



ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 60 Vol. 60	Br. 1 No. 1	1-48 1-48	Beograd Belgrade	Srbija Serbia	2015. 2015.
--------------------	----------------	--------------	---------------------	------------------	----------------

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 2015.

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.

1/2015

SADRŽAJ:

CONTENTS:



NAUKA • ISTRAŽIVANJE • RAZVOJ

SCIENCE • RESEARCH • DEVELOPMENT

07

SKLONOST KA KRTOM LOMU SIMULIRANOG ZUT-a
ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE

SUSCEPTIBILITY TO BRITTLE FRACTURE OF
SIMULATED HAZ REGION OF HIGH STRENGTH
STEEL

Meri Burzić, Mersida Manjgo, Tomaž Vuherer, Radica Prokić-Cvetković, Olivera Popović, Zijah Burzić

15

EMISIJA DIMNIH GASOVA PRI ZAVARIVANJU
METALNOM PUNJENOM I SAMOZAŠTITNOM ŽICOM

GAS EMISSION DURING WELDING WITH
METAL CORED AND SELF-SHIELDED WIRE

Olivera Popović, Radica Prokić Cvetković, Uroš Lukić, Radomir Jovičić, Meri Burzić, Biljana Beljić



MIZ

IIW

21

INFLUENCE OF THE SOFT ZONE ON THE STRENGTH
OF WELDED MODERN HSLA STEELS

UTICAJ MEKE ZONE NA ČVRSTOĆU ZAVARENIH
MODERNIH ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE

F. Hochhauser, W. Ernst, R. Rauch, R. Vallant, N. Enzinger



STANDARDIZACIJA I KVALITET

STANDARDIZATION & QUALITY

43

POSTOJEĆE STANJE STANDARDA U OBLASTI
ZAVARIVANJA U SRBIJI

CURRENT CONDITIONS OF STANDARDS IN
WELDING IN SERBIA

Aleksić Boško, Vlasćislav Bađura, Aleksandar Stefanović, Jano Kurai, Darko Jovanović



VESTI

NEWS

04

HRONIKA, 50 GODINA ČASOPISA ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE - Reprint članka objavljenog u časopisu ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE (1/2005)

06

IN MEMORIAM – MIRJANA SMILJANIĆ

37

RASPORED MEĐUNARODNIH SAJMOVA ZAVARIVANJA I REZANJA U PERIODU FEBRUAR 2015-
JANUAR 2016

38

WORLD CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING

40

GODIŠNJI SASTANAK IIW GRUPE ZA OVLAŠĆIVANJE

47

PREGLED RADOVA OBJAVLJENIH U 2014

48

MARKETING

Poštovani čitaoci,

šest decenija neprekidnog trajanja nekog medija u turbulentnim vremenima našeg prostora, predstavlja malo čudo, samo po sebi. A naš časopis upravo ove godine slavi svoj šezdeseti rođendan.

Tokom tog dugog niza godina, bilo je različitih koncepata sadržaja časopisa, različitih izdavača, radova različite težine i sadržajnosti, uspešnijih i manje uspešnih urednika, ali jedno je ostalo trajno; malo mlađi od Društva, časopis je ostao verni hroničar dešavanja u zavarivačkom okruženju naše zemlje i sveta.

U ovom broju ćemo se osvrnuti na protekla vremena (Hronika 50 godina časopisa Zavarivanje i zavarene konstrukcije –reprint) i kratko dodati ono što se praktično menjalo u poslednjih deset godina: glavni i odgovorni urednik je do kraja 2010.g bio dr Zoran Odanović, dipl.ing., od 2011. do 2013.g Ljiljana Peković, dipl.ing, a od tada je Milica Antić, dipl.ing.

Koncept časopisa koji je uspostavila urednica časopisa u periodu do 2004.g, Mirjana Smiljanić, bez koje smo ostali upravo ovih dana, je suštinski ostao isti. Duboko verujući da je to prava mera nauke, prakse, standardizacije, obrazovanja i vesti, sadašnja redakcija nastoji da je zadrži.

Poput prethodnih vremena, ni sada nema ni najmanje mesta za zadovoljstvo: i nadalje je status našeg časopisa na nižem nivou nego što bismo želeli, privreda je u još gorem stanju nego pre deset godina te je još teže očekivati podršku te vrste, teško je zbog finansijskih razloga obezbediti da časopis bude štampan u koloru...

Ali zavarivanje: tehnologija, specijalni proces, multidisciplinarna nauka, praksa... još uvek ima značajnu perspektivu i verujemo da će tako biti još dugo, dugo. Da li će se naš časopis prilagođavati zahtevima vremena i umesto štampanog, postati elektronski medij, rešiće budućnost ali se potreba za ovakvim glasilom neće ugasiti.

U ovom trenutku, jedno je sigurno, šezdeset godina je jubilej koji treba valjano obeležiti.

Hvala vam što tako dugo postojimo.

S poštovanjem,

Milica Antić, dipl.ing.

HRONIKA

50 GODINA ČASOPISA ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

Povodom obeležavanja 50 godina Društva za unapređivanje zavarivanja u Srbiji, u br.3-2002.g. časopisa (strana 144-147) objavljena je retrospektiva glasila DUZS, u kojoj je bilo reči i o istoriji časopisa Zavarivač / Zavarivanje i zavarene konstrukcije, i osnovnim pokazateljima njegovog profila i uloge kao glasila zavarivačkih asocijacija. Ovom prilikom podsetićemo se na značajne događaje i periode koji su obeležili njegov put do stručnog informatora DUZS u vremenu sadašnjem.



ZAVARIVAČ

Prapočetak časopisa Zavarivač je zajednički časopis Društva na unapređenje zavarivanja NR Srbije i Društva za tehniku zavarivanja NR Hrvatske, u 1954.-1955. godini.

Godina 1955.

U drugoj polovini 1955.g. časopis Zavarivač izdaje DUZ NR Srbije, i hronološki je to godina od koje se računa volumen časopisa. Glavni i odgovorni urednik je ing. Stanislav Mišković.

Godina 1958. – 1960.

Časopis **Zavarivač** izdaje DUZS (Beograd), ali je glasilo četiri republičke zavarivačke asocijacije (Srbije, Hrvatske, BiH, Makedonije), članice Saveza društava za tehniku zavarivanja Jugoslavije (SDTZJ).

Glavni i odgovorni urednik je Prof. ing. Milan Radojković.

Godina 1961. –1969.

Donet je Poslovnik o radu časopisa **Zavarivač** kojim se utvrđuje da je osnivač časopisa, DUZS, izdavač i pravni subjekt, a da ostala republička društva koja ga prihvataju kao svoje glasilo imaju obavezu da određen broj primeraka plasiraju na svojoj teritoriji. Kao svoje glasilo časopis su prihvatile republičke asocijacije BiH i Makedonije, a od 1967. i asocijacija Crne Gore.

Godina 1969. –1975.

Izdavači časopisa **Zavarivač** su republička društva koja su ga prihvatila kao svoje glasilo, a suizdavači privredne organizacije (Energoinvest - Sarajevo, Termoelektro - Beograd, Zavod za zavarivanje - Beograd) koje pružaju finansijsku podršku. Od 1973.g. u impresumu se naznačava da je to časopis Saveza društava za tehniku zavarivanja Jugoslavije (SDTZ).

Godina 1975. –1980.

Izdavač časopisa **Zavarivač** je samo DUZS, a suizdavači su republička društva koja su ga prihvatila kao svoje glasilo, kao i privredne organizacije iz Srbije (stalni suizdavač je Zavod za zavarivanje - Beograd) koje ga finansijski podržavaju.

Izdavanje dotira Republička zajednica (ministarstvo) za nauku Republike Srbije.

Od 1978.g. Glavni i odgovorni urednik je Ing. spec. zav. Dragoslav Macanković.

Godina 1980. –1989.

Od polovine 1980.g. zaključno sa 1989.g. izdavači časopisa **Zavarivač** su republička društva Srbije, BiH, Makedonije i Crne Gore, a suizdavači privredne organizacije (uglavnom veći oglašivači) sa celog područja Jugoslavije. Časopis dotiraju SIZ za nauku republika izdavača.

U 1985.g. uspostavlja se Izdavački savet, kao nadzor nad uređivačkom politikom časopisa.

Od 1988.g. dogovorom na nivou JSZ (promena naziva SDTZ u JSZ je od 1982.g.) **Zavarivač** dobija i 40% od dotacija Saveznog SIZ za nauku preko časopisa **Zavarivanje** izdavača DTZ Hrvatske.

Ovo je period kada je **Zavarivač** časopis savezne zavarivačke asocijacije, što se i naznačava u impresumu.

Republičke asocijacije - izdavači imaju svoje redakcije koje pripremaju materijal za svoj broj ili učestvuju u obezbeđenju materijala zajedničkog broja. Priprema broja za štampu i štampa je u Beogradu, u redakciji DUZS.

Prezentacija naučnih i stručnih radova je prema pravilima za naučno - stručne publikacije.

Počev od 1989.g. Glavni i odgovorni urednik je Prof. dr. Stojan Sedmak, dipl.ing.

Godina 1990.

DUZ Crne Gore svojom voljom prestaje da bude jedan od izdavača, dok asocijacije BiH i Makedonije ostaju do kraja ove godine izdanja, odnosno do kraja članstva u JSZ. Time, de facto, časopis prestaje da bude časopis JSZ i nadalje je samo časopis DUZS.

Godina 1991. – 1995.

Izdavač časopisa **Zavarivač** je DUZS, a suizdavači privredne organizacije: Zavod za zavarivanje- Beograd i Yuweld-Beograd. Povremeno časopis dotira Minisarstvo za nauku Srbije i Savezne republike Jugoslavije.

U uređivanju časopisa, za autorske radove koji se visokostručno kotiraju, uvodi se dvojezični tekst (srpski- engleski), što ga još dodatno u tom segmentu (rubrika nauka - istraživanje - razvoj) karakteriše kao naučno - stručni časopis.

ZAVARIVANJE

I

ZAVARENE KONSTRUKCIJE

WELDING & WELDED STRUCTURES

Godina 1996.

Časopis **Zavarivač** menja naslov u **Zavarivanje i zavarene konstrukcije / Welding & Welded Structures**. Time je usaglašen naslov sa sadržajem i namenom časopisa. Izdavač i suizdavači su kao u prethodnom periodu.

Godina 2001-2003.

Časopis **Zavarivanje i zavarene konstrukcije** izdaje DUZS, bez suizdavača.

Rubrika **Vesti** dobija karakter sažetih i komentatorskih strukovnih informacija o događanjima u DUZS, čime se prevazilazi biltenski stil prikaza zapisnika bez kritičkog osvrta. Time je završena transformacija u savremenu stručnu periodičnu publikaciju novoga veka. Uspostavljaju se pravila sistema kvaliteta u uređivanju časopisa.

Glavni i odgovorni urednik je Mirjana Smiljanić, dipl.ing.

Godina 2004.

Činom ukidanja JSZ (decembar 2003.g.) časopis **Zavarivanje i zavarene konstrukcije** je i de jure časopis DUZS, što je naznačeno u impresumu.

Počev od broja 2, glavni i odgovorni urednik je Dr. Zoran Odanović, dipl. ing.

Godina 2005.

Časopis **Zavarivanje i zavarene konstrukcije** obeležava jubilej, 50 godina postojanja.

M. Smiljanić



IN MEMORIAM



MIRJANA SMILJANIĆ

1936 - 2015

Rođena 1936.g u Brčkom (danas BiH), diplomirani inženjer metalurgije, inženjer specijalista zavarivanja prema JUS C.T3.072, skoro celi svoj radni vek bavila se problematikom termičke obrade i zavarivanja metalnih materijala. Usmerenost na ove tehnološke discipline je zbog njihove pogodnosti za eksperiment i proveru rešenja u industrijskoj praksi. Za ovo su joj se pružile prilike u obe firme u kojima je radila – Zavodi „Crvena zastava“, Kragujevac i „Zavod za zavarivanje“, Beograd. Od 1992.g je u penziji.

Autor je preko 30 stručnih radova objavljenih u nacionalnim časopisima (Motori i motorna vozila, Ekonomsko tehnički pregled, OMO, Zaštita materijala, Zavarivač/Zavarivanje i zavarene konstrukcije) ili izlaganih na konferencijama nacionalnih asocijacija (Komitet za termičku obradu, OMO, DUZS) kao i više publikacija od kojih su najvažnije:

1. M. Smiljanić: Dodatni i pomoćni materijali u zavarivanju čeličnih konstrukcija; Zavod za zavarivanje, Beograd, 1988.
2. M. Smiljanić, V. Ilić: Dodatni materijali za zavarivanje - obložene elektrode; Zavarivač, DUZS, Beograd, 1991.
3. M. Smiljanić i dr. : Termička obrada zavarenih spojeva, DUZS, Beograd 1995.
4. M. Smiljanić, M. Antić: Zavarivanje sivog liva u održavanju opreme, DUZS, Beograd, 1997.
5. M. Smiljanić, Termička obrada u zavarivanju, Termoproces, Beograd, 1999.
6. M. Smiljanić, V. Martinovski: Lemljenje, DUZS; Beograd, 2001.

Bila je predavač je na kursovima za inženjere zavarivanja i kasnije za IWE/EWE u organizaciji Zavoda za zavarivanje kao i predavač ili autor/koautor tema na seminarima o materijalima i zavarivanju u organizaciji DUZS.

Područje njenog istraživanja bilo je vezano za mogućnosti reparaturnog zavarivanja proizvodne opreme i sposobnost zavarivanja materijala i termičku obradu.

U njenom opusu, možda najzapaženija aktivnost je rad na časopisu: od 1988 do kraja 2000.g, bila je član redakcije, pomoćnik glavnog i odgovornog urednika, urednik rubrike, a od 2001. do 2004.g i glavni i odgovorni urednik časopisa. Za to vreme uspela je da časopis vrati i zavarivanju i društvu.

Najznačajniji rad predstavlja njeno obimno (i mukotrno) istraživanje koje je obavila povodom 50 godina DUZS i objavila pod naslovom „DUZS-Retrospektiva 1952-2002“, Zavarivanje i zavarene konstrukcije br. 3/2002, str. 133-147).

Teško je nabrojati i ostale aktivnosti, ali pomenuta retrospektiva i danas predstavlja jedini dokument o nastanku i opstanku našeg društva. Njen pristup uređivanju časopisa i danas je postulat.

Hvala joj.



1.Meri Burzić, 2.Mersida Manjgo, 3.Tomaž Vuherer, 4.Radica Prokić-Cvetković, Olivera Popović, 5.Zijah Burzić

SKLONOST KA KRTOM LOMU SIMULIRANOG ZUT-a ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE SUSCEPTIBILITY TO BRITTLE FRACTURE OF SIMULATED HAZ REGION OF HIGH STRENGTH STEEL

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: 621.791.691.7

Rad primljen / Paper received:

Januar 2014.

Ključne reči: Zavarivanje mikrolegiranih čelika, mehanika loma zavarenih spojeva, krti lom, sigurnost zavarenih spojeva, ZUT, udarna žilavost, žilavost loma

Izvod: Ocena sklonosti ka krtom lomu je analizirana ispitivanjem epruveta sa zamornom prslinom u simuliranoj zoni ZUT. Analizirano je kako heterogenost strukture i mehaničkih svojstava različitih zona ZUT, dobijenih simulacijom jednoprolaznog i dvoprolaznog ZUT utiče na pojavu i rast prslina, što omogućava da se kvantitativno izraze parametri koji kontrolišu lokalno deformacijsko ponašanje i rast prslina.

1. Uvod

Proizvodnja savremenih zavarenih čeličnih konstrukcija zahteva korišćenje čelika povišene i visoke čvrstoće, sa povećanim i visokim naponom tečenja, stabilnom žilavošću na niskim i povišenim radnim temperaturama i prihvatljivom zavarljivošću. Kod razmatranja načina ojačavanja čelika povišene i visoke čvrstoće pažnja se najviše poklanja naponu tečenja kao osnovnom pokazatelju mehaničke čvrstoće materijala, jer se smatra da je napon tečenja pokazatelj ponašanja konstrukcije pod otperećenjem. Ovakav prilaz bazira na činjenici, da nije zabeležen slučaj otkazivanja konstrukcije, osim kod krtog i zamornog loma, pri naponima nižim od napona tečenja.

Uspešna primena čelika povišene čvrstoće NIOMOL 490K, projektovanog za jako opterećene zavarene konstrukcije, koji se koriste na niskim temperaturama, zavisi od svojstava kritičnih područja zavarenog spoja. Zona uticaja toplote (ZUT) predstavlja mesta smanjenih mehaničkih svojstava, pre svega duktilnosti, i povećane sklonosti ka krtom lomu. Zbog toga se pažnja pri izradi zavarenih spojeva posvećuje greškama iz

Adresa autora / Author's address:

1.I.C.Mašinski fakultet Beograd, Srbija

2.Mašinski fakultet, Mostar,B.i.H

3.Fakultet za strojništvo,Maribor,Slovenija

4.Mašinski fakultet ,Beograd,Srbija

5.Vojnotehnički institut,Beograd,Srbija

Key words: Microalloys steels welding, fracture mechanics of welded joints, brittle fracture, , HAZ, impact toughness, fracture toughness

Abstract: Susceptibility to brittle fracture has been analyzed by testing specimens precracked by fatigue in simulated HAZ region. It has been analyzed how the heterogeneity of microstructure and mechanical properties off different HAZ regions, obtained by simulation of one-pass and two-passes HAZ affects crack occurrence and growth, enabling to express quantitatively the parameters, controlling local deformation behaviour and crack growth.

kojih u toku eksploatacije mogu da se razviju prslina. Kako su greške tipa prslina realne u izradi zavarenih konstrukcija to je za čelike povišene i visoke čvrstoće potrebno odrediti veličine parametara mehanike loma, koji se mogu koristiti u oceni integriteta zavarenih konstrukcija sa utvrđenom greškom [1].

Uvodeći novi pristup u projektovanju zavarenih konstrukcija, a radi bolje efikasnosti ispitivanja, mikrostruktura područja ZUT kao najkritičnijeg mesta zavarenog spoja je simulirana na simulatoru ZUT. Termičkom simulacijom, zagrevanjem do određene temperature i programiranim hlađenjem, se na uzorcima dobija mikrostruktura različitih područja ZUT.

Ocena sklonosti ka krtom lomu je analizirana ispitivanjem epruveta sa zamornom prslinom u simuliranim zonama ZUT. Radi potpunijeg razumevanja uzroka i načina pojave i rasta prslina u zavarenim spojevima čelika povišene čvrstoće potrebno je da se utvrdi kako heterogenost strukture i mehaničkih svojstava različitih zona ZUT utiče na pojavu i rast prslina i da se kvantitativno izraze parametri koji kontrolišu lokalno deformacijsko ponašanje i rast prslina [2]. Kao



parametar mehanike loma u analizi je korišćen faktor intenziteta napona. Analizom dobijenih rezultata ocenjena je sklonost ka krtom lomu konstituenata zavarenog spoja, što se uspešno može primeniti i za ocenu sigurnosti zavarene konstrukcije.

Definitivna potvrda primenjene metodologije i realno ispitivanje kritičnih delova zavarenog spoja je moguće primenom simulacije termičkog ciklusa zavarivanja. Poznavanjem parametara osnovnog metala i kritičnih područja zone uticaja toplote može se uspešno oceniti sigurnost konstrukcije. Pri tom je od značaja identifikacija i dobro poznavanje

strukture i osobina kritičnih položaja ZUT, što se može postići simuliranjem [3].

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Materijal

Režim simulacije ZUT i njegov uticaj na žilavosne karakteristike (parametre mehanike loma) je analiziran kod čelika povišene čvrstoće NIOMOL 490K, proizvedenog u "Železarni ACRONI" Jesenice [4]. Hemijski sastav ispitivanog čelika je dat u tab. 1, a mehanička svojstva u tab. 2.

Šarža	Hemijski sastav, mas. %									
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	V	Nb	Al
21 5422	0,10	0,41	0,57	0,008	0,002	0,41	0,65	0,01	0,064	0,042

Tabela 1. Hemijski sastav ispitivane šarže čelika NIOMOL 490K [4]

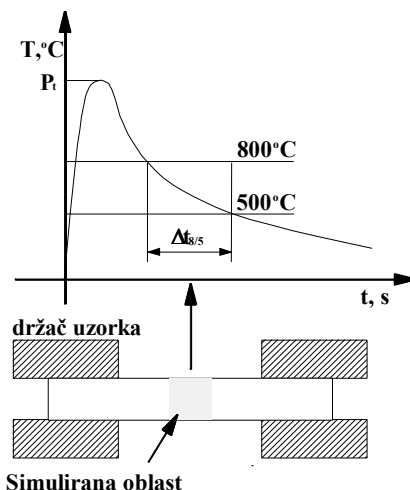
Šarža	Pravac ispitivanja	Napon tečenja, $R_{p0,2}$, MPa	Zatezna čvrstoća, R_m , MPa	Izduženje A, %	Energija udara, ISO-V, J
21 5422	L - T	553	688	24,5	231, 243, 250
	T - L	545	682	21,9	238, 243, 245

Tabela 2. Mehanička svojstva ispitivanog čelika NIOMOL 490K [4]

2.2. Simulacija zone uticaja toplote

Izrada složenih i visoko odgovornih zavarenih konstrukcija podrazumeva znatno oštrije kriterijume prihvatljivosti grešaka. Istovremeno, zbog značaja ovakvih konstrukcija, još pre par decenija je jasno prepoznata potreba za pouzdanijim utvrđivanjem stvarnih mehaničkih svojstava svih zona unutar zone uticaja toplote - ZUT. U tom cilju koriste se

simulatori zavarivanja. Simulator zavarivanja je uređaj kojim se postiže kontrolisano zagrevanje i hlađenje, slično onom pri zavarivanju. Simulacijom se na srednjem delu uzorka, maksimalnih dimenzija 15 x 15 x 120mm, dobije mikrostrukturno područje širine oko 10 mm, koje odgovara području ZUT, što omogućava utvrđivanje osnovnih mehaničkih svojstava simuliranog područja [5]. Shematski prikaz simulacije ZUT je dat na sl. 1

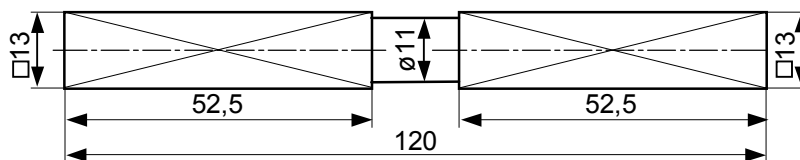


Slika 1. Shematski prikaz simulacije zavarenog spoja



Pri zagrevanju tokom simulacije dobijaju se važni su podaci toplotnog ciklusa o maksimalnoj temperaturi i vremenu hlađenja $\Delta t_{8/5}$, koje predstavlja vreme za koje se uzorak ohladi sa 800°C na 500°C . Sam postupak simulacije ZUT je urađen na savremenom simulatoru termičkog

ciklusa "SMITWELD. Za simulaciju su korišćene epruvete čija je geometrija data na sl. 2. Pre zagrevanja se na sredini epruvete navari termopar Cr - NiCr, pomoću koga se prati promena temperature tokom simulacije.



Slika 2. Shema epruvete za simulaciju ZUT

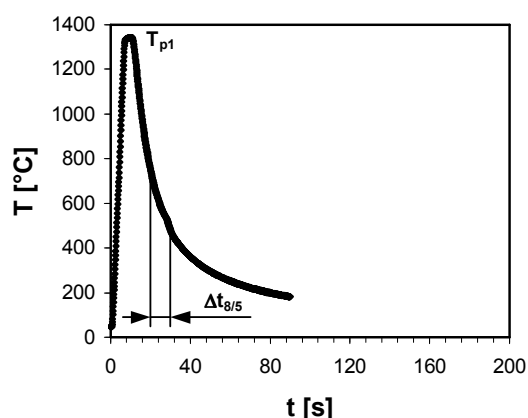
Simulacija termičkih uslova kod zavarivanja je napravljena primenom termičkih ciklusa na uzorcima osnovnog materijala. Parametri simulacije su dati u tab. 3:

Oznaka uzorka	Brzina zagrevanja \dot{T} , $^{\circ}\text{C/s}$	Termički ciklus, T_{p1} , $^{\circ}\text{C}$	Vreme hlađenja $\Delta t_{8/5}$, s	Termički ciklus, T_{p2} , $^{\circ}\text{C}$	Vreme hlađenja $\Delta t_{5/3}$, s
A _a	200	1343	10,6	–	–
A _b	200	1344	10,3	–	–
A _c	200	1343	10,4	–	–
I _a	200	1342	10,2	774	20,7
I _b	200	1344	10,3	774	20,6
I _c	200	1378	10,5	776	20,4

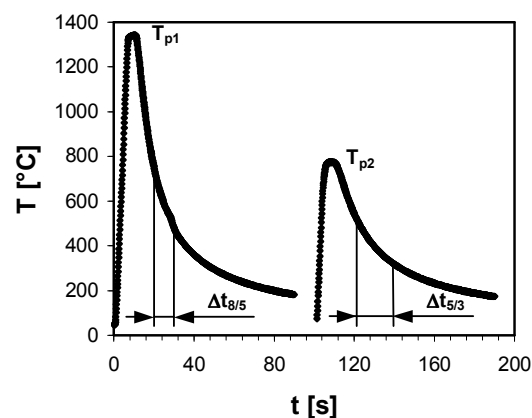
Tabela 3. Parametri simulacije

Shematski prikaz termičkog ciklusa jednoproznog

ZUT je prikazan na sl. 3, a dvoproznog ZUT na sl. 4.



Slika 3. Termički ciklus jednoproznog ZUT



Slika 4. Termički ciklus dvoproznog ZUT

2.3. Ispitivanja mehanike loma

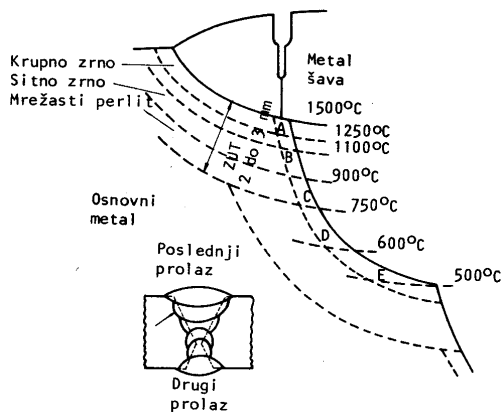
Ispitivanje epruveta sa prslinom pokazuje lokalno ponašanje materijala oko vrha prsline dovoljno homogenog materijala epruvete, tako da se rezultati lokalnog ponašanja mogu tretirati globalno,

odnosno da se mogu neposredno preneti na odgovarajuću konstrukciju. Imajući u vidu heterogenu strukturu zavarenog spoja, ovakav postupak ispitivanja nije dovoljno pouzdan, jer vrh



prslina pri razvoju loma može da prolazi kroz područja različitih struktura i mehaničkih osobina zavarenog spoja. Zbog toga je potrebna analiza zavarenog spoja sa aspekta primene mehanike loma. Složenost u mikrostrukturnom i geometrijskom pogledu pri određivanju žilavosti loma i drugih mehaničkih osobina u ZUT ilustruje sl. 5, na kojoj je

prikazan niskolegirani, termomehanički obrađeni čelika povišene čvrstoće u višeprolaznom šavu. Po pravilu, kod spojeva ovih čelika se u ZUT pod dejstvom ponovljenih termičkih ciklusa i plastičnih deformacija, u uzanom pojasu ZUT uz liniju stapanja pojavljuju mesta smanjene žilavosti loma (naznačena mesta A i E na sl. 5).



Slika 5. Presek kroz ZUT šava niskolegiranog čelika povišene čvrstoće [5]

Kada je u pitanju preporuka da se pri direktnom određivanju žilavosti loma u kritičnoj zoni spoja uzme najniža izmerena vrednost, sl. 5. ilustruje niz teškoća sa kojima je ovakvo određivanje skopčano. Kada je, kao kod čelika, ZUT kritično područje u kome se najčešće pojavljuju prslina, njegova veličina od 2-3 mm u osnovnom metalu uz liniju stapanja ukazuje na eksperimentalne teškoće postavljanja vrha početne zamorne prslina na kritično mesto. Praktična istraživačka iskustva pokazuju da je i uz najbrižljiviji rad potrebno ispitati desetine uzoraka da bi se uspešno locirao vrh prslina u veoma uzana kritična područja i pouzdano odredile stvarne minimalne vrednosti žilavosti loma u ZUT, što drugim rečima ograničava stepen iskorišćenja na najviše 10-20% ispitanih uzoraka [5].

Sledeća teškoća u određivanju žilavosti loma je trag rasta zamorne prslina, čiji je vrh lociran u ZUT (područje A na sl. 5), jer ona će da prođe u područja ZUT različitih mikrostrukturnih i mehaničkih karakteristika. Različite karakteristike u odnosu na ravan rasta prslina rezultiraju u asimetričnom formiranju plastične zone ispred vrha prslina. Imajući još u vidu da stvarne vrednosti nekih mehaničkih osobina, npr. napona tečenja, ne mogu direktno da se odrede za usko krto područje A i E u ZUT, očigledno je da su narušene uslovi za određivanje vrednosti parametara mehanike loma po postupcima za homogene materijale.

Zbog opisanih ograničenja različite metode mehanike loma nisu podjednako primenljive za

određivanje najniže vrednosti žilavosti loma u zavarenom spoju. Ako se ima u vidu da je problem postavljanja vrha zamorne prslina na kritično mesto u ZUT zajednički za sve metode, onda bi kriterijum za ocenu primenljivosti pojedinih metoda mogao da bude njihova sposobnost da mere žilavost loma neposredno ispred vrha prslina, nezavisno od uticaja materijala na većim rastojanjima od tzv. procesne zone na vrhu prslina. U tom pogledu je K_{Ic} , kao linearno-elastični pokazatelj žilavosti loma, u prednosti, jer su uslovi ograničene plastične zone pri njegovom određivanju oštiri nego kod elasto-plastičnih pokazatelja. U realnim situacijama, pri ispitivanju šavova, ovi oštri uslovi retko mogu da se ispune, zato što je u pitanju najčešće čelik relativno visoke žilavosti loma. Kontrola veličine plastične zone povećanjem dimenzija uzorka je teško ostvarljiva, prvo zato što bi kod mekših čelika debljina uzorka bila višestruko veća od debljine konstrukcijskih elemenata, a zatim što se kod uzoraka isečenih iz šavova sa povećanjem dimenzija dodatno komplikuje postavljanje vrha prslina u kritičnu zonu [5].

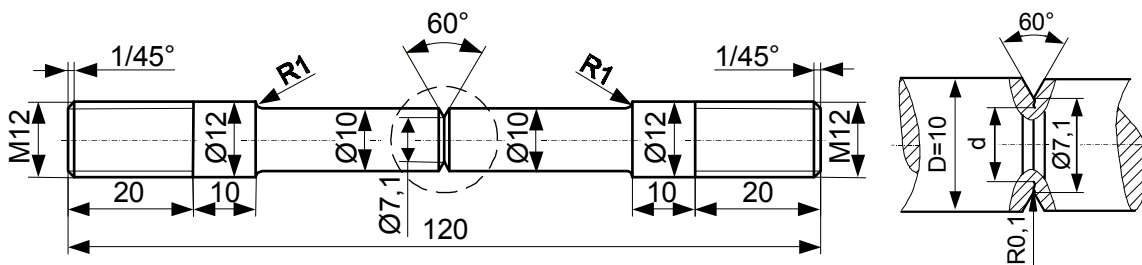
Prema tome, heterogenost strukture i mehaničkih osobina zavarenih spojeva (različitih uslova simulacije) usložnjava problem, pre svega u zavisnosti od položaja vrha zamorne prslina i osobina područja kroz koja se lom razvija. Uzorak sa simuliranom zonom je obrađen na konačne dimenzije, sl. 6. Ovaj tip epruvete ne spada u grupu standardnih epruveta, ali je u saglasnosti sa standardom BS7448 [6,7].



Kako zahtevi za ispunjenje uslova ravnog stanja deformacije:

$$B \geq 2,5 \cdot \left(\frac{K_{Ic}}{R_{p0,2}} \right)^2 \quad (1)$$

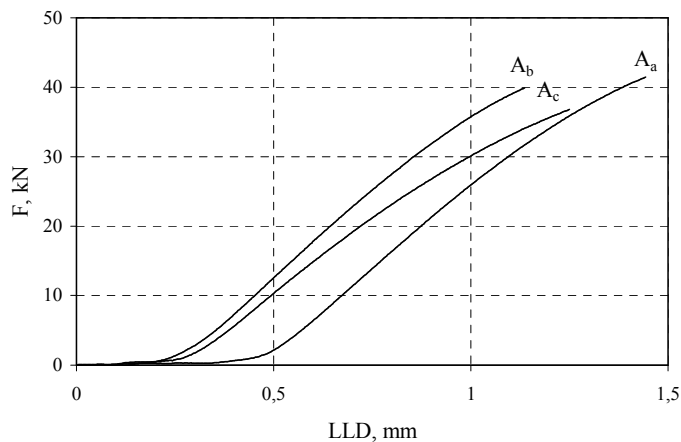
nisu zadovoljeni, umesto parametra linearno-elastične mehanike loma definisane standardom ASTM E399, K_{Ic} , određen je kritični faktor intenziteta napona K_c .



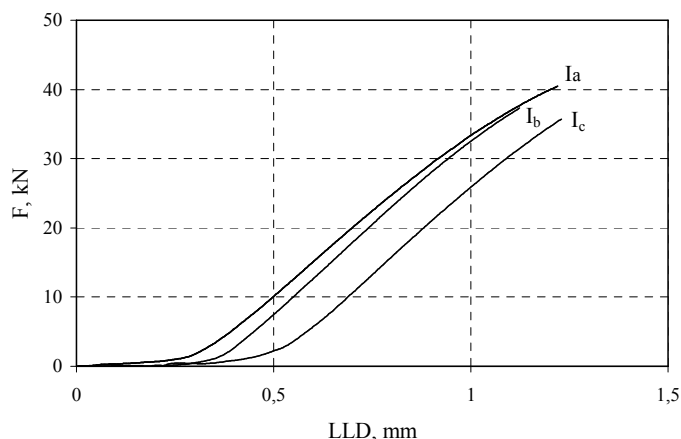
Slika 6. Epruveta za određivanje faktora intenziteta napona K_c

Prema zahtevima standarda BS7448 Part-2, prvo se pristupilo pripremi epruvete, odnosno stvaranju zamorne prsline. Zamorna prsline je potrebna da bi se obezbedili uslovi ravne deformacije, jer se oko vrha zamorne prsline može ostvariti željeno polje napona na reproduktivnan način, ali pod uslovom da su pri zamaranju poštovani odgovarajući uslovi.

Ispitivanje epruvete je izvedeno na sobnoj temperaturi na elektromehaničkoj kitalici SCHENCK TREBEL RM 100, u kontroli hoda. Tipične krive zavisnosti sile F i pomeranja napadne tačke sile (load-line displacement) LLD date su na sl. 7 za epruvete gde je simuliran jednoprolazni ZUT, i na sl. 8 za epruvete gde je simuliran dvoprolazni ZUT.



Slika 7. Dijagram sila F – pomeranje napadne tačke sile LLD za jednoprolaznu ZUT

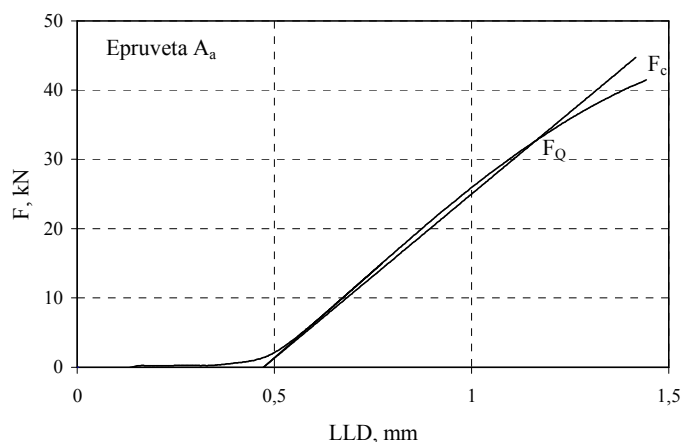


Slika 8. Dijagram sila F – pomeranje napadne tačke sile LLD za dvoprolaznu ZUT

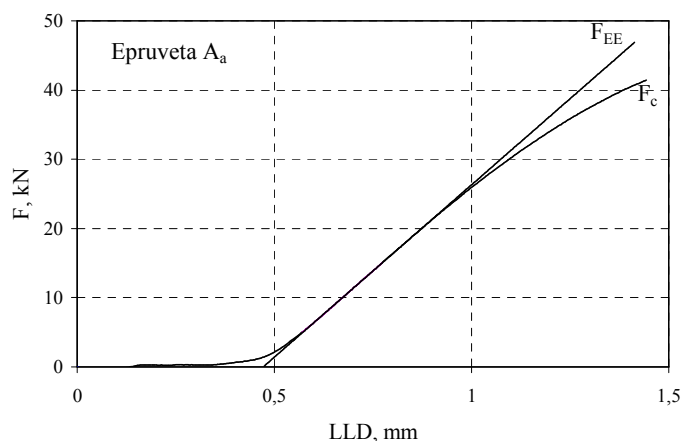


Metodologija određivanja kritične (maksimalne) sile F_c , prethodne sile F_Q i sile ekvivalentne energije F_{EE} , potrebne za izračunavanje kritičnog faktora intenziteta napona, K_c , prethodnog faktora

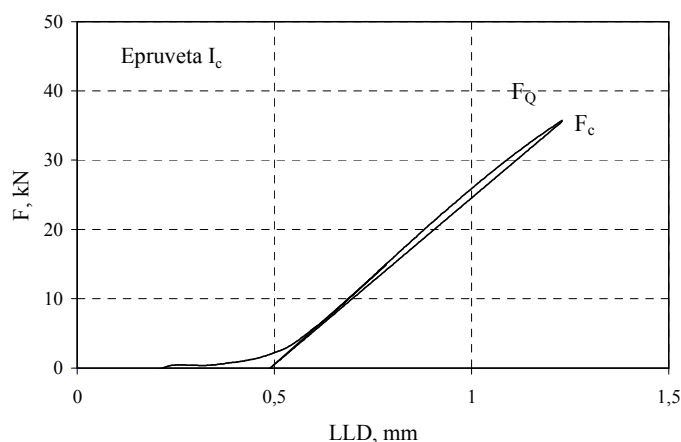
intenziteta napona K_Q , i faktora intenziteta napona pri sili ekvivalentne energije K_{EE} , je prikazana na sl. 9 i 10 za jednoprolazni ZUT (epruveta A_a) i sl. 11 i 12 za dvoprolazni ZUT (epruveta I_a).



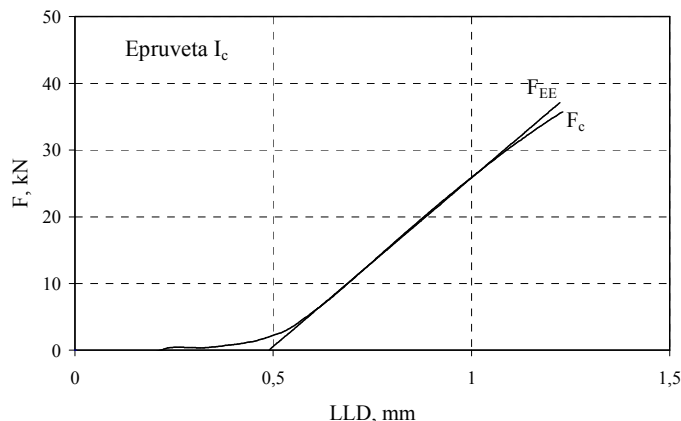
Slika 9. Jednoprolazni ZUT (epruveta A_a), za vreme eksperimenta registrovani diagram sa prekidom zbog loma pri sili F_c , postupak određivanja pokusnog opterećenja F_Q na preseku krive ispitivanja i prave dobijene smanjenjem početnog nagiba krive ispitivanja za 5 %



Slika 10. Jednoprolazni ZUT (epruveta A_a), za vreme eksperimenta registrovani diagram sa prekidom zbog loma pri sili F_c , postupak određivanja merodavne sile F_{EE} za proračun ekvivalentne energije na pravoj sa prvobitnim nagibom



Slika 11. Dvoprolazni ZUT (epruveta I_c), za vreme eksperimenta registrovani diagram sa prekidom zbog loma pri sili F_c , postupak određivanja pokusnog opterećenja F_Q na preseku krive ispitivanja i prave dobijene smanjenjem početnog nagiba krive ispitivanja za 5 %



Slika 12. Dvoprolazni ZUT (eproveta I_c), za vreme eksperimenta registrovani diagram sa prekidom zbog loma pri sili F_c , postupak određivanja merodavne sile F_{EE} za proračun ekvivalentne energije na pravoj sa prvobitnim nagibom

Dobijeni rezultati određivanja kritičnog faktora

intenziteta napona simuliranih zona ZUT su dati u tab. 4.

Oznaka epruvete	A_a	A_b	A_c	I_a	I_b	I_c
Maksimalna sila, F_c , kN	41,46	39,9	36,8	40,47	37,31	35,75
Prethodna sila, F_Q , kN	32,59	32,27	24,17	37,58	36,47	35,75
Sila ekvivalentne energije, F_{EE} , kN	46,88	44,46	42,9	44,2	39,15	37,15
Stvarni prečnik d , mm d	6,08	6,02	6,25	6,35	6,13	6,37
Nominalni prečnik D , mm D	10	10	10	10	10	10
α	0,608	0,602	0,625	0,635	0,613	0,637
$f(\alpha)$	0,46	0,46	0,45	0,45	0,46	0,45
K_Q , MPa $m^{1/2}$	50,17	50,56	35,42	53,51	55,33	50,61
K_{EE} , MPa $m^{1/2}$	72,17	69,65	62,87	62,93	59,40	52,59
K_c , MPa $m^{1/2}$	63,82	62,51	53,93	57,62	56,61	50,61

Tabela 4. Rezultati određivanja parametara mehanike loma

3. DISKUSIJA

Kako uslovi ravnog stanja deformacije nisu zadovoljeni dobijene vrednosti kritičnog faktora intenziteta napona K_c nisu karakteristika materijala, ali predstavljaju upotrebljivu vrednost ocene ponašanja materijala u prisustvu greške tipa prsline [8]. Primenom osnovne formule mehanike loma

$$K_{Ic} = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a_c} \quad 2.$$

te unošenjem vrednosti konvencionalnog napona tečenja, $R_{p0,2} = \sigma$, izračunavaju su približne vrednosti za kritičnu dužinu prsline, a_c . Očigledno je da će dozvoljeni napon, koji je manji od konvencionalnog napona tečenja dati veće vrednosti za kritičnu dužinu prsline. To znači da ispitivani materijal može imati u eksploataciji prslinu

do nivoa izračunatih dužina, bez opasnosti od pojave krtog loma. Zbog toga, a u cilju sigurnog otkrivanja prsline pre nego što dostigne kritičnu dužinu, treba iskoristiti pogodne postupke ispitivanja bez razaranja, pogotovo imajući na umu da je debljina materijala od koga su izrađene posude pod pritiskom veće od kritične dužine prsline.

Važno je napomenuti da se dobijene vrednosti kritične dužine prsline, a_c , na osnovu zavisnosti 2, odnose na uslove ravne deformacije i konstrukcije konačnih debljina, i da se za svaki konkretan slučaj mora korigovati u odnosu na stvarnu debljinu materijala konstrukcije.



4. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata ispitivanja epruveta sa zarezom tipa R-Bar sa simuliranim jednoprolaznim i dvoprolaznim ZUT, može se zaključiti da su vrednosti kritičnog faktora intenziteta napona K_{Ic} za ovu grupu materijala relativno niske (po pravilu vrednosti K_{Ic} karakteristike materijala je još niža) i predmetni čelik svrstavaju u kategoriju materijala slabo otpornih na prisustvo greške tipa prsline, i da one predstavljaju značajan podatak kod izbora parametara zavarivanja predmetog čelika NIOMOL 490K.

5. LITERATURA

- [1] R. Jovičić, M.M. Algoal, U. Tatić, O. Popović, U. Lukić, M. Burzić, Storage Tank Integrity Assessment after the Removal of Weld Cracks, Structural Integrity and Life, Vol. 14, No. 1, pp. 35-38, 2014.
- [2] I. Čamagić, Z. Burzić, A. Sedmak, N. Vasić, B. Ćirković, M.M. Algoal, Influence of Mechanical Properties and Microstructural Heterogeneity of Welded Joint Constituents on Tensile Properties and Fracture Toughness at Plane Strain, K_{Ic} , Structural Integrity and Life, Vol. 14, No. 1, pp. 45-49, 2014.
- [3] D. Veljić, N. Radović, A. Sedmak, M. Perović "Tehnologija zavarivanja aluminijumskih legura postupkom zavarivanja trenjem alatom", Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol. 42, No 1 str 12 2010
- [4] "High Strength Low Alloyed (HSLA) Steels", ACRONI Jesenice, 2002.
- [5] A. Radović, "Zavarljivost i ispitivanje zavarljivosti", Treća međunarodna letnja škola mehanike loma, Aranđelovac, str. 211-225, 1984.
- [6] BS 7448 - Part 1:2006. "Fracture mechanics toughness tests - Methods for determination of K_{Ic} , critical CTOD and critical J values of metallic materials"
- [7] BS 7448 - Part 2:2006. "Fracture mechanics toughness tests - Methods for determination of K_{Ic} , critical CTOD and critical J values of welds in metallic materials"
- [8] Z. Burzić, S. Sedmak, M. Manjgo: Eksperimentalno određivanje parametara mehanike loma zavarenih spojeva, Integritet i Vek Konstrukcija, No. 2, str. 97, 2001.



Olivera Popović¹, Radica Prokić Cvetković¹, Uroš Lukić¹, Radomir Jovičić², Meri Burzić², Biljana Beljić³

EMISIJA DIMNIH GASOVA PRI ZAVARIVANJU METALNOM PUNJENOM I SAMOZAŠTITNOM ŽICOM GAS EMISSION DURING WELDING WITH METAL CORED AND SELF-SHIELDED WIRE

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 reči: metalna punjena žica, samozaštitna žica, emisija, dimni gasovi, maksimalno dozvoljene koncentracije

Rezime: Punjene i samozaštitne žice su dodatni materijali koji se poslednjih godina sve više koriste zbog povećane produktivnosti i ekonomičnosti, boljeg kvaliteta spoja i lakšeg rada na terenu. S druge strane, jedan od glavnih nedostataka ovih žica je povećana količina dimnih gasova i nedovoljna istraženost njihove štetnosti, naročito u slučaju samozaštitne žice. Zbog toga se pred nove generacije ovih žica postavlja i ekološki zahtev smanjenja emisije dimnih gasova radi zaštite kako zdravlja zavarivača, tako i okoline. U cilju istraživanja ovog uticaja, ploče čelika mikrolegiranog sa V, Nb i Ti su zavarene metalnom punjenom žicom u zaštitnoj atmosferi Ar+5.9%CO₂+1.1%O₂ i samozaštitnom žicom. Pri tome su izmerene vrednosti emisije gasova CO, CO₂ i SO₂, kao i ukupne prašine. Dobijene vrednosti su upoređene kako međusobno, tako i sa maksimalnim dozvoljenim koncentracijama prema važećem standardu. Utvrđeno je da samozaštitne žice, suprotno očekivanjima, ne pokazuju veću toksičnost u odnosu na metalne punjene žice.

1. UVOD

Zavarivanje je, kao jedna od osnovnih tehnologija spajanja materijala, prisutno u svim vrstama metalnih konstrukcija. Većina postupaka zavarivanja ima veliki uticaj kako na okolinu, tako i na zdravlje zavarivača, i taj uticaj se ne sme zanemariti. Pri zavarivanju se emituju hemijske štetnosti, poput dimnih gasova, dima i prašine. Sa razvojem novih postupaka zavarivanja i dodatnih materijala, raste i broj zavarivača izloženih dimu i gasovima, uprkos mehanizaciji i automatizaciji procesa; smatra se da je trenutno tri miliona ljudi direktno izloženo ovim štetnostima. Cilj svakog

Adresa autora / Author's address:

¹Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, Beograd

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

³Tehpro d.o.o, Lole Ribara 120, Beograd

Key words: metal cored wire, self-shielded wire, emission, fume gases, permissible exposure limits

Abstract: The use of flux cored and self-shielded wires as filler materials for gas metal arc welding is growing constantly due to increased productivity and efficiency, better weld quality and easier operation. On the other hand, one of the major drawbacks of these wires is the increased amount of fumes and gases and insufficient data of their harmful effects, especially in the case of self-shielded wire. Therefore, in now days, one of the most important requirements is environmentally and health request for decreased fume and gas emission. In this paper, the plates of steel micro alloyed with V, Nb and Ti, were welded with metal cored wire in shielded atmosphere of Ar+5.9%CO₂+1.1%O₂ and with self-shielded wire. The concentrations of emitted total dust and gases CO, CO₂ and SO₂ were measured. Obtained values were compared with permissible exposure limits defined by standard. It was estimated that self-shielded wire did not show higher toxicity compare to metal cored wire, what is in the contrast with previous studies.

unapređenja postupka zavarivanja prethodnih godina je bio bolji kvalitet spoja, kao i povećanje produktivnosti. U današnje vreme, pored ova dva zahteva, postavlja se i ekološki zahtev smanjenja emisije dimnih gasova i određivanje uticaja te emisije na okolinu [1]. Novi zakoni o zaštiti životne sredine, kako u Evropskoj uniji, tako i u svetu, su sve oštrije, i nameću potrebu za sve čistijim tehnologijama, što se odnosi i na zavarivanje.

Dim od zavarivanja je aerosol koji sadrži veoma male čestice formirane kroz kompleksne procese isparavanja-kondenzacije-oksidacije tokom



zavarivanja. Hemijski sastav čestica i količina dima zavisi od postupka zavarivanja, hemijskog sastava osnovnog i dodatnog materijala, zaštitnog gasa, prisustva prevlaka, kao i vremena i učestanosti izloženosti [2]. Oko 90-95% dima potiče od dodatnog materijala, a samo mali procenat od osnovnog materijala. Jedini slučaj kada je osnovni materijal značajni faktor u emisiji dima je ako on ili njegova površina sadrži veoma toksične elemente, poput olova, kadmijuma, hroma i sl. Pored ovih faktora, istraživanja su pokazala da na stvaranje dima utiče i vrsta i jačina struje, napon luka, prečnik žice, brzina zavarivanja [3].

Dim od zavarivanja dospeva u telo zavarivača najvećim delom udisanjem, zbog malog prečnika čestica (0.1-5 μ m), mada se može i progutati preko kontaminirane vode i hrane, ili se apsorbovati preko kože. Uticaj na zdravlje zavisi od specifičnih metala koji su prisutni u dimu, i kreće se od kratkotrajne slabosti, poput groznice, pa do dugotrajnog oštećenja pluća i neuroloških oboljenja, poput raka pluća i Parkinsonove bolesti [4].

Pored dima, pri zavarivanju se stvaraju i gasovi, i to ugljendioksid (CO_2), ugljenmonoksid (CO), azotni oksidi (NO_x), sumpordioksid (SO_2) i ozon (O_3).

Ugljendioksid (CO_2) je gas bez boje i mirisa, prisutan u atmosferi usled kruženja ugljenika u prirodi. Međutim, istovremeno je i gas sa efektom staklene bašte, koji ima veliku ulogu u globalnom zagrevanju i klimatskim promenama. Koncentracija ugljendioksida u atmosferi se sve više povećava usled povećanja korišćenja fosilnih goriva u industriji, transportu i sl. Razvijene zemlje su postavile cilj - smanjenje emisije ugljendioksida u narednom periodu, uglavnom kroz korišćenje alternativnih izvora energije i unapređenje postojećih tehnologija. Pored uticaja na klimatske promene, CO_2 je opasan po zdravlje čoveka. Duže izlaganje povećanim koncentracijama CO_2 izaziva ubrzano disanje, lupanje srca, osećaj iscrpljenosti i intenzivnu glavobolju, a u izuzetnim slučajevima i smrt. Pošto je CO_2 teži od vazduha, zadržava se u nižim delovima prostorije, pa na to treba obratiti posebnu pažnju.

Ugljenmonoksid (CO) je gas bez boje, mirisa i ukusa i ne može se osetiti čulima. Može nastati nepotpunim sagorevanjem obloge elektrode ili punjenja žice, ili korišćenjem i disocijacijom CO_2 . Izlaganje CO sprečava crvena krvna zrnca da prenose kiseonik do tkiva i organa, i dolazi do brzog gušenja. Zavarivanje po pravilu ne stvara visoke koncentracije ugljenmonoksida; do njih najčešće dolazi pri zavarivanju u skućenim i

zatvorenim prostorima. Opasnost od nedostatka kiseonika postoji i u slučaju zavarivanja sa inertnim zaštitnim gasom u zatvorenom prostoru.

Sumpordioksid (SO_2) spada u grupu veoma reaktivnih gasova. To je toksičan gas sa neprijatnim mirisom koji se stvara u različitim industrijskim procesima, pa tako i u zavarivanju. Najveći izvor emisije SO_2 je sagorevanje uglja u termoelektranama. Povezan je sa brojnim štetnim efektima na respiratorni sistem, i svrstan je u pet glavnih zagađivača. Dosadašnja istraživanja su pokazala da kratkotrajna izlaganja ovom gasu od 5 minuta do 24 sata povećavaju mogućnost respiratornih problema poput bronhitisa i astme.

Ozon i azotni oksidi nastaju interakcijom ultravioletnog zračenja (iz električnog luka) sa okolnim vazduhom. Ove komponente iritiraju oči, nos i grlo. Visoke koncentracije izazivaju nedostatak daha, bolove u grudima, tečnost u plućima i druge bolesti pluća.

2. METALNE PUNJENE I SAMOZAŠTITNE ŽICE

MIG/MAG postupak zavarivanja je poznat još od polovine dvadesetog veka, i smatra se da je danas zastupljen sa 70% u ukupnim zavarivačkim radovima, sa tendencijom daljeg rasta. Dodatni materijali za ovaj postupak mogu biti u obliku pune, punjene i samozaštitne žice. Punjene žice imaju jezgro koje sadrži legirajuće elemente, stabilizatore luka, dezoksidatore, denitratore i elemente za formiranje troske. Obezbeđuju bolje uvarivanje, ravnomerniji prenos dodatnog materijala, manje rasprskavanje i lakše zavarivanje u odnosu na punu žicu. U zavisnosti od hemijskog sastava jezgra, dele se na rutilne, bazne i metalne punjene žice. Metalne punjene žice predstavljaju noviju generaciju punjenih žica kojima se u punjenje dodaju metalne komponente, čime se istovremeno obezbeđuje visoka produktivnost prahom punjenih žica i velika brzina topljenja žice. Jezgra ovih žica sadrže Si, Mn, Al, Zr, Cr, Ni, Mo i V (kao legirajuće elemente, dezoksidatore i denitratore), dok dodatka za obrazovanje troske gotovo da i nema [5]. Ovi elementi su dodati u jezgro u obliku metalnog praha, metalnih oksida ili ferolegura. Pored ovih elemenata, u jezgru se nalaze Ca, Na, K i Ba, uglavnom u obliku karbonata i silikata. Punjenje omogućava prečišćavanje metala šava, dezoksidaciju, legiranje, veću stabilnost električnog luka, stvaranje kapi. Iako su po obliku i punjenju sličnije prahom punjenim žicama, po svojstvima su sličnije punim žicama.



Glavne karakteristike metalnih punjenih žica su velika brzina topljenja, manja poroznost šava, odlična zavarljivost, malo razbrizgavanje, pogodne za zavarivanje šavova sa više zavara popune jer nema čišćenja troske, veliki koeficijent iskorišćenja (90-98%). Jedna od značajnijih prednosti metalnih punjenih žica u odnosu na prah je značajno smanjena emisija dimnih gasova, čak 20-50% niža u odnosu na klasične punjene žice.

Samozaštitne žice su vrsta punjenih žica koje ne zahtevaju dodatnu zaštitu gasa i idealne su za primenu na otvorenom, jer oslobađaju veliku količinu dimnih gasova. Zona zavarivanja je zaštićena gasovima i metalnim dimom nastalim sagorevanjem i razlaganjem elemenata u jezgru žice. Mogućnost zavarivanja bez zaštitnog gasa je ostvarena dodavanjem odgovarajućih količina dezoksidatora i denitratora, pre svega Al, Ti i Zr, kao i Mn, Ni i Si. Posebna pažnja se posvećuje

smanjenju sadržaja formiranih nitrida dodavanjem aluminijuma, pa spojevi zavareni samozaštitnom žicom generalno imaju veći sadržaj aluminijuma, što se očekuje i u zavarivačkom dimu. Gasna zaštita se stvara dodavanjem nisko topljivih i lako isparljivih jodida, bromida, hlorida i fluorida alkalnih i zemnoalkalnih metala. Kod starijih generacija samozaštitnih žica zabeležena je povećana toksičnost emitovanih hemijskih štetnosti, pre svega heksavalentnog hroma, ali su kod novijih generacija ove emisije značajno smanjene.

3. EKSPERIMENT

Ploče mikrolegiranog čelika, klase P460NL1, debljine 14 mm, čiji je hemijski sastav dat u tabeli 1, su zavarene punjenim žicama. Kao dodatni materijali, korišćene su metalna punjena žica Filtub 12M (ϕ 1.2 mm) i samozaštitna žica Coreshield 8 (ϕ 1.6 mm), hemijskog sastava datog u tabeli 2.

Hemijski elementi [maseni %]										
C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	V	Nb	Ti
0.15	0.38	1.70	0.015	0.0021	0.031	0.63	0.037	0.099	0.038	0.004

Tabela 1. Hemijski sastav osnovnog materijala

Dodatni materijali	Hemijski elementi [maseni %]					
	C	Si	Mn	P	S	Al
Filtub 12M-metalna punjena žica	0.05	0.55	1.40	-	-	-
Coreshield 8-samozaštitna žica	0.17	0.1	0.5	0.010	0.003	0.5

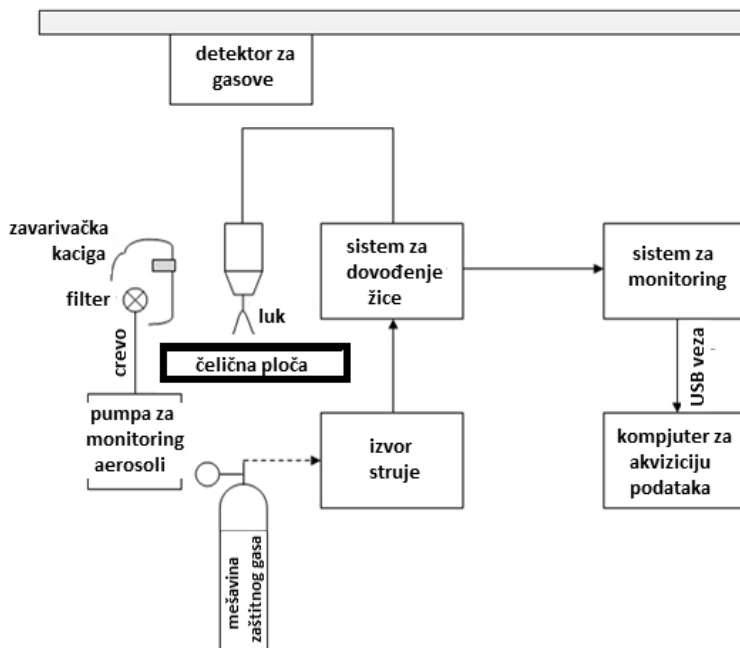
Tabela 2. Hemijski sastav dodatnih materijala

Zavarivanje je izvedeno pomoću uređaja za MIG/MAG zavarivanje Kemppi Fast MIG Pulse 350. Uređaj je snabdeven i sistemom za praćenje podataka u realnom vremenu, odnosno monitoring napona, jačine struje i brzine dovođenja žice tokom zavarivanja.

Kao zaštitna atmosfera za metalnu punjenu žicu korićena je smeša 93%Ar+5.9%CO₂+1.1%O₂ (smeša M33 prema EN 439), protoka 12 l/min za koreni prolaz i 18 l/min za prolaz popune.

Ploče su zavarene u pet prolaza: koreni prolaz i četiri prolaza popune, prosečnom strujom zavarivanja 120A za koreni prolaz i 220A za prolaze popune.

Kvalitativno i kvantitativno određivanje emisije dimnih gasova i prašine tokom zavarivanja određivano je na aparaturi prikazanoj na slici 1. Ugljendioksid, ugljenmonoksid i sumpordioksid mereni su direktno instrumentom-detektorom za više gasova, MSA AUER ORION. Tip detektora za ugljendioksid je infracrveni senzor, tip detektora za toksične gasove (ugljenmonoksid i sumpordioksid) je elektrohemijski senzor. Ukupna prašina je merena direktno sistemom za monitoring aerosoli, Casella Microdust Pro. Izloženost hemijskim štetnostima se uvek meri u zoni udisanja, pa je filter prikupljanje uzoraka postavljen na zaštitnu masku zavarivača, slika 2.



Slika 1. Aparatura za kvalitativno i kvantitativno određivanje emisije dimnih gasova i prašine tokom zavarivanja



Slika 2. Zavarivačka maska sa filterom za prikupljanje uzoraka

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Početni uslovi radne okoline u radionici, kao i maksimalno dozvoljene koncentracije detektovanih

gasova, prikazani su u tabeli 3, a izmerene vrednosti koncentracija ispitivanih hemijskih štetnosti i ukupne prašine pri zavarivanju metalnom punjenom i samozaštitnom žicom u tabeli 4.

Početne koncentracije ispitivanih hemijskih štetnosti, (mg/m ³)		Maksimalno dozvoljene koncentracije, (mg/m ³)
SO ₂	0.77	5
CO	1.6	55
CO ₂	910	9000
Ukupna prašina	0.937	15

Tabela 3. Početni uslovi radne okoline

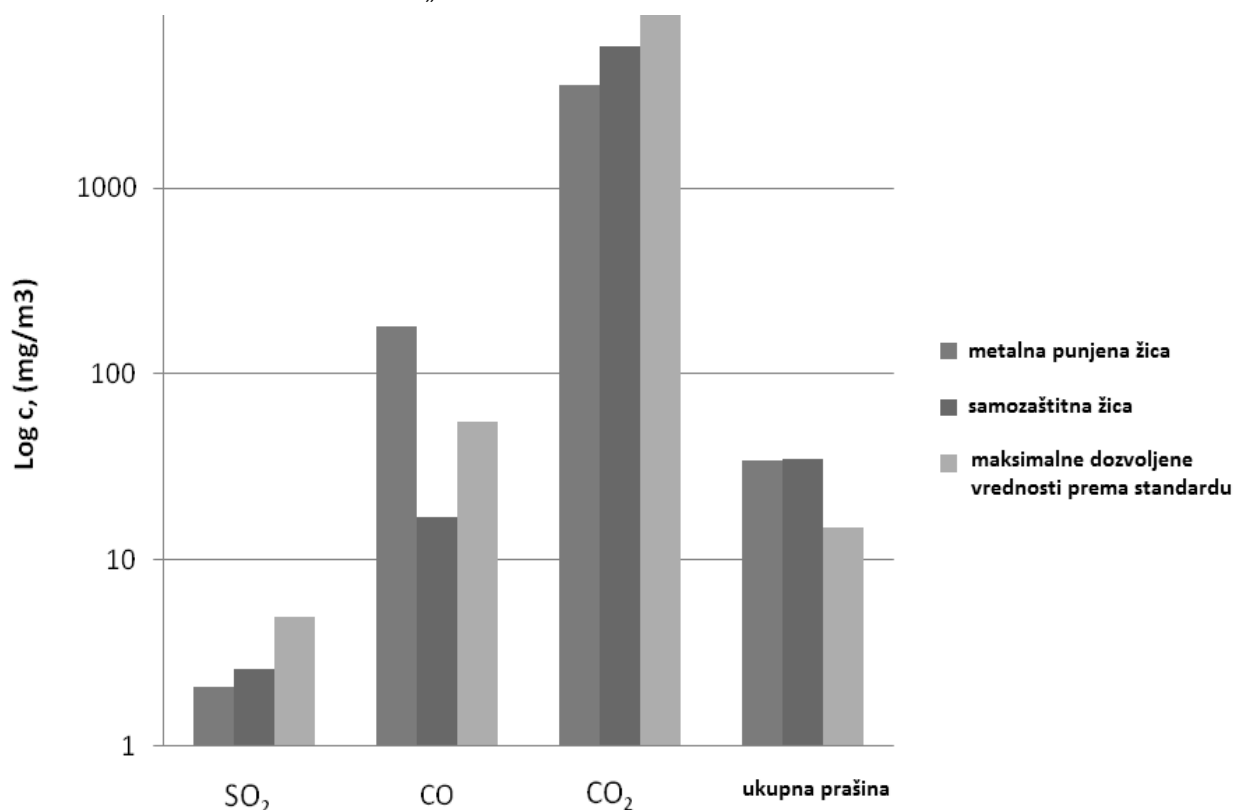


	Koncentracija gasova, mg/m ³			
	SO ₂	CO	CO ₂	Ukupna prašina
Filtub 12M- metalna punjena žica	2.09	181	3590	35.11
Coreshield 8-samozaštitna žica	2.62	17.2	5760	35.20

Tabela 4. Izmerene koncentracije gasova u dimu od zavarivanja i ukupne prašine

Izmerene vrednosti pri zavarivanju sa obe žice su poređene sa vrednostima propisanim nacionalnim standardom SRPS Z.BO.001/1:2007 „Maksimalno

dozvoljene koncentracije škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostora i radilišta“, i prikazane su na slici 3.



Slika 3. Poređenje izmerenih koncentracija gasova u dimu od zavarivanja sa vrednostima prema standardu

Pri zavarivanju sa metalnom punjenom žicom, može se konstatovati da ukupna prašina izmerena pri zavarivanju (34.20 mg/m³) je veća od vrednosti dozvoljene standardom (15 mg/m³), kao i koncentracija CO (181 mg/m³ prema dozvoljenih 55 mg/m³). Pri zavarivanju samozaštitnom žicom, takođe se uočava da je ukupna prašina iznad vrednosti propisane standardom (35.20 mg/m³), dok su ostale vrednosti koncentracija hemijskih štetnosti u dimu od zavarivanja su u okviru dozvoljenih vrednosti.

Veća koncentracija CO₂ pri zavarivanju samozaštitnom žicom u odnosu na metalnu punjenu žicu je verovatno posledica povećanog

prisustva karbonata i celuloze u punjenju ovih žica, čijim sagorevanjem nastaje gasna zaštita.

Koncentracija emitovanog CO kod metalne punjene žice je deset puta veća u odnosu na samozaštitnu žicu i tri puta veća od maksimalno dozvoljene koncentracije. Visok nivo CO pri zavarivanju sa metalnom punjenom žicom je najverovatnije posledica nepotpunog sagorevanja punjenja, kao i razlaganja CO₂ koji je korišćen kao zaštitni gas, a kojeg nije bilo pri zavarivanju samozaštitnom žicom. Imajući u vidu toksičnost ugljenmonoksida i činjenicu da se pri zavarivanju uobičajeno ne stvara tako velika koncentracija CO, pojačana ventilacija i zaštitna oprema za disanje moraju biti obavezni.



Koncentracije SO₂ i ukupne prašine pri zavarivanju sa obe žice su približno iste. Pri tome treba imati u vidu da su koncentracije SO₂ ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija, dok je koncentracija ukupne prašine u oba slučaja dva puta veća od dozvoljene.

5. ZAKLJUČAK

Dimni gasovi kao posledica elektrolučnog zavarivanja, predstavljaju nepoželjnu i štetnu emisiju u okolinu. Emisija dimnih gasova, njena količina i hemijski sastav, zavise od brojnih faktora. U ovom radu je istraživana uticaj vrste dodatnog materijala na emisiju dimnih gasova. Na osnovu sprovedenih istraživanja, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Metalne punjene žice i samozaštitne žice su relativno novi dodatni materijali i o njihovoj upotrebi nema dovoljno eksperimentalnih podataka. Iako su skuplje od punih žica (20-25%), rad sa njima obezbeđuje stabilan luk, dobro uvarivanje i malo rasprskavanje. Imajući u vidu da dodatni materijal predstavlja 10-15% cene ukupnih troškova, opravdana je njihova upotreba u cilju dobijanja kvalitetnijeg zavarenog spoja.
- Nove generacije metalnih punjenih žica, zahvaljujući posebnoj tehnologiji, imaju značajno smanjenu emisiju dimnih gasova, čak 20-50% nižu u odnosu na klasične punjene žice. Eliminacija zaštitnog gasa kod samozaštitne žice kao njihova prednost je istovremeno i nedostatak u pogledu emisije dimnih gasova.
- Koncentracije emitovanih SO₂ i CO₂ za obe žice su ispod graničnih dozvoljenih vrednosti. Nešto veća koncentracija CO₂ kod samozaštitnih žica je verovatno posledica većeg prisustva karbonata i celuloze u punjenju, čijim sagorevanjem nastaje gasna zaštita.
- Koncentracija emitovanog CO kod punjenih žica je deset puta veća nego kod samozaštitnih žica i tri puta veća od maksimalno dozvoljene koncentracije. To je posledica nepotpunog sagorevanja, kao i razlaganja CO₂ kao komponente zaštitnog gasa. Imajući u vidu toksičnost CO, moraju se sprovesti odgovarajuće mere zaštite, poput poboljšane ventilacije i obaveznog nošenja zaštitne opreme.
- Na osnovu svega navedenog, može se konstatovati da sprovedena istraživanja nisu pokazala veću toksičnost samozaštitnih žica u

odnosu na metalne punjene žice. Naravno, dalja istraživanja se moraju fokusirati na detaljnijoj analizi drugih toksičnih elemenata za koje se pretpostavlja da su prisutni u obe žice.

ZAHVALNOST

Rad je proizašao iz istraživanja na projektu TR 35024 „Istraživanje mogućnosti unapređenja tehnologije zavarivanja mikrolegiranih čelika“, finansiranom od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Myers, D., Metal cored wires:advanteges and disadvantages, *Welding journal* (2002) 81 (9), pp. 39-42
- [2] Lyttle, K., Optimizing consumable selection increases productivity, decreases fumes, *Gases&Welding distribution*, (2004) March/April: 45-7
- [3] Pires, I., Quintino, L., Miranda, R.M., Gomes, J.F.P., Fume emissions during gas metal arc welding, *Toxicological&Environmental Chemistry*, July-Sept. (2006) 88 (3), pp. 385-394
- [4] Pires, I., Quintino, L., Amaral, V., Rosado, T., Reduction of fume and gas emissions using innovative gas metal arc welding variants, *Int J Adv Manuf Technol* (2010) 50, pp. 557-567
- [5] Lakota, I., Bregant, M., Šolar, M., Metalne punjene žice, *Zavarivanje i zavarene konstrukcije*, (3/2009), pp. 112-118

INFLUENCE OF THE SOFT ZONE ON THE STRENGTH OF WELDED MODERN HSLA STEELS

UTICAJ MEKE ZONE NA ČVRSTOĆU ZAVARENIH MODERNIH ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE

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:

Januar 2015.

Adresa autora / Author's address:

¹ Graz University of Technology, Inst. for Materials Science and Welding, Kopernikusg. 24, 8010 Graz, Austria

²Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

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

Key words: Soft zone; constraint effect; HSLA Steel; Gas Metal Arc Welding; TMCP

Ključne reči: Meka zona, efekat ograničenja; čelici povišene čvrstoće; zavarivanje u zaštiti gasa; TMCP

ABSTRACT

This study investigates the influence of softening in the heat affected zone of welds and the constraint effect on the transverse tensile strength of microalloyed, thermomechanically controlled processed (TMCP) high strength steel grade. The welding was performed by MAG-Puls with three different levels of energy input to establish soft zones with varied extensions. Furthermore the thickness of the samples was reduced by milling to investigate the constraint effect at increased ratios of width of the soft zone to thickness on the transverse tensile strength of the welds. Although this modern steel is based on different concepts and shows significantly different behaviour, (also with respect to weldability), in comparison to with classical quenched and tempered (QT) steels, it was found in this work that the established criteria for the restriction of the soft zone width still can be applied.

INTRODUCTION

Modern hot rolled high strength low alloy (HSLA) steel grades are applied in a wide range, e.g. for construction machines and cranes, automotive and truck industry, pipelines, construction engineering and shipbuilding. [1,2,3].

These types of steel are microalloyed with Ti, Nb and V and are produced by a thermomechanical controlled process (TMPC). They are characterized by increased strength and toughness together with low carbon equivalents and therefore excellent weldability,

APSTRAKT

U ovoj studiji se istražuje uticaj omekšavanja u zoni uticaja toplote zavarenog spoja i efekta ograničenja na poprečnu zateznu čvrstoću, mikrolegiranih, termomehanički kontrolisanim postupcima obrađenih (TMCP) čelika povišene čvrstoće. Zavarivanje je sprovedeno pomoću MAG/MIG impulsnog postupka sa tri različita nivoa unosa energije kako bi se stvorile meke zone sa različitim izduženjima. Šta više, debljina uzoraka je smanjena glodanjem da bi se istražio efekat ograničenja pri rastućem odnosu širine meke zone i debljine, na poprečnu zateznu čvrstoću zavarenog spoja. Mada su ovi moderni čelici zasnovani na različitim konceptima i pokazuju značajno različito ponašanje (takođe i vezano za zavarljivost) u poređenju sa klasičnim kaljenim i otpuštenim (QT) čelicima, ustanovljeno je da se uspostavljeni kriterijumi za ograničenje širine meke zone još uvek mogu primeniti.

UVOD

Moderni, vruće valjani, niskolegirani čelici povišene čvrstoće (HSLA) se široko primenjuju, na pr. za konstrukcije mašina i kranova, industriji automobile i kamiona, cevovodima, građevinarstvu i brodogradnji. [1,2,3].

Ovi tipovi čelika su mikrolegirani sa Ti, Nb i V a proizvode se termomehanički kontrolisanim procesom (TMPC). Karakterišu se istovremenom povećanom čvrstoćom i žilavošću uz mali ugljenikov ekvivalent i zato odličnom zavarljivošću,

especially in sense of reduced preheating requirements and reduced susceptibility to cold cracking [1,2,4].

To enable such outstanding and in some degree contradictory properties it is necessary to optimize the contributions of the basic strengthening mechanisms [1,2]:

- ⇒ solid solution strengthening by substitutional and interstitial elements like Mn, Si, C or N
- ⇒ grain refinement
- ⇒ precipitation strengthening
- ⇒ transformation strengthening
- ⇒ dislocation strengthening

The contributions of the strengthening mechanisms are controlled by steel chemistry and thermomechanical treatment in combination with controlled cooling. During hot rolling the recrystallization of the deformed austenite is delayed by soluted microalloying elements Ti and Nb and its precipitations as carbonitrides. The deformed austenite transforms after finishing rolling into dislocation enriched fine grained transformation products. The types and amounts of resulting transformation products like ferrite, bainite or martensite depend on the cooling patterns and amount of transformation retarding elements (e.g. C, Mn, Ni, Mo, B). The amount of precipitation hardening is achieved by titanium-niobium carbonitrides and vanadium carbides [1,2,4].

It is not possible to obtain or restore the properties achieved by TMCP by a thermal heat treatment after hot rolling. Therefore, it is not surprising that softening may occur in the heat affected zone (HAZ) of welds, especially at increased energy input. This local softening does not however necessarily impair the global strength due to the constraints of the stronger weld metal and unaffected base metal [2].

For conventional steels a criterion was established in the 1970ies which suggests that the width of the soft zone should not exceed 25% of the welded plate thickness [5]. This study focuses on the influence of softening in the heat affected zone of welds and the constraint effect on the transverse tensile strength of a thermomechanically rolled and microalloyed high strength steel grade. Subsequently to a literature review, experimental results of welds of a TMCP steel with a minimum yield strength of 700MPa is given. The welding was performed by gas metal arc welding with three different levels of energy input to establish soft zones with varied extensions.

posebno u smislu smanjenja zahteva za predgrevanjem i smanjene osetljivosti na hladne prsline. [1,2,4].

Da bi se omogućila takva izvanredna i u nekom stepenu, kontradiktorna svojstva, neophodno je optimizovati doprinos osnovnih mehanizama ojačanja [1,2]:

- ⇒ Ojačavanje čvrstim rastvorom, supstitucijskim i intersticijskim elementima kao što su Mn, Si, C ili N
- ⇒ Rafinacija zrna
- ⇒ Taložno otvrdnjavanje
- ⇒ Ojačavanje transformacijom
- ⇒ Dislokaciono ojačavanje

Doprinosi mehanizama ojačavanja kontrolišu se hemijskim sastavom čelika i termomehaničke obrade u kombinaciji sa kontrolisanim hlađenjem. Tokom toplog valjanja, rekristalizacija deformisanog austenita je zakasnela zbog rastvorenih mikrolegirajućih elemenata Ti i Nb i njihovih taloga kao karbonitrida. Deformisani austenit se transformiše posle završnog valjanja u finozrne proizvode transformacije, obogaćene dislokacijama. Tipovi i udeli rezultujućih proizvoda transformacije kao što su ferit, bainit ili martenzit, zavisi od načina hlađenja i udela elemenata koji usporavaju transformaciju (na pr. C, Mn, Ni, Mo, B). Udeo taložnog otvrdnjavanja se postiže titan-niobijum karbonitridima i vanadijum karbidima [1,2,4].

Nije moguće postići ili vratiti osobine postignute pomoću TMCP nekom termičkom obradom posle vrućeg valjanja. Zbog toga nije iznenađujuće to, da se omekšavanje može javiti u zoni uticaja toplote (ZUT) zavarenih spojeva, posebno pri povećanoj količini unete energije. Ova lokalna omekšavanja ne moraju međutim, da imaju obavezni uticaj na ukupnu čvrstoću zato što postoje ograničenja jačim metalom šava i osnovnim materijalom koji nije pod uticajem toplote [2].

Za konvencionalne čelike, kriterijum koji je ustanovljen 1970-ih predlaže da širina meke zone ne prelazi 25% debljine zavarenog lima [5]. Ova studija je usmerena na uticaj omekšavanja u zoni uticaja toplote zavarenih spojeva i efekat ograničenja na poprečnu zateznu čvrstoću termomehanički valjanog i mikrolegiranog čelika povišene čvrstoće. Prema pregledu literature, dati su eksperimentalni rezultati zavarenih spojeva TMCP čelika sa minimalnim naponom tečenja od 700MPa. Zavarivanje je izvedeno zavarivanjem u zaštiti gasa sa tri različita nivoa unete energije radi uspostavljanja mekih zona sa različitim izduženjima.

Furthermore, the thickness of the samples was reduced by milling to investigate the constraint effect at increased relative thicknesses of the soft zone X_{SZ} (ratio of width of the soft zone to plate thickness) on the transverse tensile strength of the welds.

LITERATURE REVIEW

A description of possible softening phenomena in the HAZ of low alloyed steel welds is followed by a survey of investigations concerning the impact of a soft zone on the static transversal strength of welds.

Softening phenomena in the HAZ of low alloy steel welds

The amount of softening in the HAZ of steel welds depends on the applied strengthening mechanisms and their susceptibility to and behaviour at thermal heat treatment. The reduction of strength in the adjacent region to welds is observed for steel types whose strength is based of non-equilibrium microstructure and consist of metastable transformation microstructure or which are in a condition which cannot be restored by a thermal heat treatment. Precipitations could contribute to softening by their coarsening or could balance the decrease in strength by formation of new ones.

In this section softening effects in the HAZ of quenched and tempered steels (QT) are compared with that of microalloyed TMCP steels. Softening of further low alloyed steel types e.g. dual phase steels (DP 980) are discussed elsewhere [6].

The softening effects within the soft zone can be classified according to the occurring peak temperature: *tempering softening* is present below and *transformation softening* above the A_1 temperature. This classification originated from investigation of QT structural steels by *Mennen* [7] and *Müller* [8].

Microstructure of QT steels usually consists of a metastable transformation microstructure of martensite or bainite, which is tempered during production process after the hardening treatment at temperatures below the transformation point A_1 [8]. These tempering processes include carbon rejection of the supersaturated martensite, transformation of metastable carbides to stable ones or coarsening / spheroidization of carbides and recrystallization of grains [4]. Comparable tempering processes occur in the HAZ of welds. The possibility to stabilize the strength by means of precipitation hardening by carbide formation of other alloying elements like Cr, V or Ti was mentioned in [7].

Šta više, debljina uzoraka je smanjena glodanjem kako bi se istraživao efekat ograničenja na povećanoj debljini meke zone X_{SZ} (odnos širine meke zone i debljine lima) na poprečnu zateznu čvrstoću zavarenih spojeva.

LITERATURNI PREGLED

Opis moguće pojave omekšavanja u ZUT zavarenih spojeva na niskolegiranim čelicima praćen je pregeledom istraživanja koja se odnose na uticaj meke zone na statičku poprečnu čvrstoću zavarenih spojeva.

Pojava omekšavanja u ZUT zavarenih spojeva niskolegiranog čelika

Udeo omekšavanja ZUT zavarenih spojeva čelika zavisi od primenjenih mehanizama ojačavanja i njihove osetljivosti na ponašanje pri termičkim obradama. Smanjenje čvrstoće u susednoj oblasti zavarenog spoja zapaženo je kod tipova čelika čija je čvrstoća zasnovana na neravnotežnoj strukturi koja se sastoji se od mikrostrukture metastabilne transformacije u uslovima koji se ne mogu vratiti termičkim obradama. Talozni mogu da doprinesu omekšavanju zbog svoje gruboće ili mogu da balansiraju smanjenje čvrstoće stvaranjem novih.

U ovom delu su omekšavajući efekti u ZUT kaljenog i otpuštenog (QT) čelika upoređeni sa mikrolegiranim TMCP čelicima. O omekšavanju narednih niskolegiranih čelika na pr. dvofazni čelici (DP 980) diskutovano je negde drugde [6].

Efekti omekšavanja unutar meke zone mogu se klasifikovati prema vršnoj temperaturi koja se javlja: *omekšavanje žarenjem* je prisutno ispod i *omekšavanje transformacijom* iznad A_1 temperature. Ovu klasifikaciju koja je nastala iz istraživanja QT konstrukcionih čelika dali su *Mennen* [7] i *Müller* [8].

Mikrostruktura QT čelika se obično sastoji od mikrostrukture metastabilne transformacije, martenzita ili beineta, koji sužareni tokom procesa proizvodnje posle kaljenja na temperaturama ispod tačke transformacije A_1 [8]. Ovi procesi žarenja obuhvataju odbacivanje ugljenika iz superzasićenog martenzita, transformaciju metastabilnih karbida u stabilne ili ogrubljanje/sferoidizaciju karbida i rekristalizaciju zrna [4]. Uporedivi procesi žarenja javljaju se u ZUT zavarenih spojeva. Mogućnost da se stabilizuje čvrstoća preko taložnog ojačavanja stvaranjem karbida drugih legirajućih elemenata poput Cr, V ili Ti pomenuta je u [7].

If the hardened microstructure is exposed to temperatures above A_1 temperature and cooled subsequently to welding, the austenite decomposes to microstructures with reduced strength e.g. ferrite or bainite [9]. It has to be noted that this behaviour strongly depends on the chemical composition of the steel and therefore its transformation behaviour.

As mentioned above, TMCP steels are susceptible to softening in the HAZ too [2,10,11]. *Wallner et al* [11] schematically compared the formation of soft zones for QT and TMCP steels with comparable yield strength, see Fig. 1. Tempering softening is less pronounced for microalloyed TMCP steels due to a beneficial precipitation hardening effect and less transformation hardened microstructure. Nevertheless, overageing of already existing precipitations or recovery of dislocations or other defects could possibly lower the hardness in the region which was exposed to temperatures below A_1 temperature.

Ako se ovrđnuta mikrostruktura izlaže temperaturama iznad A_1 temperature i hladi naknadno do zavarivanja, austenit se raspada na mikrostrukture koje smanjuju čvrstoću na pr. ferit ili bainit [9]. Važno je naglasiti da ova pojava jako zavisi od hemijskog sastava čelika i zbog toga, njegovih pojava transformacija.

Kao što je ranije pomenuto, TMCP čelici su takođe osetljivi na omekšavanje u ZUT [2,10,11]. *Wallner i dr.* [11] su šematski uporedili nastajanje mekih zona kod QT i TMCP čelika sa sličnim naponom tečenja, videti sl. 1. Omekšavanje žarenjem je manje izraženo kod mikrolegiranih TMCP čelika usled povoljnog efekta precipitacionog ojačavanja i mikrostrukture otvrdnute sa manje transformacije. Ipak, preterano starenje već postojećeg taloga ili oporavak dislokacija ili drugih defekata mogu da smanje tvrdoću u oblasti koja je izložena temperaturama ispod A_1 temperature.

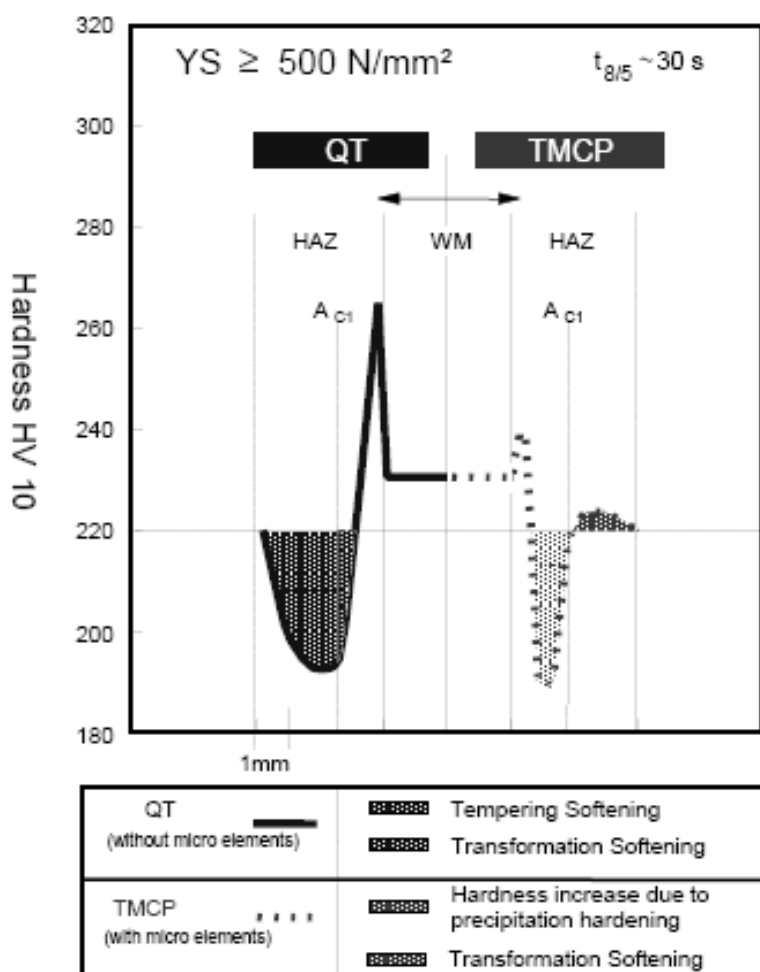


Fig. 1. Schematic comparison of the soft zone of a QT (left) and a TMCP steels (right) [11]

Sl. 1. Šematsko upoređenje meke zone QT (levo) i TMCP čelika (desno) [11]

Contrary, thermomechanically treated microstructure changes irreversible if the microstructure is exposed to temperatures above A_1 temperature (transformation softening). Whilst the subsequent cooling, the generated austenite transforms to microstructures with less defect density and coarser grain size.

Furthermore at low austenitizing temperatures, precipitations could not be dissolved sufficiently and re-precipitation as fine and strength improvement particles is not possible during the subsequent cooling [4]. The preservation of transformation strength effect during cooling of the HAZ region depends on the chemical composition and transformation retardation of the steel.

Summarized, softening in the HAZ of TMCP welds is mainly restricted to transformation softening. The resulting width of soft zone is smaller for TMCP steels in comparison to QT steels.

Strength of welds with a soft zone under quasi static transverse tension

First systematic investigations and analytic descriptions concerning the behaviour of welded joints including a soft interlayer under transverse tension were carried out by *Shron and Bakshi* [12] and *Satoh and Toyoda* [13,14]. Further developments were done by e.g. *Ostsemin* [15].

Recently finite element simulations of the problem were carried out by e.g. *Rodrigues et al* [16] or *Mochizuki et al* [17].

These investigations describe the stress state and deformation behaviour within the soft interlayer and strength of the entire sample under transverse tension. Main influencing factors are the ratio of width of the soft zone to the sample thickness, called relative thickness X_{SZ} , and the differences in mechanical properties (yield strength, strain hardening, tensile strength) of the soft zone and the adjacent materials.

The tensile strength of the joint is continuously reduced with increasing relative thickness of the soft zone. Critical values of relative thickness which cause a significant strength loss of the weldment in comparison to the base material vary from 0.25 [11] to 1 [2]. These variations might be attributed to the differences in investigated materials and their mechanical properties.

Furthermore, influence of the sample cross section [14] and specimen size effects [10,14] on the static tensile strength was reported.

Nasuprot tome, promene termomehanički obrađene mikrostrukture su nepovratne ako je mikrostruktura izložena temperaturama iznad A_1 temperature (transformaciono omekšavanje). Dodatnim hlađenjem, stvoreni austenit se transformiše u mikrostrukture sa manjom gustinom defekata i grubljim zrnom.

Šta više, pri niskim temperaturama austenitizacije, talozi ne mogu dovoljno da se rastvore i ponovno taloženje u obliku finih čestica koje povećavaju čvrstoću, nije moguće tokom dodatnog hlađenja [4]. Očuvanje efekta čvrstoće transformacijom, tokom hlađenja oblasti ZUT zavisi od hemijskog sastava i ostataka transformacije čelika.

Zbirno, omekšavanje u ZUT zavarenih spojeva TMCP je uglavnom ograničeno na transformaciono omekšavanje. Rezultujuća širina meke zone je manja kod TMCP čelika u poređenju sa QT čelicima.

Čvrstoća zavarenih spojeva sa mekom zonom pod kvazi statičkim poprečnim zatezanjem

Prva sistematična istraživanja i analitički opis koji se odnosi na ponašanje zavarenih spojeva, uključujući meki međusloj pod poprečnim zatezanjem, sproveli su *Shron i Bakshi* [12] i *Satoh i Toyoda* [13,14]. Sledeći razvoj je uradio na pr. *Ostsemin* [15].

Nedavne simulacije konačnim elementima ovog problema sproveli su na pr. *Rodrigues i dr.* [16] or *Mochizuki i dr.* [17].

Ova istraživanja opisuju stanje napona i deformacija unutar mekog međusloja i čvrstoću celog uzorka pod poprečnim zatezanjem. Glavni uticajni faktori su odnos širine meke zone i debljine uzorka, nazvan relativna debljina X_{SZ} , i razlike u mehaničkim osobinama (napon tečenja, deformaciono ojačavanje, zatezna čvrstoća) meke zone i okružujućeg materijala.

Zatezna čvrstoća spoja se kontinualno smanjuje sa porastom relativne debljine meke zone. Kritične vrednosti relativne debljine koje uzrokuju značajno smanjenje čvrstoće zavarene komponente u poređenju sa osnovnim materijalom variraju od 0.25 [11] do 1 [2]. Ove varijacije se mogu pripisati razlikama u ispitivanim materijalima i njihovim mehaničkim osobinama.

Šta više, uticaj poprečnog preseka uzorka [14] i efekti veličine epruvete [10,14] na statičku zateznu čvrstoću su saopšteni.

Satoh and Toyoda [14] distinct between finite and infinite sample widths. At finite sample width the tensile strength is reduced with decreasing width. If infinite sample width, W_{inf} , can be assumed the measured tensile strength is constant. The conditions of an infinite plate is given for $X_{SZ} \leq 1$ by $W_{inf} = 5$ times sheet thickness and for $X_{SZ} > 1$ by $W_{inf} = 5$ times width of soft zone. The infinite case would be existent in welded constructions and would reduce the impact of softening on the static strength.

The influence of strength properties of the weld metal (strength over-matching, even-matching or under-matching) and its geometrical extension was systematically investigated by Mochizuki et al. [17]

Strength over-matching and increased relative thickness of the weld metal (ratio of weld metal width to sample thickness) balance the influence of HAZ softening.

An additional negative influence of removal of weld reinforcement on the static strength of weldments are mentioned in Ref. 10.

Summarizing important factors which influence the transversal tensile strength and plastic deformation can be grouped as follows

- 1.) geometry: extension in loading direction and geometric shape of the soft zone and the weld metal
- 2.) material: mechanical properties (yield strength, strain hardening, tensile strength) of base metal, weld metal and the different regions of the soft zone

These factors depend on the selected base metal, weld metal, the applied welding process and welding parameters and as well the dimensions and geometry of the joined component.

The influence of HAZ softening on further important properties of weld such as fatigue resistance and fracture toughness is discussed elsewhere e.g fatigue [3,18], fracture toughness [10,19].

EXPERIMENTAL

Base metal

The investigated steel type was a classical TMCP steelstrip, microalloyed with Ti, Nb and V. The microstructure consists mainly of bainite and ferrite. This type of steel derives its strength from grain refinement, precipitation hardening and a less amount of transformation hardening.

Satoh i Toyoda [14] prave razliku između konačne i beskonačne širine uzorka. Na konačnoj širini uzorka, zatezna čvrstoća se smanjuje sa smanjenjem širine. Kod beskonačne širine uzorka, W_{inf} , može se pretpostaviti da je merena zatezna čvrstoća konstantna. Uslovi za beskonačni lim su dati za $X_{SZ} \leq 1$ pomoću $W_{inf} = 5$ puta debljina ploče i za $X_{SZ} > 1$ by $W_{inf} = 5$ puta širina meke zone. Beskonačni slučaj može da postoji u zavarenim konstrukcijama i dovodi do smanjenja uticaja omekšavanja statičke čvrstoće.

Uticaj osobina čvrstoće metala šava (veća čvrstoća "over-matching", slična čvrstoća "even-matching" ili niža čvrstoća "under-matching") i njihovo geometrijsko širenje je sistematski istraživao Mochizuki i dr. [17]

Veća čvrstoća "over-matching" i povećana relativna debljina metala šava (odnos širine metala šava i debljine uzorka) uravnotežavaju uticaj omekšavanja ZUT.

Dodatni negativni uticaj uklanjaja nadvišenja šava na statičku čvrstoću zavarenog elemenata pomenuti su u Ref. 10.

Sumarno prikazano, značajni faktori koji utiču na poprečnu zateznu čvrstoću i plastičnu deformaciju se mogu grupisati na sledeći način:

- 1.) geometrija: proširenje u pravcu opterećenja i geometrijski oblik meke zone metala šava
- 2.) materijal: mehaničke osobine (napon tečenja, deformaciono ojačavanje, zatezna čvrstoća) osnovnog materijala, metala šava i različitih oblasti meke zone

Ovi faktori zavise od odabranog osnovnog materijala, metala šava, primenjenog postupka zavarivanja i parametara zavarivanja kao i dimenzija i geometrijespojene komponente.

Uticaj omekšavanja ZUT na dalje značajne osobine zavarenog spoja kao što su otpornost na zamor i udarna žilavost, diskutovan je na drugim mestima, na pr. zamor [3,18], udarna žilavost [10,19].

EKSPERIMENT

Osnovni materijal

Ispitivani tip čelika je klasična TMCP čelična traka, mikrolegirana sa Ti, Nb i V. Mikrostruktura se sastoji uglavnom od beinita i ferita. Ovaj tip čelika razvija svoju čvrstoću iz rafinacije zrna, taložnog ojačavanja i malog udela transformacionog ojačavanja.

Comparable chemical composition and mechanical properties can be seen in Table 1 and Table 2.

Uporedivi hemijski sastav i mehaničke osobine se mogu videti u tabelama 1 i 2.

C	Mn	Si	Nb ¹	Ti ¹	V ¹	Mo	B
< 0.12	< 2.10	< 0.60	< 0.09	< 0.22	< 0.20	< 0.50	< 0.005

Table 1. Chemical compositions according to EN 10149-2 (mass%) [20]

Tabela 1. Hemijski sastav prema EN 10149-2 (mas.%) [20]

$${}^1 \text{Nb} + \text{Ti} + \text{V} < 0.22$$

Napon tečenja [MPa]	Zatezna čvrstoća [MPa]
≥ 700	750 - 950

Table 2. Mechanical properties according to EN 10149-2 [20]

Tabela 2. Mehaničke osobine prema EN 10149-2 [20]

Welding experiments

The welding was performed by gas metal arc welding with three different levels of energy input to establish soft zones with varied extensions. Two plates (150x500mm, 6mm thickness) were joined by single pass butt welds at each energy input level. The configuration of the joint can be seen in Fig. 2. The single-bevel groove was produced by milling. The two plates were fixed by chuck jaws with a gap of 1mm. Additionally small run-in and run-off plates at the beginning and the end of the joint were used.

A DC power source (Fronius TPS5000) in combination with an automatic straight-line travel carriage was used to perform the pulsed GMAW welding.

Zavarivački eksperimenti

Zavarivanje je izvedeno u zaštiti gasa sa tri različita nivoa unete energije kako bi se uspostavile meke zone različitih širina. Dva lima (150x500mm, 6mm debljine) su spojena jednoslojnim sućeonim spojevima pri svakom unosu energije. Konfiguracija spoja se može videti na sl. 2. Jednostrani žleb je izrađen glodanjem. Dva lima su fiksirana čeljustima držača sa zazorom od 1mm. Dodatno su korišćene male uvedne i izlazne pločice za početak i završetak spoja.

Korišćen je izvor jednosmerne struje DC (Fronius TPS5000) u kombinaciji sa automatizovanom linijom za vođenje "traktora" za izvođenje pulzirajućeg MAG/MIG zavarivanja.

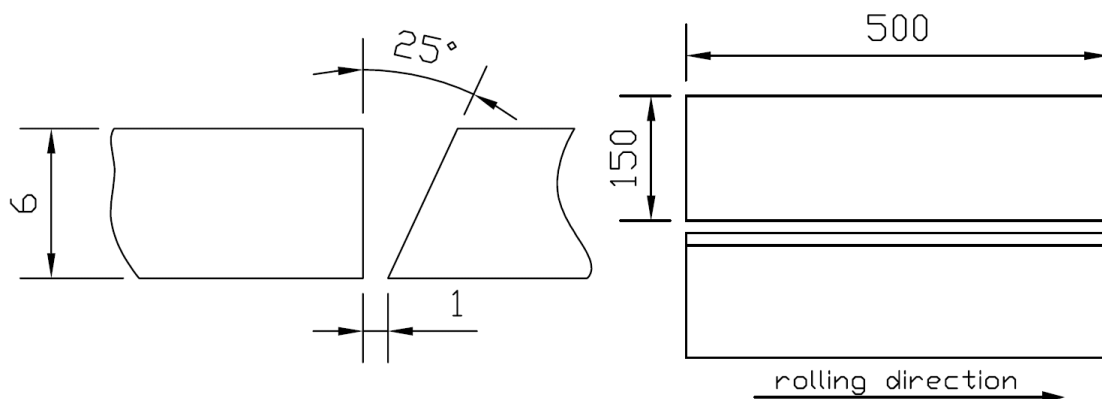


Fig. 1. Geometry of weld preparation and welded plates. Dimensions in mm

Sl. 2. Geometrija pripreme za zavarivanje i zavareni limovi. Dimenzije u mm

The used filler metal was a medium alloy solid wire G 79 5 M Mn4Ni1,5CrMo according to EN 12534 for shielded arc welding [21] with a diameter of 1.2mm. Typical chemical composition and the mechanical properties of the weld metal are shown in Table 3 and 4.

Korišćeni dodatni material je srednje legirana žica G 79 5 M Mn4Ni1,5CrMo prema EN 12534 za zavarivanje u zaštiti gasa [21] prečnika od 1.2mm. Tipični hemijski sastav i mehaničke osobine metala šava su prikazane u tabelama 3 i 4.

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0.09	0.7	1.7	0.3	0.6	1.85

Table 3 Typical chemical composition of filler material (mass %) [22]

Tabela 3 Tipični hemijski sastav dodatnog materijala (mas. %) [22]

Napon tečenja [MPa]	Zatezna čvrstoća [MPa]
> 770	> 880

Table 4 Mechanical properties of weld metal [22]

Tabela 4 Mehaničke osobine metala šava [22]

Shielding gas M21 (Ar + 18% CO₂) according to EN 439 [23] was applied with a mass flow of 15l/min.

Zaštitni gas M21 (Ar + 18% CO₂) prema EN 439 [23] je primenjen sa protokom od 15l/min.

Three different energy input levels were achieved with constant average voltage of 22V and average current of 210A and three different weld speeds: 55cm/min, 42.5cm/min and 30cm/min. The calculated energy inputs and measured cooling times $t_{8/5}$ between 800 and 500°C are given in Table 5.

Tri različita nivoa unete energije su ostvarena sa konstantnom srednjom vrednosti od 22V i srednjom jačinom struje od 210A i tri različite brzine zavarivanja: 55cm/min, 42.5cm/min i 30cm/min. Izračunate količine unete toplote i izmerena vremena hlađenja $t_{8/5}$ između 800 i 500°C date su u tabeli 5.

Uneta toplota [kJ/mm]	Vreme hlađenja $t_{8/5}$ [s]
0.42	5.5
0.53	8.5
0.76	18.5

Table 1 Energy input and measured cooling time $t_{8/5}$

Tabela 2 Uneta količina i merene vremena hlađenja $t_{8/5}$

Characterization of the welds

Cross sections of the weldments were ground, polished and etched with nital and investigated by means of light optical microscopy. Vickers hardness measurements according to ISO 6507-1 [24] were done to examine the decrease in hardness and width of the soft zone.

Flat bar tension test specimens according to EN 10002-1 [25] were machined from the weldments transverse to the weld direction. The width of the tensile specimen within measurement length was 20mm.

Karakterizacija zavarenih spojeva

Poprečni preseki zavarenih elemenata su brušeni, polirani i nagrizeni nitalom i ispitani optičkim mikroskopom. Obavljena su merenja tvrdoće prema Vickersu prema ISO 6507-1 [24] kako bi se ispitalo smanjenje tvrdoće i širina meke zone.

Ravne okrugle epruvete za ispitivanje zatezanjem prema EN 10002-1 [25] su mašinski obrađene iz zavarenog elementa poprečno na pravac zavarivanja. Širina epruvete za zatezanje unutar merne dužine je 20mm.

The welded specimens were ground on the root side and milled on the top side to create samples with sheet thickness between 2 and 6mm. This was done to achieve different relative thicknesses X_{SZ} of the soft zone based on identical welding conditions. Furthermore samples without a machined top side were tested to clarify the influence of the weld reinforcement. Additionally tensile specimens of the base metal were produced to obtain reference values. Table 6 gives an overview of the conducted tensile test and specimen conditions (thickness and top side condition).

Zavarene epruvete su brušene sa korene strane i glodane sa vršne strane kako bi se napravili uzorci širine ploča između 2 i 6mm. Ovo je urađeno kako bi se postigla različita relativna debljina X_{SZ} meke zone zasnovane na identičnim uslovima zavarivanja. Uzorci kod kojih nije glodanjem uklonjen višak sa gornje strane šava, ispitani su da bi se potvrdio uticaj nadvišenja šava. Dodatno su napravljene epruvete za zatezanje od osnovnog materijala za dobijanje referentnih vrednosti. U tabeli 6 je dat pregled sprovedenih ispitivanja na zatezanje kao i uslovi za epruvete (debljina i uslov vrha spoja).

Osnovni materijal	Zavareni spojevi sa vremenom hlađenja $t_{8/5}$ [s]			Debljina epruvete [mm]
	5.5	8.5	18.5	
	X		X	6 Sa nadvišenjem na vrhu spoja
X	X	X	X	6
	X			5
	X	X	X	4
	X			3
		X	X	2

Table 6. Overview on the conducted tensile test and specimen conditions

Tabela 6. Pregled obavljenih zateznih ispitivanja i uslova epruveta

The tensile tests were performed using a 200kN tensile testing machine and were repeated three times for each specimen condition. The tensile direction was transversal to the weld seam and the rolling direction of the welded sheets.

RESULTS AND DISCUSSION

Metallography and hardness

The weld preparation of the single-bevel groove weld does not show a significant influence on the appearance of weld geometry and heat affected zone, see Fig. 3. The soft zone was comparable and symmetrically on both sides of the weld. This could be explained by the fact that the welding was done by single pass welding.

An exemplary result of the hardness measurements (line scan) of the cross section of the weld for $t_{8/5}=5.5s$ can be seen in Fig. 3. Hardness loss is constricted to the visible region of the HAZ and can be mainly attributed to transformation softening effects.

Ispitivanje zatezanjem je sprovedeno korišćenjem mašine od 200kN i ponovljeno je tri puta za svaki uslov epruvete. Pravac zatezanja je poprečni na šav i pravac valjanja zavarene ploče.

REZULTATI I DISKUSIJA

Metalografija i tvrdoća

Priprema za zavarivanje jednostranog sučeonog spoja ne pokazuje značajan uticaj na izgled geometrije šava i zone uticaja toplote, videti sl.3. Meka zona je komparativna i simetrična sa obe strane šava. Ovo se može objasniti činjenicom da je zavarivanje izvedeno u jednom sloju.

Primerni rezultat merenja tvrdoće (linija pretraživanja) poprečnog preseka šava za $t_{8/5}=5.5s$ može se videti na sl.3. Gubitak tvrdoće je smanjen navidljivi deo ZUT i uglavnom je posledica efekata transformacionog ojačavanja.

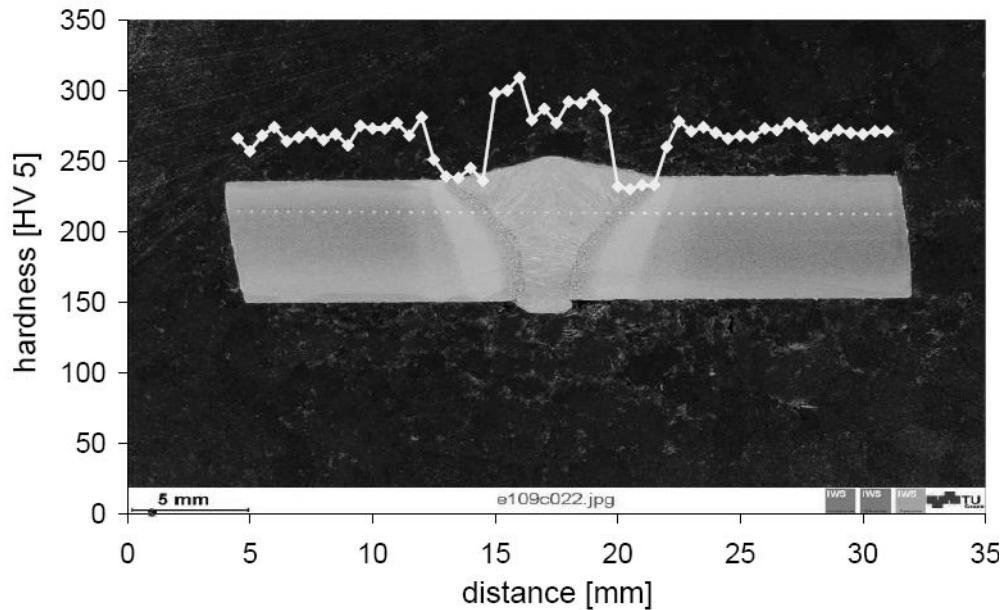


Fig. 3 Results of the Hardness measurements, line distribution for $t_{8/5} = 5.5$ s

Sl. 3 Rezultati merenja tvrdoće, linija raspodele za $t_{8/5} = 5.5$ s

Additionally a hardness mapping was carried out over the entire cross sections of the welds to determine the extension of the soft zone as well for the machined samples with reduced thickness. The results for the different cooling times are displayed in Fig. 4.

Dodatno je mapa tvrdoća napravljena iznad poprečnog preseka spoja da bi se odredilo proširenje meke zone kao i kod mašinski urađenih uzoraka sa smanjenom debljinom. Rezultati za različita vremena hlađenja su prikazani na sl. 4.

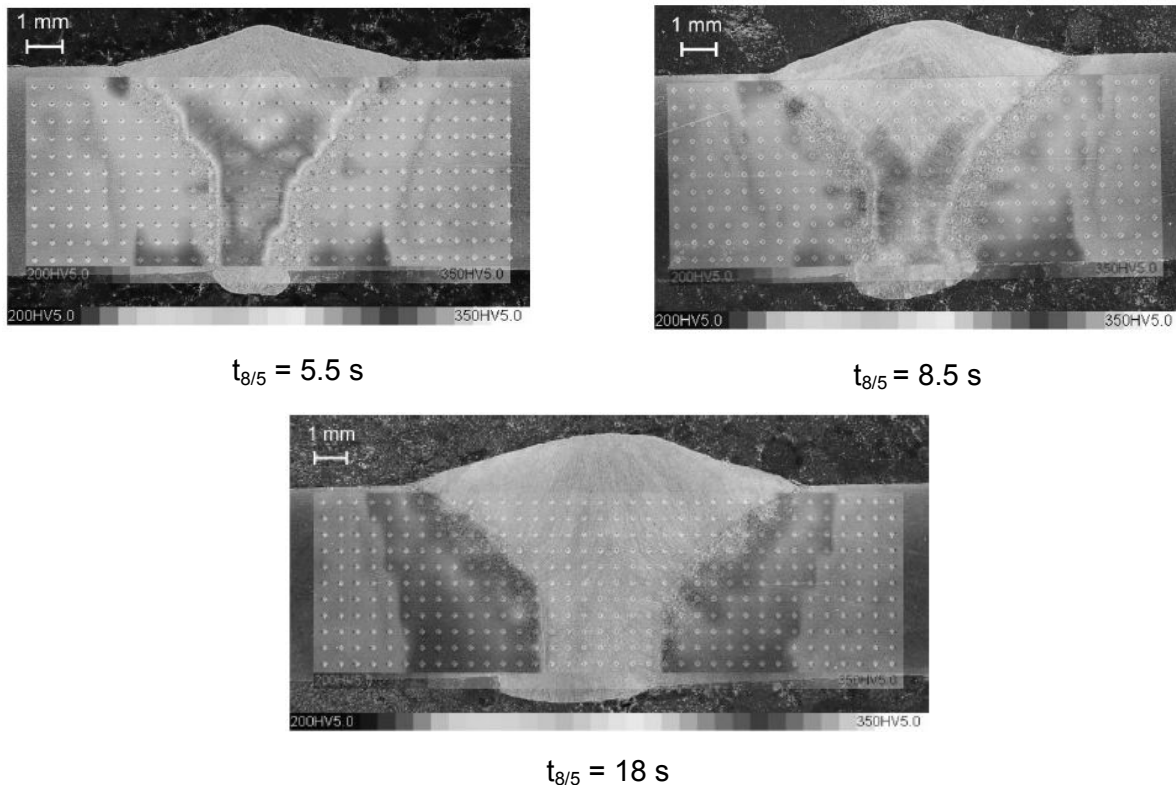


Fig. 4. Result of hardness mapping for three different welding conditions

Sl. 4. Rezultati mapa tvrdoće za tri različita uslova zavarivanja

The width of the soft zones was determined by averaging the results from hardness mapping the results are shown as a function of the cooling time $t_{8,5}$ in Fig. 5 for the sample thickness of 6mm. The width of the soft zone is nearly linearly increasing with increasing cooling time of which corresponds to observations of *Lundin and Mao* [26]. Fig. 6 shows the decrease of the hardness of the soft zone and the weld metal with increasing cooling time. Weld metal hardness is more susceptible to increased heat input than the minimum hardness value of the soft zone.

Širina mekih zona je određena preko srednje vrednosti rezultata iz mapa vrednosti tvrdoće. Rezultati su prikazani kao funkcija vremena hlađenja $t_{8,5}$ na sl. 5. za uzorak debljine 6mm. Širina meke zone skoro linearno raste sa povećanjem vremena hlađenja što odgovara zapažanjima koje su imali *Lundin i Mao* [26]. Na sl. 6 je prikazano smanjenje tvrdoće meke zone i metala šava sa povećanjem vremena hlađenja. Tvrdoća metala šava je mnogo osetljivija na povećani unos toplote nego na minimalnu vrednost tvrdoće meke zone.

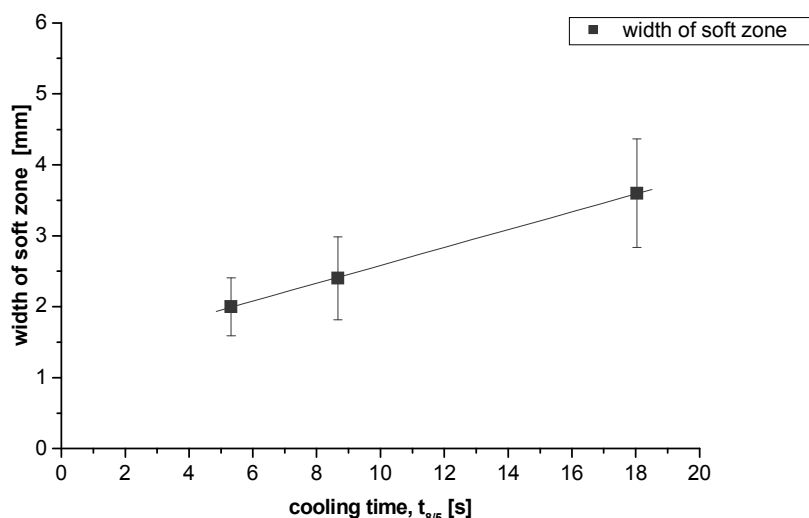


Fig. 5. Width of soft zone as a function of cooling time for sample thickness 6mm.

Sl. 5. Širina meke zone kao funkcija vremena hlađenja za uzorak debljine 6mm.

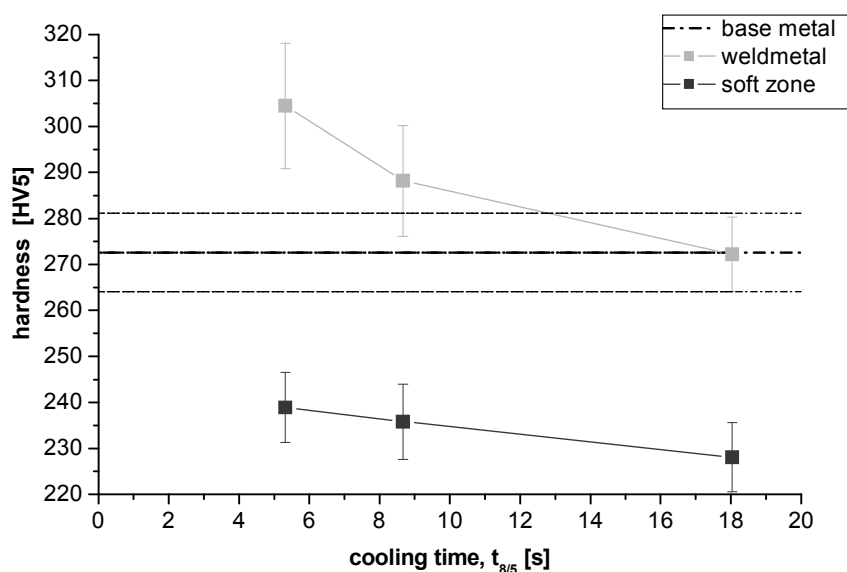


Fig. 6. Hardness values of soft zone and weld metal as a function of the cooling time

Sl. 6. Vrednosti tvrdoće meke zone i metala šava kao funkcija vremena hlađenja

On the basis of Mochizuki [17] two hardness ratios were calculated: softening ratio between base metal and soft zone hardness and matching ratio between the weld metal and the base metal hardness (H_{WM} / H_{BM}). In Fig. 7 both ratios are displayed as function of the cooling time $t_{8/5}$.

Na bazi tvrdnji Mochizuki [17] izračunata su dva odnosa tvrdoća: odnos omekšavanja između osnovnog materijala i meke zone i odnos slaganja tvrdoća između metala šava i osnovnog materijala (H_{WM} / H_{BM}). Na sl. 7 data su oba odnosa kao funkcija vremena hlađenja $t_{8/5}$.

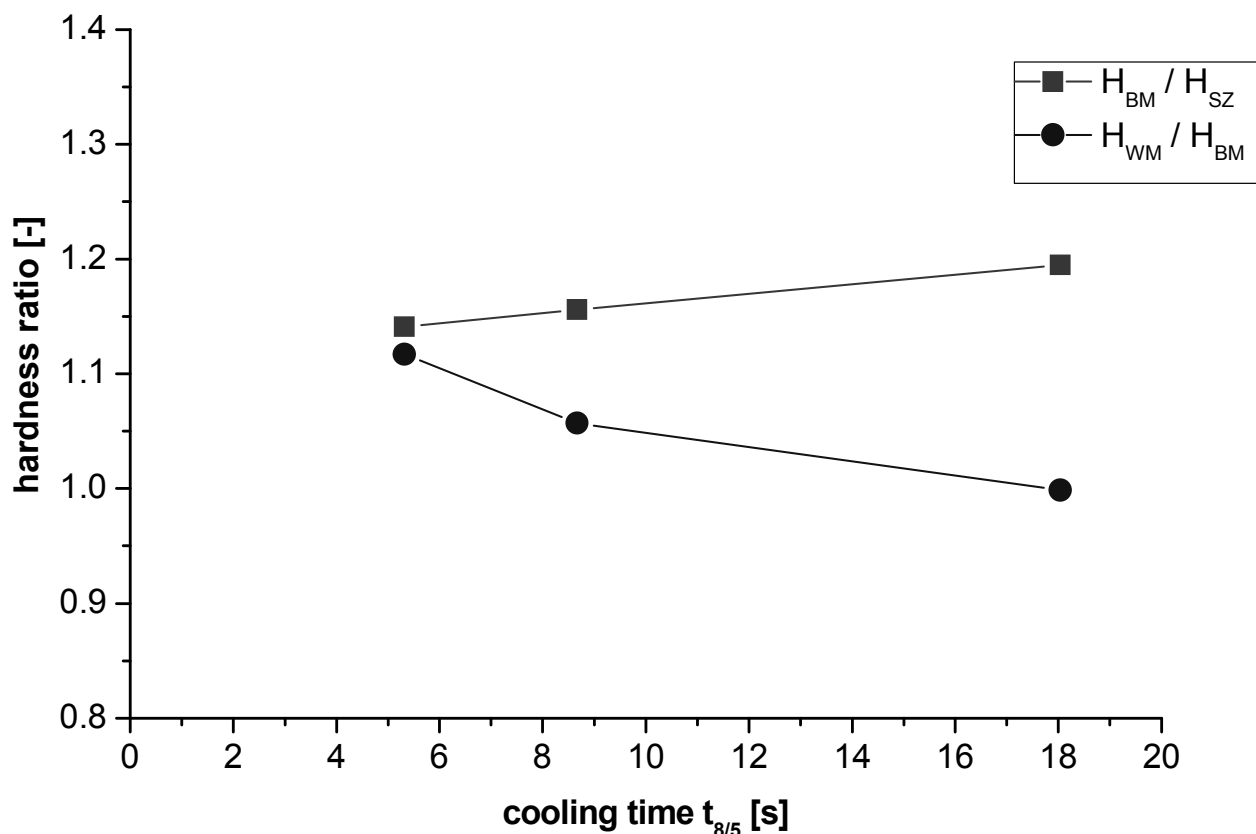


Fig. 7. Softening ratio and matching ratio as function of cooling time.

Sl. 7. Odnos omekšavanja i odnos podudaranja kao funkcija vremena hlađenja

The strength mismatch between the base and the weld metal changed from over-matching at lower cooling times 5.5 and 8.5s to even-matching at cooling time 18s.

Tensile strength

The results from the samples with thickness of 6mm with and without weld reinforcement are shown in Fig. 8. The measured tensile strength for different samples was related to the relative thickness X_{SZ} of the soft zone. The results of the base metal were presented at $X_{SZ}=0$. In addition the specified minimum tensile strength for the investigated steel grade is displayed.

Podudarnost čvrstoća između osnovnog materijala i metala šava se menja od prevelike čvrstoće "over-matching" pri manjim vremenima hlađenja 5.5 i 8.5s do podudaranja "even-matching" pri vremenu hlađenja 18s.

Zatezna čvrstoća

Rezultati sa uzoraka debljine od 6mm sa i bez nadvišenja šava, prikazani su na sl. 8. Izmerene zatezne čvrstoće različitih uzoraka su bile u zavisnosti od relativne debljine X_{SZ} meke zone. Rezultati za osnovni materijal su prikazani na $X_{SZ}=0$. Dodatno je prikazana minimalna specificirana zatezna čvrstoća za ispitivanu klasu čelika.

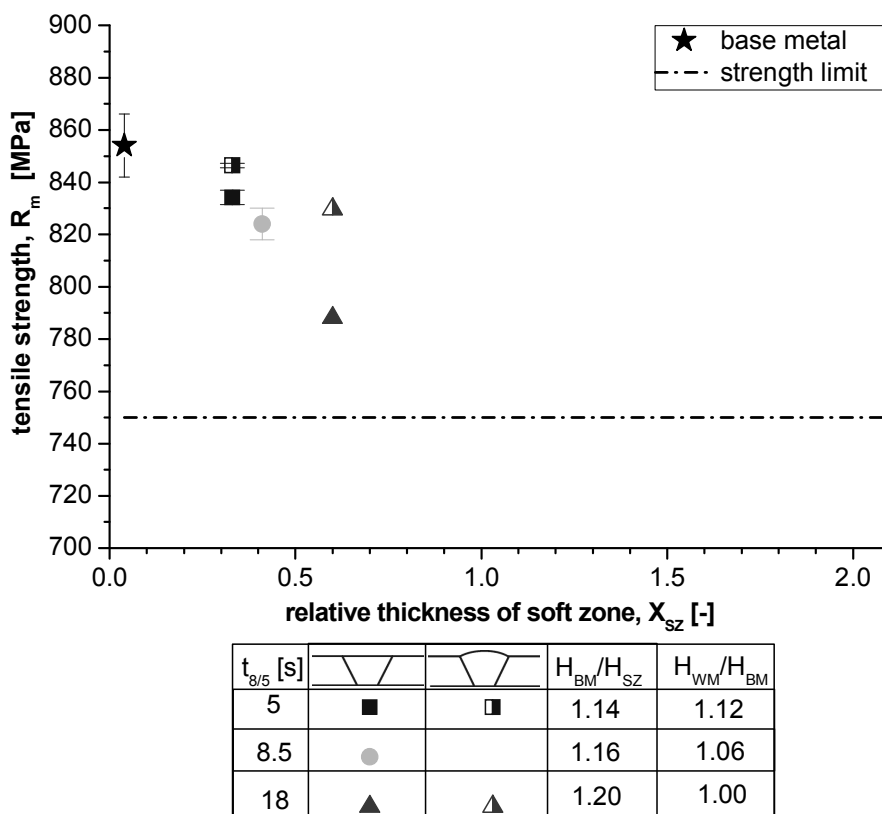


Fig. 8. Tensile strength as a function of relative thickness of soft zone for samples with 6mm thickness.

Sl. 8. Zatezna čvrstoća kao funkcija relativne debljine meke zone kod uzoraka debljine 6mm .

Attention should be paid to the fact that the X_{SZ} values are only related to the reported cooling times for the samples with origin thickness of 6mm. Even at X_{SZ} of 2 tensile strength still exceeds the specified strength of 750MPa.

The influence of inherent weld geometry and therefore soft zone and weld metal geometry was not considered in this study. Also the level of hardness reduction and its influence on the static was not quantified separately.

Following the assumptions of Satoh and Toyoda [14] concerning the influence of plate width on the resulting tensile strength, minor reduction of the tensile strength for the samples with sheet thickness 5–6mm and $X_{SZ} < 1$ cannot be excluded. All other samples fulfil the assumptions of infinite plate width.

Fracture behaviour

All samples showed a ductile fracture behaviour and necking in the HAZ. The location of fracture was for all samples located within the soft zone. Fig. 10 and Fig. 11 show the influence of the weld reinforcement on the fracture appearance at same sample thickness and cooling time.

Treba obratiti pažnju na činjenicu da se vrednosti X_{SZ} odnose samo na saopštena vremena hlađenja kod uzoraka originalne debljine od 6mm. Čak, pri X_{SZ} od 2, zatezna čvrstoća ostaje na specificiranoj vrednosti od 750MPa.

Uticaj uključene geometrije šava i samim tim, meke zone i geometrije metala šava nije razmatran u ovoj studiji. Takođe, nivo smanjenja tvrdoće i njegov uticaj nastatiku nije odvojeno kvantifikovan.

Praćenjem pretpostavki Satoh i Toyoda [14] a koje se odnose na uticaj širine lima na rezultujuću zateznu čvrstoću, minorno smanjenje zatezne čvrstoće kod uzoraka iz ploče debljina 5–6mm i $X_{SZ} < 1$ ne može biti isključeno. Svi drugi uzorci ispunjavaju pretpostavke za beskonačnu širinu lima.

Ponašanje vezano za lom

Svi uzorci pokazuju duktilni tip loma i pojavu “vrata” u ZUT. Lokacija preloma kod svih uzoraka je unutar meke zone. Na sl. 10 i 11 prikazan je uticaj nadvišenja šava na izgled preloma pri istim debljinama uzoraka i vremenima hlađenja.

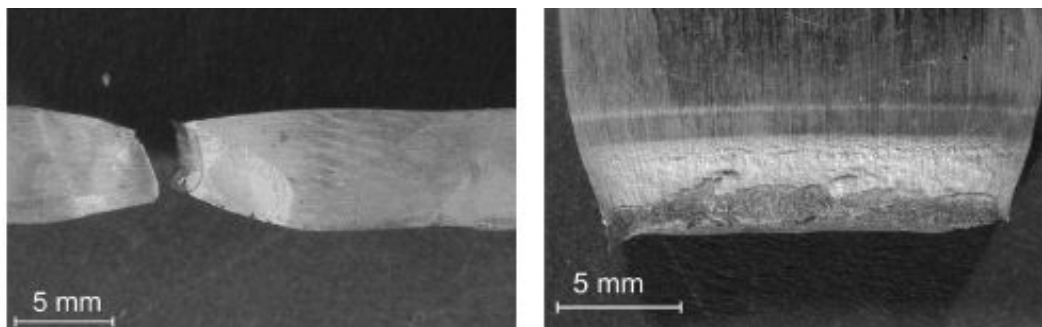


Fig.10. Fracture appearance of sample without weld reinforcement, sample thickness 6mm, cooling time 5.5s.

Sl. 10. Izgled preloma uzorka bez nadvišenja šava, debljina uzorka 6mm, vreme hlađenja 5.5s.

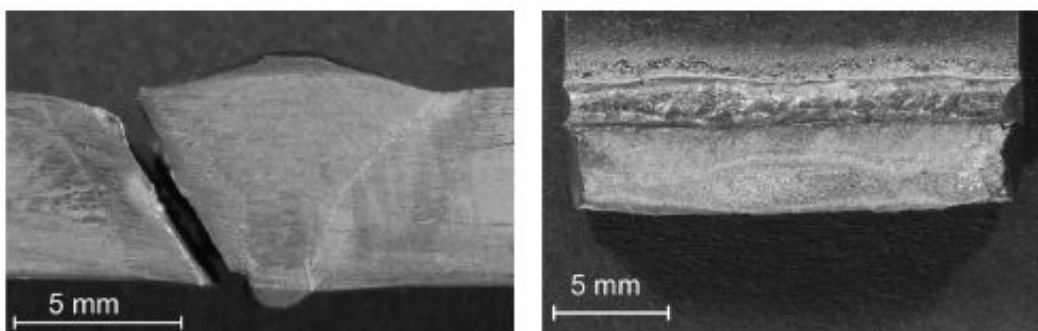


Fig.11. Fracture appearance of a sample with weld reinforcement, cooling time 5.5s.

Sl.11. Izgled preloma uzorka sa nadvišenjem šava, vreme hlađenja 5.5s.

The reduced necking in width direction of the samples with weld reinforcement could be attributed to the increased cross section and increased stress triaxiality leading to reduced deformability.

Smanjeno istezanje "vrata" u pravcu širine uzoraka sa nadvišenjem šava može se pripisati povećanom poprečnom preseku i povećanom troosnom naponu koji dovode do smanjenja deformabilnosti.

SUMMARY AND OUTLOOK

This study evaluated the impact of softening in the HAZ on static transversal strength of gas metal arc welds of a TMCP and microalloyed high strength steel strip

The results can be summarized as follows:

- ⇒ Hardness drop in the HAZ of the welds could be attributed only to transformation softening effects. Hence, the investigated steel does not show tempering softening.
- ⇒ Weld metal hardness is more susceptible to increased heat input than the minimum hardness value of the soft zone. The matching ratio of the selected weld metal changes from strength over-matching at 5s to strength even-matching at 18s.
- ⇒ Single pass welds with cooling times of 5 to 18s at sheet thickness of 6mm cause extension of the soft zone with a relative thickness X_{SZ} between 0.33 and 0.6. The corresponding reduction of tensile strength is restricted to 3-8% of the base metal strength

REZIME I PROGNOZA

Ova studija je ocenila uticaj omekšavanja u ZUTna statičku poprečnu čvrstoću zavarenih spojeva izvedenih u zaštiti gasa od TMCP i mikrolegiranih čelika povišene čvrstoće.

Rezultati se mogu prikazati na sledeći način:

- ⇒ Pad tvrdoće u ZUT zavarenih spojeva može se pripisati samo efektu transformacionog omekšavanja. Otuda, ispitivani čelik nije pokazao omekšavanje žarenjem.
- ⇒ Tvrdoća metala šava je mnogo osetljivija na porast količine unete toplote nego na minimalne vrednosti tvrdoće meke zone. Odnos podudarnosti odabranog metala šava se menja od "over-matching" na 5s do "even-matching" na 18s.
- ⇒ Jednoslojni zavreni spojevi sa vremenima hlađenja od 5 do 18s na pločama debljine od 6mm uzrokuju proširenje meke zone sa relativnom debljinom X_{SZ} između 0.33 i 0.6. Odgovarajuće smanjenje zatezne čvrstoće je ograničeno na 3-8% čvrstoće osnovnog materijala.

Tensile strength exceeds the specified strength limit in all cases.

- ⇒ Up to approximately $X_{SZ}=0,25$ the strength level matches the tested strength level of the actual base metal, confirming the minimum criteria defined for conventional steels.
- ⇒ The width of soft zone increases linearly with the cooling time.
- ⇒ Weld reinforcement causes an increase in static tensile strength.
- ⇒ The applied method to reduce the sample thickness by milling is feasible to investigate the constraint effect systematically to increased relative thicknesses of the softzone X_{SZ} .
- ⇒ The tensile strength of the investigated welds fell not below the specified tensile strength of the investigated material even up to X_{SZ} of 2.

Zatezna čvrstoća prelazi specificiranu granicu čvrstoće u svim slučajevima.

- ⇒ Do približno $X_{SZ}=0,25$ nivo čvrstoće se podudara sa nivoom ispitivanog osnovnog materijala, potvrđujući minimalni kriterijum definisan za konvencionalne čelike.
- ⇒ Širina meke zone linearno raste sa vremenom hlađenja.
- ⇒ Nadvišenje šava uzrokuje povećanje statičke zatezne čvrstoće.
- ⇒ Primenjena metoda za smanjenje debljine uzoraka glodanjem, je izvodljiva kod istraživanja efekta ograničenja prema porastu relativne debljine meke zone X_{SZ} .
- ⇒ Zatezna čvrstoća istraživanih zavarenih spojeva ne pada ispod specificirane zatezne čvrstoće istraživanih materijala čak i kada je X_{SZ} 2.

HAZ softening depends mainly on the relative extension of the soft zone and has only a small effect on the transverse tensile strength of the joint. The magnitude of this effect is related to the constraints of the uninfluenced base metal as well as the high strength weld metal. Therefore welding processes with reduced energy input per pass are recommended for high strength steels. Selecting a filler material has to consider welding conditions to match the required strength level.

Application of beam welding processes to TMCP steel strips will be the subject of further studies to achieve and investigate relative thicknesses of soft zones below 0.33.

Physical welding simulation with localized softening will be carried out to exclude the influence of weld metal.

Omekšavanje ZUT uglavnom zavisi od relativnog proširenja meke zone i ima samo mali uticaj na poprečnu zateznu čvrstoću spoja. Veličina ovog efekta je u relaciji sa ograničenjem osnovnog materijala koji nije pod uticajem kao i metala šava od čelika povišene čvrstoće. Zbog toga se preporučuju postupci zavarivanja sa smanjenom količinom unete energije po prolazu (sloju) kod čelika povišene čvrstoće. Izbor dodatnog materijala treba da je zasnovana uslovima zavarivanja koji treba da zadovolje ispunjenje zahtevanog nivoa čvrstoće.

Primena postupaka zavarivanja snopom na trakama od TMCP čelika će biti subjekat narednih studija kako bi se odredile i istražile meke zone sa relativnim debljinama ispod 0.33.

Da bi se isključio uticaj metala šava, sprovede se fizička simulacija zavarivanja sa lokalizovanim omekšavanjem.

REFERENCES

- [1] M. Klein, H. Spindler, A. Luger, R. Rauch, P. Stiaszny, M. Eigelsberger: Thermomechanically hot rolled high and ultra high strength steel grades – processing, properties and application. *Materials Science Forum Vols 500-501 (2005) 543-550.*
- [2] B. de Meester: The weldability of modern structural TMCP steels. *ISIJ International 37 (1997), no. 6, 537-551.*
- [3] J. G. Youn; H. J. Kim: Characteristics of TMCP steel and its softening. *Proc. Int. Sym. on Welding Metallurgy of Structural Steels (1987) p. 157-168.*
- [4] R. Honeycomb, H. K. D. H. Bhadeshia. *Steels – microstructure and properties. 2nd edition. 1995. Edward Arnold*
- [5] F. Wallner: Grundsätzliches zur Schweißbeignung wasservergüteter hochfester Al-Si-Mn-Feinkornbaustähle, Dissertation, Technische Universität Graz.
- [6] S.K. Panda, N. Sreenivasan, M. L. Kuntz, Y. Zhou. Numerical simulations and experimental results of tensile test behavior of laser butt welded DP980 steels. *Journal of Engineering Materials and Technology, 130 (2008) 041003-1 – 041003-9.*
- [7] J. Mennen: Schweißen von Vergütungsstählen. In: *DVS-Berichte 23 (1962), 18-25.*
- [8] R. Müller: Probleme beim Schweißen von vergüteten Baustählen. In: *DVS-Berichte 46 (1966), S. 54-61*
- [9] J. Unfried S., C.M. Garzon, J.E. Giraldo. Numerical and experimental analysis of microstructure evolution during arc welding in armor plate steels. *Journal of materials processing technology 129 (200) 1688-1700.*
- [10] R. Denys: The effect of HAZ softening on the fracture characteristics of modern steel weldments and the practical integrity of marine structures made by TMCP steels. In: *Proc. EVALMAT 89, vol. 2 (1989), 1013-1027.*
- [11] F. Wallner, R. Schimböck, R. Rauch: Verbesserte und neue TM-Stähle für geschweißte Konstruktionen, *Internationale Schweiß- und Fertigungstechnische Tagung 2000, Wien.*
- [12] R. Z. Shron, G. A. Bakshi: The problem of gauging the strengths of welded joints in which there is a soft interlayer. In: *Welding Production (1962), no. 9, 11-14.*
- [13] K. Satoh, M. Toyoda: Static tensile properties of welded joints including soft interlayer. In: *Transactions of the Japan Welding Society 1 (1970), no. 1, 7-12.*
- [14] K. Satoh, M. Toyoda: Static strength of welded plates including soft interlayer under tension across a weld line. In: *Transactions of the Japan Welding Society 1 (1970), No. 2, 10-17.*
- [15] A.A. Ostsemin. Stress state and static strength of mechanically inhomogeneous welded joints. Report 1 – Evaluating the effect of significant amounts of inhomogeneity on the static strength of welded joints. *Strength of materials 23 (1991), no. 4, 398-405.*
- [16] D.M. Rodrigues, L.F. Menezes, A. Loureiro, J.V. Fernandes. Numerical study of the plastic behaviour in tension of welds in high strength steels. *International Journal of Plasticity 20 (2004) 1-18.*
- [17] M. Mochizuki, T. Shintomi, Y. Hashimoto, M. Toyoda: Analytical study on deformation and strength in HAZ-softened welded joints of fine-grained steels. *Welding in the World 48 (2004) no. 9-10, p. 2-12.*
- [18] K. Satoh, A. Nagai. Fatigue strength of welded bars having a hard or soft interlayer. *IIW Doc. XIII-530-69. 1969.*
- [19] H.G. Pisarski, R.E. Dolby. The significance of softened HAZs in high strength steels. *Welding in the World 47 (2003) no. 5-6, 32-40.*
- [20] EN 10149-2:1995: Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming – Part 2: Delivery conditions for thermomechanically rolled steels.
- [21] EN ISO 16834:2007: Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas-shielded arc welding of high strength steel.
- [22] Delivery conditions for filler metal Union X85, *BöhlerSchweißtechnik GmbH.*
- [23] EN 439:1995: Welding consumables – shielding gases for arc welding and cutting.
- [24] ISO 6507-1:2005: Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method.
- [25] Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at ambient temperature German version EN 10002-1:2001, version December 2001.
- [26] C.D. Lundin, T.P.S. Mao: Heat affected zones in low carbon microalloyed steels. *Proc. Recent Trends in Welding Science and Technology (1989), p. 249-256.*
- [27] EN 1993-1-9:2005: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue.



World Schedule of Welding & Cutting Exhibitions, Feb. 2015 – Jan. 2016

20 exhibitions (© mark) specialized in welding / cutting and 26 major exhibitions related to welding / cutting processing, industrial gas and solder.

	N a m e	D a t e s	C o u n t r y / C i t y
	EXPO MANUFACTURA 2015	February 3-5	Mexico/Monterrey
©	Welding EURASIA : International Trade Fair for Joining, Welding and Cutting Technologies at WIN Metalworking	February 12-15	Turkey/ Istanbul
	METAL : International Trade Exhibition for Metallurgy, Foundry and Tools	February 18-20	Serbia/Belgrade
	Processing Technology Expo	February 25-27	Japan/Tokyo
©	Welding, Control and Diagnostics Exhibition	March 3-5	Russia/Ufa
	TIMTOS Taipei International Machine Tool Show 2015	March 3-8	Taiwan/Taipei
	3T 2015 : 13th INTERNATIONAL METAL WORKING, MOULD, AUTOMATION AND WELDING TECHNOLOGIES FAIR	March 5-8	Turkey/Izmir
	Photonics. World of Lasers and Optics 2015 : 10th International Specialized Exhibition for Laser, Optical and Optoelectronic Technologies	March 16-19	Russia/Moscow
	FIEE ELETRICA : International Electrical, Energy and Automation Industry Trade Fair	March 23-27	Brazil/Sao Paulo
	INDUSTRIE LYON 2015	April 7-10	France/Lyon
©	Welding & Cutting : International Exhibition of Materials, Equipment and Technologies for Welding	April 7-10	Belarus/Minsk
©	METAL WORKING. WELDING Exhibition	April 7-10	Russia/Perm
©	WeldTech : The Asian International Welding, Surface Treatment & Joining Technology Exhibition	April 14-17	Singapore/Singapore
©	FOR WELD : Trade Fair for Welding, Soldering and Gluing Technologies	April 21-23	Czech Republic/Prague
©	WELDING & FOUNDRY : International Fair of Welding and Foundry Products and Services	April 21-24	Slovenia/Celje
	KONMAK : Metal Processing Machines, Welding, Drilling, Cutting, Technologies, Materials and Hand Tools, Pneumatic and Hydraulic Fair	April 30-May 3	Turkey/Konya
	Fabtech Mexico : New Metal Forming, Fabricating & Welding Technology	May 5-7	Mexico/Monterrey
	INTERMACH : International Metalworking, Automation and Industrial Machinery Exhibition	May 13-16	Thailand/Bangkok
	METALTECH : International Trade Fair for Metal Goods, Machinery, Tools and Metalworking	May 20-23	Malaysia/Kuala Lumpur
	BUTECH 2015 : Busan International Machinery Fair	May 20-23	South Korea/Busan
	The 21st Asean International Machine Tools and Metalworking Technology Exhibition	May 20-23	Malaysia/Kuala Lumpur
	METALLOOBRABOTKA : International Specialized Exhibition for Equipment, Instruments and Tools for the Metalworking Industry	May 25-29	Russia/Moscow
	NMW : National Manufacturing Week 2015	May 26-29	Australia/Melbourne
©	WELDING : Welding Exhibition	June 9-12	Poland/Poznan
	ITM POLAND : Innovations Technologies Machines - Welding Exhibition	June 9-12	Poland/Poznan
©	BEW 2015 - The 20th Beijing Essen Welding & Cutting Fair 2015	June 16-19	China/Beijing
	MACHINE TOOL SURABAYA : International Machine Tool, Metalworking and Allied Industries Exhibition	June 10-13	Indonesia/Surabaya
	19th Mechanical Components & Materials Technology Expo	June 24-26	Japan/Tokyo
©	WeldTech Vietnam : The International Welding, Surface Treatment & Joining Technology Exhibition	July 7-10	Vietnam/Ho Chi Minh City
	MF-Tokyo 2015 Metal Forming & Fabricating Fair Tokyo	July 15-18	Japan/Tokyo
	MTT Expo Indonesia : International Metalworking Technology and Machine Tools Exhibition and Conference	August 5-8	Indonesia/Jakarta
	VME 2015 : Vietnam Manufacturing Expo 2015	August 26-28	Vietnam/Hanoi
©	CWE : Cutting & Welding Equipment Expo	September 13-15	India/Mumbai
©	DVS Expo : The World's Unique Meeting of Experts in Joining, Cutting and Surfacing Technology	September 15-17	Germany/Bavaria
©	SCHWEISSEN Linz : Trade fair for Joining, Cutting, Surfacing, Testing and Protecting	September 29-October 1	Austria/Linz
©	JoinTec : Exhibition for Welding, Joining and Cutting	October 6-8	Finland/Helsinki
©	WELDEX : International Specialized Exhibition for Welding Materials, Equipment and Technologies	October 6-9	Russia/Moscow
	METALEX Vietnam : International Exhibition on Machine Tools and Metalworking Solutions for Production Upgrade	October 8-10	Vietnam/Ho Chi Minh City
	Manufacturing Myanmar : International Manufacturing Machinery, Equipment, Materials and Services Exhibition	October 15-17	Myanmar/Yangon
©	Welding Week : Benelux Exhibition on Welding, Joining and Cutting	October 20-22	Belgium/Antwerp
©	BWS : Brazil Welding Show	October 20-23	Brazil/Sao Paulo
©	FABTECH International & AWS Welding Show : North American Forming and Fabricating Show	November 9-12	U.S.A./Chicago
©	Welding and Control : International Specialized Exhibition of Welding Technology, Equipment and Materials, Renovation and Quality Monitoring	November 10-12	Russia/Ufa
©	Welding, Monitoring, and Diagnostics 2015 : Trade Exhibition and Conference	November 24-26	Russia/Ekaterinburg
	MACTECH : International Exhibition for Machine Tools, Industrial Tools, Welding and Cutting Equipment	November 26-29	Egypt/Cairo
	MACHINE TOOL INDONESIA : International Machine Tool, Metalworking and Allied Industries Exhibition incorp. Welding Indonesia	December 2-5	Indonesia/Jakarta

MATERIJAL PREUZET IZ JAPAN WELDING NEWS (Vol. 19, No.70)



ZWEITE ANKÜNDIGUNG & BEITRAGSAUFRUF
SECOND ANNOUNCEMENT & CALL FOR PAPERS

Exclusive Sponsor

OLYMPUS

19th WCNDT  2016

World Conference on Non-Destructive Testing

June 13 – 17 in **Munich** Germany



WILLKOMMEN IN MÜNCHEN BIENVENUE A MUNICH WELCOME TO MUNICH BIEN



GERMAN
SOCIETY FOR
NON-DESTRUCTIVE
TESTING



19th WCNDT 2016
World Conference on Non-Destructive Testing
June 13 – 17 in Munich Germany

Willkommen in München
Welcome to Munich

BEITRAGSAUFRUF – VORGABEN FÜR DIE EINREICHUNG

- Sie sind dazu aufgerufen Ihre Beiträge entsprechend der folgenden Vorgaben einzureichen:
- Beitragsanmeldungen werden nur berücksichtigt, wenn sie vollständig, d.h. mit der Kurzfassung und allen geforderten Daten erfolgen.
 - Autoren können mehr als einen Beitrag anmelden.
 - Die Konferenzsprache ist Englisch, Beiträge müssen in Englisch eingereicht und präsentiert werden. Es wird keine Übersetzung in andere Sprachen angeboten.
 - Alle Beiträge müssen bis zum 30. Juni 2015 online unter www.wcndt2016.com/Call-for-Papers eingereicht werden.
 - Autoren müssen die Anwendungsgebiete angeben und können zusätzlich die verwendeten Verfahren auswählen.
 - Autoren können die gewünschte Beitragsform angeben: Vortrag, Poster, Poster mit Kurzpräsentation oder interaktive Präsentation. Die endgültige Entscheidung trifft der Programmausschuss.
 - Autoren werden im Oktober 2015 über die Annahme ihrer Beiträge informiert.
 - Autoren, deren Beitrag angenommen wurde, müssen bis zum 30. November 2015 ihre Teilnehmeranmeldung und die Bezahlung der Teilnahmegebühr vornehmen. Die Anmeldung ist verbindlich und nicht erstattungsfähig. Beiträge von Autoren, die ihre Teilnahmegebühr nicht bis zum 30. November 2015 bezahlt haben, werden storniert.
 - Das Manuskript muss bis zum 29. Feb. 2016 entsprechend der Formatvorlage über den Beitragsservice hochgeladen werden. Der Berichtsband erscheint zur Konferenz.

CALL FOR PAPERS – SUBMISSION GUIDELINES

- You are invited to submit abstracts in accordance with the following guidelines:
- Registrations of papers will only be considered if they are submitted completely, i.e. together with all requested data and the abstract.
 - Authors are allowed to register more than one paper.
 - English being the conference language, the contributions have to be submitted and presented in English. Translation into other languages will not be provided.
 - All abstracts have to be submitted online at www.wcndt2016.com/Call-for-Papers by 30 June 2015.
 - Authors have to classify the application fields and can additionally define the discussed NDT methods.
 - Authors should indicate their preference for oral presentation, poster presentation, poster with short presentation or interactive presentation. The final decision will be made by the programme committee.
 - Authors will be informed about the acceptance of their contributions in October 2015.
 - Authors whose paper was accepted have to register via the online-form and pay the registration fee before 30 November 2015. The registration is binding and non-refundable. Contributions of authors, who have not paid the registration fee by 30 November 2015 will be cancelled.
 - The full paper, formatted according to the template, must be received by DGZIP as an electronic file by 29 February 2016. The proceedings will be available at the conference.

PRESENTATION TYPES

During the submission process of your abstract you have to select your preferred presentation type. You can choose between:

- Oral presentation**
- PowerPoint presentation
 - 20 min. incl. discussion
 - 8 parallel sessions
- Poster presentation**
- poster in A0 portrait format
 - poster show is open all-day
 - special attention during poster and exhibition evening
- Poster with short presentation**
Poster presentation and additionally:
- PowerPoint presentation (max. 3 slides)
 - 5 min. to announce your poster and invite the audience for following discussions
- Interactive presentation**
- presentation at smart board during the poster and exhibition evening (limited to 8)
 - a smart board will be provided for 60 min. in total for each presentation. The audience may switch between posters, interactive presentations and exhibition.
 - interaction between presenter and audience
 - experience in working with smart boards is assumed

BEITRAGSARTEN

Bei der Beitragsanmeldung können Sie die von Ihnen bevorzugte Beitragsart angeben. Sie haben folgende Möglichkeiten:

- Vortrag**
- PowerPoint Präsentation
 - 20 Min. inkl. Diskussionszeit
 - 8 Parallelsitzungen
- Poster**
- Poster in DIN A0 Hochformat
 - Posterausstellung ist ganztags zugänglich
 - zusätzliche Aufmerksamkeit während des Poster- und Ausstellerabends
- Poster mit Kurzpräsentation**
Poster und zusätzlich:
- PowerPoint Präsentation (max. 3 Folien)
 - 5 Min. für Ankündigung des Posters und die Einladung zur anschließenden Diskussion
- Interaktive Präsentation**
- Präsentation am Smartboard während des Poster- und Ausstellerabends (max. 8)
 - Pro Beitrag wird für 60 Min. ein Smartboard zur Verfügung gestellt. Das Publikum kann zwischen Postern, interaktiven Präsentationen und Ausstellung wechseln.
 - Interaktion zwischen Vortragendem und Publikum
 - Erfahrungen in der Benutzung von Smartboards werden vorausgesetzt



19th WCNDT 2016
World Conference on Non-Destructive Testing
June 13 – 17 in Munich Germany

Willkommen in München
Welcome to Munich

FACHGEBIETE

Das Programm wird anwendungsbezogen sein, richten Sie daher auch Ihre Kurzfassung auf bestimmte Anwendungsgebiete aus, nicht nur auf die Verfahren. Folgende Fachgebiete sind vorgesehen:

Cultural Heritage (Art and Architecture, Monitoring and Diagnosis) | Energy Generation (Fossil, Nuclear and Regenerative Power Generation) | Material Characterisation | Medical Products | Modelling and Data Processing (Simulations, Fundamentals, Algorithms) | Monitoring (SHM, Acoustic Emission, Resonance, Vibration Analysis) | Nano-Technologies and High-Resolution NDT | New Methods (Sensor Concepts, Algorithmics, Data Fusion, Methods Combination) | Public Security and Humanitarian Safety | Reliability and Statistics (Human and Organisational Factor, POD and other Evaluation Procedures) | Semi-finished Products (Pipes, Plates, Bars, Composites) | Standards and Training (Certification, Qualification) | Structural Engineering (Offshore, Onshore, Petro/Chemical, Civil Engineering, Automation) | Traffic Engineering (Aviation, Automotive, Marine and Railway)

CONFERENCE TOPICS

The programme will be application focused, i.e. please focus also your abstract on special application fields and not only on the method itself.

The main topics will be:

IMPORTANT DATES | WICHTIGE TERMINE

- Abstract submission until Beitragsanmeldungen bis 30 June 2015
- Scientific committee reviews all abstracts. Confirmation will be sent to authors by Bewertung der Beitragsanmeldungen und Bestätigungen bis October 2015
- Registration and payment of presenting authors Anmeldung und Bezahlung der Vortragenden & präsentierenden Posterautoren 30 November 2015
- Programme will be published in Programmveröffentlichung December 2015
- Submission of full papers until Manuskriptabgabe bis 29 February 2016
- Submission of presentation until Abgabetermin der Präsentation bis 5 June 2016

PRELIMINARY PROGRAMME SCHEDULE | VORLÄUFIGE PROGRAMMÜBERSICHT

		MORNING	AFTERNOON	EVENING
11.06.	Saturday	Booth Building, Meetings		
12.06.	Sunday	Registration, Booth Building, Meetings		
13.06.	Monday	Registration, Opening	Parallel Sessions, Exhibition	Poster and Exhibition Evening
14.06.	Tuesday	Parallel Sessions, Exhibition		
15.06.	Wednesday	Parallel Sessions, Exhibition		
16.06.	Thursday	Parallel Sessions, Exhibition		
17.06.	Friday	Parallel Sessions	Dismantling, Closing	

VICE PRESIDENTS

Vice Presidents are the chairmen of the scientific committee and assemble the programme of the world conference.

VIZEPRÄSIDENTEN

Die Vizepräsidenten sind die Vorsitzenden des wissenschaftlichen Komitees und stellen das Programm für die Weltkonferenz zusammen.



Gerd Dobmann
Senior Scientific Consultant, Saarbrücken



Anton Erhard
Federal Institute for Materials Research and Testing, Berlin



Marc Kreutzbruck
University of Stuttgart



Martin Spies
Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing, Saarbrücken



GODIŠNJI SASTANAK IIW GRUPE ZA OVLAŠĆIVANJE



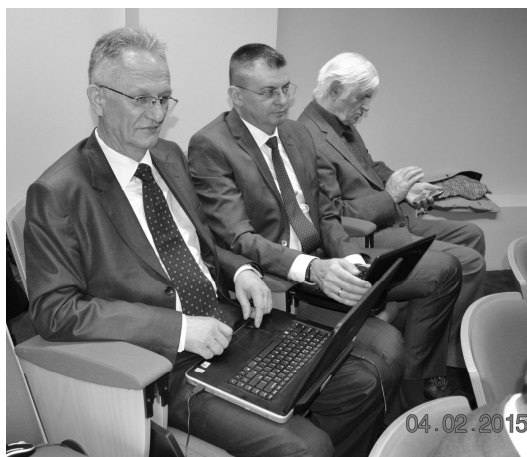
Godišnji sastanak Međunarodne grupe za ovlašćivanje (IAB – International Authorisation Board) ove godine održan je u prvoj nedelji februara u prostorijama Međunarodnog instituta za zavarivanje u Parizu.

Godišnji sastanaka IAB grupe se sastoji od celodnevnih sastanaka grupe A koja se bavi problemima obrazovanja, obuke i kvalifikacije osoblja u zavarivanju, grupe B koja se bavi primenom dokumenata za obrazovanje, ovlašćivanjem i sertifikacijom osoblja i kompanija u zavarivanju i konačno sastankom članica IAB grupe gde se donose strateške odluke o pravcima delovanja IAB grupe.

Prva nedelja februara je inače puna aktivnosti u Međunarodnom institutu za zavarivanje, jer pored sastanaka IAB grupe se održavaju i sastanci ostalih radnih grupa IIW-a kao sastanci izdavačkog saveta časopisa "Welding in the World". Pored toga, u isto vreme se održavaju i radionice za izvršne rukovodioce nacionalnih tela za ovlašćivanje (ANB-Authorisation National Body) kao i radionice za ocenjivače IAB grupe.

Za nas je posebno bio značajan i sastanak radne grupe za regionalnu saradnju u okviru IIW, gde Srbija, dugi niz godina, zajedno sa Bugarskom i Rumunijom ima ključnu ulogu u razvijanju saradnje zemalja jugoistočne Evrope.

Godišnjem sastanku IAB grupe ovoga puta kao predstavnici iz Srbije su prisustvovali dr Vencislav Grabulov, IWE kao izvršni rukovodilac ANB, Nacionalnog tela za ovlašćivanje u delu kvalifikacije zavarivačkog osoblja DUZS-CertPers i Goran Sofornić, IWE, IWI, kao menadžer šeme ANBCC, Zavod Cert, nacionalnog tela za sertifikaciju kompanija.





Na sastanku grupe A se diskutovalo u vezi aktuelnih dokumenata za obrazovanje i obuku međunarodnih inženjera, tehnologa, specijalista, praktičara i inspektora u zavarivanju gde su predložene određene preporuke za izmenu i/ili dopunu postojećih uputstava, razmatran je osnovni dokument za zavarivače kao i dokumeti koji se odnose na sistem sertifikacije kompanija i osoblja.

Posebna pažnja je bila posvećena razmatranju uputstva za Inspekciju u toku eksploatacije, uputstvo konstruktora za mehanizovano, orbitalno i robotsko zavarivanje.

U delu harmonizovanih (međunarodnih ispita) težište je bilo na sačinjavanju baze pitanja za međunarodne specijaliste i praktičare.

Što se ostalih međunarodnih ispita tiče, nema pomaka u delu obavezne primene međunarodne baze. Nastavlja se rad na poboljšanju fiksiranih ispita čija je primena i dalje fakultativna.



Sastanak grupe B je protekao u uobičajenim aktivnostima u vezi primene sistema obrazovanja i ovlašćivanja kako u delu osoblja tako i u delu kompanija. Razmatrane su aktuelne operativne procedure kao i dopune i/ili izmene pristupnih uslova za pojedine zemlje i pojedine nivoe obrazovanja.

Razmatrani su izveštaji ocenjivača o ocenjivačkim posetama obavljene u međuvremenu od prethodnog sastanka grupe B koji je održan jula 2014 godine u Seulu (Južna Koreja).

Za Srbiju, ovaj sastanak je bio od posebnog značaja jer su bili prezentovani izveštaji o ocenjivačkim posetama DUSZ-CertPers-u (nacionalno ANB telo) i Zavodu Cert (Nacionalni ANBCC). Pozitivni izveštaji sa preporukom da se produži ovlašćenje DUZS-CertPers-u i Zavodu Cert za narednih 5 godina su jednoglasno usvojeni.

Kao posebna, doneta je odluka da se DUZS CertPers-u odobri da svoju aktivnost sprovodi i u Bosni i Hercegovini, kroz Institut za zavarivanje iz Tuzle kao stalnog ATB-a u okviru DUZS CertPers-a za obrazovanje međunarodnih inženjera i tehnologa zavarivanja.

Najveća bura, kako je bilo i očekivano se podigla **na sastanku članica IAB grupe**, gde je po ko zna koji put u poslenjih nekoliko godina postavljeno pitanje menjanja izvornih principa IAB grupe. Podsećanja radi, IAB grupa je formirana u cilju sprečavanja međusobne konkurencije zemalja članica IAB grupe u području obrazovanja i sertifikacije osoblja u zavarivanju. Princip "jedna zemlja, jedno telo za ovlašćivanje (ANB)" je bio osnov za udruživanje zemalja članica IAB grupe. Međutim od 2010 godine počinju pritisci nekih zemalja da se taj princip naruši u ime "poboljšanja saradnje između članica IAB". To bi praktično značilo da svaka zemlja koja ima ANB može da organizuje kurseve i u drugim zemljama članicama IAB bez saglasnosti domicilnog ANB tela. I pored toga što su članice IAB-a iz evropske federacije za zavarivanje (EWF) nametale taj stav (na bazi majorizacije) u EWF-u, takav predlog nije mogao biti usvojen na sednici IAB grupe, s obzirom da većina članica IAB grupe nije iz Evrope.



Krajem 2014 godine, kao problem se nametnuo skretanje pažnje Evropske Komisije iz Brisela da su pravila IAB grupe u suprotnosti sa zakonima EU o sprečavanju konkurencije. U aktivnostima pre održavanje sastanka u Parizu 2015 godine, DUZS-CertPert i Zavod Cert su prosledile predlog da se iznađe rešenje ovoga problema tako što bi se Zakon o sprečavanju konkurencije EU primenjivao za zemlje članice iz EU a za ostale članice IAB grupe bi se primenjivali izvorni principi IAB grupe. Naravno, ovaj predlog je naišao na odobravanje kod članica IAB grupe koji nisu članovi EU (25 : 21). U atmosferi uzburkanih strasti, gde, i pored pokušaja da se sačuva diplomatski ton razgovora, nije se u potpunosti uspeo, donošenje odluke po ovom pitanju je prolongirano za sledeći sastanak IAB grupe koji će se održati početkom jula ove godine za vreme održavanja Godišnje skupštine IIW u Helsinkiju (Finska).

Dogovoreno je da se pre toga traži mišljenje pravnih savetnika IIW i EWF o mogućnostima koje su na raspolaganju uz analizu pravnih posledica primene ovakvih pravila. Usvojena je rezolucija koja više liči na politički pamflet u kome stoji "da će sve članice IAB uložiti napore da se ovaj problem reši uz poštovanje Zakona EU ali i uvažavanje zahteva zemalja članica IAB grupe koji nisu članice EU"??:

Nadajmo se da će se naći prihvatljivo rešenje, mada s obzirom na pritiske "viđenih" članova IAB grupe teško možemo da verujemo u to.



Sastanak **radne grupe IIW za regionalnu saradnju** je bio značajan za nas, jer na istom je bilo reči i o organizaciji "Trećeg regionalnog Kongresa IIW" koji će se održati u Temišvaru (Rumunija) u periodu 3-5. juni 2015 godine u organizaciji zavarivačkih asocijacija iz Rumunije, Bugarske i Srbije, Instiuta za zavarivanje i ispitivanje metala (ISIM) iz Temišvara i Zavoda za zavarivanje.

O ovoj najvećoj zavarivačkoj manifestaciji u regionu bila je prikazana prezentacija koja je naišla na pozitivan odjek. Veliki broj zvaničnika iz EWF i IIW je već potvrdio svoje učešće na Kongresu.

Tokom Kongresa biće održana i radionica o mogućnostima i potencijalima u području zavarivanja zemalja iz Jugoistočne Evrope i formiranje i aktiviranje mreže za razmenu informacija i transfer tehnologija u regionu.

Pored toga, jedna naučna sesija tokom Kongresa biće posvećenja preminulom prof. Stojanu Sedmaku jednom od rodonačelnika mehanike loma u regionu. Naravno, na toj sesiji će biti prezentovani radovi koji obrađuju problematiku mehanike loma, sigurnosti i procene preostalog veka zavarenih spojeva i konstrukcija.

Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing



Aleksić Boško¹, Vlasćislav Bađura¹, Aleksandar Stefanović², Jano Kurai³, Darko Jovanović⁴

POSTOJEĆE STANJE STANDARDA U OBLASTI ZAVARIVANJA U SRBIJI CURRENT CONDITIONS OF STANDARDS IN WELDING IN SERBIA

NASTAVAK IZ PREDHODNOG BROJA

2. deo

Oznaka srpskog standarda	Naslov na srpskom jeziku	Naslov na engleskom jeziku
SRPS CEN ISO/TR 20173:2009	Zavarivanje - Sistemi grupisanja materijala - Američki materijali	Welding - Grouping systems for materials - American materials (ISO/TR 20173:2009)
SRPS CEN ISO/TR 20174:2009	Zavarivanje - Sistemi grupisanja materijala - Japanski materijali	Welding - Grouping systems for materials - Japanese materials (ISO/TR 20174:2005)
SRPS CEN ISO/TR 3834-6:2009	Zahtevi kvaliteta kod zavarivanja topljenjem metalnih materijala - Deo 6: Uputstva za primenu ISO 3834	Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 6: Guidelines on implementing ISO 3834 (ISO/TR 3834-6:2007)
SRPS CEN ISO/TS 15011-6:2013	Zdravlje i bezbednost pri zavarivanju i srodnim postupcima — Laboratorijske metode za uzorkovanje dima i gasova — Deo 6: Procedura za kvantitativno određivanje dima i gasova pri elektrootpornom tačkastom zavarivanju	Health and safety in welding and allied processes - Laboratory method for sampling fume and gases - Part 6: Procedure for quantitative determination of fume and gases from resistance spot welding - Technical Corrigendum 1 (ISO/TS 15011-6:2012/Cor 1:2012)
SRPS CEN ISO/TS 17845:2012	Zavarivanje i srodni postupci - Sistem označavanja nepravilnosti	Welding and allied processes - Designation system for imperfections (ISO/TS 17845:2004)
SRPS CEN/TR 14599:2009	Termini i definicije u zavarivanju koji se odnose na EN 1792	Terms and definitions for welding purposes in relation with EN 1792
SRPS CEN/TR 14633:2008	Zavarivanje - Položaji zavarivanja - Upoređenje trenutnih međunarodnih, evropskih i američkih oznaka	Welding - Working positions - Comparison of current international, European and US designations
SRPS CEN/TR 15068:2011	Oprema za gasno zavarivanje — Merenje emitovane buke gorionika pri zavarivanju, rezanju, grejanju, tvrdom i mekom lemljenju — Metode merenja	Gas welding equipment - Measurement of noise emitted by blowpipe for welding, cutting, heating, brazing and soldering - Measurement method
SRPS CEN/TR 15135:2008	Zavarivanje - Koncepcija spoja i ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva	Welding - Design and non-destructive testing of welds
SRPS CEN/TR 15235:2008	Zavarivanje - Metode za ocenjivanje nepravilnosti u metalnim konstrukcijama	Welding - Methods for assessing imperfections in metallic structures
SRPS CEN/TR 15481:2008	Zavarivanje betonskog (armiranog) čelika - Zavarljivost pripoja - Metode ispitivanja i zahtevi za izvođenje	Welding of reinforcing steel - Tack weldability - Test methods and performance requirements
SRPS CEN/TS 14751:2011	Zavarivanje — Korišćenje tehnike vremenske difrakcije (TOFD) za ispitivanje zavarenih spojeva	Welding - Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD) for examination of welds
SRPS CR 13259:2011	Oprema za gasno zavarivanje — Industrijski ručni i mašinski gasni gorionici za grejanje plamenom i srodne postupke	Gas welding equipment - Industrial manual and machine oxygen-fuel gases blowpipes for flame heating and allied processes



SRPS EN 1011-1:2012	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 1: Opšte uputstvo za elektrolučno zavarivanje	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 1: General guidance for arc welding
SRPS EN 1011-2:2007	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 2: Elektrolučno zavarivanje feritnih čelika	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 2: Arc welding of ferritic steels
SRPS EN 1011-3:2008	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 3: Elektrolučno zavarivanje nerđajućih čelika (sadrži izmenu A1: 2003)	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 3: Arc welding of stainless steels
SRPS EN 1011-4:2008	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 4: Elektrolučno zavarivanje aluminijuma i legura aluminijuma (sadrži izmenu A1:2003)	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 4: Arc welding of aluminium and aluminium alloys
SRPS EN 1011-5:2008	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 5: Zavarivanje platiranih čelika	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 5: Welding of clad steel
SRPS EN 1011-6:2008	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 6: Zavarivanje laserom	Welding - Recommendation for welding of metallic materials - Part 6: Laser beam welding
SRPS EN 1011-7:2008	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Deo 7: Zavarivanje elektronskim snopom	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 7: Electron beam welding
SRPS EN 1044:2008	Tvrdo lemljenje - Dodatni materijali	Brazing - Filler metals
SRPS EN 1045:2008	Tvrdo lemljenje - Topitelji za tvrdo lemljenje - Klasifikacija i uslovi tehničke isporuke	Brazing - Fluxes for brazing - Classification and technical delivery conditions
SRPS EN 12074:2007	Potrošni materijali - Zahtevi za kvalitet pri proizvodnji, isporuci i distribuciji potrošnih materijala za zavarivanje i srodne postupke	Welding consumables - Quality requirements for manufacture, supply and distribution of consumables for welding and allied processes
SRPS EN 12536:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Šipke za gasno zavarivanje nelegiranih i čelika otpornih na puzanje - Klasifikacija	Welding consumables - Rods for gas welding of non alloy and creep-resisting steels - Classification
SRPS EN 1256:2012	Oprema za gasno zavarivanje - Specifikacija za spajanje creva za zavarivanje, rezanje i srodne postupke	Gas welding equipment - Specification for hose assemblies for equipment for welding, cutting and allied processes
SRPS EN 12584:2008	Nepravilnosti pri rezanju kiseonikom, laserskim snopom i plazmom - Terminologija	Imperfections in oxyfuel flame cuts, laser beams cuts and plasma cuts - Terminology
SRPS EN 12797:2008	Tvrdo lemljenje - Ispitivanje razaranjem zalemljenih spojeva	Brazing - Destructive tests of brazed joints
SRPS EN 12799:2009	Tvrdo lemljenje - Ispitivanje bez razaranja zalemljenih spojeva	Brazing - Non-destructive examination of brazed joints
SRPS EN 13067:2008	Osoblje za zavarivanje plastike - Kvalifikaciono ispitivanje zavarivača - Zavareni sklopovi od termoplasta	Plastics welding personnel - Qualification testing of welders - Thermoplastics welded assemblies
SRPS EN 13134:2008	Tvrdo lemljenje - Kvalifikacija tehnologije	Brazing - Procedure approval
SRPS EN 1320:2008	Ispitivanje sa razaranjem zavarenih spojeva metalnih materijala - Ispitivanje preloma	Destructive tests on welds in metallic materials - Fracture test
SRPS EN 1326:2012	Oprema za gasno zavarivanje- Mali kompleti za gasno tvrdo lemljenje i zavarivanje	Gas welding equipment - Small kits for gas brazing and welding



SRPS EN 1327:2009	Oprema za gasno zavarivanje - Termoplastična creva za zavarivanje i srodne postupke	Gas welding equipment - Thermoplastic hoses for welding and allied processes
SRPS EN 13479:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Opšti standard za dodatne materijale i praškove za zavarivanje topljenjem metalnih materijala	Welding consumables - General product standard for filler metals and fluxes for fusion welding of metallic materials
SRPS EN 13622:2009	Oprema za gasno zavarivanje - Terminologija - Termini koji se odnose na opremu za gasno zavarivanje	Gas welding equipment - Terminology - Terms used for gas welding equipment
SRPS EN 13918:2009	Oprema za gasno zavarivanje - Integralni regulatori merača protoka na cilindrima kod zavarivanja, rezanja i srodnih postupaka - Klasifikacija, specifikacija i ispitivanja	Gas welding equipment - Integrated flowmeter regulators used on cylinders for welding, cutting and allied processes - Classification, specification and tests
SRPS EN 1418:2009	Osooblje u zavarivanju - Ispitivanje radi provere zavarivača za zavarivanje topljenjem i otporno zavarivanje za potpuno automatizovano i automatsko zavarivanje metalnih materijala	Welding personnel - Approval testing of welding operators for fusion welding and resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials
SRPS EN 14295:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Žica i kombinacije cevastih punjenih elektroda i elektroda - prašak za elektrolučno zavarivanje pod praškom čelika velike čvrstoće - Klasifikacija	Welding consumables - Wire and tubular cored electrodes and electrode-flux combinations for submerged arc welding of high strength steels - Classification
SRPS EN 14324:2008	Tvrdo lemljenje - Uputstvo za primenu tvrdo zalemljenih spojeva	Brazing - Guidance on the application of brazed joints
SRPS EN 14532-1:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja i zahtevi kvaliteta - Deo 1: Osnovne metode i ocena usaglašenosti potrošnih materijala za čelik, nikel i legure nikla	Welding consumables - Test methods and quality requirements - Part 1: Primary methods and conformity assessment of consumables for steel, nickel and nickel alloys
SRPS EN 14532-2:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja i zahtevi kvaliteta - Deo 2: Dodatne metode i ocena usaglašenosti potrošnih materijala za čelik, nikel i legure nikla	Welding consumables - Test methods and quality requirements - Part 2: Supplementary methods and conformity assessment of consumables for steel, nickel and nickel alloys
SRPS EN 14532-3:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja i zahtevi kvaliteta - Deo 3: Ocena usaglašenosti žičanih elektroda, žica i šipki za zavarivanje legura aluminijuma	Welding consumables - Test methods and quality requirements - Part 3: Conformity assessment of wire electrodes, wires and rods for welding of aluminium alloys
SRPS EN 14610:2012	Zavarivanje i srodni postupci - Definicije postupaka zavarivanja metala	Welding and allied processes - Definitions of metal welding processes
SRPS EN 14640:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Pune žice i šipke za zavarivanje topljenjem bakra i legura bakra - Klasifikacija	Welding consumables - Solid wires and rods for fusion welding of copper and copper alloys - Classification
SRPS EN 14700:2011	Potrošni materijali za zavarivanje - Potrošni materijali za tvrdo navarivanje	Welding consumables - Welding consumables for hard-facing
SRPS EN 14717:2008	Zavarivanje i srodni postupci - Lista provere uticaja na životnu sredinu	Welding and allied processes - Environmental check list
SRPS EN 1597-1:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja - Deo 1: Ispitni uzorak za izradu epruvete od čistog metala šava od čelika, nikla i legura nikla	Welding consumables - Test methods - Part 1: Test piece for all-weld metal test specimens in steel, nickel and nickel alloys
SRPS EN 1597-2:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja - Deo 2: Priprema ispitnog uzorka za izradu epruveta zavarenih u jednom i dva prolaza na čeliku	Welding consumables - Test methods - Part 2: Preparation of test piece for single-run and two-run technique test specimens in steel



SRPS EN 1597-3:2008	Potrošni materijali za zavarivanje - Metode ispitivanja - Deo 3: Ispitivanje sposobnosti potrošnih materijala za izvođenje ugaonog spoja u različitim položajima zavarivanja	Welding consumables - Test methods - Part 3: Testing of positional capability of welding consumables in a fillet weld
SRPS EN 1598:2012	Zdravlje i bezbednost u zavarivanju i srodnim postupcima - Prozirni paravani, naočari i stakla za elektro-lučne postupke zavarivanja	Health and safety in welding and allied processes - Transparent welding curtains, strips and screens for arc welding processes
SRPS EN 1708-1:2013	Zavarivanje — Osnovni detalji zavarenih čeličnih spojeva — Deo 1: Komponente pod pritiskom	Welding - Basic welded joint details in steel - Part 1: Pressurized components
SRPS EN 1708-2:2008	Zavarivanje - Osnovni detalji zavarenih čeličnih spojeva - Deo 2: Komponente bez unutrašnjeg pritiska	Welding - Basic weld joint details in steel - Part 2: Non internal pressurized components
SRPS EN 1708-3:2012	Zavarivanje - Osnovni detalji zavarenih čeličnih spojeva - Deo 3: Komponente pod pritiskom sa plakaturnom, puferom i sa prevlakom (trakama)	Welding - Basic weld joint details in steel - Part 3: Clad, buttered and lined pressurized components
SRPS EN 1792:2012	Zavarivanje - Višejezička lista termina za zavarivanje i srodne postupke	Welding - Multilingual list of terms for welding and related processes
SRPS EN 20693:2009	Mere zavarenih praznih kalemova	Dimensions of seam welding wheel blanks (ISO 693:1982)
SRPS EN 20865:2011	Urezi na limovima na mašinama za bradavičasto zavarivanje	Slots in plates for projection welding machines (ISO 865:1981)
SRPS EN 21089:2009	Konusne elektrode za tačkasto zavarivanje - Mere	Electrode taper fits for spot welding equipment - Dimensions (ISO 1089:1980)
SRPS EN 22401:2008	Obložene elektrode - Određivanje stepena iskorišćenja, konstante topljenja i koeficijenta deponovanja	Covered electrodes - Determination of the efficiency, metal recovery and deposition coefficient (ISO 2401:1972)
SRPS EN 22401:2008/AC:2013	Obložene elektrode — Određivanje stepena iskorišćenja, konstante topljenja i koeficijenta deponovanja pogon — Ispravka	Covered electrodes - Determination of the efficiency, metal recovery and deposition coefficient (ISO 2401:1972)
SRPS EN 22553:2008	Zavareni i zalemljeni spojevi - Prikazivanje na crtežima pomoću simbola	Welded, brazed and soldered joints - Symbolic representation on drawings (ISO 2553:1992)
SRPS EN 25184:2012	Ravne elektrode za elektrootporno tačkasto zavarivanje	Straight resistance spot welding electrodes (ISO 5184:1979)
SRPS EN 25822:2012	Oprema za tačkasto zavarivanje – Veličine konusnih zatvarača i prstena	Spot welding equipment - Taper plug gauges and taper ring gauges (ISO 5822:1988)
SRPS EN 25827:2012	Tačkasto zavarivanje – Zadnji delovi i stege elektroda	Spot welding - Electrode back-ups and clamps (ISO 5827:1983)
SRPS EN 27286:2012	Grafički simboli za opremu za elektrootporno zavarivanje	Graphical symbols for resistance welding equipment (ISO 7286:1986)
SRPS EN 27931:2012	Izolacione kape i zatvarači na opremi za elektrootporno zavarivanje	Insulation caps and bushes for resistance welding equipment (ISO 7931:1985)
SRPS EN 28167:2012	Ispupčenja kod elektrootpornog zavarivanja	Projections for resistance welding (8167:1989)
SRPS EN 28206:2008	Ispitivanje prihvatljivosti mašina za gasno rezanje - Preciznost ponavljanja - Radne karakteristike	Acceptance tests for oxygen cutting machines - Reproducible accuracy - Operational characteristics (ISO 8206:1991)

-Kraj 2. dela

NASTAVAK U SLEDEĆEM BROJU

ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE 1/2014 WELDING & WELDED CONSTRUCTIONS

NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

EKSPERIMENTALNA LABORATORIJA ZA RAZVOJ DODATNIH I POMOĆNIH MATERIJALA ZA ZAVARIVANJE I LEMLJENJE

EXPERIMENTAL LABORATORY FOR DEVELOPMENT OF FILLERS AND AUXILIARY MATERIALS FOR WELDING AND SOLDERING

Nikola Bajić, Darko Veljić, Marko Rakin, Slobodan Stojadinović, Jasmina Pekez, Mihailo Mrdak

SPREČAVANJE I UKLANJANJE TERMIČKOG OKSIDA (HEAT TINT)

PREVENTING AND REMOVING OF HEAT TINT

Bore V. Jegdić, Biljana M. Bobić

NEZADOVOLJAVANJE ZAHTEVA APSORBOVANE ENERGIJE-CVN POTROŠNOG MATERIJALA ZA EPP ZAVARIVANJE-OSNOVNA ANALIZA UZROKA

CVN FAILURE OF F7A5-EM12K SAW CONSUMABLE - ROOT CAUSE ANALYSIS

Željko Potkonjak

SAVREMENI ČELICI: DVOJNIKOVANJEM IZAZVANA PLASTIČNOST

Nenad Radović, Dragomir Glišić

PRAKSA

PRACTICE

SANACIJA KOVAČKOG ALATA „MLINSKE POLUGE“

Ohran Edhem

ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE 2/2014 WELDING & WELDED CONSTRUCTIONS

NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

EKSPERIMENTALNA ANALIZA DINAMIČKOG PONAŠANJA ALATA KOD POSTUPKA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MIJEŠANJEM

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

Mr Milenko Perović, Dr Petar Todorović, Miodrag Jevtović

OPTIMIZACIJA SADRŽAJA NIKLA U PUNJENOJ ŽICI NAMENJENOJ ZA ZAVARIVANJE MIKROLEGIRANIH ČELIKA

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

Nikola Bajić, Marko Rakin, Darko Veljić, Mihailo Mrdak, Slobodan Stojadinović, Jasmina Pekez

KAKO SMO IZUMELI NAJBOLJI MAGNETNI KONCENTRATOR NA SVETU ZA VISOKOFREKVENTNO ZAVARIVANJE

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

Miroslav S. Miličević, Tatjana M. Jovanović, Valentina M. Nejković

PRAKSA

PRACTICE

UPRAVLJANJE KVALITETOM ZAVARIVANJA POSREDSTVOM DALJINSKOG NADZORA

WELDING QUALITY MANAGEMENT BY MEANS OF REMOTE MONITORING

Branko Zrilić, Nebojša Pantelić, Radomir Jovičić, Dejan Jovičić

ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE 3/2014 WELDING & WELDED CONSTRUCTIONS

NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

USPOREDBA REZULTATA NAVARIVANJA LEGURE TIPA 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

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

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

RAZVOJ FINOZRNIH ČELIKA

ISTORIJSKI PREGLED KORIŠĆENJA MATERIJALA

ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE 4/2014 WELDING & WELDED CONSTRUCTIONS

NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

TAČNOST NUMERIČKIH METODA ZA PROCJENU RASTA ZAMORNE PUKOTINE U ZAVARENIM SPOJEVIMA

ACCURACY OF NUMERICAL METHODS FOR ASSESSMENT OF FATIGUE CRACK GROWTH IN WELDED JOINTS

Zoran D. Perović

MIZ

IIW

PROPERTIES OF A CREEP RESISTANT 9Cr-1.5Mo-1Co CAST STEEL JOINT WELDED WITH A MATCHING FLUX-CORED WIRE

OSOBINE ZAVARENOG SPOJA ČELIČNOG LIVA OTPORNOG NA PUZANJE

9CR-1.5MO-1CO SRODNOM PUNJENOM ŽICOM

S. Baumgartner, A. Holy, R. Schnitzer, M. Schuler, A. Saric, N. Enzinger

OBRAZOVANJE

EDUCATION

ODOBRANJE POSTUPAKA IZRADE NERASTAVLJIVIH SPOJEVA OD POLIETILENA NA OPREMI POD PRITISKOM

APPROVAL OF THE PROCEDURE OF MAKING PERMANENT JOINTS OF POLYETHYLENE ON THE PRESSURE EQUIPMENT

Darko Jovanović dipl.maš.inž., Predrag Jovanović dipl.maš.inž.

STANDARDIZACIJA I KVALITET

STANDARDIZATION & QUALITY

POSTOJEĆE STANJE STANDARDA U OBLASTI ZAVARIVANJA U SRBIJI

CURRENT CONDITIONS OF STANDARDS IN WELDING IN SERBIA

Aleksić Boško, Vlasćislav Bađura, Aleksandar Stefanović, Jano Kurai, Darko Jovanović

ČASOPIS ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE**Cenovnik oglasnog prostora u četiri uzastopna broja 2015**

	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%.
- Objavljivanje 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 2015**

	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**

REFIT INŽENJERING

YASKAWA SLOVENIJA

HONEX

ELIMP

ZAVOD ZA ZAVARIVANJE

MESSER

KEMPER GmbH

1. ČLANARINA DUZS za 2015. godinu **3.500 dinara**
Članovima DUZS **GRATIS** godišnje izdanje časopisa "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE"
2. ČASOPIS "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" - 2015. 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 2014. 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