema žlijeba je vršena mašinskom obradom, a oblik žlijeba po tehnološkim listama i tehničkoj dokumentaciji. Prije početka zavarivanja površine žlijeba i cca 15 mm sa jedne i druge strane žlijeba, čišćene su do metalnog sjaja. Mjestimično pripajanje (heftanje) izvedeno je istim tehnološkim postupkom kao i zavarivanje korijena. Razmak između pripoja 90⁰, a dužina pripoja je 10 do 15 mm. Pripoji prije početka zavarivanja korijena su očišćeni (prebrušeni) i vizuelno pregledani. Predgrijavanje je vršeno na temperaturu 120-150⁰C a po završenom zavarivanju obezbjeđeno je lagano hlađenje zavara pod azbestnim dekama.

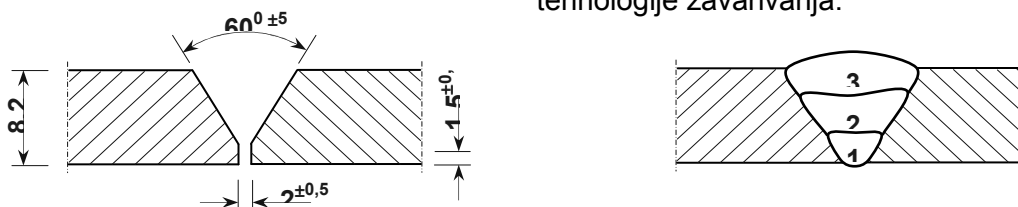
3. TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA

Kod zavarivanja čeličnih plinovodnih cijevi može se koristiti REL (ručno elektrolučno zavarivanje), poluautomatsko MAG (zavarivanje praškom punjenom topivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina ili plinske mješavine) i TIG (zavarivanje netopivom elektrodom pod zaštitom inertnog plina). TIG postupak se koristi rjeđe zbog povećanih troškova zavarivanja i smanjene produktivnosti, a koristi se za izvođenje korijenih prolaza uz nastavak popune REL postupkom. S obzirom na

potrebe zavarivanja u gradnji čeličnih plinovodnih mreža, REL postupak se nametnuo kao tehnološki (isplativo, pouzdano, kvalitetno, ...) rješenje, a prema vrsti i dimenzijama materijala koji se koristi za gradnju cjevovoda, obimu zavarivačkih radova, rokovima i zahtijevanom kvalitetu zavarenih spojeva, atmosferskim uslovima ovoga podneblja i dr. Zavarivanje čeličnih plinovodnih cijevi izvodi se u vertikalnom položaju, pri čemu se mogu koristiti dvije tehnike: uzlazna i silazna. Pri REL zavarivanju korijena koriste se celulozne elektrode kod kojih se dopušta relativno viši sadržaj difuzionog vodonika i bazične elektrode kod kojih nije dopušten viši sadržaj difuzionog vodonika. Bazične elektrode daju bolje mehaničke osobine i primjenjuju se kod čeličnih cijevi povišene čvrstoće.

3.1. Parametri zavarivanja, plan i redosljed zavarivanja

Izbor parametara zavarivanja obavljen je prema debljini materijala, pozicijama zavarivanja, konstrukcionim elementima spoja i obliku žlijeba. Prije početka zavarivanja na terenu izvršena su ispitivanja zavarenog uzorka radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja.



Slika 1. Oblik spoja i redosljed zavarivanja

Layer(s) Prolaz(i)	Process Postupak	Filler Metal Dodatni materijal		Current Struja		Volts Volti (V)	Travel Speed Brzina zavarivanja (mm/min)	Shield Gas Zaštitni plin (l/min)	Interpass Temperat. Temperat. međusloja (°C)	Heat Input Unos topline [kJ/mm]	*Other *Ostalo
		Class Vrsta(e)	Diameter Prečnik (Ø-mm)	Type/Polarity Tip/Polaritet	Amps Amper (A)						
1	SMAW	E6010	2,50	DC / +	55-65	26-30	35,0	-	-	2,30	-
2	SMAW	E7018-1	3,25	DC / +	100-110	22-26	95,0	-	-	1,27	-
3	SMAW	E7018-1	2,50	DC / +	85-95	22-26	50,0	-	-	2,01	-

Tabela 5. Parametri zavarivanja za slučaj jednostranog zavarivanja cijevi Ø 219,1 x 8,2 mm

3.2. Ispitivanje zavarenog uzorka (kvalifikacija tehnologije zavarivanja)

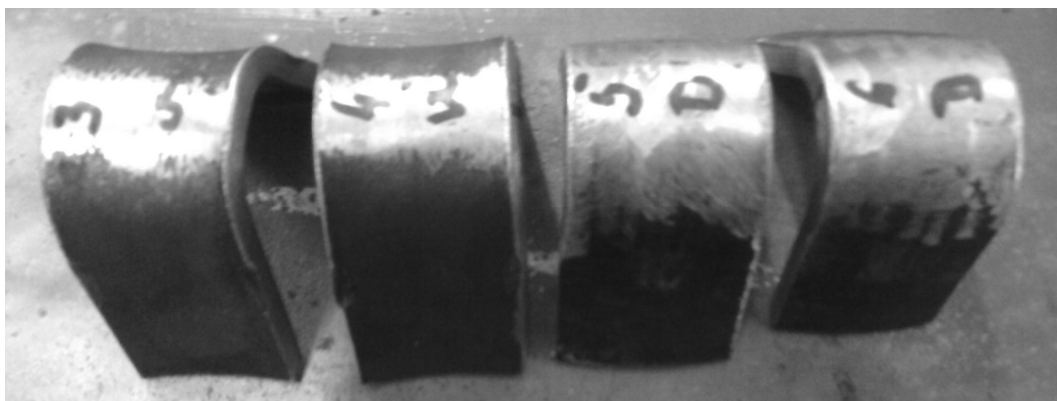
Ispitivanje zavarenih spojeva radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja ima vrlo važan zadatak, čime se garantuje bezbjednost konstrukcionih

elemenata. Prije same primjene tehnologije zavarivanja u praksi, moraju se sprovesti višestruka ispitivanja na prethodno zavarenim uzorcima. Prije početka rezanja zavarenog uzorka radi pripreme epruveta za mehanička i metalografska ispitivanja, zavareni uzorak se

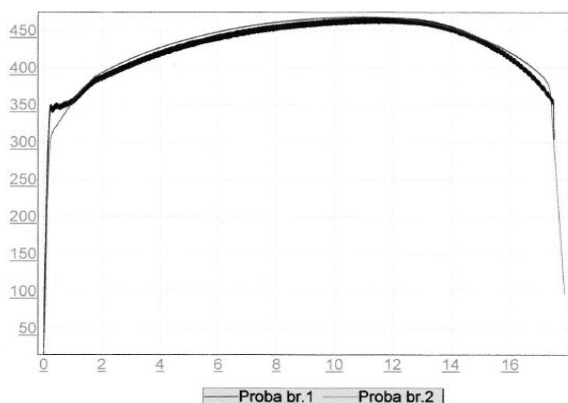


ispituje metodama bez razaranja (VT, PT ili MT i RT ili UT). Ova ispitivanja su pokazala da je zavareni uzorak bez indikacija i nedozvoljenih grešaka, nakon čega su sprovedena i ostala ispitivanja na pripremljenim epruvetama i rezultati svih ispitivanja su bili zadovoljavajući. Na slici 2

prikazani su rezultati osnovnih mehaničkih ispitivanja (savijanje na četiri epruvete i to dvije sa korijene strane zavara i dvije sa lica zavara, ispitivanje zatezne čvrstoće na dvije epruvete i ispitivanje udarne radnje loma na -50°C).



Name	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]
Proba br.1	343	467
Proba br.2	319	469



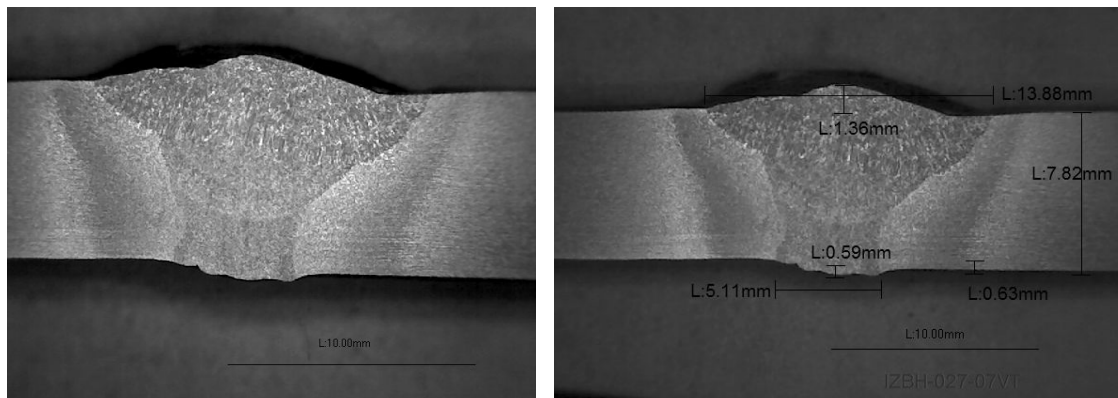
Specimen No. Uzorak br.	Pozicija Welding position	Mjesto žlijeba Notch Location	Dimenzije Dimension	Temperatura [$^{\circ}\text{C}$] Temperature [$^{\circ}\text{C}$]	Vrijednosti [J] Values [J]	Σ n/n
TC-KT-1	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	125	139
TC-KT-2	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	147	
TC-KT-3	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	145	
TC-KT-4	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	164	139
TC-KT-5	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	139	
TC-KT-6	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	115	
TC-KT-7	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	158	161
TC-KT-8	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	159	
TC-KT-9	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	167	

Slika 2. Mehanička ispitivanja zavarenog spoja (savijanje, zatezna čvrstoća i udarna radnja loma)



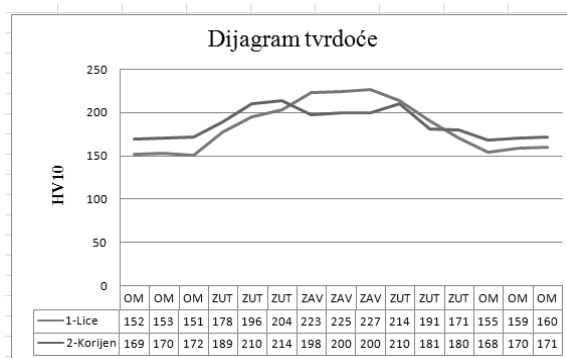
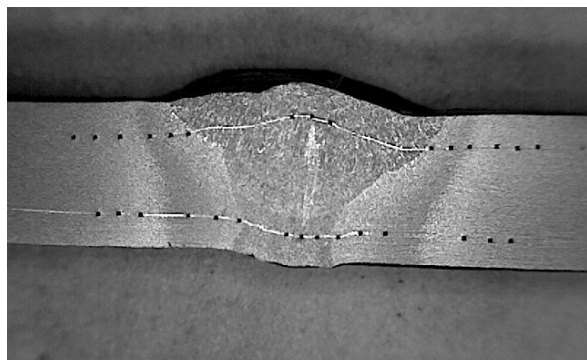
Na slici 3 prikazani su rezultati metalografskih ispitivanja (makroizbrusak i ispitivanje tvrdoće

osnovnog materijala, zone uticaja toplote i čistog metala šava).



Nagrizanje:10% HNO_3 ; Povećanje: 20 \times ; Podjela: mm
EN ISO 6520-1, greška-5072, Linearno smicanje cijevi - 0,63mm

Slika 3. Metalografska ispitivanja zavarenog spoja (makroizbrusak)



Slika 4. Dijagram tvrdoće sa lica i korijena zava (Mjerenje tvrdoće HV10)

4. DEMAGNETIZACIJA CJEVODA NA MJERNOJ STANICI

Nakon izvršenih ispitivanja, dokazane tehnologije zavarivanja, i kada su bile završene sve organizacione pripreme za početak zavarivanja cjevovoda na terenu, uočeno je prisustvo magnetizma velikog intenziteta na pripremljenim spojevima za zavarivanje. Zavarivači uopšte nisu mogli da uspostave električni luk, a samim tim ni zavarivanje nije bilo moguće. Moralo se pristupiti demagnetizaciji, a sam postupak demagnetizacije se izvodio na način da se kabal za zavarivanje sa jednog izvora struje namota se na kraj postojeće cijevi (8 zavojnica), te se kliještima za zavarivanje pritisne kraj kabla od mase. Drugi izvor struje za zavrivanje se postavi tako da pločica koja je na kabl od mase ubaci u procjep šava i elektrodom proba dali ima „puhanja luka“.

Kad su izvršene sve pripreme za demagnetizaciju (namotavanje kabla, spajanje sa izvorima struje i dr) vršeno je „šokiranje“ materijala radi demagnetizacije. Uređaj za zavarivanje je prvo podešen na 10 [A] sa zadržskom 5 [s] nakon čega se struja vrati na 0 [A]. Postupak se ponavlja sa uvećanjem struje svaki puta po 10 [A] sve do 150 [A] i kada se sa 150 [A] vrati na 0 [A] a zatim poveća na 30 [A] vrši se provjera magnetizma.

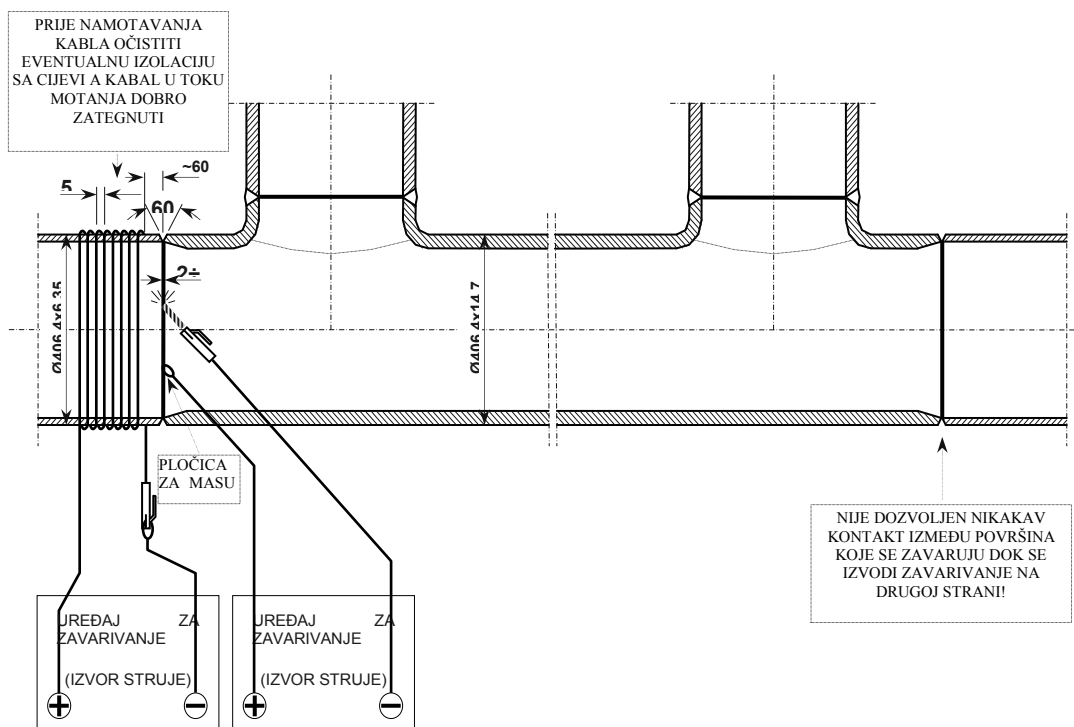
Struja se može probno povećati ili vršiti zamjena polova ili smjer namotavanja kabla. U konkretnom slučaju uspješna demagnetizacija izvršena ja sa strujom vrijednosti 140 [A].

Kada se ustanovi da nema magnetizma onda se normalno zavaruje korijen prema uputama datim u



WPS listama, te nakon zavarivanja korijena moguće je ukloniti namotaj sa cjevovoda i taj uređaj koristiti za dalje zavarivanje (popuna). Nakon

uspješno izvedenog zavarenog spoja, zavari su kontrolisani radiografskom metodom, koja nije pokazala nedozvoljene indikacije.



Slika 5. Šema namotaja kod demagnetizacije cjevovoda

5. ZAKLJUČAK

Zavarivanje kao proizvodna tehnologija, te nadzor i koordinacija zavarivanja pri izgradnji ili rekonstrukciji plinskih cjevovoda su vrlo složeni te integriraju niz aktivnosti potrebnih za provođenje propisane tehnologije radi osiguranja kvaliteta radova. To ima posebnu važnost zbog specifičnosti materijala koji se koriste za plinske cjevovode sa aspekta unosa toplote, odabira dodatnog materijala i tehnologije zavarivanja.

Pojava magnetnog polja na radnim komadima koji se zavaruju dodatno otežava provođenje propisane tehnologije zavarivanja, pri čemu su potrebne dodatne vještine za sprečavanje „puhanja luka“ i uspješno uspostavljanje električnog luka što je osnova dobrog zavara.

6. LITERATURA

- [1] M.Novosel, D.Krumes: Posebni čelici, Sveučilište u Osijeku, 1998.
- [2] Grupa autora: ITP zavarivanje, Tom 2 i 4, Rad, Beograd, 1980.
- [3] Lukačević Z.: Zavarivanje, Slavonski Brod, 1998.
- [4] Smith D.: Welding skills and technology, New York, 1984.
- [5] Juraga I., Ljubić K., Živčić M.: Pogreške u zavarenim spojevima, Zagreb, 1998.

1. M. Morsy 2. E. El-Kashif

THE EFFECT OF MICROSTRUCTURE ON HIGH-STRESS ABRASION RESISTANCE OF Fe-Cr-C HARDFACING DEPOSITS

UTICAJ MIKROSTRUKTURE NA OTPORNOST PREMA VISOKOJ ABRAZIJI TVRDO NAVARENIH SLOJEVA OD Fe-Cr-C

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: Weld World (2014) 58:491–497;

DOI 10.1007/s40194-014-0132-0

Rad primljen / Paper received:

Jul 2014.

Prevod izvornog rada na srpski jezik: Milica Antić, dipl.ing

Adresa autora / Author's address:

1.M. Morsy (*)

Central Metallurgical Research and Development Institute,
Cairo, Egypt

e-mail: morsy_abokhala@yahoo.com

2.E. El-Kashif

Department of Mechanical Design and Production, Cairo
University, Giza, Egypt

e-mail: eelkashif@yahoo.com

Ključne riječi: Priprema površine; Ugljениčni čelici; Obložene elektrode; Mikrostruktura; Otpornost na habanje

Key words: Surface preparation; Carbon steels; Covered electrodes; Microstructure; Wear resistance

Rezime

Modifikacija površine ugljeničnog čelika izvedena je sa dve obložene elektrode i dve punjene elektrode (cevaste elektrode). Elektrode su prema DIN 8555: E6-UM-60 i E10-UM-60GR; a punjene su E10-GF-60GR1 i E10-GF-60GR2. Sprovedena je hemijska analiza metala šava i XRD obloga kod elektroda i punjenja kod punjenih elektroda. Najznačajniji faktor za određivanje otpornosti na habanje je mikrostruktura nanetih slojeva. Kod elektroda sličnog ugljenikovog ekvivalenta E10-UM-60GR i E10-GF-60GR1, elektroda E10-GF-60GR1 (cevasta) pokazuje veći udeo površine sa većim karbidima i bolju otpornost na habanje nego elektroda E10-UM-60GR (obložena). Ovo se može pripisati manjem mešanju kod punjene elektrode u odnosu na obloženu elektrodu. Dve cevaste elektrode su pokazale veću otpornost na habanje nego obložene elektrode što je uglavnom u vezi sa površinom taloženja većih Fe-Cr karbida.

Uvod

Polu i automatsko elektrolučno zavarivanje u zaštiti gasa (GMAW) punjenim i obloženim žicama se uobičajeno koristi za navarivanje novih i oštećenih mašinskih delova [1–3]. Ovakvo navarivanje se često koristi u velikom opsegu industrijskih oblasti

Abstract

Surface modification of mild steel was under-taken using two covered electrodes and two tubular electrodes. The two covered electrodes are DIN 8555: E6-UM-60 and E10-UM-60GR; however, the two tubular electrodes are E10-GF-60GR1 and E10-GF-60GR2. Chemical analysis for the weld metal and XRD of the flux covering for covered electrodes and flux core for tubular electrodes were conducted. The most important factor in determining the wear resistance is the microstructure of the deposit layers. In similar carbon equivalent electrodes E10-UM-60GR and E10-GF-60GR1, electrode E10-GF-60GR1 (tubular) shows larger carbides area fraction and better wear resistance than electrode E10-UM-60GR (covered). This could be attributed to a lower dilution associated with tubular electrode compared with covered electrode. The two tubular electrodes showed higher wear resistance than the covered electrodes which is mainly due to the larger Fe-Cr carbide precipitation area fraction.

Introduction

Semi and automatic gas metal arc welding (GMAW) flux and cored wire surfacing is commonly used as surfacing for new and worn machine parts [1–3]. This surfacing is frequently applied in a wide range of industries to improve the wear resistance

za unapređenje otpornosti na habanjekontaktiranih površina. Izneto je da 50– 60 % elemenata mašina biva oštećeno usled abrazije koja ima mnogo oblika uključujući malo naprezanje, veliko naprezanje, abraziju u suvim ili mokrim uslovima. Materijali za tvrdo navarivanje na bazi železa se često koriste zbog relativno malih troškova i lake primene. Među tim materijalima, visoko Cr legure su posebno atraktivne zato što karbidi obezbeđuju povećanu otpornost na habanje [6]. Kod tvrdih navara na bazi železa, postoji mnogo mikrostruktura kao i velike razlike u sastavu koje obezbeđuju različitu otpornost na abraziju. Kotecki i Ogborn su istraživali otpornost na abraziju pri malom naprezanju brojnih legura za tvrdo navarivanje na bazi železa; oni su zaključili da je mikrostruktura najznačajniji faktor za otpornost prema abraziji. Nasuprot tome, inženjeri u održavanju insistiraju na tome da povećanje tvrdoće pri tvrdom navarivanju rezultuje u boljoj otpornosti na abraziju. Mada povećana tvrdoća može da rezuljuje u boljoj otpornosti na abraziju, različiti tvrdi navari sa sličnim tvrdoćama pokazuju različitu otpornost na abraziju [7]. Mešanje depozita sa rastopljenim osnovnim materijalom je jedan od važnih parametara navarivanja. Mešanje se može kontrolisati zavisno od unete toplote i tehnike navarivanja [8, 9]. U ovoj studiji, modifikacija površine ugljeničnog čelika izvedena je sa dve komercijane obložene elektrode i dve komercijane punjene elektrode (cevaste elektrode). Ručno elektrolučno zavarivanje (MMA-REL) je korišćeno zbog prednosti malih troškova i lakšeg rukovanja nego kod GMAW. Da bi se dobile optimalne vrednosti tvrdoće i uporedili rezultati obloženih elektroda sa punjenim, primenjeni su jednoslojni depoziti.

of surfaces in contact [4, 5]. It is reported that 50– 60 % of machine elements are worn due to abrasive wear which has many forms including low stress, high stress, dry or wet abrasion [6]. Iron-based hardfacing materials are commonly used due to its relatively low cost and ease of application. Among these materials, the high Cr alloys are particularly attractive because of the carbides which provide enhanced abrasion resistance [6]. In the iron-based hardfacings, there are many microstructures and wide differences in composition that provide different abrasion resistance. Kotecki and Ogborn [5] studied the low-stress abrasion resistance of numerous iron-based hardfacing alloys; they concluded that microstructure is the most important factor for wear resistance. On the contrary, maintenance engineers insist that increasing the hardness of the hardfacings results in better abrasion resistance. Although increased hardness can result in better wear resistance, different hardfacings with similar hardness show different wear resistance [7]. Dilution of the deposit by melted base metal is one important surfacing parameter. Dilution can be controlled depending on heat input and technique of surfacing [8, 9]. In this study, surface modification of mild steel is undertaken using two commercially covered electrodes and two commercial tubular electrodes. Manual metal arc (MMA) process is used which has the advantages of low cost and ease of application over the GMAW. Single layer deposit was applied to obtain the optimum hardness values, and the results of the covered electrodes were compared to that of the tubular ones.

Metal	Hemijski sastav						Debljina
Ugljenični čelik	C	Si	Mn	S	P	Fe	10 mm
	0,15	0,12	0,94	0,02	0,03	98,06	

Table 1 Chemical composition of mild steel plate, wt%

Tabela 1: Hemijski sastav čeličnog lima, %

Korišćena su dva tipa elektroda za tvrdo navarivanje. Prvi tip je korišćen kao obložena elektroda (DIN8555: E6-UM-60, elektroda: A), drugi tip kao obložena elektroda (DIN8555: E10-UM-60GR, elektroda: B) i kao cevasta elektroda (DIN8555: E10-GF-60GR1, elektroda: C), i (DIN8555: E10-GF-60GR2, elektroda: D). I obložene i cevaste elektrode su za postupna REL zavarivanja.

Two types of iron-based hardfacing electrodes alloys were used as hardfacing materials. The first type is used as a covered electrode (DIN8555: E6-UM-60, Electrode: A), the second type is used as covered electrode (DIN8555: E10-UM-60GR, Electrode: B) and as a tubular electrode (DIN8555: E10-GF-60GR1, Electrode: C), and (DIN8555: E10-GF-60GR2, Electrode: D). Both of covered and tubular electrodes are electrodes for MMA welding process.

2 Eksperimentalni rad

2.1 Materijali

Limovi od uljениčnog čelika debljine 10mm odabrani su kao osnovni materijal za deponovanje materijala za tvrdo navarivanje. U tabeli 1 je prikazan hemijski sastav ugljeničnog čelika.

2.2 Tehnologija zavarivanja

Postupak REL zavarivanja kao materijale za tvrdo navarivanje koristi obložene i cevaste elektrode. Nanošenje je obavljeno bez predgrevanja a uslovi zavarivanja dati su u tabeli 2. Jedan sloj je nanet uz blago njihanje da bi se nanela po tri navara..

2.3 Hemijska analiza

Analiza žica i topitelja izvedena je korišćenjem optičkog emisionog spektrometra i analize difrakcije X-zraka (XRD), za oba tipa elektroda. Posle zavarivanja, finalni sloj je izbrušen i analiziran korišćenjem optičkog emisionog spektrometra.

2.4 Mikrostruktura i tvrdoća

Uzorci su isečeni iz tvrdo navarenog lima korišćenjem mašine sa hlađenim diskom, potom brušeni i polirani a onda su uzorci nagriženi i fotografisani. Raspodela tvrdoće je određena korišćenjem ispitivanja mikrotvrdoće. Opterećenje je bilo 1,000 g a vreme opterećenja 15 s.

2.5 Ispitivanje habanja

Ispitivanje abrazivnog habanja sproveo je testom „šipka na disku“ korišćenjem mašine za tribometrijska ispitivanja; svi testovi su sprovedeni pod uslovima čistog klizanja između epruveta i abrazivnog diska. Epruvete za ispitivanje abrazijedimenzija (7.5×11.5×12 mm) isečene su iz zavarenih uzoraka. Ispitne epruvete su brušene brusnim papirom 60-SiC kako bi se osigurali isti uslovi ispitivanja. Epruvete su očišćene u acetonu korišćenjem ultrazvučnog čistača, pre i posle testa su merene na četvrtu decimalu. Uslovi ispitivanja habanja su bili 70 N u trajanju od 10 min sa brzinom rotacije od 125 rpm. Abrazivni disk je prečnika 73-mm a korišćeni su parčići silicijumkarbida veličine 60- μ m meša. Mlaz komprimovanog vazduha je usmeren na ivicu diska za brušenje tokom ispitivanja radi izbegavanja nakupljanja habajućih parčića na disku.

2 Experimental work

2.1 Materials

Plates of mild steel of 10-mm thickness were selected as a base metal for deposition of hardfacing materials. Table 1 shows the chemical composition of mild steel plate.

2.2 Welding procedure

MMAwelding process is used to apply hardfacing materials using covered electrode and tubular electrode. Deposition without preheating is used and the welding conditions are shown in Table 2. One layer was deposited using tight bead spacing technique with three passes.

2.3 Chemical analysis

Analysis of wires and fluxes is carried out using optical emission spectrometry and X-ray diffraction (XRD) analysis, respectively, for both types of electrodes. After welding, the final layer was grinded and analyzed using optical emission spectrometry.

2.4 Microstructure and hardness

Samples were cut out from the hardfacing steel plate using a cooling disc machine then grounded and polished, and then, the samples were etched and photographed. The hardness distribution was determined using micro hardness test. The load was 1,000 g and loading time was 15 s.

2.5 Wear test

Abrasion wear test pin-on-disc was conducted using tribometer testing machine; all tests were carried out under pure sliding condition between specimens and abrasive disc. The abrasion test samples of dimension (7.5×11.5×12 mm) were cut out from the welded specimens. Test surfaces were all ground using 60-SiC grit paper to ensure equal condition for testing. Test specimens were cleaned in acetone using ultrasonic cleaner, before and after test then weighted to four decimals. The wear testing conditions were 70 N for 10 min with 125 rpm rotational speed. Abrasive disc of 73-mm diameter and 60- μ m mesh size silicon carbides particles was used. A stream of compressed air was pointed to the edge of the grinding disc during test to avoid accumulation of wearing particles on the disc.

3 Rezultati i diskusija

3.1 Hemijski sastav elektroda i metala šava

XRD je sprovedeno na oblogama elektroda i prašku cevastih elektroda. XRD je pokazao za obloge elektrode (A) da su glavne komponente kalcit i ferohrom. XRD obloge elektrode (B) je pokazao slične rezultate kao i za praškasto punjenje cevastih elektroda (C) i (D); sve one sadrže ferohrom, grafit i kalcit.

Analize žica za elektrode A, B, C i D prikazane su u tabeli 3. Sve su one od ugljeničnog čelika sličnog hemijskog sastava. Zavarivanje je sprovedeno korišćenjem četiri elektrode uz uslove koji su dati u tabeli 2. Jedan sloj je izveden od tri prolaza vrlo blisko postavljenih jedan uz drugi, (50 % preklop). Analiza metala šava na vrhu površine sloja data je u tabeli 4.

3 Results and discussion

3.1 Chemical composition of electrodes and weld metal

XRD was conducted to the covering of electrodes and the flux in the core of the tubular wire. The XRD pattern of the covers for electrode (A) shows that the main components are calcite and ferrochromium. XRD pattern of electrode (B) covering shows similar results to that of the flux core of tubular electrode (C) and tubular electrode (D); all of them shows the existence of ferrochromium, graphite, and calcite. Analysis of the wires for electrodes A, B, C, and D is shown in Table 3. All of them are mild steel wires with similar chemical composition. Welding was conducted using the four electrodes with the welding conditions mentioned in Table 2. One layer is formed from three passes welded with tightly bead spacing (50 % overlap) technique. Analysis of the weld metals at the top surface of the layer is shown in Table 4.

Tip elektrode	Prečnik (mm)	Tehnika	Jačina struje (A)	Napon (V)	Brzina zavarivanja (cm/min)
E6-UM-60	4	Blago njihanje	140	20	12
E10-UM-60GR	4	Blago njihanje	140	20	12
E10-GF-60GR1	Unutrašnji 4,1 spoljašnji 6,3	Blago njihanje	140	20	86
E10-GF-60GR2	Unutrašnji 4,1 spoljašnji 6,3	Blago njihanje	140	20	82

Table 2 Welding conditions

Tabela 2. Uslovi zavarivanja

Element	Electrode A	Electrode B	Electrode C	Electrode D
C	0.067	0.073	0.0367	0.0423
Si	0.084	0.076	0.0014	0.0009
Mn	0.566	0.593	0.5340	0.2130
P	0.011	0.019	0.0127	0.0145
S	0.009	0.015	0.0142	0.0155
Cr	0.012	0.016	0.0354	0.0333
Mo	0.006	0.004	0.0035	0.0040
Ni	0.022	0.026	0.0186	0.0213
Cu	0.086	0.111	0.0164	0.0122
Fe	99.08	98.98	99.21	99.52

Table 3 Chemical analysis of the core wire for electrodes A and B and the tubes for electrodes C and D, wt%

Tabela 3. Hemijska analiza žica za elektrode A i B i cevi za elektrode C i D (tež.%)

Electrode	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	W	Fe
A	0.26	0.58	0.38	0.0050	0.0002	10.4	0.03	0.04	0.03		Bal.
B	3.76	0.85	1.24	0.0010	0.0002	30.9	0.04		0.02	0.25	Bal.
C	3.70	1.42	1.35	0.0100	0.0003	25.8	0.03	0.09	0.34	0.16	Bal.
D	5.00	0.86	0.33	0.0003	0.0003	24.5	0.05	0.77	0.08	0.13	Bal.

Table 4 Chemical composition of the weld metals using the four electrodes, wt%

Tabela 4. Hemijski sastav metala šava korišćenjem četiri elektroda (tež. %)

Analiza metala šava, punjenih žica, i materijala cevi indikuju to da su glavne komponente metala šava uglavnom nastale od obloge elektrode kod obloženih elektroda (A) i (B) ili topitelja u punjenju cevastih elektroda (C) i (D). Korišćena je jednoslojna tehnika zato što daje optimalne rezultate tvrdoće. Ugljenikov ekvivalent se može koristiti za određivanje kada je tvrdo navarivanje podeutektičko ili nadeutektičko. Formula je [10]:

$$CE = \%C + 1/3 (\%Si + \%P) - 0,03 (\%Mn) \text{ tež. \% (1)}$$

Bazhenov i Pikunov [11] su odredili ugljenikov ekvivalent na osnovu politermalnog preseka sistema Fe-C-Si-P-Mn-S datog pomoću „thermoCalc“ programa. Regresionom analizom, oni su dobili sledeću formulu za ugljenikov ekvivalent:

$$CE = \%C + (0,3 \%Si) + 0,33(\%P) + 0,015 (\%Mn) + 0,26 (\%S) \text{ tež \% (2)}$$

Korišćenjem jednačine 2, ugljenikovi ekvivalenti za metal šava elektroda B, C i D su 4, 4,1 i 5,25.

The analysis of the weld metals, the core wires, and the tube materials indicates that the main components of the weld metal are mainly generated from the covering of the covered electrodes (A) and (B) or the flux in the core of the tubular electrodes (C) and (D). One-layer technique was used as it gives the optimum hardness values. The carbon equivalent may be used to determine whether the hardfacings are hypoeutectic or hypereutectic. The formula is expressed as the following [10]:

$$CE = \%C + 1/3 (\%Si + \%P) - 0,03 (\%Mn) \text{ wt. \% (1)}$$

Bazhenov and Pikunov [11] determined the carbon equivalent by means of poly-thermal cross sections of the Fe-C-Si-P-Mn-S system plotted using the thermoCalc program. By regression analysis, they obtain the following formula for the carbon equivalent:

$$CE = \%C + (0,3 \%Si) + 0,33(\%P) + 0,015 (\%Mn) + 0,26 (\%S) \text{ wt \% (2)}$$

Using Eq. 2, carbon equivalents for weld metals of electrodes B, C, and D were found to be 4, 4.1, and 5.25, respectively.

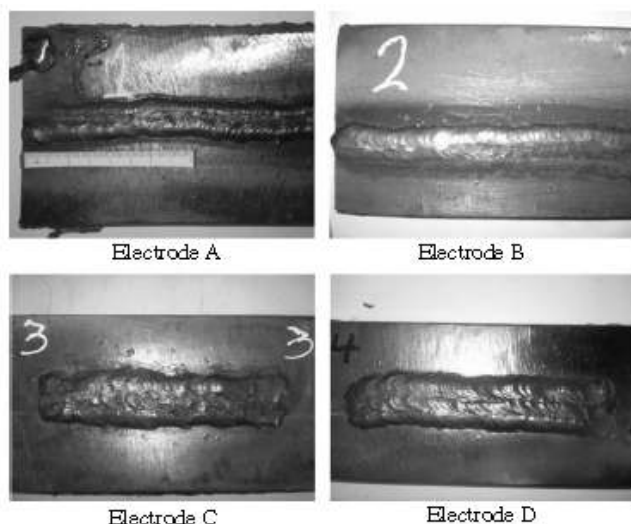


Fig. 1 Weld beads using the four electrodes

Sl. 1. Navari u navarenom sloju korišćenjem četiri elektrode

Međutim, sadržaj hroma u livenom gvožđu otpornom na habanje može da varira do 30 %; što jako utiče na eutektičku tačku [12]:

Radi istraživanja mogućih promena eutektičke tačke zavisno od legirajućih elemenata, Bazhenov i Pikunov [11] su odredili eutektičke tačke na politermalnom preseku sistema Fe-C-Si-Mn-Cr-V-Ti-P-S; Oni su koristili opseg hemijskih sastava od donjih do gornjih granica sastava livenog gvoždapo standardu GOST 7769-82 za ChKh22 [C (2.4-3.6), Si (0.2-1), Mn (1.5-2.5), S (max 0.08), P (max 0.1), Cr (19-25), V (0.15-0.35) i Ti (0.15-0.35)]. Oni su ustanovili da se eutektička tačka premešta od 3.36 do 2.40 % C sa povećanjem legirajućih elemenata od donjih ka gornjim limitima za liveno gvožđe ChKh22. Uzimajući ovaj nalaz u obzir, elektrode B, C i D se smatraju nadeutektičkim jer se eutektička tačka pomera do L.H.S sa povećanjem sadržaja Cr i to će se potvrditi dobijenom mikrostrukturom za različite elektrode. Politermalni preseki koje su dali Bazhenov i Pikunov pokazuju da je početak taloženja $(Cr,Fe)_7C_3$ na oko 1.300 °C [11].

However, the chromium content in wear-resistant cast iron may vary up to 30 %; which affects greatly on the eutectic point [12]:

To investigate the possible change in the eutectic point due to alloying elements, Bazhenov and Pikunov [11] determined the eutectic points on the poly-thermal cross sections of the Fe-C-Si-Mn-Cr-V-Ti-P-S system; they used a range of chemical composition from the lower to the upper limits of ChKh22 cast iron [C (2.4-3.6), Si (0.2-1), Mn (1.5-2.5), S (max 0.08), P (max 0.1), Cr (19-25), V (0.15-0.35), and Ti (0.15-0.35)] for standard GOST 7769-82. They found that the eutectic point shifts from 3.36 to 2.40 % C by increasing the alloying elements from lower to upper limit of ChKh22 cast iron. By taking this finding in consideration, electrodes B, C, and D are considered as hypereutectic as the eutectic point will be shifted to the L.H.S by increasing Cr content and this will be confirmed by the microstructure obtained for different electrodes. The poly-thermal cross sections shown by Bazhenov and Pikunov shows $(Cr,Fe)_7C_3$ precipitation starting at about 1,300 °C [11].

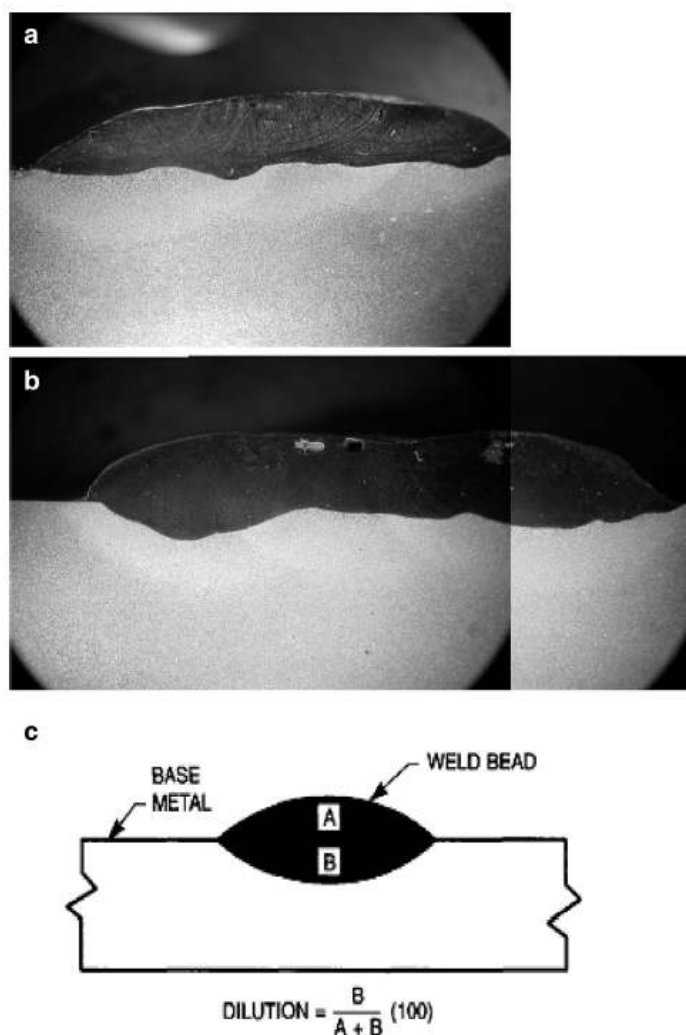


Fig. 2 a. Macrostructure of the weld deposit layer using electrode B. b. Macrostructure of the weld deposit layer using electrode C. c. Calculation of percent dilution = $B/A+B$ %

Sl.2. a. Makrostruktura deponovanog sloja korišćenjem elektrode B. b. Makrostruktura deponovanog sloja korišćenjem elektrode C. c. Izračunavanje procenta mešanja = $B/A+B$ %

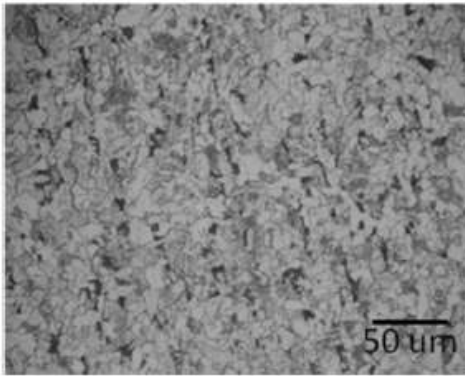


Fig. 3 Microstructure of the base metal
Sl. 3. Mikrostruktura osnovnog materijala Sl.

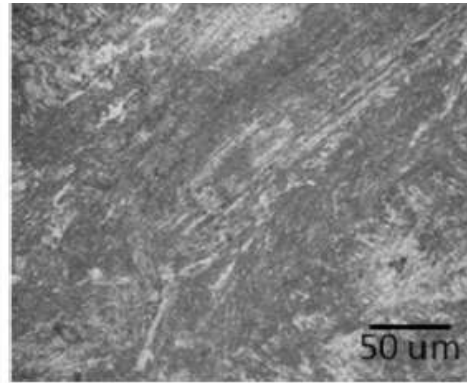


Fig. 4 Microstructure obtained for electrode A
Sl 4. Mikrostruktura sa elektrodom

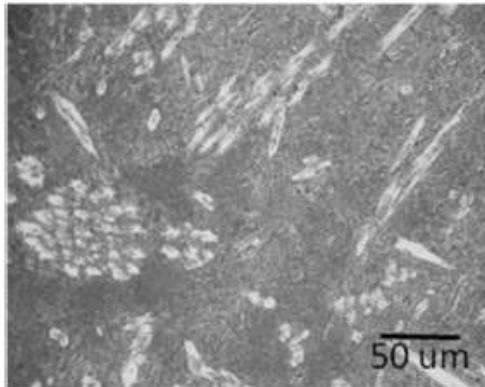


Fig. 5 Microstructure obtained for electrode B
Sl. 5. Mikrostruktura sa elektrodom B

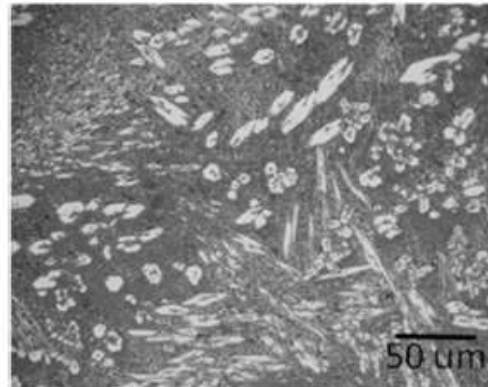


Fig. 7 Microstructure obtained for electrode D
Sl. 7. Mikrostruktura sa elektrodom D

Buchanan i dr. [13] su proučavali ponašanje prema abrazivnom trenju za REL tvrde navare koji se koriste u industriji šećerne trske i ustanovili su da je otpornost na abraziju tvrdih navara određena primarno preko mikrostrukture. Podeutektički materijal su postigli svoju otpornost na habanje preko disperzije karbida unutar matrice njihove mogućnosti da deformaciono ojačavaju, sa dodatnim promjenama u otpornosti prema mikrobrazdama i mikrozrezovima. Sa druge strane, nadeutektički tvrdi navari otporni na habanje to postižu zahvaljujući svojim primarnim eutektičkim karbidima. Međutim, ako je obloga elektrode previše obogaćena ugljenikom i hromom, oni će proizvesti šav sa karbidima velike zapremine što eventualno smanjuje otpornost na habanje.

Prethodne studije [14, 15] insistiraju na tome da se otpornost na abrazivno trenje smanjuje nakon što zapreminski udeo karbida dostigne neku kritičnu vrednost. Ove studije indikuju da je kritična vrednost bila oko 30–35 % materijala. Iznad kritične vrednosti, matrica postaje dominantni kontrolni faktor brzine habanja u odnosu na karbide.

Buchanan et al. [13] studied the abrasive wear behavior of MMA hardfacings used in sugarcane industry, and they found that the abrasion resistance of the hardfacings is determined primarily by the microstructure. The hypoeutectic material attained its wear resistance through the dispersion of the carbides within the matrix and its capacity to undergo strain hardening, with subsequent enhancement in its resistance to microploughing and microcutting. On the other hand, the hypereutectic resisted wear by virtue of its primary and eutectic carbides. However, if the electrode coating is too enriched with carbon and chromium, it will produce a weld with excess carbide volume that eventually reduces wear resistance. Previous studies [14, 15] insisted that abrasive wear resistance decreased after the carbide volume fraction exceeded some critical value. These studies indicated the critical value was approximately 30–35 % of the material. Beyond the critical value, the matrix became the wear rate controlling factor rather than the carbides.

3.2 Bead shape

The bead shapes of the weld layers consisting of three overlapping beads using electrodes A, B, C, and D are shown in Fig. 1. Figure 2 shows the

3.2 Oblik navara Oblici navara slojeva spoja sastoji se od tri preklopljena navara korišćenjem elektroda A, B, C i D prikazani su na sl. 1. Na slici 2 prikazan je poprečni presek depozita slojeva korišćenjem obložene elektrode B (sl. 2a) i cevaste elektrode C (sl. 2b). Procenat mešanja je izračunat korišćenjem jednačine koja je ilustrovana na sl. 2c. Procenat mešanja elektrode B (obložena) je oko 30 % u poređenju sa oko 20 % kod elektrode C (cevasta). Velika širina cevastih elektroda daje šire navare i pliće uvarivanje (manje mešanje) daje im prednost u procesima tvrdog navarivanja.

3.3 Mikrostruktura

Mikrostruktura osnovnog materijala i sloja korišćenjem elektrode A prikazana je na slikama 3 i 4. Osnovni materijal ima feritno-perlitnu strukturu kao što je prikazano na sl. 3. Međutim, mikrostrukturana vrhu tri preklopljena prolaza pokazuje martenzitnu strukturu kako je prikazano na sl. 4. Mikrostruktura prolaza korišćenjem elektrode B je pokazana na sl. 5; struktura pokazuje nadeutektičku strukturu sa karbidima koji prvi očvršćavaju u nadeutektičkoj matrici. Mikrostruktura prolaza korišćenjem elektrode C prikazana je na sl. 6. Struktura pokazuje nadeutektičku strukturu sa karbidima ali površina udela karbida je veća nego kod elektrode B što može biti usled većeg deponovanja sa malim uvarivanjem i pratećim malim mešanjem (20 %) metala šava sa osnovnim materijalom (ugljenični čelik) korišćenjem cevaste elektrode C u poređenju sa velikim uvarivanjem i veliko mešanje (30 %) pri korišćenju elektrode B. Poređenjem elektrode B (obložena elektroda) sa elektrodom C (cevasta elektroda), gde obe imaju skoro isti ugljenikov ekvivalent ali elektroda C ima veći sadržaj Si u metalu šava što menja taloženje karbida i može biti jedan od razloga za zapaženi veći udeo karbida. Isti rezultat se dobija korišćenjem elektrode D (sl. 7) gde je udeo karbidnog taloga sličan kao kod elektrode C, a mikrostrukturaje takođe nadeutektička koja daje uporedivu tvrdoću i sličnu otpornost na abraziju o čemu će se kasnije diskutovati.

3.4 Raspodela tvrdoće

Raspodela tvrdoćekroz osnovni materijal, zonu uticaja toplote i metal šava korišćenjem elektrode A prikazana je na sl. 8. Metal šava ima srednju vrednost tvrdoće od 480 HV, što odgovara martenzitnoj mikrostrukturi. Ova mikrostruktura ima najmanju otpornost na habanje i u dobroj je saglasnosti sa rezultatima koje su dobili Buchanan i dr. [13].

cross section of the weld deposit layers using covered electrode B (Fig. 2a) and tubular Fig. 6. Microstructure obtained for electrode C Fig. 7. Microstructure obtained for electrode D electrode C (Fig. 2b). The dilution percentage was calculated using the equation illustrated in Fig. 2c. The dilution percentage using electrode B (covered) is about 30 % compared with about 20 % associated with electrode C (tubular). The large width of tubular electrodes that they have wider and shallower penetration (lower dilution) give them an advantage in hardfacing process.

3.3 Microstructure

Microstructure of base metal and the single layer using electrode A are shown in Figs. 3 and 4, respectively. The base metal has ferritic-perlitic structure as shown in Fig. 3. However, the microstructure at the top of the three overlapped passes shows a martensitic structure as shown in Fig. 4. Microstructure of the single layer using electrode B is shown in Fig. 5; the structure shows hypereutectic structure with carbides that solidify first in hypereutectic matrix. Microstructure of the single layer using electrode C is shown in Fig. 6. The structure shows a hypereutectic structure with carbides but the area fraction of carbides is higher than that of electrode B which may be due to high deposition with low penetration and the subsequent low dilution (20 %) of the weld metal with base metal (mild steel) using tubular electrode C compared with high penetration and high dilution (30 %) using covered electrode B. Comparing electrode B (covered electrode) with electrode C (tubular electrode), both have almost the same carbon equivalent but electrode C has higher content of Si in the weld metal which enhances the carbides precipitation and this may be one of the reasons for larger area fraction of carbides obtained. The same result was obtained using electrode D (Fig. 7) where the amount of carbide precipitation is similar to electrode C, and the microstructure is also hypereutectic structure which gives comparable hardness and similar abrasion resistance as it will be discussed later.

3.4 Hardness distribution

Hardness distribution through base metal, heat-affected zone, and weld metal using electrode A are shown in Fig. 8. Weld metal shows average hardness of 480 HV, which is corresponding

Raspodela tvrdoćekroz osnovni materijal, zonu uticaja toplote i metal šava korišćenjem elektrode B prikazan je na sl. 9. Veće vrednosti tvrdoće se zapažaju u metalu šava i ima srednju vrednost oko 715 HV što odgovara nadeutektičkoj strukturi sa karbidima. Slična raspodela tvrdoća je zapažena za elektrodu C sa srednjom vrednošću tvrdoće od 720 HV u metalu šava kako je prikazano na sl. 10. Mikrostruktura postignuta sa elektrodom C pokazuje veću površinu frakcije karbida ali tako velika površina karbida nema uticaj na raspodelu tvrdoće koja mnogo više zavisi od mikrostrukture matrice. Raspodela tvrdoće korišćenjem elektrode D prikazana je na sl.11; ona pokazuje najveću vrednost u metalu šava koja dostiže vrednost od 820 HV. Ovo je nagla promena u tvrdoći kojoj može biti uzrok velika razlika sastava između osnovnog materijala (ugljenični čelik) i metala šava (liveno gvožđe). Slična površina frakcije karbida zapaža se i kod primene elektrode C i D što podrazumeva to da postoji razlika u porastu tvrdoće usled mikrostrukture matrice sa većim ekvivalentom ugljenika koja je nadeutektičke strukture. zone,

to the martensitic microstructure. This microstructure shows the lowest wear resistance, and this is in good agreement with the results obtained by Buchanan et al. [13]. Hardness distribution through base metal, heat-affected and weld metal using electrode B are shown in Fig. 9. Fig. 10 Hardness distribution obtained with electrode C Fig. 11 Hardness distribution obtained with electrode D Higher hardness values were obtained in the weld metal, and it shows average of 715 HV which is corresponding to the hypoeutectic structure with carbides. Similar hardness distribution was obtained for electrode C with average hardness of 720 HV in the weld metal as shown in Fig. 10. The microstructure obtained for electrode C shows larger area fraction of carbides but this large area fraction of carbides has no effect on the hardness distribution which is more dependent on the microstructure of the matrix. Hardness distribution using electrode D is shown in Fig. 11; it shows the largest average value of weld metal which reaches 820 HV. There is an abrupt change in hardness which may be due to the large composition difference between base metal (mild steel) and weld metal (cast iron). Similar carbide area fraction is obtained for both electrodes C and D which imply that that the difference in hardness arises from the higher carbon equivalent microstructure of the matrix which is hypereutectic structure

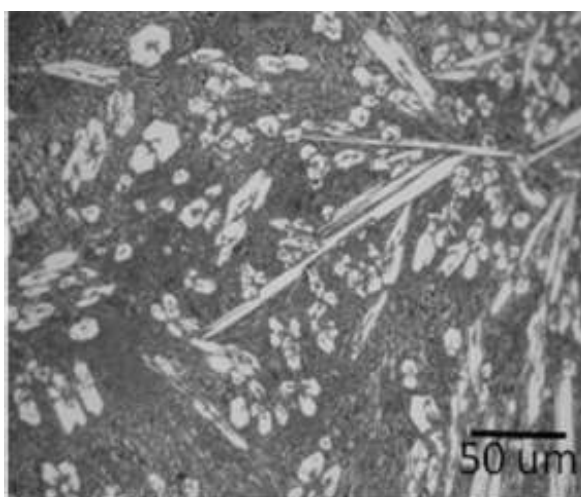


Fig. 6 Microstructure obtained for electrode C
Sl. 6. Mikrostruktura sa elektrodom C

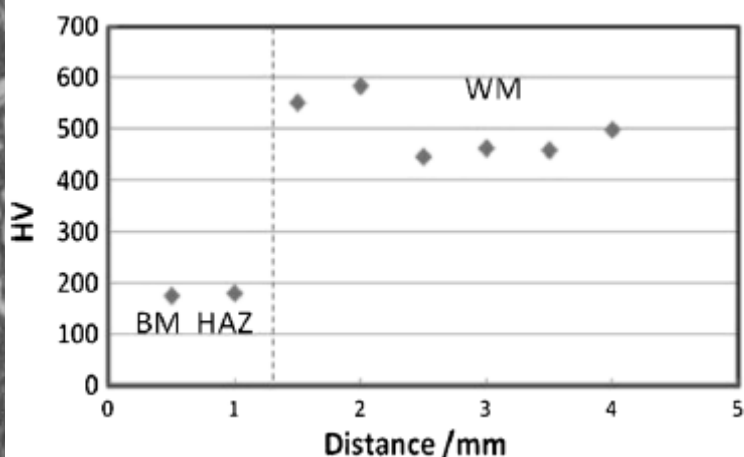


Fig. 8 Hardness distribution obtained with electrode A
Sl. 8. Raspodela tvrdoće kod elektrode A

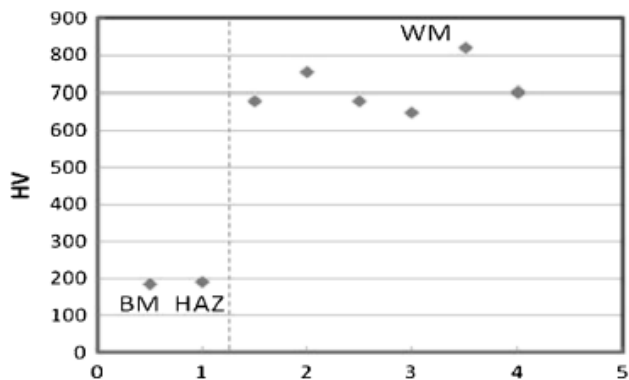


Fig. 9 Hardness distribution obtained with electrode B
Sl.9. Raspodela tvrdoće kod elektrode B

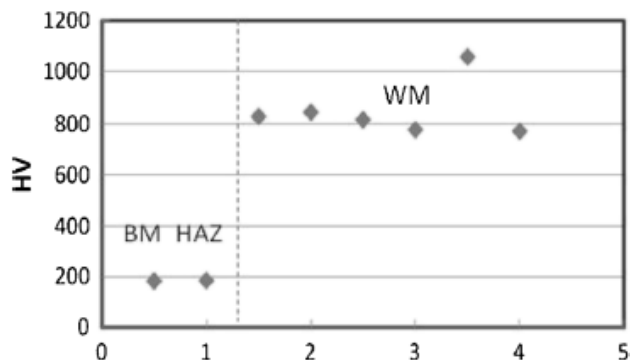


Fig. 11 Hardness distribution obtained with electrode D
Sl.11. Raspodela tvrdoće kod elektrode D

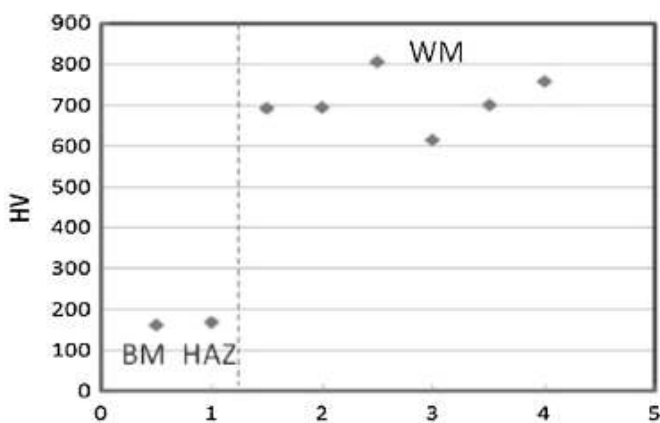


Fig. 10 Hardness distribution obtained with electrode C
Sl.10. Raspodela tvrdoće kod elektrode C

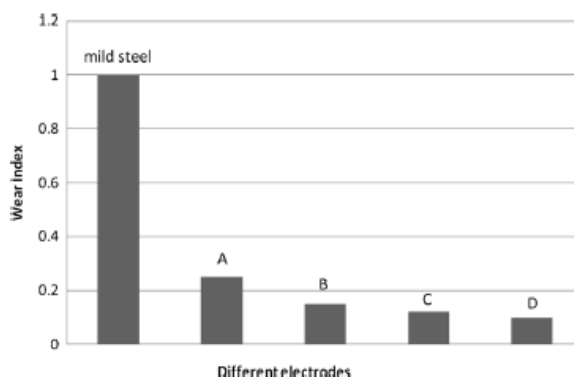


Fig. 12 Wear index for all electrodes used
Sl.12. Indeks trenja za sve elektrode

3.5 Otpornost na habanje elektroda

Otpornost na habanje metala šava izražena je preko indeksa trenja. Indeks trenja se izračunava deljenjem srednje vrednosti gubitka težine dve epruvete iz tvrdog navara i srednje vrednosti gubitka težine dve epruvete iz osnovnog materijala pod istim uslovima. Veći indeks trenja znači manju otpornost na habanje. Na slici 12 pokazan je indeks trenja za metal šava deponovan korišćenjem elektroda A, B, C i D. Manji indeks trenja elektroda C i D indikuju veću otpornost na habanje. Ovo se objašnjava stvaranjem većeg procenta karbida u matrici. Elektroda A sa martenzitnom mikrostrukturom pokazuje najmanju otpornost na habanje, i nadeutetička matrica elektrode D pokazuje najbolju otpornost na habanje kada se upoređuje sa drugim nadeutetičkim (elektrode B i C). U slučaju iste matrice (elektrode B i C), veći udeo frakcije karbida pokazuju bolju otpornost na habanje; ovi rezultati preporučuju da sve mikrostrukturne funkcije kontrolišu otpornost na habanje.

3.5 Wear resistance of the electrodes

Wear resistance of the weld metal is expressed by wear index. The wear index is calculated by dividing the average weight loss of two specimens of hard facing deposits by the average weight loss of two specimen of mild steel base metal at the same conditions. The higher the wear index the lower the wear resistance. Figure 12 shows wear index for the weld metal deposited using electrodes A, B, C, and D. The lower wear index of electrodes C and D indicates higher wear resistance. This is attributed to the formation of higher percentage of carbides in the matrix. Electrode A with martensitic microstructure shows the lowest wear resistance, and the hypereutectic matrix of electrode D shows the best wear resistance when compared with the hypoeutectic ones (electrodes B and C). In case of the same matrix (electrodes B and C), higher area fraction of carbides shows better wear resistance; these results recommend that all the microstructure features control the wear resistance.

4 Zaključci

1. Elektroda A sa martenzitnom mikrostrukturom pokazuje najmanju otpornost na habanje i najmanju tvrdoću u metalu šava. .
2. Kod sličnih ekvivalenata ugljenika (elektrode B i C), elektroda C (cevasta) pokazuje veće površine karbida i bolju otpornost na habanje nego elektroda B (obložena). Ovo se može pripisati većem udelu karbida koji su rezultat manjeg mešanja materijala kod cevastih elektroda.
3. Kod sličnih površina udela karbida i iste nadeutektičke strukture, elektroda D pokazuje blago veću otpornost na habanje nego elektroda C što se može pripisati većem ekvivalentu ugljenika što rezultuje u većim eutektičkim karbidima.
4. Komercijalna cevasta elektroda D (DIN8555: E10-GF-60GR2) primenom REL postupka zavarivanja uspjela je da proizvede najbolju otpornost na habanje tvrdih navara među ostalim elektrodama.

References

1. Welding handbook: Materials and applications, Pt.1, Vol. 3 (1996) ,8th ed., AWS, Miami, Florida, pp. 252–254.
2. Welding handbook, materials and applications, Pt.2, Vol. 4 (1998), 8th ed., AWS, Miami, Florida, pp. 409–412
3. Bundinski K.G (2004) Surface coating technology, pp. 188–189.
4. Wu JBC, Redman JE (1990) Welding Journal 73(9):63–68
5. Kotecki DJ, Ogborn JS (1995) Welding Journal 74(8):269–288
6. Gregory E.N (1975) Welding research bulletin pp. 69–71.
7. Berns H, Fischer A (1985) Proceedings of the fifth International Conference on Wear of Materials, Vancouver, Canada, Vol. 5 , pp. 625–633

4 Conclusions

1. Electrode A with martensitic microstructure shows the lowest wear resistance and the lowest hardness distribution in weld metal.
2. In similar carbon equivalent (electrodes B and C), electrode C (tubular) shows larger carbides area fraction and better wear resistance than electrode B (covered). This could be attributed to larger area fraction of carbides as a result of low dilution for tubular electrode.
3. With similar carbides area fraction and same hypereutectic structure, electrode D shows slightly larger wear resistance than electrode C which may be attributed to the higher carbon equivalent which results in larger eutectic carbides.
4. Commercial tubular electrode D (DIN8555: E10-GF60GR2) using MMA process succeeded in producing the best wear resistant hardfacing among other electrodes.

8. Murugan N and . Parmar R.S (1997) Welding Journal, Vol. 76, No. 10, pp. s.391–s.403.
9. Mitchell K (1998) Weld. Metal fabrication, Vol. 66 , No. 7, pp. s.16–s.20.
10. Klimpel A, Dobrzanski LA, Janicki D, Lisiecki A (2005) J Mater Process Technol 164–165:1056–1061
11. Bazhenov V, Pikunov M (2011) Steel in Translation 41(11):896–899
12. Sil'man G (2002) Metallov. Term. Obrab. Met., , no. 1, pp. 26–29.
13. Buchanan VE, Shipway PH, McCartney DG (2007) Wear 263:99–110
14. Dwivedi DK (2004) Mater Sci Technol 10:1326–1330
15. Dogan ON, Hawk JA, Laird G II (1997) MetallMater Trans A 28A: 1315–1328



67. GODIŠNJA SKUPŠTINA MEĐUNARODNOG INSTITUTA ZA ZAVARIVANJE I MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

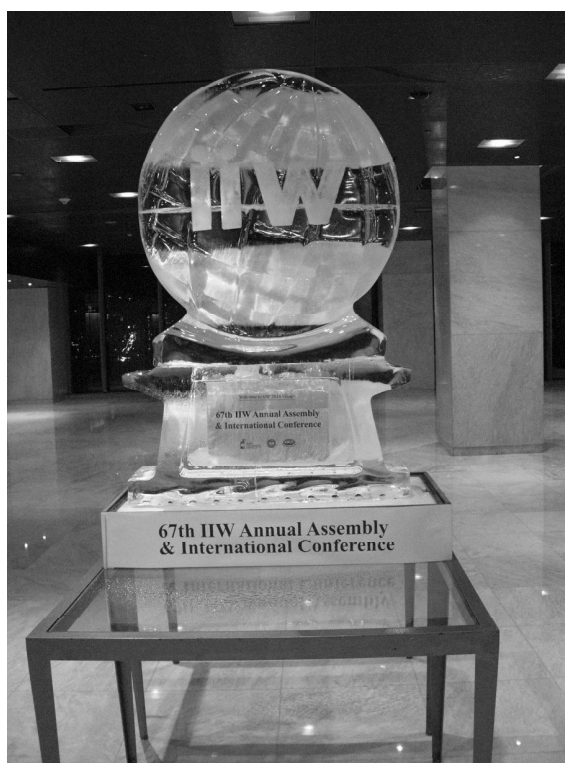
Seul, Republika Korea, 13 -18. jul 2014.

Korejsko društvo za zavarivanje i rezanje je ove godine bilo domaćin 67. godišnje skupštine međunarodnog instituta za zavarivanje, Međunarodne konferencije po temi "Savremene tehnologije u zavarivanju teške, automobilske i elektronske industrije" i izložbe opreme za zavarivanje. Mesto održavanja ovih manifestacija je bio Seul u periodu od 13 – 18 jula.

U radu Godišnje skupštine Međunarodnog instituta za zavarivanje učestvovalo je oko 750 učesnika iz 45 zemalja u svojstvu delegata, eksperata ili posmatrača u tehničkim Komisijama, članova radnih grupa - podkomisija, studijskih grupa, tehničkih komiteta i drugih tela.

Najbrojnije delegacije, pored domaćina (229 članova) kao i uvek su bile Nemačka (93), Japan (76), Kina (68) i USA (49).

Organizacija je bila izuzetna i to sa svih aspekata: vrhunski tehnološki nivo praćen velikom ljubaznošću i gostoprimljivošću domaćina. Tome su svakako doprineli i veliki broj volontera kao i imponantan broj sponzora: Korejska zajednica zavarivačke industrije, Hyundai, Daewoo, Samsung, Voestalpine.....



simbol Skupštine, izrađen od leda

AKTIVNOSTI IIW RADNIH JEDINICA

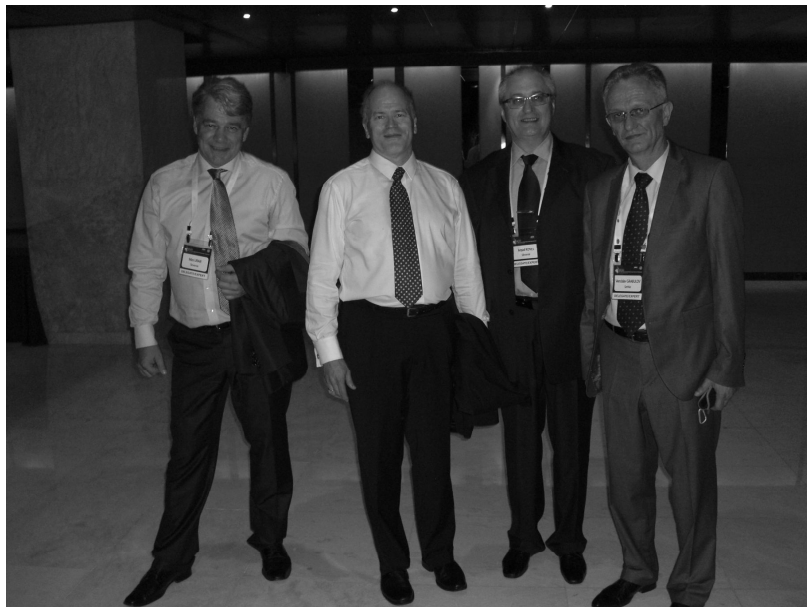
- Generalna skupština

Generalna skupština IIW je održana 13. jula. 2014.g. uz prisustvo delegata ili delegacija iz 45 zemalja članica IIW.

Na Skupštinskoj sednici su usvojeni izveštaji o radu svih tela IIW, donete rezolucije o daljnim aktivnostima, usvojen finansijski izveštaj i plan budžeta za sledeću godinu.



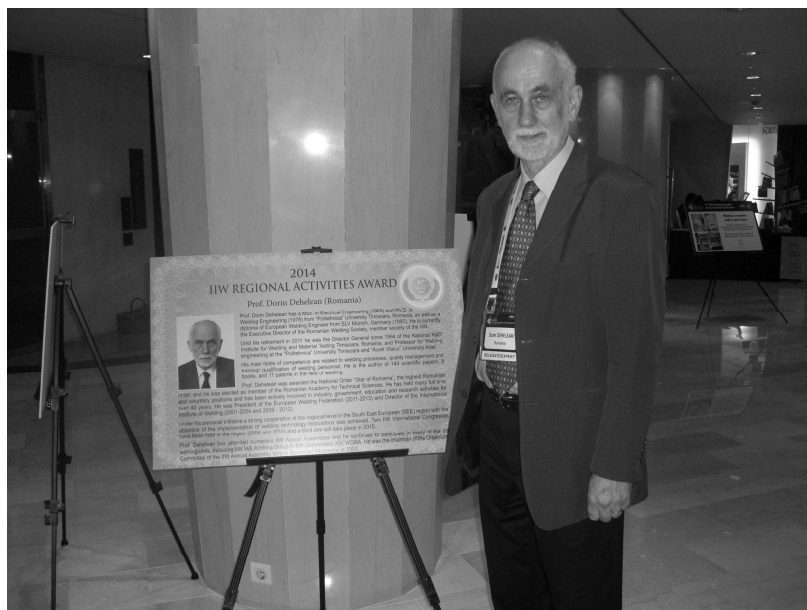
S obzirom da je predsedniku Međunarodnog instituta dr. Baldev Raj-u istekao mandat, za novog predsednika izabran je prof. Gary B. Marquis iz Finske.



Miro Uran-Slovenija, prof. Gary B. Marquis-Finska, Arpad Keveš-Slovenija, prof. Vencislav Grabulov-Srbija

Usvojen je kalendar i potvrđeno da će organizatori narednih skupština biti Finska – 2015., Australija – 2016. i Kina 2017. godine dok je kandidat za organizaciju 71. Godišnje skupštine Rusija (2018.). Regionalni kongresi IIW biće održani u Vankuveru (Kanada) septembra 2014., Sao Paulu (Brazil) oktobra 2014., Temišvaru (Rumunija) 2015. i Chennai (Indija) 2017. godine. Za nas najvažniji je regionalni Kongres koji treba da se održi juna 2015. godine, s obzorom da je Srbija koorganizator istog, zajedno sa Rumunijom i Bugarskom.

Ove godine po prvi put, pored ostalih priznanja koje dodeljuje Skupština za značajna dostignuća u oblasti tehnologija zavarivanja i spajanja, dodeljena je i nagrada za doprinos u regionalnoj saradnji. Prvi dobitnik ovog priznanja je prof.dr. Dorin Dehelean.





- Radne jedinice IIW

Radne jedinice IIW čine 16 tehničkih Komisija, 7 podkomisija (Fizika zavarivanja, Strategija istraživanja i saradnje u zavarivanju, Spajanje i zaštita u vazduhoplovstvu, Automobilski i drumski transport, Brodogradnja, Rukovođenje kvalitetom u zavarivanju i srodnim postupcima, Istraživanje i razvoj mikro i nano tehnologija spajanja), 3 radne grupe (Regionalna saradnja, Standardizacija i komunikacija i marketing), Tehnički komitet i Međunarodno telo za ovlašćivanje (IAB) sa dve radne grupe i to: Grupa A – Obrazovanje, obuka i kvalifikacija i Grupa B – Implementacija i ovlašćivanje.

Sastanci tehničkih komisija su održani tokom tri dana, od 14. do 16. jula. Na njima su razmatrani stručni materijali – dokumenti IIW. Izabrani dokumenti IIW su predloženi da se objave u časopisu "Welding in the world". Održani su i sastanci svih ostalih radnih jedinica i doneti odgovarajući zaključci.

IIW MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

IIW međunarodna konferencija pod naslovom "Savremene tehnologije u zavarivanju teške, automobilske i elektronske industrije" održana je 17. i 18. jula. Na 21 usmenoj sesiji prezentovano je 110 radova dok je putem postera predstavljeno još 55 radova.

IZLOŽBA ZAVARIVANJA

Sponzori 65. Skupštine IIW su iskoristili mogućnost da predstave svoje proizvode na izložbi koja je organizovana u Kongresnom Centru za vreme trajanja Skupštine. Ipak broj izlagača je bio znatno manji od broja sponzora, što nije umanjilo značaj ovog dela manifestacije.

AKTIVNOSTI DELEGACIJE SRBIJE

U pripremnim aktivnostima u vezi Godišnje skupštine učestvovali su naši predstavnici člana IIW, Zavoda za zavarivanje, a u aktivnostima u vezi Međunarodnog tela za ovlašćivanje – IAB, Grupe A i Grupe B, predstavnici ANB za Srbiju, Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji, odnosno DUZS CertPers i predstavnici ANBCC Zavoda za zavarivanje.

Na 67. sednici Skupštine međunarodnog instituta za zavarivanje je, ispred naše zemlje bio prisutan dr Vencislav Grabulov, izvršni rukovodilac DUZS CertPers-a.





Pored učešća u radu na samoj sednici Skupštine koja je održana 13.07., najznačajnija aktivnost je bila učešće u radu IAB Grupe A (održana 14.07), IAB Grupe B (15.07.) i predstavnika članica IAB grupe (16.07).



Na ovim sednicama su razmatrane izmene i dopune dokumenata za realizaciju kurseva za obrazovanje kadrova u zavarivanju kao i primena istih.

Na grupama A i B su donete ili potvrđene odluke koje se tiču ANB i ANBCC za Srbiju. Potvrđeno je da će poseta tima ocenjivača radi reocenjivanja ANB-a i ANBCC-a za Srbiju obaviti u januaru 2015.godine. Odeređen je i sastav ocenjivačkog tima: vodeći ocenjivač je g-din Christian Ahrens (Nemačka) a prateći, g-din prof.dr. Slobodan Kralj (Hrvatska).

Na interevenciju našeg predstavnika, konačno je otklonjena nepreciznost u vezi odobrenja DUZS CertPers da preko Zavoda za zavarivanje kao ovlašćenog ATB-a može da održava kurseve za Međunarodne inženjere i tehnologe u Bosni i Hercegovini. Naime, u dokumentima IAB grupe, nije bilo jasno naznačeno da pored kurseva za međunarodne inženjere, DUZS Cert Pers ima odobrenje i za organizaciju kurseva za međunarodne tehnologe zavarivanja.

Na sastanku predstavnika članica IAB grupe, između ostalog, doneta je odluka da je novi predsednik IAB grupe g-din James Guild iz Južne Afrike umesto prof.Dr.- Ing.prof.h.c. Ulrich Diltthey (Nemačka) kome je istekao mandat.

Sastanak radne grupe za regionalnu saradnju održan je 14. Jula. Što se naših aktivnosti tiče, na ovom sastanku je prezentovana informacija o toku priprema za održavanje Regionalnog kongresa IIW koji treba da se održi od 3. do 5. juna 2015. godine u organizaciji rumunskih, bugarskih i srpskih organizacija.

Može se zaključiti da je učešće na Skupštinama IIW korisno i opravdano, ali kao što je i ranije bilo zaključeno, neophodno je da se više aktivista-stručnjaka uključi u rad Međunarodnog instituta, odnosno tehničkih komisija ili radnih grupa. Potrebno je aktivnije učešće većeg broja subjekata u pripremnom radu na izradi dokumenta, učešće u radu radnih grupa čija je aktivnost veoma bitna za zavarivačku javnost Srbije.

Uspešnost zavisi i od brojnosti naše delegacije koja prisustvuje u radu stručnih tela.

Dr Vencislav Grabulov dipl.ing.IWE



Novi način zavarivanja šina

Usled zahteva za ekološki podobnim transportom, vlade većina država daju prioritet poboljšanju i razvoju železničke mreže i njene infrastrukture. Ovo podrazumeva razvoj niskobudžetnog saobraćaja uključujući regionalnu i luku železnicu i tramvajski prevoz kao i unapređenje postojeće mreže glavnih linija.



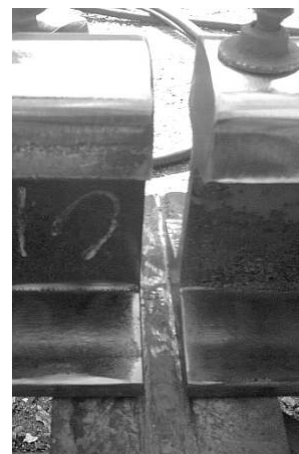
Veća opterećenja i povećani zahtevi za železničkim transportom usloviće veće zahteve i za šinske koloseke. Lokalno habanje, prsline kao i obnavljanje delova ili celog koloseka će rasti. Zamena loših (ugrađenih) šina je skupa i vremenski zahtevna i uzrokuje veliki poremećaj u radu sistema, kao i u drumskom saobraćaju i svih javnih aktivnosti. Zato se defekti moraju popraviti vrlo efikasno i na najjeftiniji način.

Rešenja za efikasno zavarivanje i popravku šina

Sučeonno zavarivanje šina, korišćenjem bakarnih podloški i postupak zavarivanja punjenom žicom (FCAW)

Moderna tehnologija omogućava korišćenje specijalnih punjenih žica sa povećanom brzinom nanošenja i povećani kvalitet. U poređenju sa "REL (MMA) postupak", žica Hobart Fabshield 4 povećava produktivnost za preko 30-40 %.

Opšti postupak sučeonog zavarivanja je da se postave 2 komada šine na podlošku od bakarnog lima. Rastojanje između komada je oko 20mm. Prvo se zavaruje koren, korišćenjem pištolja sa specijalnom mlaznicom sa uskim zazorom za FCAW. Dobar profil korena omogućava maksimalnu zamornu čvrstoću.



Posle zavarivanja korena, bakarne podloške se postavljaju oko profila šine. Zavarivanje preostalog profila, izvodi se zavarivanjem sa njihanjem.

Treba obratiti pažnju da se ne dotakne bakarna podloška. Zavarivanje se nastavlja dok se ne popuni zazor, sloj po sloj. Posle zavarivanja, bakarna podloška se uklanja a šina brusi do odgovarajućeg profila i spremna je za upotrebu.



Reparaturno zavarivanje šina postupcima FCAW I EPP (SAW)

Blaga zakrivljenja koja su izložena kontaktu sa tvrdim bandažima, imaju povećano bočno trenje stranica. Zamena loših šina ne samo da je skupa, već takođe remeti odvijanje drumskog saobraćaja i stvara neprijatnosti korisnicima tramvaja i lokalnom stanovništvu. Reparaturno zavarivanje šina omogućava da površine loših šina budu obnovljene materijalom bolje otpornosti na habanje. Može se postići efektivna obnova oštećenih šina tako što se vraća originalni profil.

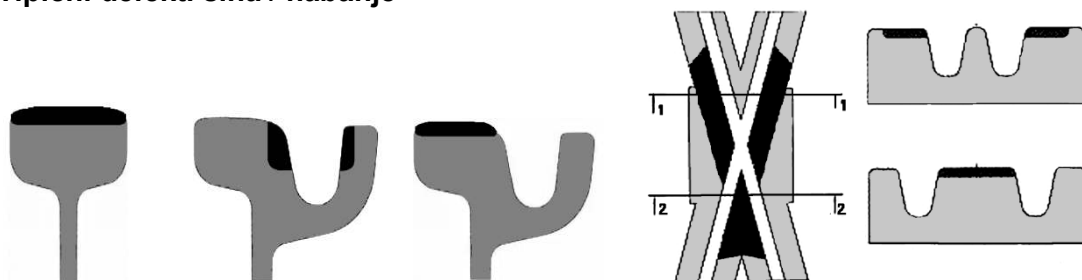


Glavne koristi su:

- Minimalni zastoj
- Reparatura šina se obavlja noću, što omogućava minimalno remećenje saobraćaja
- Zadržava se integritet postojeće šine i okolnog polimera
- Deponovani sloj je otporniji na trenje od osnovnog materijala

FCAW ili REL (SMAW) postupak se mogu koristiti za lokalno reparturno zavarivanje rupa, prelaza i skretnica korišćenjem pogodnih šipki ili samozaštitnih ili punjenih žica u zaštiti gasa. "EPP" reparturno zavarivanje je tehnika zavarivanja koja omogućava reparaturu na licu mesta (ižljebljenog) profila šine što donosi značajnu uštedu troškova operateru sistema /kompaniji za održavanje.

Tipični defekti šina / habanje



Otvor (rupa) / udubljenje / kraj Tipično habanje u žlebu šine Modifikacija za "piskavu" šinu* Tipično habanje i šema reparature na skretnici / prelazu

*ZavarenokaoblogasaFCAW ilielektrodom od hromnetrakesmanjičepištanjeza 80%.




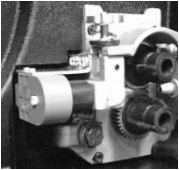



Punjena žica	Primena	Tip	Sastav
Hobart Fabshield 4	Sučeonozavariv.	SpajanjeCMn/niskoleg.	0.27% C, 0.73%Mn, 0.3%Si, 1.42% AL

Elektrode	Primena	Tip	Sastav
McKay M-932,	Skretnice/Srca	Ugljen./niskoleg.	0.13% C, 0.8%Mn, 0.4%Si, 2.2%Cr, 1%Mo
McKay 118	Skretnice /Srca	Manganski	0.8% C, 16.5%Mn, 0.5%Si, 5%Cr, 0.3% Ni
McKay 119	Skretnice /Srca	Manganski	1% C, 19.5%Mn, 0.5%Si, 5%Cr
McKay 121	Skretnice	Manganski	0.4% C, 4.1%Mn, 0.4%Si, 19.2%Cr, 9.2%Ni, 1.4%Mo
McKay M-932,	Krajevišina	niskoleg.	0.13% C, 0.8%Mn, 0.4%Si, 2.2%Cr, 1%Mo
McKay M-932,	Tačkeskretnica	niskoleg.	0.13% C, 0.8%Mn, 0.4%Si, 2.2%Cr, 1%Mo

Punjene žice	Primena	Tip	Sastav
Tube Alloy 242-0	Skretnice /Srca	Ugljen./niskoleg.	0.25% C, 1.3%Mn, 0.7%Si, 4%Cr, 0.5%Mo
Tube Alloy 218-0	Skretnice /Srca	Manganski	1% C, 15%Mn, 0.4%Si, 3.1%Cr, 0.4% Ni
Tube Alloy 219-0	Skretnice /Srca	Manganski	1% C, 20%Mn, 0.6%Si, 4.5%Cr
Tube Alloy AP-0	Skretnice /Srca	Manganski	0.4% C, 16.5%Mn, 0.3%Si, 13%Cr
Tube Alloy 242	Krajevišina	niskoleg.	0.25% C, 1.3%Mn, 0.7%Si, 4%Cr, 0.5%Mo
Tube Alloy 242	Tačkeskretnica	niskoleg.	0.25% C, 1.3%Mn, 0.7%Si, 4%Cr, 0.5%Mo

Žicaza EPP/prašak	Primena	Tip	Sastav
Tube Alloy 242-S M	Skretnice /Srca	Ugljen./niskoleg.	016% C, 1.9%Mn, 0.8%Si, 1.6%Cr, 0.6%Mo, 0.2%V
MK-N Flux	Skretnice /Srca	Manganski	



Oprema	Model	Funkcije
	<p>XMT 350 CC/CV</p> 	<p>Tehnologija autolinjskog upravljanja snage. Inverterska technology, pogodna za generator. Tehnologija vazdušnog tunela, Adaptivna vruća tačka. Zaštita od pregrevanja, Mali OCV. Veliki dvostruki digitalni uređaji za merenje.</p> <p>Ulazna snaga: AUTO-LINE 208-575V, 1- 3 Phase Izlaz: 5-425A , 10-38V Radni cikluse: 350A 60% at 40°C Težina : Standard 36,3 kg, lightweight 31kg Postupci : SMAW/GMAW/FCAW/GTAW/CAC-A</p>
 	<p>EXTREME 12 VS</p>	<p>Strong polypropylene case with build in slide rails. Totally enclosed, impact resistant, flame retardand case. Digital meters , Trigger hold, wire jog and gas purge function. Potted and trayed PCB. Optional wire end switch (WS version).</p> <p>Ulazna snaga: 14-48 VDC welding voltage/ 15-110 VDC OCV Izlaz: 425A 60% at 40°C Brzina dodavanja žice: 1,3 – 19,8 m/min Težina : 15,9 kg Postupak: GMAW/FCAW</p>
	<p>Big Blue 400X CC/CV</p>	<p>Jednostavna kontrola luka (DIG), Mali OCV. Daljinska kontrola. Robusni dizajn. Mali RPM, efikasni motor sa aspekta goriva. Šumnost samo 96 Lwa (77dB@4m) na maksimumu izlaza.</p> <p>Input Power: Engine driven (Diesel 1800 RPM) Rated Output: 20-420A/ 14-30,3V Duty Cycle: 400A @ 30% / 300A @ 60% at 40°C Weight : 499 kg Multi process: SMAW/GMAW/FCAW/GTAW/CAC-A</p>
	<p>Ironmate 1260</p>	<p>Specijalni pištolj za zavarivanje kod FCAW-samozaštitni Zamnljivi 50 90° gušćji vrat, aluminijumska košuljica, zamenljive obloge. 90 ili 180mm mlaznice sa uskim zazorom.</p> <p>Izlaz : 350A @ 60% at 40°</p>
	<p>SAW-Tractor</p>	<p>Oprema za EPP i Traktori za mehanizovano zavarivanje šina.</p> <p>Poručeni sistemi i opcije Jedna žica/ dvojni luk/ navarivanje trakom.</p>

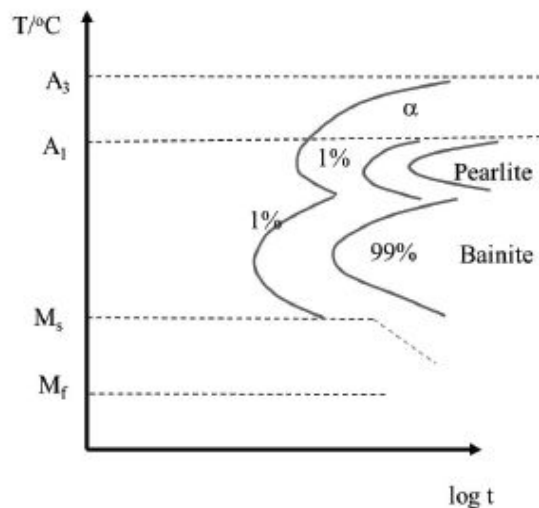




RAZVOJ FINOZRNIH ČELIKA

Fazni dijagram Fe-Fe₃C je izveden iz eksperimenata gde je termodinamičkim transformacijama bilo dozvoljeno da budu u ravnotežnim uslovima. Ravnotežne mikrostrukture u čelicima sa maksimalno 2.0 tež.% ugljenika su ferit, perlit i cementit na sobnoj temperaturi i čisti austenit koji se može naći iznad A₃- A_{cm} linija na dijagramu. Više od 90 % svih danas korišćenih čelika su legure sa manje od 0.2 tež.% ugljenika, zbog zahteva zavrljivosti kod opštih konstrukcionih čelika. Ako je sadržaj ugljenika ili ekvivalent

ugljenika vrlo visok, neophodne su termički tretmani pre i posle zavarivanja u cilju izbegavanja stvaranja krtoeg mikrokonstituenta martenzita tokom zavarivanja. Martenzit (\square') je jedan od neravnotežnih mikrokonstituenata za koji se informacija o vremenima i temperaturama transformacije može naći na TTT- i CCT-dijagramima za određeni čelik. Na sl.1. prikazan je opšti TTT-dijagram podeutektoidnog čelika sa manje od 0.7 % C.



Slika 1. Opšti TTT dijagram za podeutektoidni čelik

Čvrstoća čelika se može povećati različitim mehanizmima ojačavanja. Pored čvrstoće, plastičnost i žilavost su osobine koje se moraju održati na visokom nivou u cilju unapređenja performansi čelika. Najmoćnija metoda koja daje dobru kombinaciju čvrstoće i plastičnost/duktilnost je smanjenje veličine zrna različitim načinima. Glavni cilj različitih metoda termičkih i mehaničkih obrada (tretmana) je smanjenje veličine zrna kod čelika. Druge metode ojačavanja kao što je ojačavanje čvrstim rastvorom se takođe koriste ali je njihov uticaj zanemarljiv u poređenju sa ojačavanjem preko granice zrna.

Istorijski, razvoj tehnike kontinualnog livenja, različitih metoda termomehničke obrade i mikrolegirani čelici visoke čvrstoće (HSLA) tokom 1970-ih stvorili su osnovu za masovnu proizvodnju konstrukcionih čelika visoke čvrstoće i omogućili razvoj novih grupa čelika tokom poslednjih dekada.

Baza metoda termomehničke obrade je mogućnost kontrole veličine i oblika austenitnih zrna ali takođe i sadržaj unutrašnjih defekata austenitnih zrna tokom vrućeg valjanja i takođe tokom ciklusa hlađenja iz austenita i pomoću toga, omogućena je kontrola finalne veličine, oblika i sadržaja unutrašnjih grešaka ferita.

Karbido ili nitridotvorni elementi (Ti, V, Nb) radi sprečavanja rasta austenitnog zrna tokom operacija vrućeg oblikovanja se koriste u HSLA čelicima. Struktura je feritna zbog malog sadržaja ugljenika koji je vezan u vrlo fin dispergovane karbide i nitride u čeliku. Veličina zrna je često ispod 10 μm u HSLA čelicima.

Druga mogućnost za dobijanje finostrukture je kaljenje čelika iz austenita do temperature ispod M_f temperature koje stvara veoma finostrukturni martenzit i otpustiti tu strukturu do pogodnog nivoa čvrstoće. Kaljeni i otpušteni (QT) čelici i čelici sa borom (B-čelici) dobijaju se ovom metodom.



Treća mogućnost je prekinuti kaljenje iznad M_s temperature i držati čelik na toj temperaturi dok se struktura transformiše u beinit, koji se sastoji od finih feritnih traka zajedno sa karbidnim diskovima (čelici sa gornjim beinitom), karbidnim talozima (čelici sa donjim beinitom) ili tankim austenitnim filmovima (ili trakama) koje okružuju ferit (ausferitni ili beinitni čelici bez karbida (CFB-čelici).

Prvi korak u termičkom tretmanu, austenitizacija, može biti zameanjena zagrevanjem do dvofaznog područja (ferit i austenit) praćeno kaljenjem bilo do sobne temperature radi stvaranja feritno-martenzitnog dvofaznih čelika (DP-čelici) ili do iznad M_s temperature i držanje dok se austenit ne transformiše i stvaranja feritno-austenitnomartenzitnih čelika (**TRIP-čelika**). Posle austenitizacije takođe je moguće kaliti čelik do temperature ispod M_s - ali iznad M_f -temperature a onda zaustaviti kaljenje i posle toga, ili držati čelik na toj temperaturi ili povisiti temperaturu do skoro ispod ili iznad M_s temperature i dopustiti podeljenom ugljeniku iz ferita i martenzita da formiraju austenitnu fazu u strukturi i da se sprovede tretman čelika "kaljenje i podela" (QP).

Dodatna metoda, razvijena tokom poslednje dekade je razvoj čelika kod kojih se dinamički stvaraju dvojnici tokom deformacije čelika (**TWIP čelici**) i pomoću njih otežavaju kretanje dislokacija u strukturi. Dinamičko stvaranje dvojnika, može interpretirati kao kontinualni proces koji stvara mala subzrna u austenitnim zrnima, koja deluju kao ometači klizanja dislokacija.

Prikazan je kratki pregled različitih fino-zrnih čelika visoke čvrstoće sa kratkim opisom njihovih karakteristika, procesima i osobinama. Oni se mogu grupisati prema korišćenoj metodi termičkog tretmana, ako termički tretman počinje kaljenjem za stvaranje martenzita ili ako počinje sa nekom vrstom tretmana austemperovanja. Startne temperature mogu biti iznad A_3 temperature ili između A_1 i A_3 temperatura..

1.1.1. Metoda kaljenja i otpuštanja

Kaljeni i otpušteni (QT) čelici su sa sadržajem ugljenika 0.25- 0.60 % i oni se tretiraju preko austenitizacije iznad A_3 temperature praćno kaljenjem do kontrolisane temperature normalno između 20 i 70 °C i potom, otpuštanja na temperaturi između 450 do 650 °C u trajanju od 1 sata ili duže. Mikrostruktura sadrži vrlo fine taloge karbida.

Čelici sa borom (B-čelici) su čelici sa malim sadržajem bora (0.001-0.005 %) koji je doadt da bi se povećalo otvrdnjavanje. Ovi čelici sadrže samo mali udeo legirajućih elemenata i zbog toga imaju relativnodobru zavarljivost u poređenju sa drugim čelicima koji otvrdnjavaju,. Ovaj čelik se austenitizuje a potom kali do sobne temperature. Ovi čelici se koriste uglavnom kod proizvoda kompleksnih oblika koji se poizvode pritiskim otvrdnjavanjem. Komponenta se oblikuje u austenitnim uslovima i alati koji se koriste u ovom procesu, odvođe toplotu iz komponente tako da je moguća martenzitna transformacija u strukturi. Otpuštanje ovih čelika se normalno postiže tokom procesa hlađenja ispod M_s temperature koja je normalno iznad 400 °C.

Dvofazni čelici (DP) se proizvode zagrevanjem čelika u feritno-austenitnu oblast (737-900 °C) da bi se deo mikrostrukture transformisao u austenit sa višim sadržajem ugljenika u poređenju sa sadržajem u feritu, potom kalio do sobne temperature čime se transformiše austenit u martenzit. Mikrostruktura se sastoji od ferita i martenzita i u nekim slučajevima, zaostalog austenita.

1.1.2 Metode austemperovanja

Čelici potpomognuti plastičnošću izazvanom transformacijom (TRIP) proizvode se sličnom metodom kao DP-čelici ali sa tom razlikom što se kaljenje iz oblasti austenita zaustavlja iznad start temperature stvaranja martenzita, M_s -temperature, i drži se na toj temperaturi dok se ne stvori beinitni ferit i ugljenik iz ferita ne difunduje u austenitnu fazu, stabilizirajući je, pre nego što se čelik podvrgne kaljenju do ambijentne temperature. Tokom zadnjeg kaljenja nešto austenita će se transformisati u martenzit i finalna mikrostruktura se sastoji od ferita, austenita i martenzita. Kada se čelik deformiše, zaosali austenit će se transformisati u martenzit što daje kao rezultat to da ovi čelici apsorbuju više energije tokom deformacije u poređenju sa mnogim drugim čelicima.

Beinitni čelici suaustenitizovani, kaljeni do temperature iznad M_s temperature i austemperovani da bi se stvorili beinitni ferit i karbid. Gornji i donji beinit su dva tradicionalna oblika beinita i karbid je u obliku diskova kod gornjeg i sitnog taloga kod donjeg beinita.



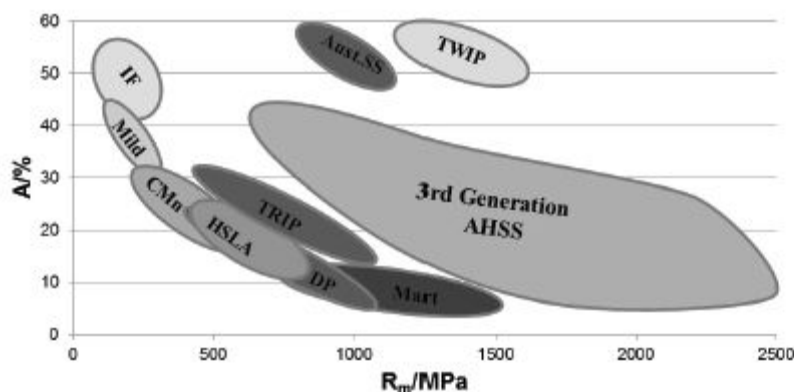
Beinitni čelici bez karbida (CFB) ili ausferitni čelici suaustenitizovani i kaljeni na isti način kao i beinitni čelici ali je razlika u tome što ovi čelici sadrže određeni udeo silicijuma i/ili aluminijuma a to su elementi koji sprečavaju nastanka karbida u čeliku. Tretman austemperovanja se kontroliše tako što je stvaranje iz autenita, beinitnog ferita završeno ali finalno hlađenje do sobne temperature se izvodi pre početka stvaranja karbida. Rezultujuća mikrostruktura se sastoji od finih snopova feritnih traka obloženih tankim austenitnim filmom i u nekim slučajevima, postoji takođe ograničeni udeo glomaznog austenita i finih karbida nastalih u strukturi. Sadržaj ugljenika u austenitu je povećan difuzijom iz ferita koji je nastao u strukturi i austenit će se stabilizovati na sobnoj temperaturi.

Nanobeinitni čelici su čelici dobijeni austenitizacijom praćenom austemperovanjem na temperaturama znatno ispod 300 °C stvarajući mikrostrukturu u kojoj su beinitne trake u opsegu debljina približno 20-60 nm. Njihove osobine čvrstoće su odlične ali vreme austemperovanja je često delikatno tako da je njihova proizvodnja komplikovanija.

Kaljeni i podeljeni čelici (QP) ili čelici sa prekinutim kaljenjem (IQ) proizvode se austenitizacijom, praćenom kaljenjem do kontrolisane temperature ispod M_s , praćeno procesom deljenja na toj temperaturi ili višoj temperaturi ispod ili iznad M_s temperature tokom čega se stvara beinitni ferit i ugljenik difunduje iz martenzita kao i ferita u zaostali austenit. Austenit će se stabilizovati i finalna struktura na sobnoj temperaturi se sastoji od otpuštenog martenzita, beinitnog ferita i stabilizovanog austenita.

Čelici sa prekinutim kaljenjem (IQ) su čelici koji se kale do temperature spod M_s , drže na toj temperaturi vrlo kratko, austemperuju na temperaturi iznad M_s praćeno kaljenjem do sobne temperature i finalno otpušteni na niskoj temperaturi.

Tokom poslednje dekade razvoja čelika treće generacije, kao što su CFB i QP čelici, je bio ekstenzivan i korišćenje ovih čelika sa veoma finostrukturnim mikrostrukturama koje se sastoje od ferit-austenitnog beinita i u nekim slučajevima, martenzita će verovatno biti veća u ovoj dekadi. Pregled odnosa čvrstoća-duktilnost za čelike razvijene od 1970 ih zajedno sa očekivanim razvojem treće generacije AHSS čelika dat je na slici 2.



Slika 2. Tipične osobine čvrstoća-duktilnost različitih modernih čelika visoke čvrstoće



ISTORIJSKI PREGLED KORIŠĆENJA MATERIJALA

Kroz istoriju čovečanstva, one države koje su proizvodile metale izuzetnog kvaliteta postale su bogate. Na primer, Britanija je naučila da proizvodi visokokvalitetni čelik što joj omogućava da "gospodari" 1/5 sveta. Često je neka država napadala drugu zato što nije raspolagala rudama poznatih metala. Na primer, Rim je napao Englesku zbog rude kalaja. Kraljevi su pokušavali da pronađu tajni filozofski kamen kojim bi se olovo pretvaralo u zlato sa takvim agensima kojim bi se ispravila sva telesna nesavršenstva, izlečile bolesti i obezbedio dug život. Dugo vremena se mislilo da je živa (Hg) taj agens.

Za većinu ljudske istorije, karakteristično je da je svaka generacija išla u rat, i da je svaka generacija izgubila nekoga u srodstvu. Takvi tipovi ljudi i država postoje i danas zato što su ih njihovi preci naučili da traže nove materijale za odbranu

Kameno doba

- pre oko 500.000 godina, prvi čovek je koristio kremen, kosti i kamenje
- pre oko 100.000 godina, primitivni čovek je koristio kamen za noževе, sekire i svrdla
- ovaj period je završen pre oko 6000 godina ali se nastavlja na nekim ograničenim prostorima i danas (Južna Amerika, Afrika i Indonezija)

Metalno doba

- prava istorija metala i ljudski početak je bio pre oko 35.000 godina kada se homo sapiens pretvorio u neandertalca
- zlato je otkriveno prvo i koristilo za ornamente
- gvožđe iz meteorita koristilo se za alate
- čak i ako je gvožđe bilo prvi "stvarno tvrd" korišćeni materijal, on je najduže proizvođen da bi bio koristan alat.

Izučavanje proizvodnje gvožđa ili čelika nastavlja se i danas. Danas je 90% materijala koje proizvodi čovek na bazi železa.

Bakarno doba

- kameno oružje – pre velikog potopa 4.000 pre n.e.
- bakarno oružje – posle velikog potopa 4.000 pre n.e
- bakar je prvi put proizveden iz njegove rude u Presijskom zalivu na Tigru i Eufratu u naselju Ur
- bakar je liven u razne oblike oko 3500 pre n.e. u Egiptu i Indiji

Bronzano doba

- bronza je mnogo čvršća i tvrđa od Cu.
- korišćenje bronzе se brzo proširilo do Evrope, a zatim preko Baltika do Indije a potom do Kine.
- razvoj se može pratiti preko proizvodnje sekira i mačeva.
- čak i danas, u nekim mestima u Indiji i okruženju još uvek se proizvodi najkvalitetnija bronza.

Olovo

- Ne postoji olovno doba ali je ono imalo značajnu ulogu u istoriji čovečanstva.
- Olovo, s obzirom da ga je lako oblikovati, korišćeno je za vodovode, pribor za jelo, tanjire kojima je manifestovano bogatstvo.
- Otrovnost olova stvara konfuziju i nemogućnost racionalne procene uzroka propasti Rima



Mesing

- Ne postoji mesingano doba ali je mesing imao značajnu ulogu u istoriji čovečanstva
- Mesing se proizvodio od bakar i cink oksida.
- Mesing sa 21-28% Zn korišćen je za kovani novac koji ne korodira, čime je uspostavljen današnji sistem trgovine
- Drugi metali korodiraju tako da su pozlaćivani
- Rim je osvojio Španiju da bi kontrolisao rudnike Cu i Zn.

Beton

- Ne postoji betonsko doba ali je on imao značajnu ulogu u ljudskoj istoriji.
- Rimljani su uveli beton koji su koristili za zgarde koje postoje i danas kao i njihovi putevi.
- Rimska vojska je gradila puteve u mirnodopskim uslovima, stvarajući trgovačke rute koje postoje i danas. Putevi koje je izgradio Rim su i danas u upotrebi!

Gvozdeno doba

- Gvožđe je vrlo sporo zamenjivalo bronzu.
- Prvi su ga proizveli i koristili Hetiti na srednjem istoku u gradu Ur.
- Hetite je porazio Egipat, koji ih je uništio oko 1.200 pre n.e. i time usporio razvoj gvožđa.
- Oko 400 pre n.e. Grci (i kasnije Rimljani) su naučili da je kaljeno i otpušteno gvožđe mnogo tvrđe, čvršće i manje krto od kovanog gvožđa.
- Rimljani su porazili Gale zato što su Gali morali da ispravljaju svoje mekše i slabije oružje posle prvih oštećenja na njihovim kopljima i oklopima.
-
- Čak do 17. i 18.og veka, ne postoji jasan pravac procesa za metalurge kojim bi se proizvodili bolji, kvalitetniji metali, uključujući gvožđe, umesto grčke filozofije zemlja, vetar, vatra i led.
- Arapi krče put između 700 i 1200 n.e. proizvodnjom peći, iz "filozofskog jajeta ili Hermesovog pehara", što daje više temperature i time čistije metale. Oni su prerasli u visoke peći, u kojima se od rude železa i ugljenisanog drveta (ćumura) eventualno proizvodilo kovano gvožđe (kovano na visokim temperaturama) i liveno gvožđe (sipano u kalup).
- Čelik niskog kvaliteta, zvani blister čelik, koji je korišćen uz primitivnu tehniku karburizacije kojom se stvaraju plikovi po površini, proizvodio se u Egiptu oko 1300-ih ali je došao do svog kraja zbog "crne smrti" koja je opustošila sav poznati svet.
- Tokom 14. veka metalurzi su pretopili liveno gvožđe i rafinirali ga uklanjanjem nečistoća, poznatim kao "rafinacija" kojim je proizveden čelik znatno obradiviji.
- Metodama rafinacije unapređivan je čelik do 1700-ih tako da je zamenio bronzu i mesing u izradi topova, kao i za đulad, koja su se do tih vremena izrađivala od kamena, tako da je pogađanje mete tako postalo sigurnije.
- Pištolji od kovnog gvožđa (puške) su takođe tada počeli da se prave, čija je olovna municija pogađala mete obično u njihov centar.
- Engleska, Nemačka i Skandinavske zemlje su takođe započele proizvodnju gvožđa tokom srednjeg veka preko srednjevekovnih metalurga s obzirom da su raspolagali rudom železa i šumama, posebno tvrdim drvetom za ćumur.



- Kako je tvrdo drvo toliko isečeno u Engleskoj tako da je Parlament doneo odluku da Engleska počne da uvozi gvožđe iz Evrope (uglavnom švedski koji su držali 1/3 svetske proizvodnje) Mongers gvožđe. Gvožđe je bilo tada strogo kontrolisani proizvod od strane parlamenta (kontrolisani uvoz).

Ova restrikcija je jako ugrozila proizvodnju Caxton presa za izradu novinskog papira i knjiga.

- U to vreme su odštampane tri knjige o izradi čelika:
 Pirrotehnika autora Vannoccino Biringuccio; De Re Metallica autora Georgius Agricola i Autobiografija Benvenuto Cellini (metalurg). One su postale metalurške biblije i korišćene su u mnogo slučajeva početaka radova na proizvodnji gvožđa.
- Izrada gvožđa u Americi je počela u Jamestown, Virginija ali je prestala.
- Amerikanci su proizvodili dovoljno da bi mogli da prodaju Engleskoj zato što su raspolagali šumama bez restrikcije proizvodnje čumura.
- Tokom 18-og veka ugali, a nedugo posle toga, koks, su počeli da se primenjuju za izradu gvožđa u Engleskoj, što je dovelo do izbacivanja čumura i napravilo pomak u ovoj industriji.
- Tokom narednih 100 godina, Britanija je bila najveći svetski proizvođač gvožđa i vodi još uvek oko 300 godina proizvodnjom širom UK.

Čelično doba

- Polako se gvozdeno doba pretvaralo u čelično sa otklanjanjem nečistoća, tako da je započela proizvodnja legura železa.
- Čelično doba, za koje se može reći da još uvek traje, ima najveći uticaj na modernog čoveka (brodovi, zgrade, automobili, itd.).
- Kako su se poboljšavale peći, rastao je kvalitet ili čistoća gvožđa prevedenog u čelik, koji predstavlja železo-ugljenik legure.
- Prvi "čelik" je Wootz čelik napravljen u Indiji oko 500 pre n.e. korišćenjem nekog tipa visoke peći uz upotrebu glinenih lonaca ali to nije bilo ponovljivo.
- Damaski čelik je uveo spajanje slojeva čelika i gvožđa iskivanjem da bi se dobio neki oblik kompozita koji je bio jači od drugih čelika toga vremena.
- Kasnije je damaska metoda rafinirana u Japanu gde je obavljano na mnogo višem nivou za samurajske mačeve.
- Slično Wootz čeliku, Benjamin Huntsman je koristio postupak sa retoratama 1740.g za proizvodnju prvog čelika koji je bio prvi čelik dovoljno pouzdan da bi bio prihvaćen i korišćen u mnogim delovima sveta. Ovaj čelik je omogućio Industrijsku revoluciju u Zapadnoj Evropi.
- Izrada čelika retoratama, sve vreme je unapređivana u Sjedinjenim američkim državama, koje su preuzele vođstvo od Britanije tokom 1890.
- Engleski pronalazač, Henry Bessemer je tokom 1854. primenio i patentirao "Unapređenja u proizvodnji gvožđa i čelika", što je značilo uvođenje dekarburizacije rastopljenog čelika uduvavanjem viška vazduha preko cevi od vatrootporne keramike tako da gvožđe postaje oslobođeno viška ugljenika (0.1% to 1.5% C) i drugih nečistoća.
- Po ovom postupku, toplota nastala oksidacionim procesima je dovoljna da održava gvožđe rastopljenim, kada, u suštini, na Bessemer-ovo iznenađenje postaje toplije. Zašto?
- Zaustavljanje dotoka vazduha pri dobrom sadržaju ugljenika je bilo problem nazvan vruće skupljanje koje je čelik činilo krtnim tako da se nije moglo kovati dok je vruće.



- Vruće skupljanje je rešeno tako što je sav ugljenik izbacivan uduvanjem, a potom su dodavane male količine "spiegelsen" (tip sirovog gvožđa sa 15-30 % Mn i 4-7% C) gde je Mn pomagao da čelik postane obradiviji.
- Bessemer-ov postupak je dovoljno smanjio cenu čelika tako da je mogao da se koristi masovno za šine i nosače na železnici i limove za brodogradnju. Tokom 1885, britanska vlada je prihvatila Bessemer-ov čelik za izradu pušaka i vojnu mornaricu.
- Drugi pronalazač, Charles Siemens, Nemač u Engleskoj je 1844.g modifikovao plamenu peć tako da ju je razvio za metodu sa otvorenim ognjištem za izradu čelika i postala najpopularnija metoda tokom 19.og veka.
- Gasna peć koristi plamen gasnih gorionika postavljenih iznad rastopljenog čelika ili ognjišta da greje čelik toplotom koja se reflektuje sa krova peći.
- Tako, umesto da vrući sagoreli gasovi odlaze u dimnjak, oni se preusmeravaju preko zida komore da bi predgrevali dolazeći vazduh i gas, koji omogućavaju stvaranje viših temperatura potrebnih za proizvodnju čelika. Ova metoda se takođe koristi za izradu stakla, za šta je potrebno oko 2000 °C.
- Toliko proizvedene toplote omogućava veliko šaržiranje uključujući i čelični otpad, što značajno smanjuje troškove.
- Visokokvalitetni čelik se može proizvoditi ukoliko istovremeno postoje merenja sadržaja nečistoća i nivoa legiranosti.
- Metoda otvorenog ognjišta je bila dominantna metoda izrade čelika sve do početka 1980-ih. Međutim, ona je danas zamenjena jer zahteva mnogo vremena, ponekad i duže od nedelju dana da bi se završila jedna šarža. Bessemer-ove čeličane su imale dva ključna nedostatka: nižebezni vrh sadržaja azota u čeliku iz viška vazduha i teškoća u ocenjivanju završetka prodivavanja vazduhom (finalno uklanjanje C).
- Boksit, ruda aluminijuma, može se koristiti za uklanjanje nečistoća ali su ovi dodaci skupi.
- Ovi problemi su rešeni uduvanjem čistog kiseonika u čeličnu kupku korišćenjem koplja postavljenog na vrh posude na način kako je Bessemer opisao u patentu iz 1855. ali on nije uspeo to i da realizuje zbog ogromne tolpote.
- Bazna kiseonična peć (BOF) je prvo razvijena u Austriji i nazvana je Linz-Donawitz proces. Vodom hlađeno koplje je kratkotrajno korišćeno.
- Tokom 1953. Dofasco u Hamiltonu-Kanada je obezbedio ekskluzivna prava na tehnologiju baznih kiseoničnih peći od Austrijanaca i sa ekspertima – imigrantima iz Austrije, Nemačke i UK, je bio u mogućnosti da bude pionir mnoštva značajnih razvoja proizvodnje čelika procesom baznog kiseonika tako da je 1970-ih, BOF postao dominantni način proizvodnje u severnoj Americi.
- Dofasco je prevazišao Stelco kao kanadskog najvećeg proizvođača čelika tokom 1990-ih i obezbedio je više od čelika koji se danas koriste za automobile i zgrade.
- BOF može da napravi šaržu čelika za 20 minuta i već je decenijama uobičajeni standard proizvodnje čelika u celom svetu.

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