



ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 59 Vol. 59	Br. 4 No. 4	145-192 145-192	Beograd Belgrade	Srbija Serbia	2014. 2014.
--------------------	----------------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

ČASOPIS DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE
ZAVARIVANJA U SRBIJI

SERBIAN WELDING SOCIETY
QUARTERLY REVIEW

IZLAZI TROMESEČNO

IZDAVAČ / PUBLISHER

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

Adresa: 11000 Beograd, Grčića Milenka 67

Za izdavača / For Publisher

Branislav Lukić, dipl.ing, predsednik DUZS

UREDNIŠTVO / EDITORIAL

Glavni i odgovorni urednik / Editor-in-Chief

Milica Antić, dipl.ing. EWE

duzs@eunet.rs, milicamantic@yahoo.com

Tehnički urednik / Technical Editor

Branislav Lukić, dipl.ing

Redakcijski odbor / Editorial Board

Dr Nenad Radović, dipl.ing.

Dr Bore Jegdić, dipl.ing.

Miloš Pavlović, dipl.ing.

UREĐIVAČKI ODBOR / PUBLISHING COUNCIL

Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing, (predsednik)

Prof. dr Miroslav Đurđanović, dipl.ing.

Prof.dr Vukić Lazić, dipl.ing.

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

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

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

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

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

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

Horia Dascau, dipl.ing. (Rumunija)

REDAKCIJA I MARKETING / EDITORIAL OFFICE AND MARKETING



Vesna Jović
Grčića Milenka 67, I sprat
11000 Beograd



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



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

CIP - Каталогизacija y пyбликации
Народна библиотека Србије, Београд
621.791

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

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

CENE I NARUDŽBINA ZA 2014.

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

PRICE AND ORDER

Annual subscription: EUR 100
Account No. 000200073783

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

ŠTAMPA / PRINTED

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

4/2014

SADRŽAJ:

CONTENTS:



NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

151

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

159

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

180

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

190

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

148

REGIONALNI KONGRES SA OSNOVNOM TEMOM "ZAVARIVANJE I SPAJANJE ZA ODRŽIVI RAZVOJ I ŽIVOTNU SREDINU" U TERMINU OD 3.-5. JUNA 2015.G U REGIONALNOM TRŽNOM CENTRU U TEMIŠVARU

149

IN MEMORIAM – PROF.DR. STOJAN SEDMAK

158

IN MEMORIAM – GRADIMIR ŠAJINOVIĆ

158

IN MEMORIAM – SLAVKO AŽMAN

173

REGIONALNI KONGRES SA OSNOVNOM TEMOM "ZAVARIVANJE I SPAJANJE ZA ODRŽIVI RAZVOJ I ŽIVOTNU SREDINU" U TERMINU OD 3.-5. JUNA 2015.G U REGIONALNOM TRŽNOM CENTRU U TEMIŠVARU

192

MARKETING

Poštovani čitaoci,

Poslednji trenuci ove 2014. godine polako prolaze...

Ulazimo u novu godinu sa unapred poznatim uverenjima da će biti teška i bez mnogo nade da se do isteka njenog trajanja naše poslovno okruženje značajno unapredi. U takvim okolnostima teško je biti optimista. Ostaje veoma diskutabilno koje će biti mogućnosti i našeg društva da unapredi svoju delatnost.

Međutim, ostaju neke ovogodišnje obaveze našeg društva koje ćemo realizovati naredne godine a i svakako ćemo se spremiti za nove izazove.

U razdoblju između dva broja, ostali smo bez bivšeg urednika našeg časopisa, profesora Stojana Sedmaka, a napustio nas je i dragi kolega iz Slovenije Slavko Ažman kao i naš saradnik i kolega Gradimir Šajinović.

U ovom broju, pored radova iz naših uobičajenih rubrika, želimo da vam usmerimo pažnju na prestojeći skup u Temišvaru, Rumunija.

Dakle, dragi naši čitaoci i članovi Društva, želimo vam, pre svega, dobro zdravlje i sreću a svakako i uspešnu poslovnu 2015. godinu.

S poštovanjem,

Milica Antić, dipl.ing.





IN MEMORIAM

Prof. dr STOJAN SEDMAK, dipl.inž.
doajen u razvoju mehanike loma i sigurnosti zavarenih konstrukcija



Dana 02.novembra 2014.godine, napustio nas je profesor Stojan Sedmak. Napustio nas je neposredno pred svoj 85-rođendan, naš profesor koji nas je uputio na razvoj mehanike loma i veze te naučne grane sa sigurnošću zavarenih konstrukcija. Svoju izuzetnu energiju je koristio za dobrobit razvoja zavarivačke misli kod nas.

Ostaće upamćen kao predsednik Jugoslovenskog saveza za zavarivanje i urednik časopisa Zavarivanje i zavarene konstrukcije. Napustio nas je neumoran učitelj koji je nesebično prenosio svoja znanja saradnicima, oslonac ali i primer radnika koji je uvek imao sveže ideje i volju i sposobnost da ih realizuje.

Profesor Stojan Sedmak je rođen 1929. godine u Kratovu, Makedonija. Školovao se u Beogradu gde je maturirao 1948. godine. Na Mašinskom fakultetu je diplomirao 1954. godine. Magistrirao je na Prirodno-matematičkom fakultetu 1969. godine a doktorirao na Mašinskom fakultetu 1977. godine.

Stručni karijeru je započeo kao diplomirani inženjer u fabrici "Slavko Rodić" u Bugojnu u periodu 1954-1958.godine a u fabrici motora FAMOS –Sarajevo je radio do 1961. godine. U Francuskoj je 1960. godine specijalizirao na proizvodnji motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Od 1961. do 1966. godine je radio kao konstruktor vozila u Vojnotehničkom institutu u Beogradu.

Univerzitetsku karijeru je započeo 1966. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu kao asistent gde je 1981. godine postao redovni profesor.

Predavao je više predmeta iz oblasti mehanike loma, zavarivanja, nauke o materijalima, hemijskog i grafičkog inženjerstva. U penziji je od 1995. godine, ali time nije prestao njegov naučni i stručni rad.

Njegov bogati naučni rad se odnosio pre svega u oblasti teorije mehanike loma, pouzdanosti materijala i oceni sigurnosti konstrukcija. Poseban naučni doprinos profesora S. Sedmaka je u analizi ponašanja prslina u zavarenim spojevima i oceni integriteta zavarenih konstrukcija primenom parametara mehanike loma. Zahvaljujući radu i dostignućima S. Sedmaka, mehanika loma i analiza integriteta konstrukcija su uvedene i u našoj zemlji i regionu, što je omogućilo i intenzivnu institucionalnu međunarodnu saradnju u ovoj naučnoj oblasti.



Prof Sedmak je objavio preko 300 naučnih i stručnih radova, autor je 8 knjiga i udžbenika kao i 10 monografija "Letnje škole mehanike loma" i više zbornika međunarodnih konferencija. Rukovodio je realizacijom 9 naučno-istraživačkih projekta o ponašanju materijala i zavarenih konstrukcija. U periodu od 1982.-1992. godine je rukovodio jugoslovensko-američkim projektom "Mehanika loma zavarenih spojeva".

Osim pedagoškog rada kao redovnog profesora, sa prof. Aleksandrom Radovićem je pokretač poslediplomskih magistarskih studija iz zavarivanja. Rukovodio je izradom 17 doktorskih disertacija i 14 magistarskih teza, od kojih tematski mnoge ulaze u područje zavarivanja.

U okviru zavarivačke asocijacije prof. S. Sedmak je bio angažovan kao predsednik nacionalne komisije i član IIW Komisije X (1978-2000.godine). Od 1990-2000. godine intenzivno je angažovan u radu organa upravljanja zavarivačkih asocijacija. Bio je i predsednik Jugoslovenskog saveza za zavarivanje u periodu od 1996-2000. godine.

Za glavnog i odgovornog urednika časopisa Zavarivač izabran je, 1989 godine, u najkritičnije vreme za DUZS i najnepovoljnije za izdavanje časopisa. Vreme privredne stagnacije još više otežava obezbeđenje autorskih radova, zbog čega animira saradnike iz oblasti svog istraživačkog rada i time proširuje stručno informisanje čitalaca časopisa o mehanici loma, u sprezi sa procesima zavarivanja i integritetom zavarenih konstrukcija. U uređivanju časopisa, za autorske radove koji se visokostručno kotiraju, uvodi dvojezični tekst (srpski-engleski), što dodatno, u tom segmentu (rubrika nauka-istraživanje-razvoj), daje časopisu naučno-stručni karakter.

Od 1991-1996 godine prof. Sedmak je bio direktor programa " Pouzdanost materijala i ocena sigurnosti konstrukcija". U više ciklusa je bio predavač na kursu za međunarodne inženjere za zavarivanje i predsednik nacionalne ispitne komisije.

Ovo je tek deo izuzetno bogatog opusa prof Sedmaka. Iza svake aktivnosti profesora stoji izuzetan rad i ogromni rezultati.

Veličina profesora Sedmaka je njegova izuzetna sposobnost da animira saradnike da ga prate i postignu rezultat.

Iza svega ovoga je stajao ne samo Stojan Sedmak, inženjer, naučnik, profesor. Stajao je čovek, autoritet koji je prenosio snagu okolini. Stajao je naš profesor, naš oslonac, učitelj koji je nesebično pomagao svima.

Nedostajaće nam profesor i učitelj Stojan Sedmak, ali ostaće nam njegova dela i sećanja na njegov plemeniti lik. I zahvalnost.

Dr.Vencislav Grabulov



Zoran D. Perović

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

TAČNOST NUMERIČKIH METODA ZA PROCJENU RASTA ZAMORNE PUKOTINE U ZAVARENIM SPOJEVIMA

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC:

Rad primljen / Paper received:

Februar 2014.

Ključne riječi: određivanje faktora intenziteta napona, procjena zamornog vijeka, zavareni spoj

Rezime

Zamorna pukotina se može otkriti u raznim konstrukcijama, podvrgnutim cikličnom opterećenju, u toku inspekcije. U cilju da se predvidi preostali zamorni vijek, mogu se koristiti razne numeričke metode. Na samom početku treba odrediti faktor intenziteta napona (SIF) koji opisuje polje napona u blizini vrha pukotine. Postoji nekoliko metoda (i formula u nekim slučajevima) za određivanje faktora intenziteta napona. Zatim treba izabrati jednačinu brzine rasta zamorne pukotine i riješiti je pomoću neke numeričke metode. U ovom radu je razmotrena razlika konačnih rezultata ove procjene koja je posledica raznih primijenjenih metoda i formula u ovom postupku. Ova analiza je primijenjena na izabrani zavareni spoj.

1. INTRODUCTION

The big part of fatigue life is spent in fatigue crack propagation. Driving force of this process is stress intensity factor (SIF). Various numerical methods are developed in order to determine SIF. Because of its efficiency finite element method (FEM) is most frequently used e.g. virtual crack extension technique, the J-integral method, special elements with introduced $1/\sqrt{r}$ stress singularity by employing

$$K = M_k F \sigma \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

$$F = \left[M_1 + M_2 \left(\frac{a}{t} \right)^2 + M_3 \left(\frac{a}{t} \right)^4 \right] f_\phi f_w g / Q \quad (2)$$

Adresa autora / Author's address:

Department of Mechanical Engineering, University of Montenegro George Washington bb, 81000 Podgorica Montenegro

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

Key words: SIF determination, fatigue life assessment, welded joints

Abstract

Fatigue crack could be detected in various structures, subjected to cyclic loading, during the inspection. In order to predict remaining fatigue life, various numerical methods can be used. At the very beginning, stress intensity factor (SIF) describing stress field in vicinity of the crack tip, should be determined. There a few methods (and formulas in some cases) for SIF determination. Then equation for crack growth rate should be chosen and solved by using one of the numerical methods. The difference in final results of the assessment as a consequence of different applied methods and formulas in this procedure for welded joints is considered in this paper.

a simple function, degenerated isoparametric elements etc.

2. NUMERICAL ANALYSIS

In this paper SIF is determined by using Raju & Newman solution for surface semielliptical crack in flat plate [1] subjected to the remote uniform tensile stress σ and Albrecht's solution for geometry correction factor for fillet welded joints [2]:



where:

$$M_1 = 1.13 - 0.09\left(\frac{a}{c}\right); \quad M_2 = -0.54 + \frac{0.89}{0.2 + \frac{a}{c}}; \quad M_3 = 0.5 - \frac{1.0}{0.65 + \left(\frac{a}{c}\right)} + 14\left(1 - \frac{a}{c}\right)^{24}$$

$$f_\varphi = \left[\left(\frac{a}{c}\right)^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \right]^{0.25}; \quad f_w = \left[\sec\left(\frac{\pi c}{w} \sqrt{\frac{a}{t}}\right) \right]^{0.5}; \quad g = 1 + \left[0.1 + 0.35\left(\frac{a}{t}\right)^2 \right] (1 - \sin \varphi)^2$$

$$Q = \left[1 + 1.464\left(\frac{a}{c}\right)^{1.65} \right]^{0.5}$$

where a, c = length of the minor and major semi-axis of the elliptical crack, respectively; t, w = thickness and width of the main plate of the welded joint, respectively; φ = angle that describes the

location at the crack front with respect to the major axis of the ellipse. The geometry correction factor M_k , is given by

$$M_k = \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{b_i}}{\sigma} \left(\arcsin \frac{b_{i+1}}{a} - \arcsin \frac{b_i}{a} \right) \tag{3}$$

where σ = nominal stress in critical section of uncracked joint, σ_{b_i} = normal stress in a finite element between the distance b_i and b_{i+1} (Fig.1b). It accounts for the effect on K of a stress concentration produced by a structural detail. This

formula was obtained from Eq.4, the solution [3] for a central crack of length $2a$ in an infinite plate with two equal pairs of splitting forces P , applied at $x = \pm b$ (Fig.1a).

$$K = \frac{2P}{\sqrt{\pi a}} \frac{a}{\sqrt{a^2 - b^2}} \tag{4}$$

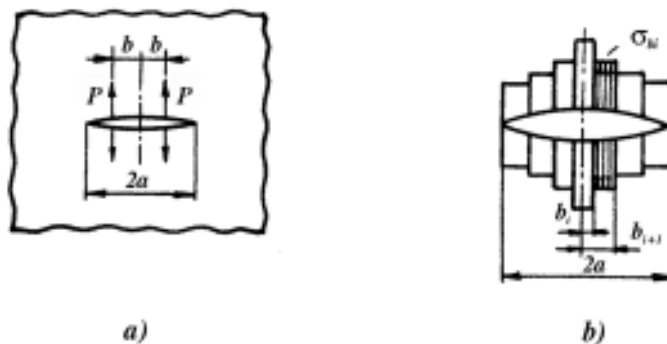


Fig.1. Crack in infinite plate subjected to: a) two pairs of equal splitting forces; b) pairs of discrete stresses



Verreman *et al.* [4] used this method for determination of the M_k factor of a cruciform-welded joint and compared it with the accurate solution obtained by Smith [5] using high-order crack tip elements with an inverse square root singularity. They reported differences smaller than 6%, so this method can be considered accurate for engineering

purposes. The advantage of Albrecht's method is that only one stress analysis needs to be made for each joint geometry, i.e. the stress analysis of an uncracked joint. The computer program was made based on Eq.(1-3) in order to determine SIF for welded joint shown in Fig.2.

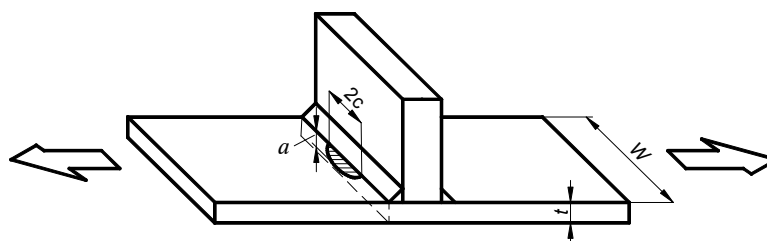


Fig.2. Welded joint ($t = 8 \text{ mm}$)

Calculated values of SIF for one arbitrarily chosen stress level are shown in Fig.3. These results are compared with those ones given in literature. The standard BS 7910:2005 [6] gives formula for SIF for cracks in welded joints, but it is valid for weld profile with sharp radii ($<0.1t$). The solution were obtained by curve fitting to individual finite element analyses [7]. One can see from ref. [7] that mentioned formula was obtained for $r/t = 0$ and recommended

for as-welded joints ($r = \text{weld toe radius}$). In ref. [7] was performed also second analysis for $r/t = 0.1$ and obtained formula was recommended for welded joint with improved profile (TIG dressed or ground joints). That formula has the same shape like formulas (1) and (2) with magnification factor M_k (accounts for the effect on K of a stress concentration produced by a structural detail) given by:

$$M_k = f_1\left(\frac{a}{t}, \frac{a}{c}\right) f_2\left(\frac{a}{t}, \frac{L}{t}\right) f_3(\theta) \tag{5}$$

where

$$f_1\left(\frac{a}{t}, \frac{a}{c}\right) = A_1\left(\frac{a}{t}\right)^{A_2} + A_3\left(1 - \frac{a}{t}\right)^{A_4} + \left[A_5\left(\frac{a}{t}\right) + A_6\right]$$

$$f_2\left(\frac{a}{t}, \frac{L}{t}\right) = A_7\left(\frac{a}{t}\right)^{A_8} + A_9\left(1 - \frac{a}{t}\right)^{A_{10}}$$

$$A_1 = -3.2172(a/c)^2 + 8.9931(a/c) - 7.7356$$

$$A_2 = -0.22457(a/c)^2 - 0.41009(a/c) + 0.86071$$

$$A_3 = 0.65009(a/c)^2 - 0.76603(a/c) + 1.0351$$

$$A_4 = 0.10745(a/c)^2 - 11.039(a/c) + 30.557$$

$$A_5 = 1.2494(a/c)^2 - 7.1510(a/c) + 9.4916$$

$$A_6 = 0.33693(a/c)^2 + 0.23884(a/c) + 2.3341$$

$$A_7 = -0.0021981(L/t)^2 + 0.0066388(L/t) + 0.23244$$

$$A_8 = 0.098096(L/t)^2 - 0.22280(L/t) + 0.19344$$

$$A_9 = 0.015584(L/t)^2 + 0.026458(L/t) + 0.31065$$

$$A_{10} = -0.29651(L/t)^2 + 1.2995(L/t) + 1.0362$$

$$f_3(\theta) = 1.0$$

where L = attachment footprint width (thickness of attachment plus both welds).



3. RESULTS AND DISCUSION

Weld toe radius effect.

These two methods (eq.1,2,3 and eq.1,2,5) are applied on welded joint (Fig. 2) in order to

determine SIF for surface semielliptical crack. Results of the calculation are shown and compared in Table. 1 and figure 3.

a, mm	K, MPa(m) ^{0.5}		K, MPa(m) ^{0.5}		K, MPa(m) ^{0.5}		K, MPa(m) ^{0.5} Eq.(1,2,5)
	r/t=0.1 Eq.(1,2,3)	Δ, %	r/t=0.2 Eq.(1,2,3)	Δ, %	r/t=0.4 Eq.(1,2,3)	Δ, %	
0.1	2.417	-1.4	2.240	-9.5	1.957	-25.3	2.452
0.2	2.910	-9.3	2.727	-16.6	2.523	-26.1	3.181
0.3	3.285	-10.4	3.122	-16.2	2.972	-22.0	3.627
0.5	3.818	-10.3	3.814	-10.5	3.669	-14.8	4.213
0.8	4.470	-8.5	4.546	-6.7	4.459	-8.8	4.850
1.2	5.243	-6.4	5.398	-3.4	5.343	-4.4	5.581
1.6	5.982	-4.6	6.168	-1.4	6.144	-1.8	6.255
1.9	6.524	-3.2	6.717	-0.3	6.718	-0.3	6.736
2.5	7.612	-0.7	7.808	+1.9	7.800	+1.7	7.666
3.2	8.882	+1.5	9.137	+4.4	9.091	+3.9	8.748
4.3	11.024	+4.2	11.348	+7.2	11.225	+6.1	10.581
5.9	14.221	+1.9	14.762	+5.8	14.496	+3.9	13.956
7.0	16.423	-4.0	16.849	-1.4	16.712	-2.2	17.078

Table 1. Comparison of SIF values obtained using Eq.(1,2,3) for various r values and those ones obtained by using Eq.(1,2,5)

Δ=Difference among SIF determined by Eq.(1,2,3) and that one determined by Eq.(1,2,5)

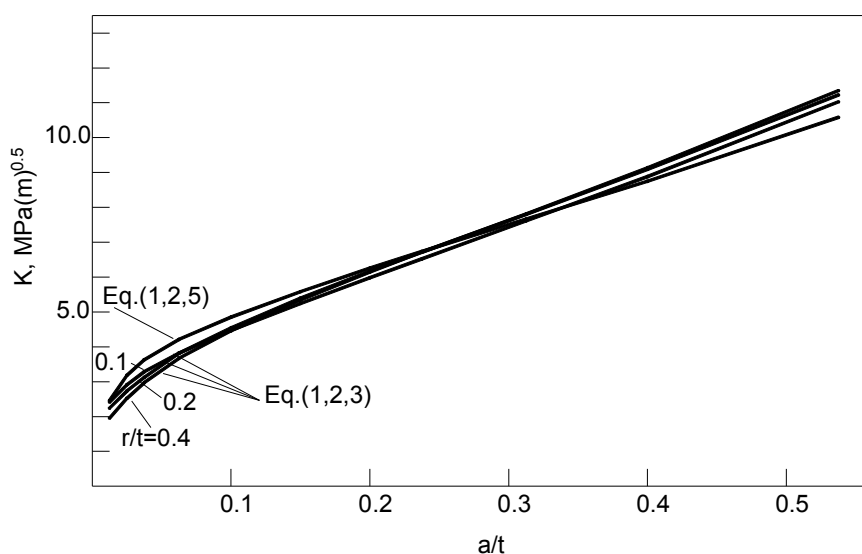


Fig.3. Stress intensity factor values obtained using Bowness and Albrecht solution ($\sigma = 100$ MPa)



Weld toe radius effect on SIF magnitude exist until the crack depth is $< 0.1t$ and differences determined in this work for this region are 10% for $r/t=0.1$, 16% for $r/t=0.2$ i 26% for $r/t=0.4$. It can be concluded that Eq.5 gives more conservative results for bigger weld toe radii in the vicinity of weld toe. Differences of SIF values, for bigger crack

depth, are smaller than 7% as a consequence of accuracy of these methods. It is interesting to determine how much these differences in SIF values affect the determination of the crack propagation life. The crack propagation life N_p is obtained from the equation:

$$N_p = \frac{1}{4.9 \times 10^{-12} (\Delta\sigma)^3} \int_{a_i}^{a_f} \frac{da}{[F(a)\sqrt{\pi a}]^3} \tag{6}$$

This equation was solved by the 32-point Gaussian quadrature method. The obtained results are

shown in Table 2. and Figure 4.

a_i/t	N_p		N_p		N_p		N_p Eq.(1,2,5,6)
	$r/t=0.1$ Eq.(1,2,3,6)	$\Delta, \%$	$r/t=0.2$ Eq.(1,2,3)	$\Delta, \%$	$r/t=0.4$ Eq.(1,2,3)	$\Delta, \%$	
0.05	1323845	+9.3	126072	+11.2	129425	+14.3	113336
0.1	80191	+3.3	79164	+2.0	79013	+1.8	77619
0.2	39516	-5.4	38705	-7.6	38218	-9.0	41644

Table 2. Comparison of crack propagation lives N_p obtained using Albrecht's method and Bowness method for various r values ($\Delta\sigma=300$ MPa)

Δ =Difference among N_p determined by Eq.(1,2,3,6) and that one determined by Eq.(1,2,5,6)

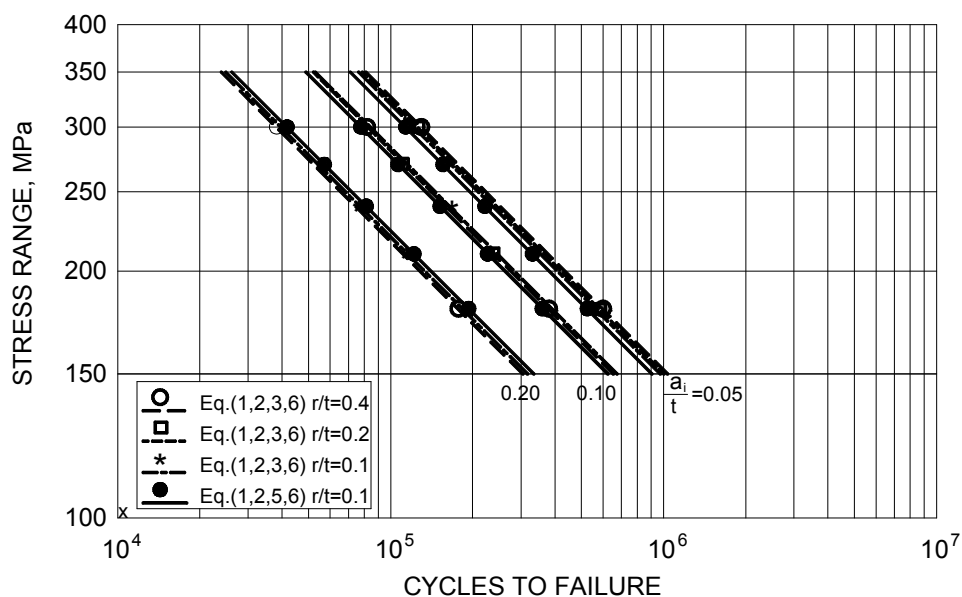


Fig.4 Effect of weld toe radius on fatigue life



Crack shape effect

Fatigue cracks emanating from stress concentrators (weld toe in this case) have semielliptical shape. Cracks change their shape

(aspect ratio $a/2c$) during their growth. At this place is presented analysis how much crack shape affect on stress intensity factor and crack propagation life. Results of this analysis is shown in Fig.5. and Fig.6.

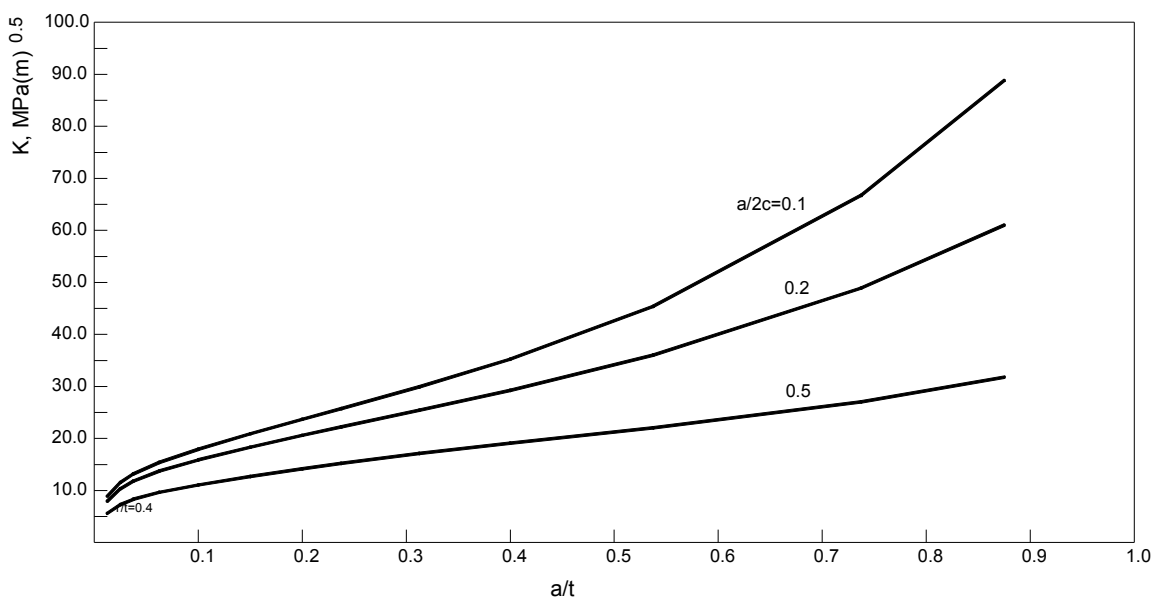


Fig.5 Crack shape effect on stress intensity factor; ($\sigma = 300 \text{ MPa}$)

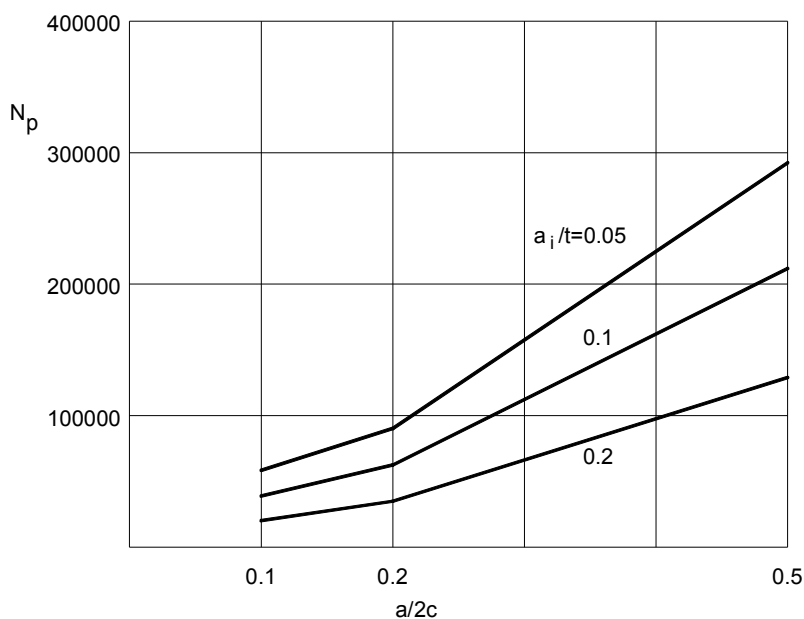


Fig.6 Crack shape effect on fatigue crack propagation life; ($\sigma = 300 \text{ MPa}$)



4. CONCLUSIONS

Accuracy of various methods for SIF determination is considered in this paper. Stress intensity factor for T-welded joint is obtained by using two methods: Albrecht's method and Bowness formula. The results show good agreement-difference is smaller than 7% for relative crack depth bigger than $a/t = 0.1$. The difference in corresponding crack propagation lives is from +3% to -9%. For cracks smaller than 0.1t difference increases with increase of the weld toe radius: 10% for $r/t=0.1$, 16% for $r/t=0.2$ and 26% for $r/t=0.4$. The difference in corresponding crack propagation lives is from +9% to 14%. Bowness formula gives conservative solution for TIG dressed and ground welded joints. The influence of crack shape on SIF and crack propagation life is considered as well. For instance decrease of aspect ratio $a/2c$ from 0.5 to 0.1 increases SIF 59% for $a/t=0.0125$ and 179% for $a/t=0.875$. Corresponding crack propagation lives decrease 5 times (at $\Delta\sigma=300$ MPa, $a/t=0.05$, $a/2c$ decreases from 0.5 to 0.1) and 6.4 times for (at $\Delta\sigma=300$ MPa, $a/t=0.2$, $a/2c$ decreases from 0.5 to 0.1). These examples illustrate big influence of crack shape on stress intensity factors and crack propagation lives.

REFERENCES

- [1] Raju, I. S., Newman, J. C., Stress Intensity Factors for a Wide Range of Semi-elliptical Surface Cracks in Finite Thickness Plates, *Engineering Fracture Mechanics*, **11** (4), 817-829 (1979)
- [2] Albrecht, P., Yamada, K., Rapid Calculation of Stress Intensity Factors, *Journal of the Structural Division*, **103** (2), 377-389, (1977)
- [3] Tada, H., Paris, P., Irwin, G. R., *The Stress Analysis of Cracks Handbook*, Del Research Corporation, Hellertown, Pa., 1973
- [4] Verreman, Y., Bailon J. P., Masounave, J., Fatigue Life Prediction of Welded Joints –a re-assessment, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, **10** (1), 17-36, (1987)
- [5] Smith, I. J., The Effect of Geometry Changes upon the Predicted Fatigue Strength of Welded Joints, *Proceedings, Third International Conference on Numerical Methods in Fracture Mechanics*, Swansea, UK, 561-574, 1984
- [6] BS 7910. Guide to Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Metallic Structures, British Standards Institution, 2005
- [7] Bowness, D., Lee, M. M. K., Prediction of Weld Toe Magnification Factors for Semi-elliptical Cracks in T-butt joints, *International Journal of Fatigue*, **22** (5), 369-387, (200)



IN MEMORIAM

Dana 03.10.2014. godine u Obrenovcu preminuo je tehnički direktor JKP „Toplovod“ Obrenovac



GRADIMIR ŠAJINOVIĆ
1958-2014

Magistar mašinstva, tehnički direktor obrenovačkog toplovoda koji je poznao način funkcionisanja i sve procese u tehnologiji isporuke toplotne energije. Ali ne samo to, on je poznao svaku podstanicu, komoru i šahtu, svaku pumpu i ventil. Precizan, sistematičan i smiren. Među kolegama poznat kao Šaja.

Gradimir Šajinović je rođen 09.04.1958. u Beogradu. Diplomirao je na Mašinskom fakultetu u Beogradu 1982. godine, gde je 2002. godine i magistrirao. Radio je u Loli, bio rukovodilac i jedan od direktora u Prvoj iskri iz Bariča. Od 2003. prelazi u tadašnje JKP Obrenovac i postaje jedan od nosilaca razvoja toplifikacije Obrenovca. Formiranjem Toplovoda kao posebnog preduzeća postaje jedan od najpoznatijih tehničkih direktora, omiljen među kolegama iz toplana. Iza sebe ostavlja suprugu Mirjanu, ćerku Nevenu i sina Nikolu.

Poslednji pozdrav našem dragom Šaji.

Nikola Šormaz

Napustio nas je veliki prijatelj i kolega



SLAVKO AŽMAN
1947-2014

Dr. Slavko Ažman rođen je 1947. godine na Bledu, srednju školu-gimnaziju završio je 1966. godine, a diplomirao je 1976. godine na FNT (Fakulteta za naravoslovje i tehnologiju) u Ljubljani, gde je 1990. godine položio magisterij i 1998. godine odbranio doktorat. Sve tematike od diplomskog rada (patentirana žica), magistarskog rada (čelici za kriogenu tehniku) do doktorske disertacije (uticaj vodonika na mikrolegirane čelike) govore da je sve svoje stručno delovanje namenio i podredio metalurgiji.

Objavio je veliki broj naučnih i stručnih radova u domaćim i svetskim časopisima. Za svoje razvojne uspehe bio je više puta nagrađen, a najveća priznanja zlatne plakete na RAST-YU, dobio je za čelike NIOMOL i NICRODUR.

Iza njega je ostao još veliki broj novih projekata, ali se njegov životni put prebrzo završio. Ali je bio i to najviše, čovek sa velikim srcem. Mnogo smo ponosni, da su se naši putevi sreli, da smo imali mogućnost crpeti znanje i iskustva od ovolikog stručnjaka! Njegova velika predanost metalurškoj nauci nas uči, kakav treba da bude odnos prema istraživanju i razvoju. Hvala mu!

Dr.Vencislav Grabulov

S. Baumgartner¹, A. Holy¹, R. Schnitzer¹, M. Schuler², A. Saric², N. Enzinger²

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

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: Weld World (2014) 58:565–575

DOI10.1007/s40194-014-0141z

Rad primljen / Paper received:

Oktober 2014.

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

Adresa autora / Author's address:

¹ S. Baumgartner, A. Holy, R. Schnitzer

voestalpine Böhler Welding Austria GmbH, Böhler-Welding-Straße 1, 8605 Kapfenberg, Austria

e-mail: susanne.baumgartner@voestalpine.com

² M. Schuler, A. Saric, N. Enzinger

Institute for Materials Science and Welding, Graz University of Technology, Kopernikusgasse 24, 8010 Graz, Austria

Ključne riječi: Mehaničke osobine, Odlivci, Materijali otporni na puzanje; Zavareni spojevi, Punjena žica, MAG/MIG zavarivanje

Key words: Mechanical properties, Castings, Creep-resisting materials, Welded joints, Cored filler wire, GMAwelding

Rezime:

Godinama je cilj unapređenje efikasnosti termoenergetskih postrojenja, povećanjem temperature pare. Zbog toga su potrebni odgovarajući čelici i potrošni materijali. Poslednji razvoj livenih materijala pokazao je da borom legirani čelik 9Cr-1.5Mo-1Co, nazvan CB2 omogućava temperature pare do 620°C. S obzirom da punjene žice za zavarivanje u zaštiti gasa nude mnoštvo tehničkih i ekonomskih prednosti, postaju sve popularnije. Iz tih razloga je razvijena srodna punjena žica za proizvodno zavarivanje livenih komponenata. Radi postizanja zahtevanih mehaničkih osobina metala šava, ustanovljena je i odgovarajuća tehnologija zavarivanja. U ovom radu se diskutuje o uticaju parametara zavarivanja na mehaničke osobine nasobnoj temperaturi. Najbolji rezultati se postižu sa najvećim unetim količinama toplote i najmanjim brzinama hlađenja. Dodatno, dati su prvi rezultati ispitivanja puzanja koji pokazuju da su uzorci metala šava i poprečnih preseka spojeva, unutar rasipanja vrednosti za osnovni materijal. MatCalc izračunavanja opisuju mikrostrukturni razvoj u zoni uticaja toplote (ZUT) tokom zavarivanja, termčke obrade posle zavarivanja (TOPZ) i u radu.

Abstract

For years, it has been the aim to improve the efficiency of thermal power plants by increasing the steam temperature. Therefore, appropriate steels and welding consumables are needed. Latest developments in cast materials have shown that the boron-alloyed 9Cr-1.5Mo-1Co steel called CB2 enables steam temperatures up to 620°C. As flux-cored wires for gas metal arc welding offer several technical and economic advantages, they are getting more and more popular. Therefore, a matching flux-cored wire for production welding of cast components has been developed. To obtain the required mechanical properties in weld metal and heat-affected zone, an appropriate welding technology has been established. This paper deals with the influence of welding parameters on the mechanical properties at ambient temperature. Best results could be obtained with higher heat input and lower cooling rate. Additionally, first results of creep tests are presented and show that weld metal and cross-weld samples are within the scatter band of the base material. MatCalc calculations describe the microstructural evolution in the heat-affected zone (HAZ) during welding, post weld heat treatment (PWHT) and service.

1 Uvod

U okviru evropskih programa COST, razvijen je modifikovani čelik 9Cr-1.5Mo-1Co sa dodatkom bora označen kao "CB2" kao najpovoljniji za varijantu livenja. Osnovni materijal postiže svoje odlične visokotemperaturne osobine usled sastava od 0,1 tež.% ugljenika u kombinaciji sa 9 tež.% hroma, 1,5 tež.% molibdena, i dodatnih legirajućih elemenata kao što su vanadijum, niobijum, azot i bor. Hemijski sastav je dat u tabeli 1.

Visoka otpornost na puzanje uzrokovana je karbidima $M_{23}C_6$ bogatim hromom koji uglavnom nastaju na granicama zrna primarnog austenita i granicama subzrna, fino dispergovanih karbida niobijuma i vanadijum nitrida tipa MX, koji se isto mogu naći na granicama subzrna [2]. Ova disperzija taloga stabilizuje temperovanu martenzitnu mikrostrukturu, t.j., ferit i karbide tokom visokotemperaturne eksploatacije i značajno doprinosi povećanju granice puzanja. Dodatak bora u opsegu od 100 ppm dodatno stabilizuje temperovanu martenzitnu mikrostrukturu posebno u blizini granica zrna primarnog austenita, ali takođe smanjuje ogrubljanje hromnih karbida stvaranjem $M_{23}(C, B)_6$ [3, 4].

Paralelno sa razvojem osnovnog materijala, počeo je i rad na odgovarajućim srodnim potrošnim materijalima [5, 6]. Zavarivanje punjenom žicom postaje sve popularnije čak i u energetske industriji jer nudi neka poboljšanja kao što je lako rukovanje, povećana produktivnost i manji rizik od nastajanja defekata kao što su poroznost i nedostatak stapanja u poređenju sa drugim postupcima zavarivanja. Zbog toga je razvijena srodna žica na bazi sistema rutilno-bazične troske već raspoloživih 9 %Cr punjenih žica za zavarivanje P91 i P92. Hemijski sastav metala šava je skoro isti kao i hemijski sastav osnovnog materijala.

1 Introduction

Within the European COST programs, a modified 9Cr-1.5Mo-1Co steel with boron addition designated as "CB2" evolved as the most promising cast variant. The base material achieves its excellent high temperature properties from 0.1 wt.% carbon in combination with 9 wt.% chromium, 1.5 wt.% molybdenum, and additional alloying elements like vanadium, niobium, nitrogen, and boron. The chemical composition is given in Table 1.

The high creep resistance is caused by chromium-rich $M_{23}C_6$ carbides, which mainly form at prior austenite grain boundaries and subgrain boundaries, finely dispersed carbides, and vanadium nitrides of the type MX, which can also be found aligned on subgrain boundaries [2]. This dispersion of precipitates stabilizes the tempered martensitic microstructure, i.e., ferrite and carbides, during high temperature service and contributes significantly to the improvement of creep strength. Boron in the range of 100 ppm additionally stabilizes the tempered martensitic microstructure especially in the vicinity of prior austenite grain boundaries, but also reduces the coarsening of chromium carbides by forming $M_{23}(C, B)_6$ [3, 4].

Parallel to the base material development, the design of matching welding consumables has been started [5, 6]. Flux-cored wire welding is getting more and more popular even in power generation industry as it offers some general benefits like easy handling, higher productivity, and a lower risk for defects as porosity and lack of fusion compared to other welding processes. Therefore, based on the rutile/basic slag system of already available 9 %Cr flux-cored wires for welding P91 and P92, a matching filler wire has been developed. The chemical composition of all-weld metal was kept close to the chemical composition of the base material.

C	Mn	Cr	Mo	Co	Ni	V	Nb	N	B
0.12	0.88	9.20	1.49	0.98	0.17	0.21	0.06	0.020	0.011

Table 1 Measured chemical composition of the 9Cr-1.5Mo-1Co cast steel Cost CB2 in wt.% [1]

Tabela 1: Izmereni hemijski sastav čeličnog liva 9Cr-1.5Mo-1Co Cost CB2 u tež.% [1]

R_e [MPa]	590
R_m [MPa]	740
izduženje. [%]	17
žilavost [J]	>30

Table 3 Typical mechanical properties of all weld metal at ambient temperature with PWHT 730 °C/24 h

Tabela 3: Tipične mehaničke osobine metala šava na sobnoj temperaturi sa TOPZ 730 °C/24 h

Usled pogoršavajućeg uticaja bora na osetljivost prema vrućim prslinama i udarnoj žilavosti, sadržaj B je redukovao [7]. Tipične vrednosti hemijskog sastava i mehaničkih osobina na sobnoj temperaturi metala šava posle termičke obrade posle zavarivanja (TOPZ) od 730°C/24 h i hlađenja na vazduhu, prikazane su u tabelama 2 i 3, prema proizvodnim podacima Böhler-a za CB 2 Ti-FD [8].

Dilatometrijsko merenje koje simulira termički ciklus zavarivanja sa brzinom zagrevanja od 100K/s, vršnom temperaturom od 1.300°C, i vremenom $t_{8/5}$ od 20 s pokazuje martenzit start temperaturu (M_s) oko 400°C i martenzit finiš temperaturu (M_f) od oko 205°C. Prelazne temperature A_{c1} i A_{c3} merene su prema SEP 1680 [9]. Temperature transformacije pobrojane su u tabeli 4. Pri određivanju pogodnih parametara zavarivanja za kvalifikaciju tehnologije zavarivanja (WPQ), ispitivan je uticaj parametara zavarivanja na mehaničke osobine na sobnoj temperaturi. U prvom koraku, testirano je podešavanje parametara za metal šava a kasnije su korišćena podešavanja koja više nude za srodni spoj slično odgovarajućim uslovima za WPQ.

2. Uticaj parametara zavarivanja na mikrostrukturu i mehaničke osobine metala šava

Uzorci metala šava zavareni su prema EN ISO 15792–1. Radi istraživanja uticaja parametara zavarivanja na mehaničke osobine na sobnoj temperaturi metala šava, varirane su brzina dotura žice, brzina zavarivanja, redosled slojeva i međuslojna temperatura. Napon je podešen prema brzini dotura žice. U tabeli 5 je dat pregled korišćenih podešavanja i poprečnih preseka metala šava. Debljina lima je 20mm, a zaštitni gas je Ar+18 % CO₂ sa protokom od 16 l/min.

2.1 Mikrostruktura metala šava

Sprovedena su detaljna mikroskopska ispitivanja optičkim mikroskopom (LOM) i merenje tvrdoće HV 10 na svim uzorcima u uslovima zavarivanja i posle termičke obrade posle zavarivanja (PWHT).

Due to the detrimental influence of boron on hot cracking susceptibility and impact toughness, the B-content has been reduced [7]. The typical values of chemical composition and mechanical properties at ambient temperature of all-weld metal with a post weld heat treatment (PWHT) of 730°C/24 h and air cooling are shown in Tables 2 and 3, respectively, according to the product data sheet of Böhler CB 2 Ti-FD [8]. Dilatometer measurements simulating a welding thermal cycle with an on-heating rate of 100K/s, a peak temperature of 1,300°C, and at time $t_{8/5}$ of 20 s showed a martensite start temperature (M_s) of about 400°C and a martensite finish temperature (M_f) of about 205°C. The transition temperatures A_{c1} and A_{c3} were measured according to SEP 1680 [9]. The transformation temperatures are listed in Table 4. To determine suitable parameters for the welding procedure qualification (WPQ), the influence of welding parameters on mechanical properties at ambient temperature were investigated. In the first step, different parameter settings were tested for all-weld metal, and afterwards, the most promising settings were applied on a matching joint similar to the conditions of the WPQ.

2. Influence of welding parameters on microstructure

All-weld metal samples were welded according to EN ISO 15792–1. To investigate the influence of welding parameters on mechanical properties at ambient temperature of all-weld metal, wire feed rate, welding speed, layer sequence, and interpass temperature have been varied. Voltage was adjusted to the wire feed rate. Table 5 gives an overview on the used settings and cross sections of all-weld metal. The plate thickness was 20mm, and shielding gas Ar+18 % CO with 16 l/min was used.

2.1 Microstructure of all-weld metal

A detailed light optical microscopy (LOM) examination and hardness HV 10 measurements was performed on all samples in as-welded condition and after post weld heat treatment (PWHT).

U svim slučajevima, zapažena je beinitno/martenzitna mikrostruktura.

U uzorcima 4 i 5 dominantan je martenzitni deo. Mali udeo δ ferita pojedinačno je raspoređen u metalu šava ili na liniji stapanja regija metala šava koje se posebno javlja u uzorku 5. Primena tretmana TOPZ rezultuje u temperovanoj beinitno/martenzitnoj mikrostrukturi dekorisanoj sa talozima. Fine trake δ -ferita su bile dekorisane intenzivnim talozima karbida (videti slike. 1, 2, 3, 4 i 5). Tvrdoća u uslovima zavarivanja varira od 409 HV10 u uzorku 1 do 441 HV10 u uzorku 5. TOPZ od 730°C/24 h rezultuje u temperovanoj i stoga mekšoj mikrostrukturi sa odgovarajućom tvrdoćom od 221–239 HV10 (videti tabelu 6).

In all cases, a bainitic/martensitic microstructure was observed.

In samples 4 and 5, the martensitic part is dominating. A small amount of δ ferrite distributed individually in weld metal or on fusion lines of reheated weld metal region occurs especially in sample 5. Application of PWHT treatment resulted in tempered bainitic / martensitic microstructure decorated with precipitates. Fine δ -ferrite stripes were decorated with intensive carbide precipitations (see Figs. 1, 2, 3, 4 and 5). Hardness in as-welded condition varies from 409 HV10 in sample 1 to 441 HV10 in sample 5. PWHT of 730°C/24 h resulted in a tempered and therefore softer microstructure with corresponding hardness of 221–239 HV10 (see Table 6).

C	Si	Mn	Cr	Mo	Co	Ni	V	Nb	N	B
0.12	0.2	0.9	9.0	1.5	1.0	0.2	0.2	0.03	0.02	0.006

Table 2 Nominal chemical composition of Böhler CB 2 Ti-FD flux- cored wire weld metal [wt.%]

Tabela 2. Nominalni hemijski sastav metala šava punjenom žicom Böhler CB 2 Ti-FD [tež.%]

2.2 Mehaničke osobine metala šava na sobnoj temperaturi

Na slici 6 pokazan je rezultat ispitivanja zatezanjem i ispitivanja udarom na sobnoj temperaturi pet varijanti uzoraka metala šava sa TOPZ od 730°C/24h. Zatezne osobine su skoro nezavisne od parametara zavarivanja, ali izduženje i energija udara pokazuju neke razlike.

2.2 Mechanical properties of all-weld metal at ambient temperature

Figure 6 shows the results of tensile tests and impact tests at ambient temperature of the five variants of all-weld metal samples with a PWHT of 730°C/24h. The tensile properties seem to be nearly independent of welding parameter, but elongation and impact energy show some differences.

2.3 Diskusija rezultata

Mala brzina dotura žice od 10m/min, međuslojna temperatura od 150°C, koja je ispod M_f od 205°C, i mala brzina zavarivanja od 20cm/min (varijanta 1) dovode do velike količine unete toplote od 1.78kJ/mm i male brzine hlađenja sa $t_{8/5} = 13.7s$.





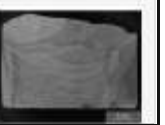
2.3 Discussion of results

A low wire feed rate of 10m/min, an interpass temperature of 150°C, which is below M_f of 205°C, and a low welding speed of 20cm/min (variant 1) lead to a high heat input of 1.78kJ/mm and a low cooling rate with at $t_{8/5} = 13.7s$.

A_{c1}	A_{c3}	M_s	M_f
815 °C	884 °C	400 °C	205 °C

Table 4 Measured transformation temperatures of CB2 weld metal

Tabela 4. Izmerene temperature transformacije metala šava CB2

Varijanta broj	1	2	3	4	5
Poprečni presek					
Polaganje slojeva	6/13	8/17	7/14	9/19	6/13
Slojevi/zavari	Bez njihanja	Bez njihanja	Bez njihanja	Polunjihanje	Bez njihanja
Brzina dotura žice (m/min)	10	13	10	10	10
Napon (V)	27	29	27	27	27
Jačina struje (A)	220	250	230	225	220
Međuslojna temperatura (°C)	150	250	250	250	250
Brzina zavarivanja (cm/min)	20	30	20	30	55
Uneta toplota (kJ/mm)	1,78	1,45	1,86	1,22	0,65
$t_{8/5}$ (s)	13,7	12,3	12,3	10,6	7,1

Ove vrednosti su slične sa varijantom 3 samo sa malo većom međuslojnom temperaturom od 250°C, koja je ispod M_f , gde je uneta toplota blago veća, ali $t_{8/5}$ nešto manje

These values are similar to variant 3, with only higher interpass temperature of 250°C, which is above M_f , where the heat input was slightly higher, but a little bit lower $t_{8/5}$

Table 5 Welding parameters and layer sequence of all-weld metal samples
Tabela 5. Parametri zavarivanja i polaganje slojeva na uzorcima metala šava

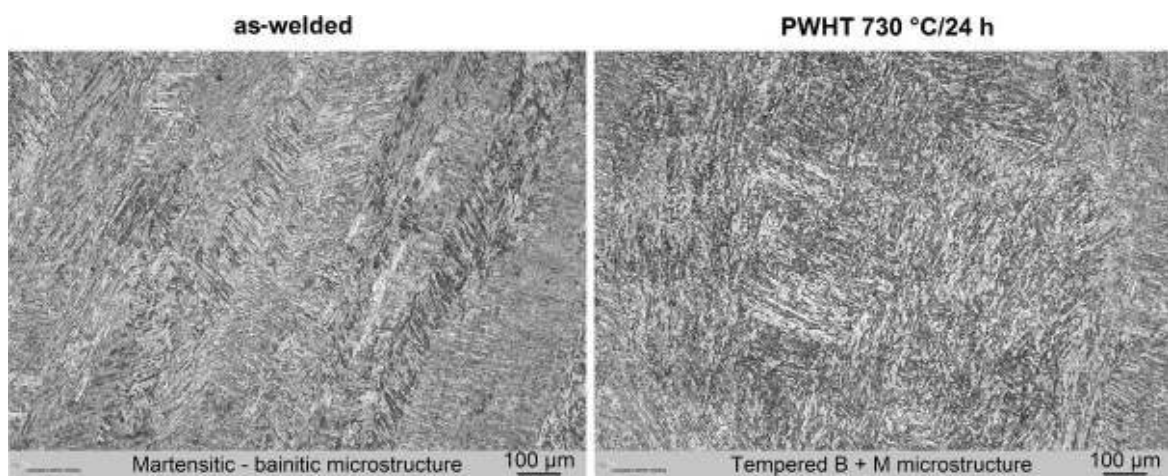


Fig. 1 Microstructure of CB2 all-weld metal variant 1 as-welded (left) and after PWHT730°C/24h (right)
Slika 1 Mikrostruktura metala šava CB2 varijanta 1 zavareno (levo) i posle TOPZ 730°C/24h (desno)

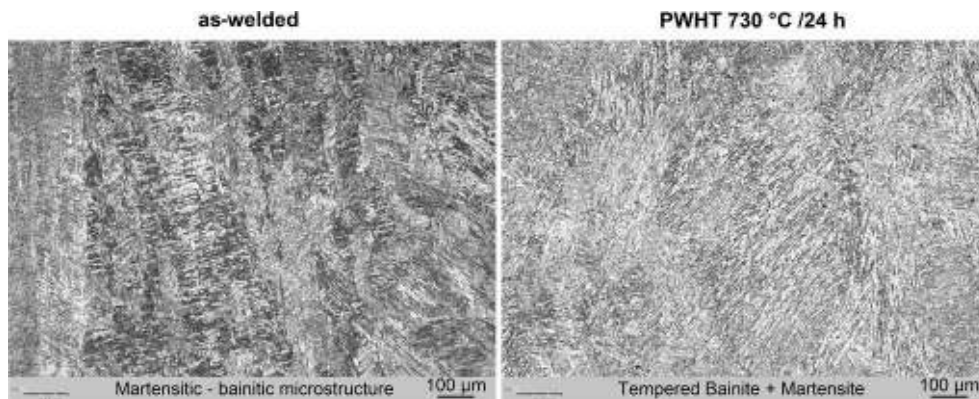


Fig. 2 Microstructure of CB2 all-weld metal variant 2 as-welded (left) and after PWHT730°C/24h (right)
Slika 2 Mikrostruktura metala šava CB2 varijanta 2 zavareno (levo) i posle TOPZ 730°C/24h (desno)

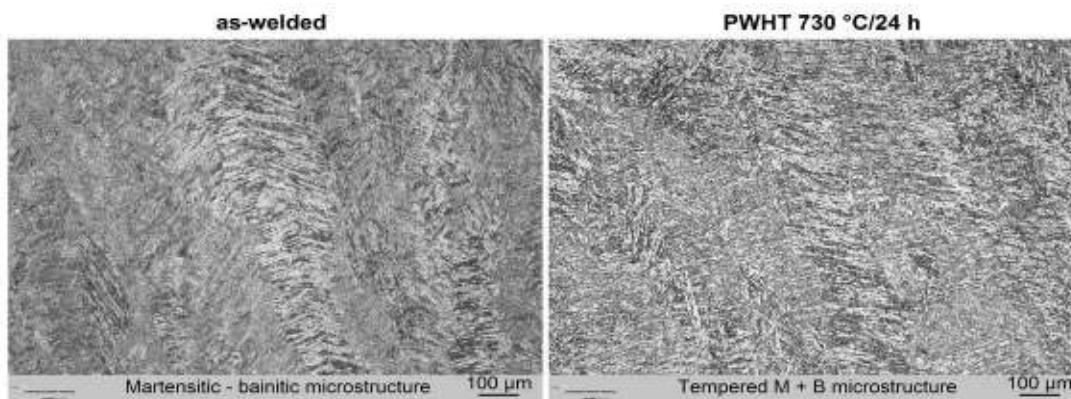


Fig. 3 Microstructure of CB2 all-weld metal variant 3 as-welded (left) and after PWHT730°C/24h (right)
Slika 3 Mikrostruktura metala šava CB2 varijanta 3 zavareno (levo) i posle TOPZ 730°C/24h (desno)

Varijanta 4 sa većim brzinama zavarivanja od 30cm/min nego kod varijante 3 i polaganjem zavara sa polunjihanjem što daje nešto više tanjih zavara, manju unetu količinu i veću brzinu hlađenja. Kod najvećih brzina zavarivanja od 55cm/min i znatno manjih zavara (varijanta 5), unos toplote je samo 0.65kJ/mm i $t_{8/5}=7.1s$, što je skoro polovina u odnosu na varijante 1–3. U varijanti 2, primenjena je veća brzina dotura žice od 13m/min, što izaziva potrebu za većim naponom i većom jačinom struje. Usled većih brzina zavarivanja od 30cm/min, u poređenju sa varijantama 1 i 3, uneta količina toplote je čak manja i brzina hlađenja je ista kao kod varijante 3 sa istom međuslojnom temperaturom. Mikrostruktura i tvrdoća odgovaraju brzini hlađenja. Veće brzine hlađenja dovode do većeg udela martenzita i manje beinita. Posebno u uslovima zavarivanja, tvrdoća je značajno veća. Sa većim udelom martenzita, žilavost je manja. Mali zavari u varijantama 4 i 5 nemaju dovoljno pozitivan efekat na vrednosti udara. Najbolji rezultati se mogu postići pri većim unetim količinama toplote i manjim brzinama hlađenja. Ovde ne postoji značajan uticaj na zatezne osobine.

Variant 4 with a higher welding speed of 30cm/min than variant 3 and semi-weaving beads lead to slightly more and thinner layers, lower heat input, and higher cooling rate. With the highest welding speed of 55cm/min and much smaller stringer beads (variant 5), the heat input was only 0.65kJ/mm and the $t_{8/5}=7.1s$, which is nearly the half of variants 1–3. In variant 2, a higher wire feed rate of 13m/min was applied, which afforded higher voltage and lead to higher current. Due to the higher welding speed of 30cm/min, compared to variants 1 and 3, the heat input was even lower and the cooling rate was the same as in variant 3 with the same interpass temperature. Microstructure and hardness corresponded with the cooling rate. Higher cooling rate leads to a higher amount of martensite and less bainite. Especially in as-welded condition, the hardness was significantly higher. With a higher amount of martensite, the toughness is lower. Small layers in variant 4 and 5 had no sufficient positive effect on impact values. Best results could be obtained with higher heat input and lower cooling rate. There was no significant influence on tensile properties.

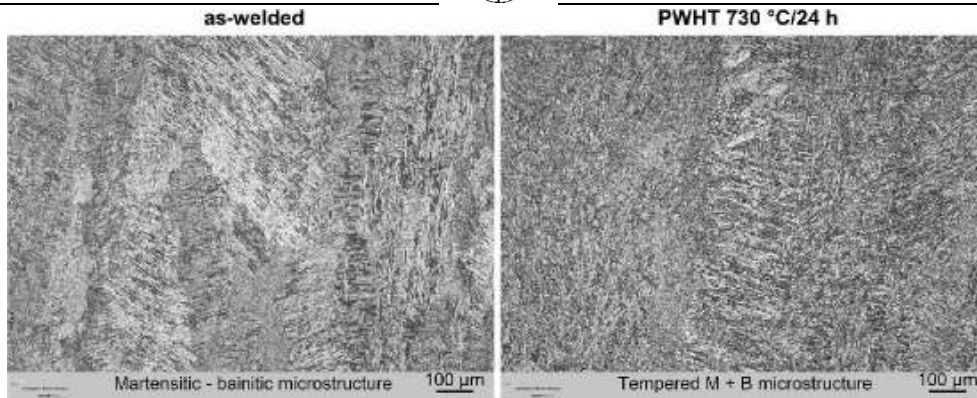


Fig. 4 Microstructure of CB2 all-weld metal variant 4 as-welded (left) and after PWHT 730 °C/24 h (right)
Slika 4 Mikrostruktura metala šava CB2 varijanta 4 zavareno (levo) i posle TOPZ 730 °C/24 h (desno)

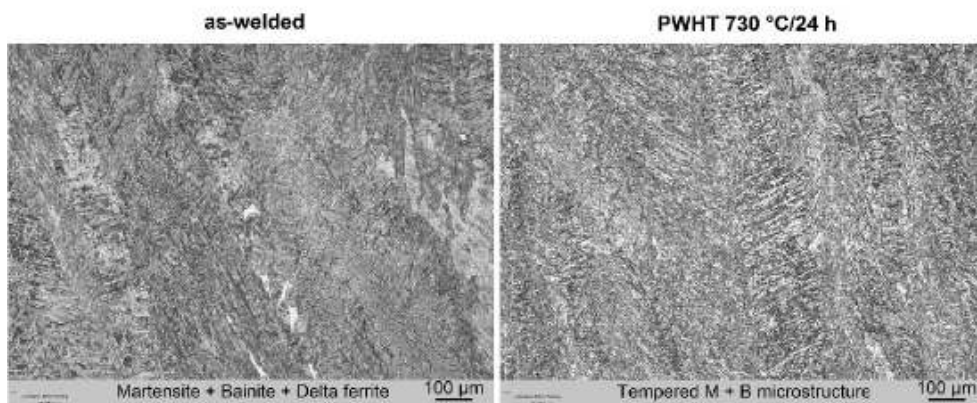


Fig. 5 Microstructure of CB2 all-weld metal variant 5 as-welded (left) and after PWHT 730 °C/24 h (right)
Slika 5 Mikrostruktura metala šava CB2 varijanta 1 zavareno (levo) i posle TOPZ 730 °C/24 h (desno)

Varijanta broj	1	2	3	4	5
Zavareni uslovi	409	414	426	412	441
TOPZ 730 °C/24 h	221	229	221	231	239

Table 6 Hardness HV10 of CB2 all-weld metals

Tabela 6: Tvrdoća HV10 metala šava materijala CB2

3 Osobine srodnog spoja

Zahtevi za WPQ su zatezna čvrstoća od 600 MPa i energija udara od 27 J [10]. Kako se energija udara smatra kritičnim delom zavarivanja, podešavanje parametara kod varijanti 1 i 2 uzoraka metala šava, je dalo najveće vrednosti energije udara, to je korišćeno kao blisko proizvodno ispitivanje srodnog spoja. Na slici 7 je prikazana priprema šava i polaganje slojeva.

Parametri zavarivanja i poprečni presezi pobrojani su u tabeli 7.

3.1 Mikrostruktura metala šava i ZUT bez TOPZ

Ispitivanje optičkom mikroskopijom i merenje tvrdoće HV10 sprovedena su na uzorcima poprečnog preseka u zavarenim uslovima. Na slici 8 prikazane su mikrostrukture završnog sloja u uslovima zavarivanja. Obe se karakterišu martenzitno/bainitnom mikrostrukturom.

3 Properties of matching joint

The requirements for the WPQ are tensile strength of 600 MPa and impact energy of 27 J [10]. As impact energy is assumed to be the critical part of the welding, the parameter settings of variant 1 and 2 of all-weld metal samples, which resulted in highest impact energy, were used for near production tests of a matching joint. Figure 7 shows the seam preparation and the layer sequence. Welding parameters and cross sections are listed in Table 7.

3.1 Microstructure of weld metal and HAZ without PWHT

Light optical microscopy (LOM) examination and hardness HV10 measurements were performed on crossweld samples in as-welded condition. Figure 8 shows the microstructure of the cap layer in as welded condition. Both are characterized by martensitic/bainitic microstructure.

Kod varijante II sa višom međuslojnim temperaturom, mikrostruktura je grublja i udeo martenzita je veći. Ovo odgovara nešto većim vrednostima tvrdoće od 406 HV10 (pojedinačne vrednosti 396–416 HV10) u poređenju sa varijantom I sa 394 HV10 (pojedinačne vrednosti 387–403 HV10).

Na slici 9 prikazana je mikrostruktura zone uticaja toplote (ZUT). Ne postoji značajna vidljiva razlika: grubozrna zona uticaja toplote (GZZUT) karakteriše se beinitno/martenzitnom mikrostrukturom sa malim udelom δ -ferita, fino-zrna zona uticaja toplote (FZZUT) mikrostrukturom sa manje martenzita u oba slučaja.

3.2 Mehaničke osobine na sobnoj temperaturi posle TOPZ

Udarna žilavost metala šava i ZUT ispitivana je posle TOPZ od 730°C/24 h na dve pozicije (videti sliku 10). Rezultati su dati na sl. 11. Udarna žilavost ZUT je manja nego u metalu šava, ali u svim slučajevima, srednja vrednost prevazilazi zahtevanu vrednost 27J. Profil tvrdoće prikazan je na sl. 12. Profil tvrdoće pokazuje ne samo vrh u ZUT blizu linije stapanja već takođe veći ili manji pad tvrdoće koji odgovara najgorem položaju spoja.

In variant II with higher interpass temperature, the microstructure is coarser and the amount of martensite is higher. This corresponds to a slightly higher mean hardness of 406 HV10 (single values 396–416 HV10) compared to variant I with 394 HV10 (single values 387–403 HV10).

Figure 9 shows the microstructure of the heat-affected zone (HAZ). There is no significant difference visible: the coarse-grain heat-affected zone (CGHAZ) is characterized by bainitic/martensitic microstructure with a small amount of δ -ferrite, the fine-grain heat-affected zone (FGHAZ) by smaller martensitic microstructure in both cases.

3.2 Mechanical properties at ambient temperature after PWHT

Impact toughness of weld metal and HAZ has been tested after PWHT of 730°C/24 h on two positions (see Fig. 10). The results are shown in Fig. 11. The impact energy of the HAZ is lower than in the weld metal, but in all cases the average value exceeds the required 27J. The hardness profile is shown in Fig. 12. The hardness profile shows not only a peak in the HAZ near the fusion line but also a more or less considerable hardness drop, which points out the weakest position of the joint.

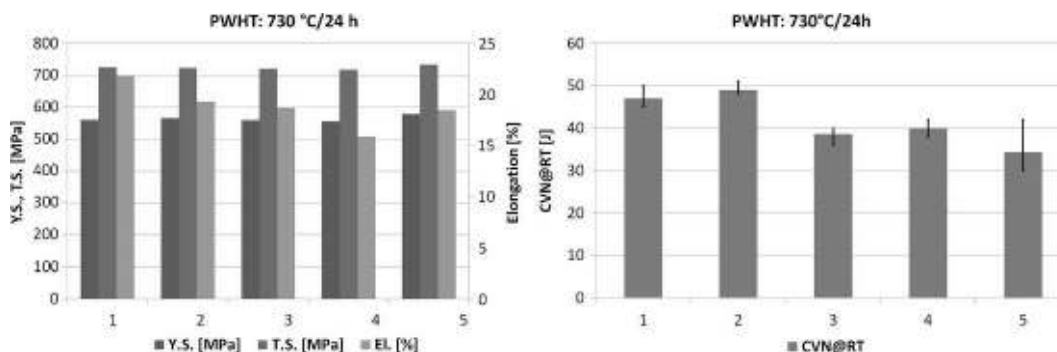


Fig. 6 Mechanical properties of all-weld metal at ambient temperature with PWHT of 730 °C/24 h
Slika 6. Mehaničke osobine metala šava na sobnoj temperaturi sa TOPZ od 730 °C/24 h

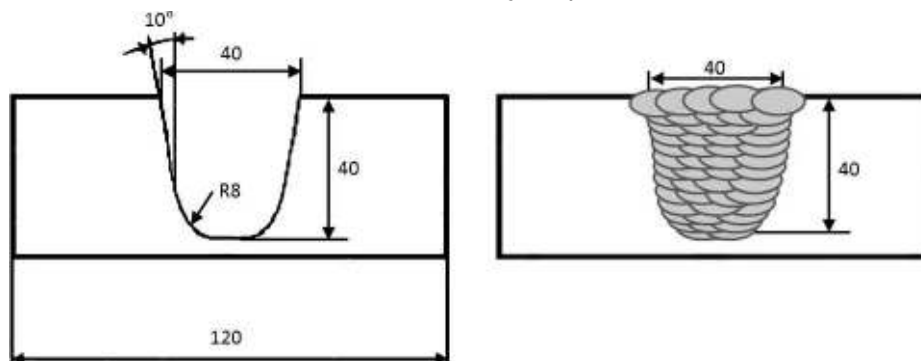


Fig. 7 Joint preparation and layer sequence of CB2 weld
Sl. 7 Priprema spoja i polaganje zavara u šavu CB2

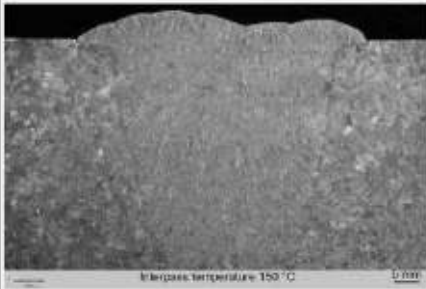

Variant number	I	II
Cross-section		
Layer sequence [layers/beads]	12/49	13/50
Wire feed rate [m/min]	10	13
Voltage [V]	27	29
Current [A]	227	263
Interpass temp. [°C]	150	250
Welding speed [cm/min]	20	30
Heat input [kJ/mm]	1.82	1.53
$t_{8/5}$ [s]	11.8	18.7

Table 7 Welding parameters of CB2 butt weld
Tabela 7: Parametri zavarivanja sučeonog spoja od CB2

3.3 Diskusija rezultata

Varijanta I sa međuslojnom temperaturom od 150°C, brzinom dotura žice od 10 m/min, i brzinom zavarivanja od 20cm/min ima unetu količinu toplote od 1.82 kJ/mm i $t_{8/5}=11.8$ s. Varijanta II sa međuslojnom temperaturom od 250°C, većom brzinom dotura od 13m/min i stoga većom jačinom struje i naponom ali većom brzinom zavarivanja od 30cm/min dovodi do manje količine unete toplote od 1.53 kJ/mm i $t_{8/5} = 18.7$ s.

U oba slučaja se zapažaju vrlo slične beinitno/martenzitne mikrostrukture. Mada je brzina hlađenja kod varijante II manja, udeo martenzita a takođe i vrednost tvrdoće su veći. Dodatno, mikrostruktura je nešto grublja. Ovo odgovara boljim vrednostima udarne žilavosti kod varijante I. U ZUT, nema razlika u mikrostrukturi karakterističnih za objašnjenje bolje vrednosti udarne žilavosti kod varijante I. Zavisno od vrhova i padova vrednosti tvrdoće u ZUT, to znači da je ZUT najkritičnija oblast i za čvrstoću i za žilavost.

3.3 Discussion of results

Variant I with interpass temperature of 150°C, wire feed rate of 10 m/min, and welding speed of 20cm/min lead to a heat input of 1.82 kJ/mm and a $t_{8/5}=11.8$ s. Variant II with interpass temperature of 250°C, higher wire feed rate of 13m/min and therefore higher current and voltage but higher welding speed of 30cm/min lead to lower heat input of 1.53 kJ/mm and $t_{8/5} = 18.7$ s.

In both cases, a very similar bainitic / martensitic microstructure is observed. Although the cooling rate was lower in variant II, the amount of martensite and also the hardness are a little bit higher. Additionally, the microstructure is slightly coarser. This is corresponding to the better impact values of variant I. In the HAZ, no difference in microstructure is characterized to explain the better impact values of variant I. Due to the hardness peak and drop in the HAZ, it seems that the HAZ is the most critical area concerning strength and toughness.

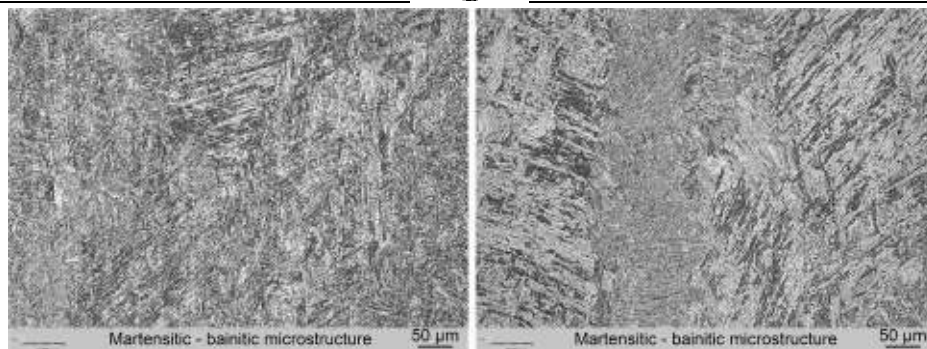


Fig. 8 Microstructure of caplayer in as-welded condition left: variant I, right: variant II
 Sl. 8. Mikrostruktura završnog sloja u uslovima zavarivanja- levo varijanta I, desno, varijanta II

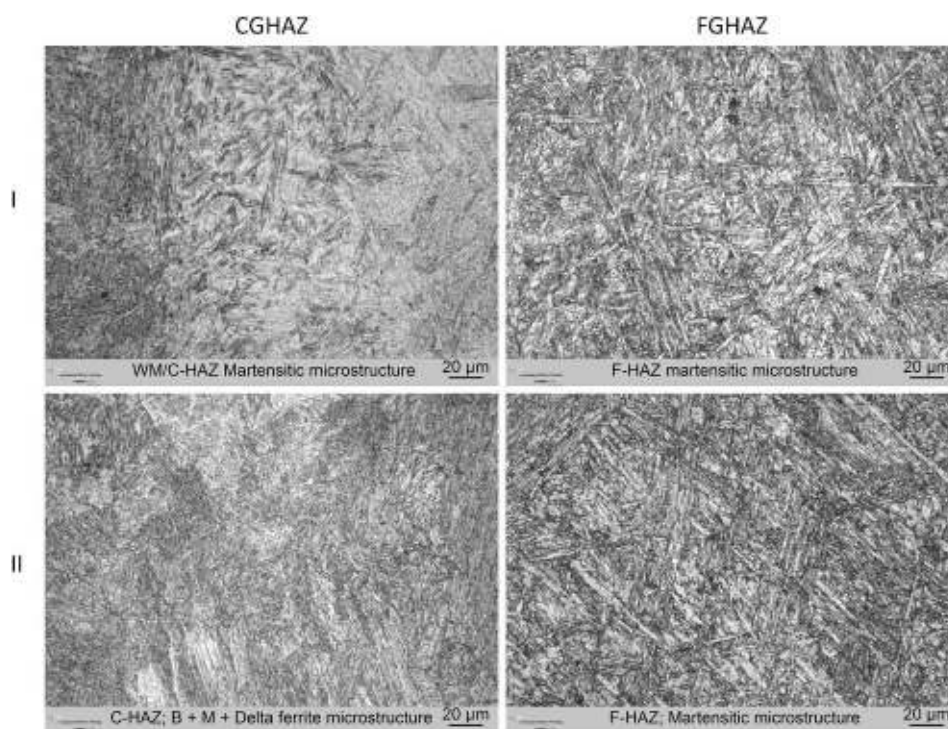


Fig. 9 Microstructure in HAZ of matching CB2 joint
 Sl. 9. Mikrostruktura u ZUT rodnog spoja CB2

Da bi se detaljnije shvatio uticaj parametara zavarivanja na mehaničke osobine, potrebna su dalja ispitivanja. Ipak, kvalifikacija tehnologije zavarivanja kojom se kvalifikuje punjena žica Böhler CB 2 Ti-FD za korišćenje pri zavarivanju velike skale livenih delova od CB2, zavareni su u voestalpine livnici u Linz i Traisen i uspešno su prošli [10].

To get a more detailed understanding of the influence of welding parameters and mechanical properties, further investigations are necessary. Nevertheless, welding procedure qualifications, which qualify the flux-cored wire Böhler CB 2 Ti-FD to be used for welding of large-scale cast components of CB2, were welded at the voestalpine foundry at Linz and Traisen and passed successfully [10].

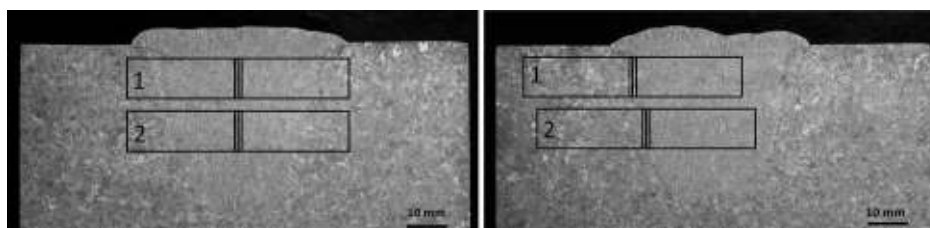


Fig. 10 Position of impact specimens in weld metal (left) and HAZ (right)
 Sl.10. Položaj epruveta za udarnu žilavost u metalu šava (levo) i ZUT (desno)

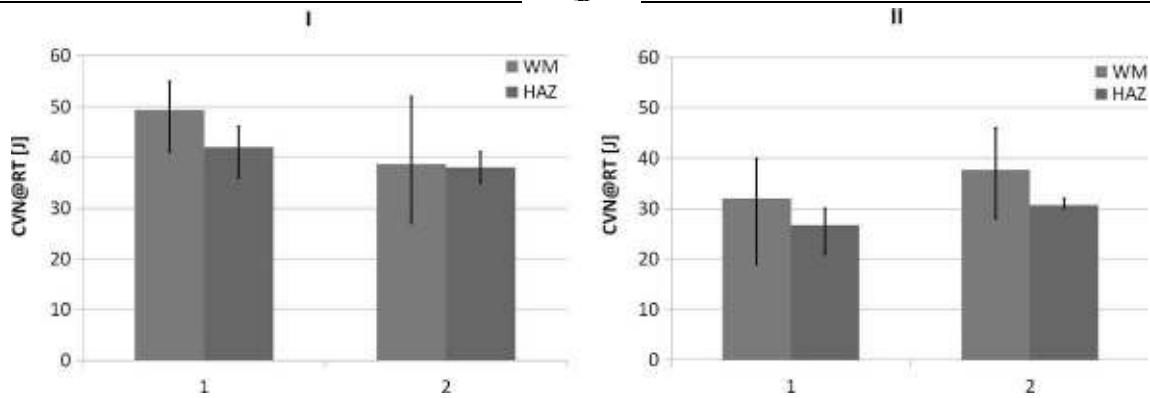


Fig. 11 Impact toughness of weld metal and HAZ of matching CB2 joint
Sl.11. Udarna žilavost metala šava i ZUT srodnog spoja CB2

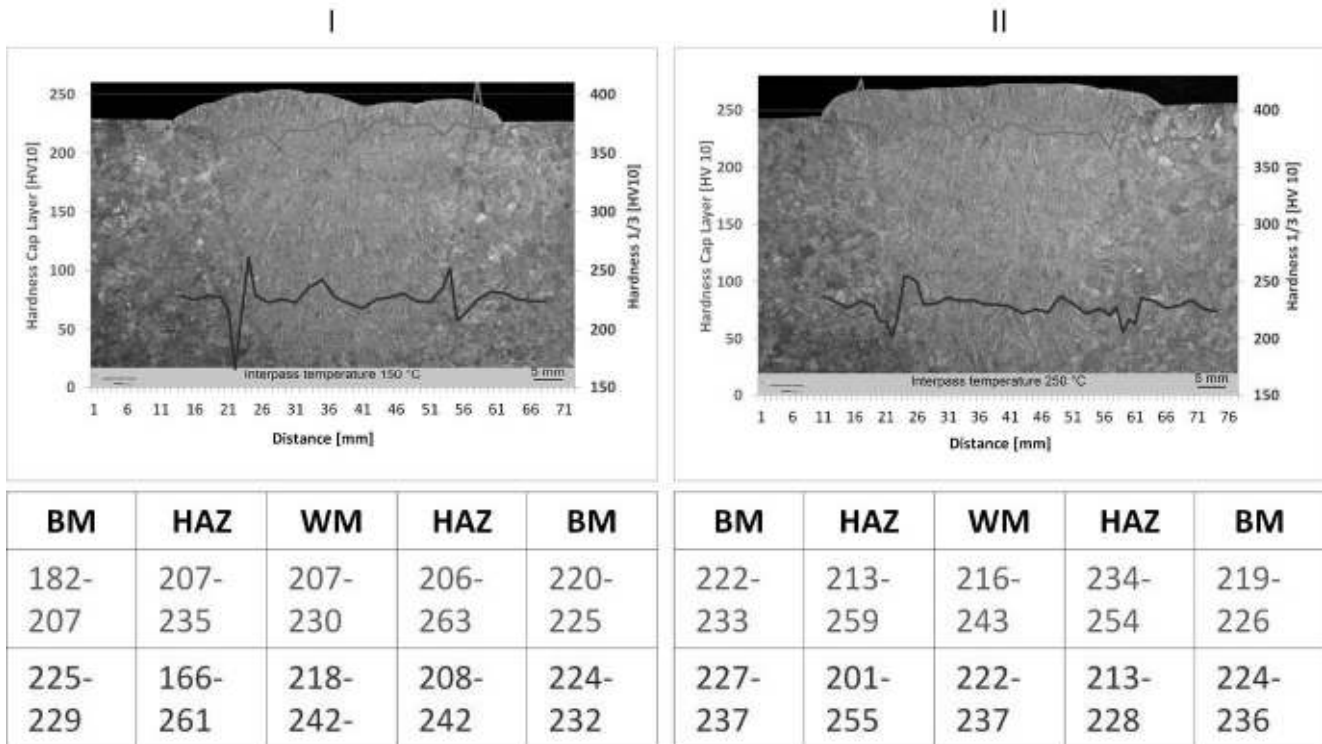


Fig. 12 Hardness profile of matching CB2 joint
SL.12.Profil tvrdoće spoja CB2 (BM-O:M.; HAZ-ZUT, WM-M.Š.)

4. Ispitivanje granice puzanja

Ispitivanje granice puzanja izvedeno je na epruvetama iz poprečnog preseka zvarenog spoja i metala šava zavarenih sa parametrima iz varijante II pokazuju vreme trajanja od 6.572h na 625°C i pokazuje da su granice puzanja metala šava i epruveta poprečnih na zavareni spoj unutar-20 % rasipanja vrednosti u odnosu na osnovni materijal (videti sl. 13). Vreme trajanja epruveta iz metala šava je duže ne kod onih tiz popečnog preseka koje su se lomile u osnovnom materijalu i zoni uticaja toplote (videti sl.14 i 15). Sledila su ispitivanja skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) i EDX otkrivenih čestica bogatih Mo prečnika oko 1µm (videti sl. 16), koje su okarakterisane kao Lave faza.

4 Creep rupture tests

Creep rupture tests of cross-weld and weld metal specimens welded with parameters of variant II show running times up to 6,572h at 625°C and prove that the creep rupture strength of weld metal and cross-weld specimens are within the -20 % scatterband of the base material (see Fig. 13). The running times of the weld metal specimens are longer than that of the cross-weld specimens which fractured in base metal and heataffected zone, respectively (see Figs. 14 and 15). Further investigations with scanning electron microscope (SEM) and EDX revealed Mo-rich particles of about 1µm in diameter (see Fig. 16), which have been characterized as Laves phase.

Za detaljniju karakterizaciju taloga, potrebna su ispitivanja TEM. Prema simulaciji MatCalc stabilni su $M_{23}C_6$, Lave faza, Nb (C, N), i bor nitrid (BN) u metalu šava posle TOPZ i eksploatacije [11].

For more detailed characterization of precipitates, TEM investigations are necessary. According to MatCalc simulations, $M_{23}C_6$, Laves phase, Nb (C, N), and boron nitride (BN) are stable in weld metal after PWHT and service [11].

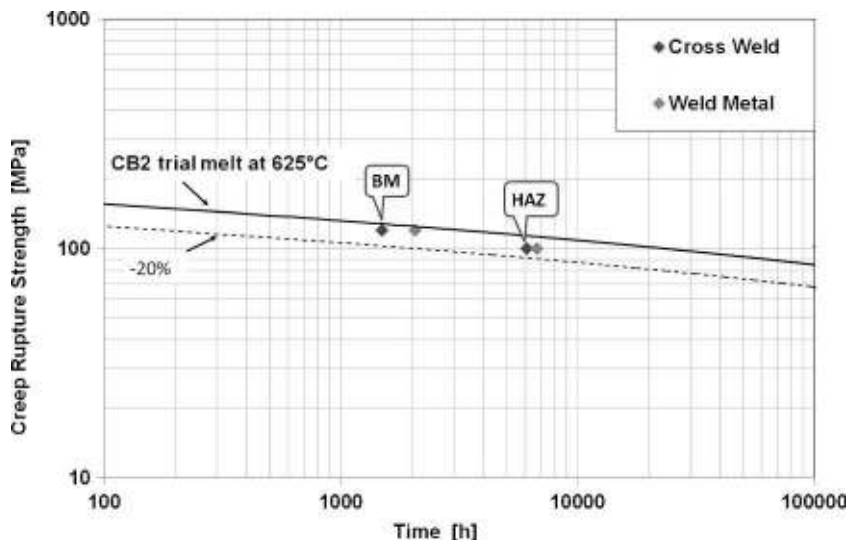


Fig. 13 Creep rupture tests of CB2 cross-weld and weld metal specimens at 625 °C
Sl. 13. Ispitivanje granice puzanja CB2 epruveta iz metala šava i poprečnoga šav na 625 °C

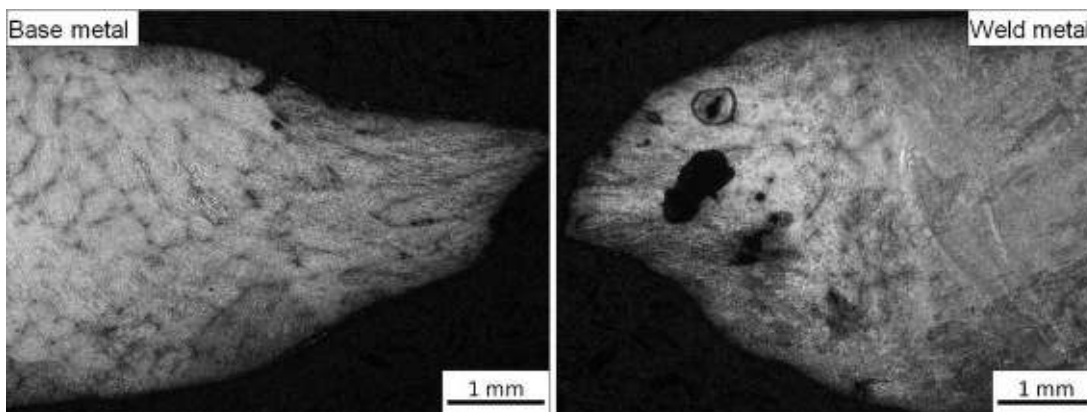


Fig. 14 Fracture location of cross-weld specimen 120 MPa, 1,492 h
Sl. 14. Lokacija loma epruvete poprečno na šav 120Mpa, 1.492 h

5 Simulacija razvoja mikrostrukture

Razvoj taloga je jako vezan za hemijski sastavi primenjeni termički ciklus. Uz pomoć termokinetičkog softverskog paketa MatCalc [12, 13] izračunate su fazna frakcija, srednja vrednost radijusa i gustina taloga kao funkcija vremena.

5.1 Metal šava

Tokom zavarivanja, BN i Nb(C, N) formiraju jezgra i ostaju stabilni.

Boridi, M_7C_3 i cementit nisu stabilni i ponovo se rastvaraju.

5 Simulation of microstructure evolution

The evolution of precipitates is strongly influenced by the chemical composition and the applied thermal cycle. With the thermokinetic software package MatCalc [12, 13] phase fraction, mean radius and number density of precipitates were calculated as a function of time.

5.1 Weld metal

During welding, BN and Nb(C,N) nucleate and remain stable.

Borides, M_7C_3 , and cementite are not stable and dissolve

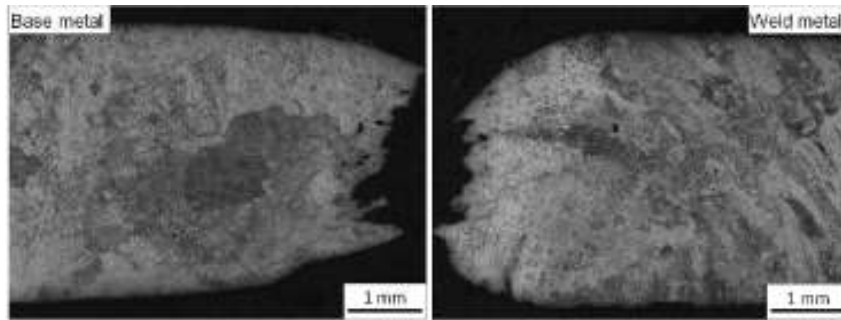


Fig. 15 Fracture location of cross-weld specimen 100 MPa, 6,118 h
Sl. 15. Lokacija loma na epruveti poprečno na šav 100 Mpa, 6.118 h

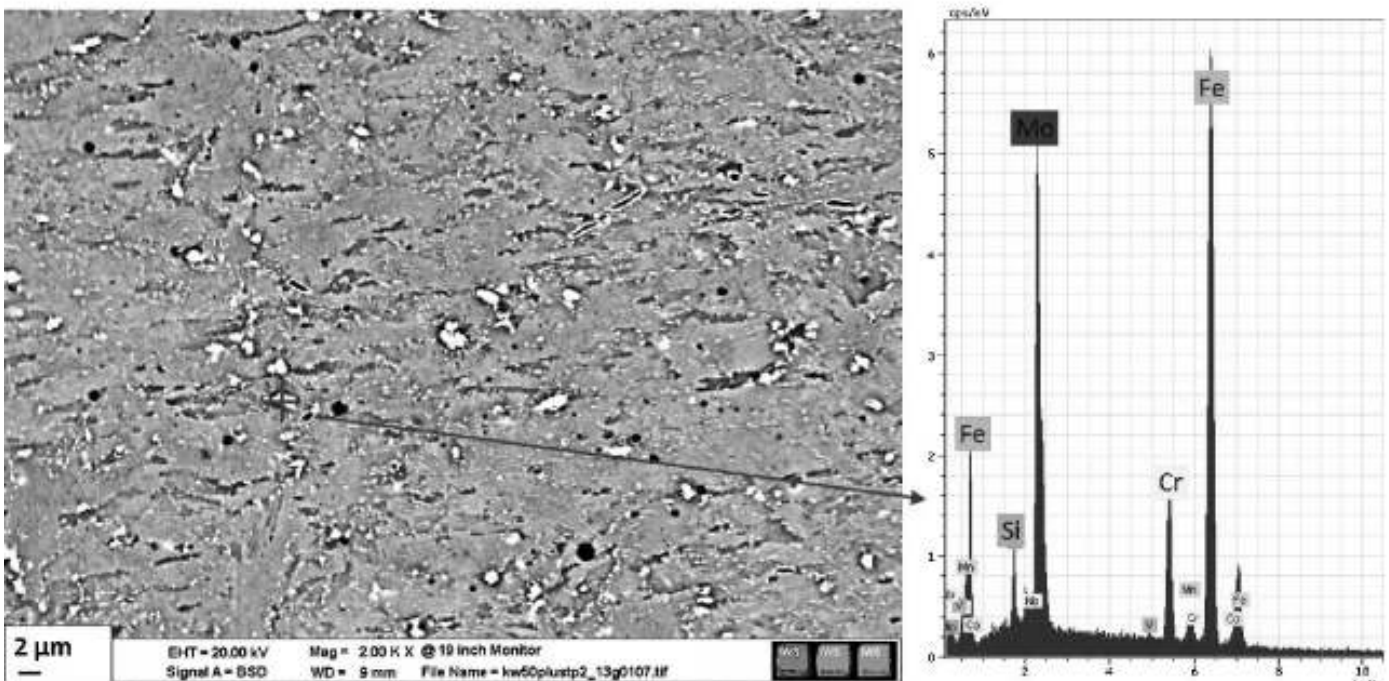


Fig. 16 SEM picture of microstructure of CB2 weld metal sample after 6,572 h at 625 °C
Sl. 16. SEM slika mikrostrukture uzorka metala šava CB“ posle 6.572 h na 625^o C

$M_{23}C_6$ karbidi se talože tokom TOPZ od 730 °C/24 h. Posle TOPZ, glavni talog se sastoji od $M_{23}C_6$, Nb(C, N), i BN. Lave faza se javlja posle nekoliko sati eksploatacije na 625 °C [11].

5.2 ZUT

Za proračun razvoja taloga u ZUT, korišćen je hemijski sastav osnovnog materijala prema tabeli 1. Posle simulacije livenja i kvalitativne termičke obrade osnovnog materijala, glavni talozi su $M_{23}C_6$, NbC, BN i vanadijum nitrid (VN).

Za simulaciju višeslojnog zavarivanja, razmatran je temperaturni ciklus sa dve vršne temperature od 1.300 i 1.000°C, praćeno TOPZ od 730 °C/24 h. Rezultati simulacije tokom zavarivanja, TOPZ i servisa su prikazani su na sl. 17. Prva kolona pokazuje ciklus temperatura-vreme, druga kolona

$M_{23}C_6$ carbides precipitate during PWHT of 730 °C/24 h. After PWHT, $M_{23}C_6$, Nb(C, N), and BN are the main precipitates. Laves phase occurs after few hours of service at 625 °C [11].

5.2 HAZ

For calculating the evolution of precipitates in the HAZ, the chemical composition of the base material according to Table 1 was used. After simulation of casting and quality heat treatment of the base material, the main precipitates are M, NbC, BN, and vanadium nitride (VN). To simulate a multilayer welding, a temperature cycle with two peak temperatures of 1,300 and 1,000°C, respectively, was considered, followed by PWHT of 730 °C/24 h. The results of simulation during welding, PWHT, and service are presented in Fig. 17. The first row

shows the temperature-time cycle, the second row pokazuje udeo faze u tež.%, treća kolona pokazuje srednje vrednosti radijusa u nanometrima i zadnja kolona pokazuje gustinu taloga u delovima po kubnom metru. Tokom zavarivanja i TOPZ, javljaju se neke promene, ali na kraju su talozi slični prethodnom statusu.

Samo udeo faze VN je nešto veći, a udeo NbC blago manji.

shows the phase fraction in wt.%, the third row shows the mean radii in nanometers, and the last row the number densities of the precipitates in parts per cubic meter. During welding and PWHT, several changes occur, but at the end, the precipitates are similar to the status before.

The phase fraction of VN is slightly higher, the one of NbC slightly lower.

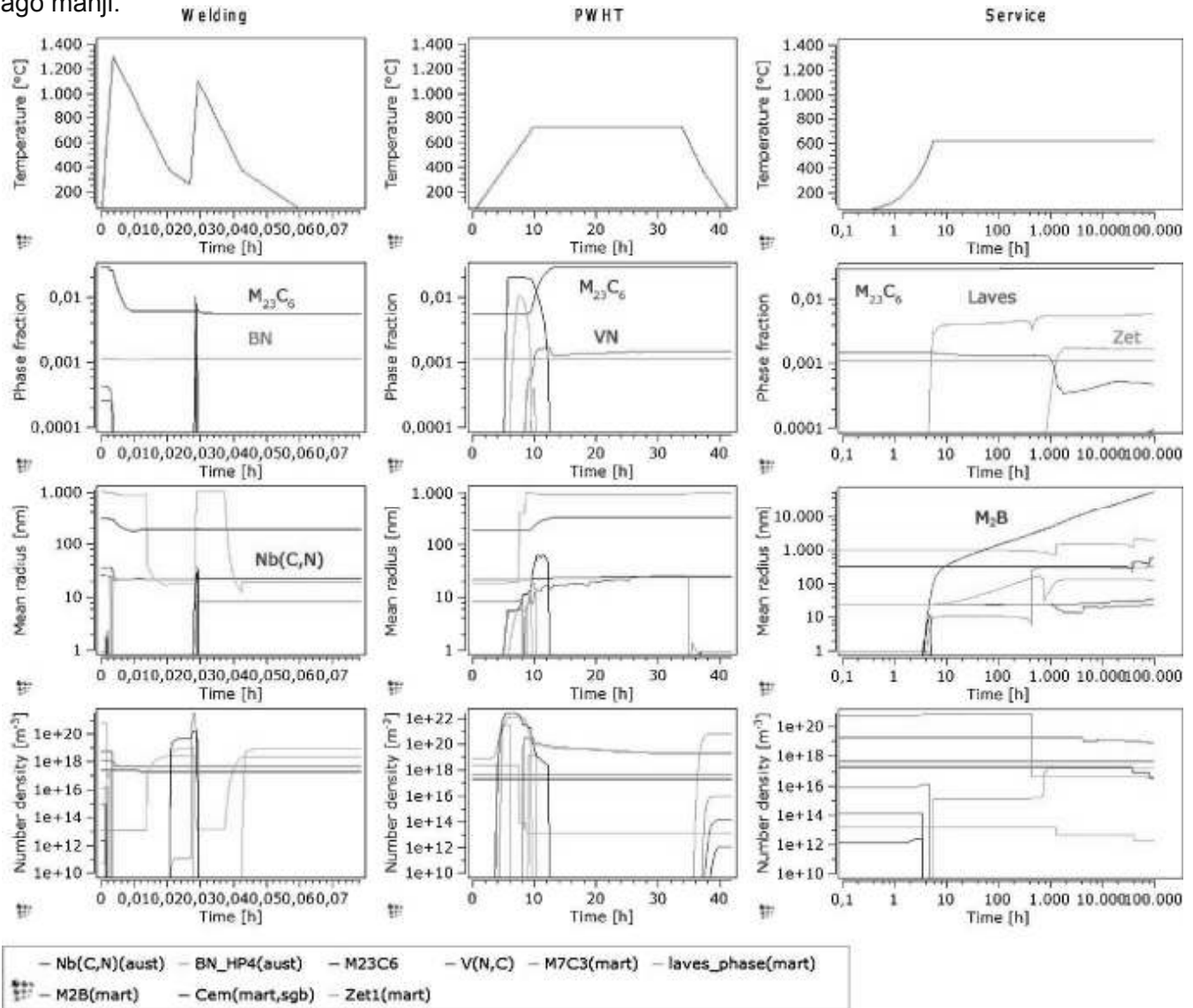


Fig. 17 Precipitation evolution in HAZ of CB2 during welding, PWHT, and service
Sl. 17. Razvoj taloga u ZUT kod CB2 tokom zavarivanja, TOPZ, i eksploatacije

	HAZ	WM
M ₂₃ C ₆	583 nm, 3.0 wt.%	505 nm, 3.0 wt.%
Laves phase	335 nm, 0.6 wt.%	335 nm, 1.0 wt.%
Z-phase	138 nm, 0.2 wt.%	160 nm, 0.2 wt.%
BN	2,000 nm, 0.1 wt.%	1,200 nm, 0.05 wt.%
NbC	36 nm, 0.01 wt.%	57 nm, 0.03 wt.%
VN	24 nm, 0.05 wt.%	–

Table 8 Mean radius and phase fraction of precipitates in HAZ and weld metal after service of 100,000 h.
Tabela 8. Srednje vrednosti radijusa i udeo faze taloga u ZUT i metalu šava posle servisa na 100.000 sati

Posle nekoliko sati servisa na 625°C, javlja se intermetalna Lave faza bez uticaja drugog taloga, ali posle nekoliko hiljada sati, raste udeo Z-faze na račun malih čestica i taložno otvrdnjavajućih MX (VN i NbC) čestica. U pogledu Z-faze, rezultati numeričkog modeliranja treba veoma pažljivo da budu određeni zato što su raspoloživi samo ograničeni termokinetički podaci. Faza M_2B pokazuje izuzetan rast radijusa, ali zbog male gustine od samo $1,8 \cdot 10^{-2}$ čestica/mm³, nema značajan uticaj na udele faza drugih taloga.

5.3 Diskusija rezultata

Razvoj mikrostrukture u ZUT je drugačiji nego u metalu šava. Pre zavarivanja, već postoje talozi u osnovnom materijalu. Glavni talozi su $M_{23}C_6$, NbC, BN i VN, koji se menjaju tokom zavarivanja i TOPZ, ali dostižu sličan nivo posle svake operacije. U metalu šava, BN i NbC nastaju tokom zavarivanja. Tokom TOPZ, oni ostaju stabilni a talože se $M_{23}C_6$ karbidi. Glavna razlika je nedostajanje VN u metalu šava. Tokom servisa, javlja se Lave faza i u metalu šava i u ZUT, i Z-faza koja se javlja posle nekoliko hiljada sati servisa konzumiranjem VN i NbC. U tabeli 8 upoređuju se rezultujući talozi u ZUT i MŠ posle zavarivanja, TOPZ i servisa na 625°C.

Ovi rezultati simulacije određeni su veoma pažljivo, a mikrostrukturna ispitivanja su poslužila da opravdaju izračunavanja.

6 Zaključak

Uticaj parametara zavarivanja na mehaničke osobine na sobnoj temperaturi je ispitivan za svaki metal šava kao i proizvodno ispitivanje sa ciljem razvoja tehnologije zavarivanja sa optimizovanim mehaničkim osobinama. ZUT kao najkritičniji deo zavarenog spoja treba da zadovolji zahteve posebno one, vezane za energiju udara. Najbolji rezultati se mogu postići sa nižom međuslojnom temperaturom, manjom brzinom zavarivanja i manjom brzinom dotura žice.

Prolaskom kroz proceduru kvalifikacije tehnoloije zavarivanja u livnicama voestalpine u Linzu i Traisenu kvalifikovana je punjena žica Böhler CB 2 Ti-FD za korišćenje široke skale CB 2 livenih komponenata. Prva ispitivanja puzanjem dokazala su granicu puzanja metala šava i popreko na šav. Do 6.572 h, sve epruvete su se lomile na oko -20 % rasipanja vrednosti za osnovni materijal.

After few hours of service at 625°C, the intermetallic Laves phase occurs without influencing the other precipitates, but after several thousand hours, the Z-phase arises in consuming the small and precipitation hardening MX (VN and NbC) particles. Regarding the Z-phase, the results of numerical modeling have to be evaluated very carefully because there are only limited thermokinetic data available. M_2B phase shows an extraordinary radius growth, but due to the low number density of only $1,8 \cdot 10^{-2}$ particles/mm³, it has no noticeable effect on the phase fractions of the other precipitates.

5.3 Discussion of results

The microstructure evolution in the HAZ is different to the weld metal. Before welding, there are already precipitates in the base material. The main precipitates are $M_{23}C_6$, NbC, BN, and VN, which change during welding and PWHT, but reach a similar level afterwards. In the weld metal, BN and NbC nucleate during welding. During PWHT, they stay stable and $M_{23}C_6$ carbides precipitate. The main difference is the missing of VN in weld metal. During service, Laves phase occurs in both weld metal and HAZ, and Z-phase appears after several thousand hours of service consuming VN and NbC. Table 8 compares the resulting precipitations in HAZ and WM after welding, PWHT, and service at 625°C.

These results of simulation have to be evaluated very carefully, and microstructural investigations are ongoing to prove the calculations.

6 Conclusion

The influence of welding parameters on the mechanical properties at ambient temperature was investigated for all-weld metal and in near production tests to develop a welding technology with optimized mechanical properties. The HAZ seems to be the most critical part of the weld to meet the requirements especially concerning impact energy. Best results could be achieved with lower interpass temperature, lower travel speed, and lower wire feed rate.

Passing the welding procedure qualifications at the voestalpine foundries at Linz and Traisen qualifies the fluxcored wire Böhler CB 2 Ti-FD to be used for welding of large-scale CB2 cast components. First creep tests prove the creep strength of all-weld metal and cross-welds. Up to 6,572 h, all specimens ruptured in the -20 % scatter band of the base material.

Prema MatCalc simulacijama, razvoj mikrostrukture u ZUT je različit u odnosu na metal šava. Simulacije su pokazale da se VN i NbC rastvoreni a Z-faza se taloži u ZUT. Ove rezultate treba oceniti detaljnim mikrostrukturnim istraživanjem, na čemu se uveliko radi.

Uticaj hemijskog sastava i parametara zavarivanja na mikrostrukturu i mehaničke osobine nije potpuno proučen u ovom momentu, ali se očekuju mnogo realniji alati za simulaciju koji bi doprineli boljem razumevanju

According to MatCalc simulations, the microstructure evolution in HAZ is different to the weld metal. The simulations showed that VN and NbC dissolved and Z-phase precipitated in the HAZ. These results have to be evaluated by detailed microstructural investigations, which is work in progress.

The influence of chemical composition and welding parameters on microstructure and mechanical properties is not fully understood at the moment, but more reliable simulation tools are expected to contribute to a better understanding.

Reference

1. Staubli M, Hanus R, Weber T, Mayer K-H, Kern T-U (2006) The European efforts in development of new high temperature casing materials—COST536, Materials for Advanced Power Engineering 2006, Proceedings of the 8th Liège Conference Part II, Liège, Belgium, pp. 855–870
2. Sonderegger B (2005) Charakterisierung der Substruktur in modernen Kraftwerkswerkstoffen mittels der EBSD Methode, Thesis TU Graz
3. Abe F (2004) Alloy design of creep and oxidation resistant 9Cr steels for thick section boiler components operating at 650°C, Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants, Proceedings from the Fourth International Conference, October 25–28, 2004, Hilton Head Island, South Carolina, pp.202-216 →
4. Abe F, Horiuchi T, Sawada K (2003) High-temperature annealing for maximization of dissolved boron in creep-resistant martensitic 9Cr steel. Mater Sci Forum 426–432:1393–1398
5. Brauné E, Cerjak H, Caminada St, Jochum C, Mayr P, Pasternak J (2006) Weldability and properties of new creep resistant materials for use in ultra supercritical coal fired power plants, Materials for Advanced Power Engineering 2006, Proceedings of the 8th Liège Conference Part II, Liège, Belgium, pp. 871–891
6. Heuser H, Jochum C, Kreuzer-Zagar D (2010) Development of matching filler metals for welding CB2 and first experience, Materials for Advanced Power Engineering 2010. Proceedings of the 9th Liège Conference, Liège, Belgium, pp. 506–513
7. Baumgartner S, Posch G, Mayr P (2012) Welding advanced mar-tensitic creep resistant steels with Boron containing filler metal. Weld World 56(7/8):2–9
8. Product Data Sheet of Böhler CB 2 Ti-FD, www.voestalpine.com/welding/austria/products
9. (1990) SEP 1680, Aufstellung von Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildern für Eisenlegierungen, Stahl-Eisen-Prüfblätter des Vereines Deutscher Eisenhüttenleute. 1680
10. Lochbichler C, Schmidne-Kelity E, Baumgartner S (2013) Latest developments of cast materials and welding consumables for coal-fired steam turbines components/nickel-base alloy A625 and CB2 steel for the A-USC technology, Proceedings of PowerGen 2013, Vienna, Austria
11. Schuler M, Baumgartner S, Schnitzer R, Enzinger N (2014) Creep investigation of CB2 joints using similar rutile CB2-flux cored wire, Weld World, submitted
12. Kozeschnik E (1997) Thermodynamische Berechnung der Phasengleichgewichte und der Ausscheidungskinetik in metallischen Werkstoffen, Thesis TU Graz
13. (2013) <http://matcalc.tuwien.ac.at/>, Vienna

Zahvalnost: Autori žele da zahvale austrijskom "Forschungsförderungsgesellschaft" (FFG) za finansijsku podršku zasnovanu na ugovoru br.831995.



The 3rd IIW South-East European Welding Congress

Timișoara
Romania
June 03-05
2015

Welding and Joining
Technologies for a Sustainable
Development and Environment

With the
support of



Organizers



National R&D Institute
for Welding and Material
Testing - ISIM Timișoara,
Romania

in cooperation with



Bulgarian
Welding
Society -
BWS, Bulgaria



Romanian
Welding
Society -
ASR, Romania



Serbian
Welding
Society -
DUZS, Serbia



Welding
Institute - Zavod
za Zavarivanje
A.D., Serbia

Call for Papers &
Preliminary Programme





Congress theme

The third IIW Regional Congress organized in South-East Europe has the theme “*Welding and joining technologies for a sustainable development and environment*”. Within the congress, specialists from the industry, academic and research fields will have the opportunity to exchange information on current regional and global topics.

The Congress will be held in conjunction with the celebration of the 45th anniversary of ISIM Timisoara’s foundation.



Main topics

- **Joining Processes**
 - New joining technologies
 - Modelling and simulation of welding processes
 - Specific problems in advanced material joining
- **Structural Integrity**
 - Advanced materials and joints, mechanical and structural characterization
 - Materials damage under time-dependent actions, fatigue, creep, corrosion, irradiation
 - Remaining life assessment of industrial equipments
- **Quality Management**
 - Quality management and standardisation
 - Quality management of materials
 - Quality of welded joints and welded structures

Joint events

- **Workshop** – Pipeline Construction
- **Workshop** – Innovation and Technologies Transfer
- **International Conference** – Structural Integrity of Welded Structures – ISCS15 (ISI Proceedings)*
- **The International Fair 2015** – Innovation in Welding & NDT**

*Selected papers will be published in one of the Trans Tech Publications’s ISI periodicals (www.scientific.net), indexed by Elsevier SCOPUS, Ei Compendex, Thomson ISI.

**The International Fair Innovation in Welding and NDT will be organized at the Regional Business Center of Timisoara. The fair (over 1600 square meters and an audience of at least 1,000 people / day) will be open free of charge for the attendees of the congress and others interested persons during 3 days.

Call for papers

Persons interested in the congress theme are asked to send the paper’s title accompanied by a abstract (not more than 200 words) on the e-mail address: seeiiw2015@isim.ro.

All accepted papers will be included in the conference proceedings.

Official language: English.





Papers submission schedule

- Submission of abstracts: November 30, 2014
- Acceptance of abstracts: December 15, 2014
- Submission of papers: January 30, 2015
- Circular 2: March 31, 2015

Venue

Located at the crossing point of some of the most important trade roads that connect the West to the East, TIMISOARA is the most important town of the largest Romanian county and an important historical, economic, financial, cultural and scientific centre.

The population of Timisoara is of about 400,000 inhabitants and is made up mostly of Romanians, who live and work together with Hungarians, Germans, Serbians and Bulgarians, as Timisoara is a symbol of democracy, solidarity and ethnic tolerance.

Due to the large number of parks, public gardens, squares and green spots, Timisoara has earned its name of "Garden-Town". It was the first European town with electrically lit streets.

Timisoara disposes of a lot of facilities for leisure time spending, such as theatres (Romanian, German, Hungarian), an Opera House, a Philharmonic Orchestra as well as The Banat Museum, The Banat Village Museum, and The Museum of the Romanian Metropolitan Orthodox Cathedral.

The opening ceremony will take place at the Opera House.



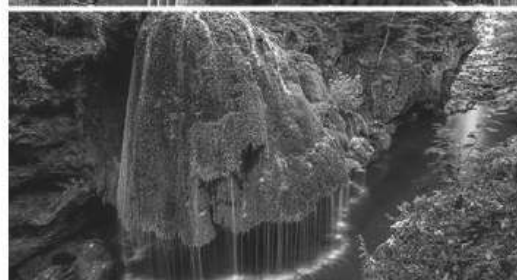
Accommodation

Hotels of 3 and 4 stars existing in Timisoara offer very good accommodation conditions; the city also has a network of mini hotels and guesthouses located in quiet zones of old districts. Recommended accommodation locations are situated in the neighborhood of the congress venue.

Social programme

Reception and banquet will be offered to the participants and their accompanying persons. A special touristic programme for accompanying persons during the congress, as well as a post-congress tour will be organized:

- Tour of natural landscapes
(Oravita - Anina Sightseeing, Bigar Waterfall, The Danube Gorges)
- Tour of castles
(Alba Iulia, Hunedoara, Deva)
- Wine tasting evening - Minis Cellars





Preliminary Programme

EVENT	TIME			PLACE	
	June 3, 2015	June 4, 2015	June 5, 2015		
IIW Congress					
Opening Ceremony	18:00 – 20:00			Opera House	
Welcome Reception	20:00 – 22:00				
Plenary Session		8:30 – 13:00		Regional Business Centre Timisoara	
Session I - Room 1		14:30 – 18:30			
Session II - Room 2		14:30 – 18:30			
Banquet		18:30 – 20:30			
Session III - Room 1			8:30 – 12:30		
Session IV - Room 2			8:30 – 12:30		
Congress closing			18:30		
Workshops					
Innovation and Technologies Transfer		14:30 – 18:30			Regional Business Centre Timisoara
Pipeline Construction			8:30 – 12:30		
International Conference – Structural Integrity of Welded Structures ISCS15 – ISI Proceedings					
Poster Session			8:30 – 18:30	Regional Business Centre Timisoara	
Plenary Session			14:00 – 18:30		
International Fair 2015					
Innovation in Welding and NDT	10:00 – 17:00	10:00 – 18:00	10:00 – 18:00	Regional Business Centre Timisoara	

Congress Website

www.seeiiw2015.com



National R&D Institute
for Welding and Material
Testing - ISIM Timisoara

30 Mihai Viteazul Bv., 300222 Timisoara, Romania

Phone: + 40 256 491828; Fax: + 40 256 492797

E-mail: isim@isim.ro

Website: www.isim.ro



The 3rd IIV South-East European Welding Congress
June 03-05, 2015, Timisoara, Romania

*“Welding and joining technologies for a
sustainable development and environment”*



ENROLMENT FORM

Please complete and return the form to: seeiiw2015@isim.ro

Name: _____ Surname: _____

Scientific title: _____

Institution: _____

Address: _____

City: _____ Code: _____ Country: _____

Tel.: _____ Fax: _____ E-mail: _____

Paper

Title: _____

Authors: _____

Keywords: _____

Abstract: (max. 200 words): _____

Section:

- Joining Processes
- Structural Integrity
- Quality Management

Workshops:

- Pipeline Construction
- Innovation and
Technologies Transfer

International Conference :

- Structural Integrity of
Welded Structures –
ISCS15 (ISI Proceeding)



Darko Jovanović dipl.maš.inž. ¹, Predrag Jovanović dipl.maš.inž. ¹

ODOBRANJE POSTUPAKA IZRADA NERASTAVLJIVIH SPOJEVA OD POLIETILENA NA OPREMI POD PRITISKOM

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

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC:

Rad primljen / Paper received:

Mart 2014.

Ključne riječi: oprema pod pritiskom, nerastavljivi spoj, IBR, zavarivanje polietilena

Rezime

Cilj ovog rada je da se široj stručnoj javnosti izloži problematika u vezi sa odobravanjem postupaka izrade nerastavljivih spojeva od polietilena na opremi pod pritiskom. U tu svrhu autori su pokušali da obuhvate sve aspekte koji omogućavaju imenovanom telu da potvrdi ispunjenost bitnih zahteva za bezbednost zavarenih spojeva na opremi pod pritiskom kategorije II, III i IV

1. Uvod

Pravilnikom o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom definisan je zahtev koji se odnosi na odobravanje postupka izrade nerastavljivih spojeva. Pod nerastavljivim spojevima se podrazumevaju, osim zavarenih spojeva i tvrdo lemljeni spojevi. Postupci odobravanja izrade zavarenih spojeva od čelika i tvrdo lemljenih spojeva su detaljno definisani odgovarajućim harmonizovanim standardima. Pri realizaciji odobravanja postupaka izrade zavarenih spojeva od polietilena, mogu se javiti određeni problemi. Osnovni razlog treba tražiti u nedostatku odgovarajućih smernica za realizaciju takvih aktivnosti.

U postupku odobravanja konkretnih tipova zavarenih spojeva od polietilena smatramo da je neophodno izraditi reprezentativni broj uzoraka na osnovu kojih će se moći izvršiti ocena usaglašenosti tih uzoraka sa specificiranim uslovima, u zavisnosti od postupka izrade zavarenog spoja. Analizom raspoložive tehničke literature koja se bavi postupcima izrade zavarenih spojeva od polietilena i koji bi u ovoj situaciji bili od

Adresa autora / Author's address:

¹ Professional Control Group, Đorđa Stanojevića 11đ, Beograd
E-mail: darko.jovanovic@professionalcontrolgroup.com

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

Key words: pressure equipment, permanent joints, NDT, welding of polyethylene

Abstract

The aim of this paper is to present to wider professional public the issues related to the approval of the procedures of making permanent joints of polyethylene on the pressure equipment. For this purpose, the authors have tried to cover all the aspects which enable the notified body to verify the fulfillment of essential requirements for safety of welded joints on the pressure equipment categories II, III and IV

pomoći, može se konstatovati da osnovu za realizaciju aktivnosti odobravanja postupaka zavarivanja treba potražiti u postojećim evropskim standardima iz ove oblasti i standardima nemačkog strukovnog udruženja (DVS).

2. Ocena usaglašenosti zavarenih spojeva

Ocenjivanje usaglašenosti zavarenog spoja podrazumeva ispunjenost specificiranih zahteva koji se odnose na konkretan tip zavarenog spoja kao i na postupak izrade tog spoja^[1]. Kako spisak srpskih standarda harmonizovanih sa evropskim standardima, citiran u Pravilniku o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom ne sadrži standarde kojim bi ovi zahtevi bili definisani, ostavljeno je da proizvođač opreme pod pritiskom i odgovarajuće imenovano telo te zahteve preciziraju. Specificirani zahtevi koje mora da ispune zavareni spojevi od polietilena na opremi pod pritiskom II, III ili IV kategorije i kojima se potvrđuje ispunjenost bitnih zahteva za bezbednost



priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, dati su u nastavku i odnose se na:

- karakteristike osnovnog materijala od kojeg je izrađen zavareni spoj,
- karakteristike dodatnog materijala za zavarivanje (za postupke zavarivanja gde je to primenljivo),
- tehnologiju zavarivanja za primenjeni postupak,
- kompetentnost osoblja koje izrađuje reprezentativni uzorak,
- primenjene ispitne metode kojima se proverava usaglašenost izrađenog uzorka,
- kriterijume prihvatljivosti za ispitani zavareni spoj.

2.1 Osnovni material

Polimeri su makromolekuli sastavljeni iz većeg broja monomera i spadaju u važne tehničke materijale koji su lakši u odnosu na metale, imaju dobra električna i toplotno izolaciona svojstva i otporni su na koroziju. Građa polimera može biti linearna, granata ili umrežena, a polimere grupišemo na: termoplaste, elastomere i durmomere. Jedan od predstavnika termoplasta je i polietilen visoke gustine (PE-HD^[2]) koji se koristi pri proizvodnji određenih tipova opreme pod pritiskom. Polietilen visoke gustine predstavlja termoplast koji nastaje polimerizacijom etilena i sastavljen je iz makromolekula povezanih slabim Van der Waals-ovih vezama što za posledicu ima mogućnost lakšeg oblikovanja i eventualnog ponovnog korišćenja. Termoplasti granate građe za razliku od linearnih, osim Van der Waals-ovih veza imaju i bočne veze. Kao ograničavajuće karakteristike polietilena za širu upotrebu u proizvodnji opreme pod pritiskom treba naglasiti da su manje otporni na povećano dejstvo toplote u smislu pogoršanja mehaničkih karakteristika i da pri dejstvu toplote dolazi do velikog istezanja materijala. Osim svega napred navedenog polietilen je zapaljiv i relativno male čvrstoće u odnosu na druge materijale koji se mogu koristiti u proizvodnji opreme pod pritiskom.

Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike polietilena detaljno su opisane u prilogu B harmonizovanog standarda SRPS EN ISO 15494. Kada je reč o postupku izrade zavarenih spojeva od polietilena bitno je znati koeficijent masenog protoka rastopa (MFR). Nažalost tačne podatke o

ovom koeficijentu proizvođači polietilenskog materijala obično ne daju već samo navode dozvoljeni interval za MFR koeficijent. Izračunavanje vrednosti MFR koeficijenta detaljno je opisano u standardu SRPS EN ISO 1133. Prihvatljivi interval za MFR koeficijent PE-HD koji se koristi u proizvodnji opreme pod pritiskom mora biti preciziran i obično se kreće u interval od 0.2 do 1,4 g/10mm, kako je definisano u standardu SRPS EN ISO 15494. Kao posledica ne poznavanja tačne vrednosti MFR koeficijenta delova od polietilena koji se zavaruju i u slučaju kada te vrednosti se razlikuju za više od 0,5 g/10min^[3] može doći do pojave nalepljivanja. Iz tog razloga preporučujemo da se pre realizacije izrade zavarenih spojeva od polietilena izvrši pregled dostavljenih sertifikata kojima se dokazuje usaglašenost osnovnog materijala i, ako je potrebno, sprovedu dodatna ispitivanja kojima bi se proverile karakteristike koje nisu na adekvatan način definisane sertifikatom.

Kada je reč o metodologiji grupisanja termoplastičnih materijala i podele na podgrupe preporuka je da se koriste podaci dati u tabeli 1 standarda SRPS EN 13067. Ovaj vid grupisanja može biti od pomoći u postupku odobravanja izrađenih tehnologija zavarivanja koje proizvođač opreme pod pritiskom dostavlja imenovanom telu na odobrenje.

2.2 Dodatni materijal za zavarivanje

Zahtevi u vezi dodatnih materijala za zavarivanje moraju biti precizno definisani tehnologijom izrade predmetnih nerastavljivih spojeva. Čest je slučaj da zbog nepoznavanja zahteva za dodatni materijal za zavarivanje koji će biti korišćen, tehnologijom se ne propišu potrebni zahtevi za dodatni materijal za zavarivanje koji je potrebno koristiti. U ovakvoj situaciji u praksi se koriste dodatni materijali koje je najlakše pronaći na tržištu ili koji su najprihvatljiviji sa cenom. Preporuka je da se pri definisanju zahteva za dodatni materijal za zavarivanje koriste smernice koje su date standardom SRPS EN 12943.

Osim zahteva za dodatni materijal za zavarivanje, potrebno je proveriti sa kojom opremom raspolaže proizvođač kako bi bilo moguće oceniti na koji način ograničenja karakteristika te opreme utiču na mogućnost realizacije planiranih zavarenih spojeva. Problem koji se može desiti na zavarenom spoju pri korišćenju mašine koja ima ograničenje u mogućoj debljini dodatnog materijala (korišćenje žice veće debljine od one koje su specifikacijom definisane)



je pojava defekta tipa prelivanje (referentni broj 506^[4]).

2.3 Postupci zavarivanja

Najčešće korišćeni postupci zavarivanja pri izradi opreme pod pritiskom su ekstruziono zavarivanje i zavarivanje toplim alatom. Ekstruziono zavarivanje je postupak zavarivanja pri kojem ekstruziona jedinica sa komorom za topljenje daje ekstrudovani materijal prema zahtevu za debljinu i oblik spoja, dok vrući vazduh ili inertan gas istovremeno zagrevaju osnovni materijal^[5]. Zavarivanje toplim alatom je postupak zavarivanja pri kojem se površine spoja zagrevaju tako što se izlažu, sa ili bez kontakta, elementima za grejanje i zavaruju se pod pritiskom^[5].

Da bi se realizovao usaglašen zavareni spoj od polietilena potrebno je obratiti pažnju na sledeće činjenice:

- nisu svi tipovi plastičnih masa zavarljivi u istom obimu, pa je potrebno pre primene nekog plastičnog materijala obavezno proveriti ovaj zahtev. Kada je reč o termoplastičnim materijalima može se konstatovati da oni imaju dobru zavarljivost.
- pre početka realizacije propisanog postupka zavarivanja potrebno je površinu koja će biti u zoni zavarivanja očistiti na način definisan specifikacijom tehnologije zavarivanja jer se time smanjuje mogućnost nastanka defekata u zavarenom spoju.
- kada je specifikacijom tehnologije zavarivanja propisan postupak predgrevanja materijala koji se zavaruju, potrebno je isti i realizovati.
- nezavisno o kom postupku zavarivanja je reč, potrebno je uvek voditi računa da parametrima zavarivanja koji su propisani specifikacijom (uneta toplote, pritisak i vreme) budu u dozvoljenim granicama.

2.3.1 Specifikacija tehnologije zavarivanja

Pod pojmom specifikacije tehnologije zavarivanja podrazumeva se dokument koji sadrži promenljive veličine potrebne za izradu nerastavljivog spoja i kojim se obezbeđuje ponovljivost odabranog postupka zavarivanja. Specifikacijom tehnologije zavarivanja potrebno je definisati sve uticajne veličine čijim odgovarajućim vrednostima se

obezbeđuje izrada usaglašenog uzorka. U tom smislu specifikacija treba da definiše:

- način pripreme krajeva za zavarivanje,
- dimenzije delova koji se zavaruju (sugerisemo da pri realizaciji dimenzionalne kontrole izmerene vrednosti se uporede sa tolerancijama propisanim tačkom B.3 standarda SRPS EN ISO 15494),
- minimalni atmosferski uslovi za realizaciju predmetnih spojeva,
- broj prolaza pri realizaciji zavarenog spoja (primenljivo za postupak ekstruzionog zavarivanja),
- definisanje plana zavarivanja u cilju svođenja zaostalih napona na prihvatljivu meru,
- parametre pritiska, temperature i vremena u postupku zavarivanja,
- kriterijume za prihvatanje izrađenih zavarenih spojeva.

2.3.1.1 Zavarivanje toplim alatom

Na osnovu smernica propisanih standardom ISO 21307, pri realizaciji postupka zavarivanja toplim alatom, u zavisnosti od debljine delova u dodiru kao i u zavisnosti od dejstva pritiska na zagrejane krajeve delova koje zavarujemo, razlikujemo tri moguća slučaja:

- postupak jednim dejstvom niskog pritiska,
- postupak dvostrukim dejstvom niskog pritiska (obično se primenjuje za debljine preko 20 mm),
- postupak jednim dejstvom visokog pritiska (ređe se koristi).

U nastavku je dat tabelarni prikaz^[6] uticajnih radnih parametara za postupak zavarivanja toplim alatom i za slučaj postupka jednim dejstvom niskog pritiska (single low-pressure fusion jointing procedure).



Parametri zavarivanja	Jedinica	Oznaka	Vrednost
Temperatura grejne ploče (<i>heater plate temperature</i>)	°C		200 - 245
Pritisak dovođenja cevi na grejanu ploču (<i>initial bead-up pressure</i>)	MPa	p_1	$0,17 \pm 0,02$
Minimalna početna veličina rastopa (<i>minimum initial bead-up size</i>)	mm		$0,5 + 0,1 e_n$ do max. 6 mm
Vreme zagrevanja (<i>heat soak time</i>)	s	t_2	$(11 \pm 1) \cdot e_n$
Pritisak zagrevanja (<i>heat soak pressure</i>)	MPa	p_2	od 0 do pritiska vučenja
Maksimalno vreme uklanjanja grejne ploče (<i>heater plate removal time</i>)	s	t_3	$(0,1 e_n) + 4$
Pritisak zavarivanja (<i>fusion jointing pressure</i>)	MPa	p_3	$0,17 \pm 0,02$
Maksimalno vreme potrebno da se postigne pritisak između površina (<i>time to achieve fusion jointing pressure</i>)	s	t_4	$(0,4 e_n) + 2$
Minimalno vreme hlađenja u mašini pod pritiskom (<i>cooling time in the machine under pressure</i>)	min	t_5	$e_n + 3$
Minimalno vreme hlađenja van mašine (<i>cooling time out of the machine</i>)	min	t_6	$e_n + 3$
Vreme dovođenja cevi na grejnu ploču (t_1) zavisi od tipa mašine kojom se zavarivanje realizuje.			

Imenovano tela u postupku ocenjivanja usaglašenosti opreme pod pritiskom od polietilena mora insistirati kod proizvođača na posedovanju odgovarajuće tehnologije zavarivanja sa pratećim specifikacijama (WPS) za primenjeni postupak zavarivanja. Ovo se naglašava jer je česta zabluda proizvođača opreme pod pritiskom koji primenjuju postupak zavarivanja toplim alatom da "nemaju obavezu" obezbeđenja tehnologije zavarivanja jer uređaj za zavarivanje nudi programsku mogućnost podešavanja radnih parametara zavarivanja.

2.3.1.2 Ekstruziono zavarivanje

Ekstruziono zavarivanje može biti ručni ili poluautomatski postupak zavarivanja uz korišćenje dodatnog materijala za zavarivanje najčešće sličnih mehaničkih karakteristika kao i osnovni materijal. Pri proizvodnji različitih tipova opreme pod pritiskom veliku primenu ima postupak ekstruzionog zavarivanja kako pri izradi sučeonih tako i pri izradi ugaonih spojeva.

Pri izradi tehnologije zavarivanja u zavisnosti od kontinuiteta procesa zavarivanja razlikujemo ekstruziono zavarivanje sa neprekidnim ili prekidnim snabdevanjem dodatnim materijalom. Standard DVS 2207-4 obezbeđuje osnovne informacije na osnovu kojih proizvođač opreme pod pritiskom može izraditi odgovarajuću tehnologiju zavarivanja. Preporuka je da tehnologija zavarivanja minimalno obezbediti sledeće podatke:

- podatke za pripremu krajeva za zavarivanje, imajući u vidu osnovne karakteristike krajeva (izgled žljeba i širina grla). U zavisnosti da li je reč o kontinualnom ili prekidnom snabdevanju dodatnim materijalom za zavarivanje, dijagramima su date funkcionalne zavisnosti dubine i ugla žljeba.
- minimalno rastojanje između dva zavarena spoja na licu šava mora biti veće od 50mm.
- način svođenja krajeva na istu debljinu, u slučaju zavarivanja delova sa različitim debljinom.



- kad god je to moguće, zavari treba da budu urađeni obostrano, u cilju racionalnog unosa dodatnog materijala za zavarivanje i svođenja nivoa zaostalih napona u zavarenom spoju na prihvatljiv nivo.
- za nastavke (welding shoes) koji će biti korišćeni prema smernicama datim u tabeli 1 standarda DVS 2207-4.
- zahtevi za predgrevanjem (kada je to potrebno).
- podaci o dodatnom materijalu za zavarivanje koji će biti korišćen, kao i način rukovanja sa istim.
- podaci o korišćenim radnim parametrima u postupku zavarivanja.

2.4 Osoblje koje izrađuje zavarene spojeve

Osoblje koje izrađuje reprezentativne uzorke potrebno je da poseduje dokaz o kompetentnosti u vidu odgovarajućeg sertifikata izdatog od sertifikacionog tela za osoblje za šemu sertifikacije definisanu standardom SRPS EN 13067. Pod "sertifikacionim telom za osoblje" podrazumeva se organizacija koja ispunjava zahteve standarda SRPS ISO/IEC 17024 na način da poseduje odgovarajući obim akreditacije u kojem je prozvan odgovarajući referentni standard.

U slučaju da se zavareni spojevi od polietilena izrađuju za potrebe proizvodnje opreme pod pritiskom kategorije II, III i IV, osoblje mora posedovati i odobrenje izdato od imenovanog tela za ocenjivanje usaglašenosti ili od imenovanog tela za nerastavljive spojeve čime se ispunjava zahtev definisan tačkom 3.1.2 priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom.

2.5 Ispitne metode

Ispitivanja koja se realizuju na zavarenim spojevima od polietilena na opremi pod pritiskom u cilju potvrđivanja njihove usaglašenosti sa specificiranim zahtevima dele se u tri grupe:

- ispitivanja metodama bez razaranja
- ispitivanja sa razaranjem
- ispitivanje pritiskom

Za koju od napred navedenih grupa ispitivanja će se odlučiti imenovano telo da realizuje u postupku

odobranja konkretne tehnologije zavarivanja zavisiće od opasnosti izazvane prvenstveno pritiskom, koju je obavezan da analizira proizvođač konkretne opreme pod pritiskom.

2.5.1 Ispitivanja metodama bez razaranja

Metode ispitivanja bez razaranja koje se primenjuju za ispitivanje zavarenih spojeva od polietilena zavise od primenjenog postupka zavarivanja i tipova nepravilnosti koje se očekuju primenom takvog postupka zavarivanja. U nastavku su date smernice za izbor IBR metoda koje mogu poslužiti pri izradi programa ispitivanja:

- vizuelno ispitivanje je potrebno realizovati u skladu sa pisanom procedurom koja je usklađena sa zahtevima standarda SRPS EN 13100-1.
- kada je reč o radiografskom ispitivanju zavarenih spojeva od polietilena potrebno je procedurom definisati mogućnosti primene ove IBR metode u smislu minimalne debljine prozračavanja materijala, stvarne mogućnosti rendgenskog uređaja sa kojim ispitna laboratorija raspolaže, izabrane tehnike ispitivanja i ostalih zahteva definisanih standardom SRPS EN 13100-2. Takođe, pri realizaciji ove metode ispitivanja potrebno je biti upoznat i sa ograničenjima same ispitne metode u smislu nepravilnosti koje je moguće uočiti tom metodom.
- kao što je navedeno za radiografsko ispitivanje slična konstatacija je i za ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeve od polietilena. U tom smislu realizacija ove IBR metode se sprovodi na cevima ili pločama debljine zida između 10mm i 100mm, po pisanoj proceduri kojom su uzeti u obzir zahtevi standarda SRPS EN 13100-3 i ograničenja vezana za primenu te ispitne metode.
- ovom prilikom se može pomenuti i ispitivanje pri visokom naponu kao još jedna metoda bez razaranja koja se koristi pri pronalaženju površinskih defekata na sučeonim i preklopnim zavarenim spojevima od polietilena. Smernice za ova ispitivanja date su u standardu SRPS EN 13100-4.



- pri izradi uzoraka ekstruzionim zavarivanjem kada je definisan kriterijum prihvatljivosti prema standardu DVS 2201-1 i kada se kao referentni standard za izradu zavarenih spojeva od polietilena koristi standard DVS 2207-4, metode ispitivanja bez razaranja su definisane u tabeli 2, tog standarda.

179-2 kako bi odredili udarnu žilavost polietilena po Šarpiju.

- pri izradi uzoraka ekstruzionim zavarivanjem kada se kao referentni standard za izradu zavarenih spojeva od polietilena koristi standard DVS 2207-4, ispitivanja sa razaranjem su definisana u tabeli 2, tog standarda.
- smernice za realizaciju ispitivanja sa razaranjem uzoraka izrađenih zavarivanjem toplim alatom date su u tabeli 6, standarda DVS 2207-1.
- u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 definisani su zahtevi za ispitivanja sa razaranjem. Iako je reč o standardu koje se koristi pri sertifikaciji zavarivača, preporuke za realizaciju pojedinih metoda ispitivanja mogu biti prihvaćene i pri realizaciji odobrenja konkretne tehnologije zavarivanja.

Vizuelno ispitivanje je najčešće primenjena IBR metoda dok ostale metode ispitivanje bez razaranja se primenjuju u slučajevima kada iz nekog razloga nije moguće realizovati ispitivanja sa razaranjem ili se primenjuju kao komparativne metode nekoj od vrsta ispitivanja sa razaranjem.

2.5.2 Ispitivanja sa razaranjem

U situaciji kada je programom ispitivanja predviđena realizacija neke od metoda ispitivanja sa razaranjem preporuka je da se pri izradi programa ispitivanja primene smernice date u nastavku:

- u standardu SRPS EN 12814-8 definisani su zahtevi za moguće metode ispitivanja sa razaranjem i dati su kriterijumi prihvatljivosti i to za: ispitivanje savijanjem (SRPS EN 12814-1), ispitivanje zatezanjem (SRPS EN 12814-2), ispitivanje zateznog puzanja (SRPS EN 12814-3), ispitivanje ljuštenjem (SRPS EN 12814-4), makroskopska ispitivanja (SRPS EN 12814-5), ispitivanje zatezanjem na niskoj temperaturi (SRPS EN 12814-6) i ispitivanje zatezanjem ispitnih uzoraka sa suženjem (SRPS EN 12814-7). Smernice date standardom SRPS EN 12814-8 moguće je primeniti kako za postupak ekstruzionog zavarivanja tako i za zavarivanje toplim alatom.
- u tački 7.5 priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, definisan je zahtev za određivanje udarne energije loma "samo" kada je opreme pod pritiskom od čelika. U slučaju da se primeni samo odredba definisana tačkom 4.1, Pravilnika u kojoj je navedeno da "materijal mora biti dovoljne čvrstoće i žilavosti", tada se konkretna ispitivanja sprovode prema standardu SRPS EN ISO

2.5.3 Ispitivanje pritiskom

Postupkom ispitivanja pritiskom uzoraka izrađenih od polietilena čiji su sastavni delovi i zavareni spojevi omogućeno je da se proveriti integritet takve konstrukcije. Ova metoda ispitivanja može se primeniti u kombinaciji sa ispitivanjem metodama sa i bez razaranja. U situaciji kada se vrši ispitivanje pritiskom izrađenog reprezentativnog uzorka potrebno je odrediti vrednost ispitnog pritiska na način kako je to definisano u tački 8.2, standarda SRPS EN ISO 15494 i na osnovu ispitnog napona određenog iz odgovarajućeg dijagrama datog u prilogu B napred pomenutog standarda. Nakon realizacije proračuna potrebno je utvrditi da li je vrednost ispitnog napona niža ili maksimalno jednaka sa dozvoljenim naprežanjem u nerastavljivom spoju koji je sastavni deo konkretnog uzorka. Smernice za izračunavanje maksimalno dozvoljenog naprežanja u zavarenom spoju date su u standardu SRPS EN 1778.

2.5.4 Kriterijum prihvatljivosti

Kriterijum prihvatljivosti zavarenih spojeva od polietilena najčešće se definiše nivoom kvaliteta zavarenog spoja koji predstavlja specificiran zahtev za zavareni spoj, na osnovu tipa i veličine određene nepravilnosti. Standardima SRPS EN 16296 i DVS



2202-1 definisana su tri nivoa kvaliteta zavarenih spojeva. Između ova dva standarda postoje razlike u sistemu označavanja, pa su tako standardom SRPS EN 16296 definisani nivoi B, C i D, dok su standardom DVS 2202-1 nivoi definisani rimskim brojevima I, II i III. Za razliku od standarda DVS 2202-1 kod kojeg nije definisano ograničenje u vezi sa minimalnom debljinom delova koji se zavaruju, u standardu SRPS EN 16296 je to definisano na vrednost minimalne debljine materijala od 2mm. Dodatni problem pri definisanju nivoa kvaliteta zavarenog spoja predstavlja i činjenica da standard SRPS EN 16296 nije harmonizovani standard sa Pravilnikom o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom. U tom smislu izbor kriterijuma prihvatljivosti ostaje odgovornost proizvođača opreme pod pritiskom, pa iz tog razloga je potrebno naglasiti činjenice sa kojima će se proizvođači suočiti u postupku razrade tehničke dokumentacije pri definisanju odgovarajućeg nivoa kvaliteta zavarenog spoja:

- pri izboru odgovarajućeg nivoa kvaliteta potrebno je uzeti u obzir moguće uticajne faktore (mehaničko opterećenje, radni fluid, radne parametre, karakteristike materijala, radne uslove i uslove pri proizvodnji, potencijalne opasnosti izazvane defektima u zavarenim spojevima proizvedene opreme pod pritiskom),
- izbor nivoa kvaliteta zavarenog spoja je u direktnoj vezi sa primenjenim postupkom zavarivanja. Kriterijumi su dati odvojeno za svaki od postupaka zavarivanja (npr. zavarivanje toplim alatom definisano je u tabeli 2 dok je za ekstruziono zavarivanje merodavna tabela 6, standarda SRPS EN 16296),
- sistem označavanja nepravilnosti opisan tehničkom specifikacijom SRPS CEN ISO/TS 17845 koristi se kada objašnjenje dato u standardu SRPS EN 16296 nije dovoljno. Prilogom A tehničke specifikacije SRPS CEN ISO/TS 17845 data je veza sa standardom SRPS EN ISO 6520-1. Ipak treba naglasiti da napred pomenuta korelacija je urađena samo za određeni broj nepravilnosti i ne olakšava u potpunosti rad. Dodatna objašnjenja u vezi klasifikacije nepravilnosti moguće je pronaći u standardu SRPS EN 14728.

- uočljiva je i nesavršenost standarda SRPS EN 16296 i to se vidi na primeru nepravilnosti definisanih oznakama 7VAAA i 8VAAA (oznake date u tabeli 6). Ako se analizira tabela 10 i tabela 11, tehničke specifikacije SRPS CEN ISO/TS 17845 može se uočiti da oznake 7V i 8V nisu definisane. Na osnovu napred navedenog može se konstatovati da nepravilnosti 7VAAA i 8VAAA date u standardu SRPS EN 16296 nije moguće koristiti u postupku ocenjivanja usaglašenosti ekstruziono zavarenih spojeva sa zahtevima referentnog standarda.

Na osnovu iznetih činjenica preporuka je da se koristi standard DVS 2202-1 u postupku definisanja kriterijuma prihvatljivosti za zavarene spojeve od polietilena.

3. Realizacija odobravanja postupka

Pri realizaciji postupka odobravanja izrade zavarenih spojeva od polietilena imenovano telo je u obavezi da definiše potreban broj zavarenih spojeva koje će proizvođač izraditi po specifikiranom postupku zavarivanja. Pri definisanju potrebnog broja izrađenih uzorka imenovano telo se može pridržavati smernica datih u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 ali mora uzeti u obzir i činjenicu da pomenutim standardom nije obrađen ugaoni zavareni spoj izrađen ekstruzionim postupkom. Izrađeni zavareni spojevi predstavljaju reprezentativni uzorak na osnovu kojeg se utvrđuje da li kontrolisani tip zavarenog spoja ispunjava zahteve propisane prilogom 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom. Tom prilikom proveravaju se bitni zahtevi za bezbednost koji se odnose na konkretan tip zavarenog spoja uzimajući u obzir pojedine zahteve priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom:

- primenu principa eliminacije ili smanjenja opasnosti na najmanju moguću meru,
- projektovanjem na odgovarajuću čvrstoću,
- definisanjem proizvodnih postupaka,
- analizom ugrađenog materijala i karakteristika materijala koje će biti proverene,
- definisanjem dozvoljenih naprezanja,



- definisanjem koeficijenta zavarenog spoja,
- definisanjem vrednosti ispitnog pritiska.

3.1 Zavarivanje toplim alatom

Pri odobravanju postupka izrade nerastavljivog spoja, zavarivanjem toplim alatom, potrebno je da imenovano telo uspostavi održiva pravila kojih će se pridržavati na način da se:

- tokom izrade tehničke dokumentacije eliminišu odnosno smanjenje opasnosti izazvane pritiskom na najmanju moguću meru korišćenjem odredbi standarda SRPS EN 1778 u segment definisanja dozvoljenih vrednosti naprezanja u zavarenim spojevima.
- precizira plan zavarivanja opreme pod pritiskom zajedno sa razradom specifikacija tehnologija zavarivanja u cilju izrade bezbedne opreme pod pritiskom i svođenja zaostalih napona na prihvatljiv nivo.
- provere proizvodni postupci realizacijom ispitivanja u okviru definisanog kvaliteta razmatranih zavarenih spojeva.
- definiše broj uzoraka koji je potrebno izraditi (npr. smernice date u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067).
- definišu dokazi o usaglašenosti kojima se potvrđuje da ugrađeni materijal ispunjava zahteve tehničke dokumentacije za razmatranu opremu pod pritiskom.
- precizira način podele termoplasta u podgrupe. Sistem grupisanja je definisan u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067. Pri ovome treba imati u vidu da izmena u materijalu povlači za sobom potrebu za novom kvalifikacijom.
- proveri ispravnost mašina sa kojim će biti izrađeni uzorci. Smernice za proveru date su u standardu ISO 12176-1. Sugerije se da imenovano telo prihvati princip da kvalifikacija izrađena na jednoj mašini važi i za druge mašine istog tipa.
- izmene u specifikaciji tehnologije zavarivanja koje se odnose na povećanje maksimalnog zazora između delova koji se zavaruju uslovljava realizaciju novog odobrenja.

- preporučuje se da maksimalno dozvoljeno smaknuće delova koji se zavaruju ne sme preći vrednost od 10% debljine zida.
- kada je reč o dimenzijama uzoraka koje je potrebno izraditi za područje važenja odobrenja (kvalifikacije) preporučuje se korišćenje smernica datih u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067.
- primena propisanih radnih parametara iz specifikacije tehnologije zavarivanja koja je usaglašena sa standardom ISO 21307 i koja je korišćena pri izradi uzoraka.
- kada je ispitni komad zavaren u intervalu između 5°C i 35°C odobrenje važi za ceo temperaturni interval, dok za vrednosti ispitnog intervala ispod 5°C i preko 35°C odobrenje važi za temperaturne uslove u kojima je ispitni komad izrađen.
- preporuke za područje važenja odobrenja kada je reč o položajima zavarivanja najpreciznije su date u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067.

3.2 Ekstruziono zavarivanje

Pri realizaciji odobravanja postupka izrade nerastavljivog spoja ekstruzionim zavarivanjem imenovano telo mora uspostavi održiva pravila kojih će se pridržavati u postupku odobravanja, utemeljena u postojećoj tehničkoj regulative. Predlog načina definisanja tih pravila dat je u nastavku:

- promena u izboru korišćenog materijala uslovljava obavezu realizacije novog odobrenja.
- obavezna je provera ispravnosti mašina sa kojim će biti izrađeni uzorci. Smernice za proveru date su u standardu SRPS EN 13705. Sugerije se da imenovano telo prihvati princip da kvalifikacija izrađena na jednoj mašini važi i za druge mašine istog tipa.
- priprema krajeva za zavarivanja mora biti realizovana u skladu sa odgovarajućom specifikacijom tehnologije zavarivanja.
- tokom izrade tehničke dokumentacije obezbediti da se eliminiše ili smanji opasnosti izazvane pritiskom na najmanju moguću meru korišćenjem odredbi



standarda SRPS EN 1778 u segment definisanja dozvoljenih vrednosti naprezanja u zavarenim spojevima

- preciziranje plana zavarivanja opreme pod pritiskom od polietilena zajedno sa razradom specifikacija tehnologije zavarivanja u cilju izrade bezbedne opreme pod pritiskom i svođenja zaostalih napona na prihvatljiv nivo.
- tokom izrade reprezentativnih uzoraka pridržavati se propisanih radnih parametara iz specifikacije tehnologije zavarivanja koja je usaglašena sa odredbama standarda DVS 2207-4.
- promena u izboru vrsta dodatnog materijala za zavarivanje uslovljava realizaciju novog odobrenja.
- odobrenja realizovana na osnovu zavarivanja u jednom prolazi važe i za zavarivanja u više prolaza i obrnuto.
- odobrenje realizovano na uzorku definisanom u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 važi za sve ostale debljine.
- za ispitni uzorak izrađen na cevi spoljašnjeg prečnika većeg ili jednakog 300mm područje važenja odobrenja je za ploče i cevi spoljašnjeg prečnika od 200mm pa na naviše, dok za ispitni uzorak spoljašnjeg prečnika cevi manjeg od 300mm područje važenja odobrenja je za ploče (bez ograničenja) i cevi od 2/3 spoljašnjeg prečnika izrađenog uzorka pa na više.

- promena temperature grejanog gasa za više od $\pm 10\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- promena protoka gasa za više od $\pm 10\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- promena brzine zavarivanja za više od $\pm 15\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- kada je ispitni komad zavaren u intervalu između 5°C i 35°C odobrenje važi za ceo temperaturni interval, dok za vrednosti ispitnog interval ispod 5°C i preko 35°C odobrenje važi za temperaturne uslove u kojima je ispitni komad izrađen.
- položaj zavarivanja u kojem je izrađen reprezentativni uzorak kvalifikuje sve ostale položaje zavarivanja u kojima je moguće izraditi takav uzorak u propisanim parametrima.

Podrazumeva se da područje važenja koje je navedeno u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 za zavarivače podgrupe 3.2 nije u potpunosti primenljivo pri realizaciji odobrenja. U tom smislu sugeriše se imenovanim telima da razmotre mogućnost prihvatanja napred navedenih pravila koje bi usvojili pri sprovođenju odobrenja za razmatrane tehnologije ekstruzionog zavarivanja.

4. Zaključak

Činjenica da postupak odobravanja zavarenih spojeva od polietilena nije preciziran ne sprečava nas da na osnovu postojećih standarda taj postupak definišemo. Velika odgovornost je na imenovanom telu da definiše pravila po kojima će

jedna tehnologija zavarivanja biti odobrena na način da ona bude u funkciji potvrđivanja bitnih zahteva za bezbednost opreme pod pritiskom čiji je sastavni deo i razmatrani tip zavarenog spoja. U tom smislu autori su želeli da daju svoj doprinos izlažući široj tehničkoj javnosti svoje stavove na ovu temu.



Literatura

[1] SRPS ISO/IEC 17000:2007, Ocenjivanje usaglašenosti - Rečnik i opšti principi

[2] SRPS EN ISO 1043-1:2012, Plastične mase- Simboli i skraćenice-Deo 1: Osnovni polimeri i njihove specijalne karakteristike

[3] SRPS EN 448:2012, Cevi za daljinsko grejanje - Predizolovani, kruto spojeni cevovodi direktno ukopani u toplovodnu mrežu – Sklop fittinga za čelične kućne priključke, toplotno izolovanih poliuretanom i sa spoljašnjim omotačem od polietilena

[4] SRPS EN ISO 6520-1:2013, Zavarivanje i srodni postupci - Klasifikacija geometrijskih nepravilnosti u metalnim materijalima - Deo 1: Zavarivanje topljenjem

[5] SRPS EN 13067:2008, Osoblje za zavarivanje plastike - Kvalifikaciono ispitivanje zavarivača - Zavareni sklopovi od termoplasta

[6] ISO 21307:2011, Plastics pipes and fittings-Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems

SRPS EN ISO 1133:2011, Plastične mase - Određivanje masenog protoka rastopa (MFR) i zapreminskog protoka rastopa termoplastičnih materijala

SRPS EN ISO 15494:2013, Sistemi cevovoda od plastičnih masa za industrijsku upotrebu - Polibuten (PB), polietilen (PE) i polipropilen (PP) - Specifikacije za komponente i sistem - Metričke serije

2: Ispitivanje instrumentalnom metodom

SRPS ISO/IEC 17024:2012, Ocenjivanje usaglašenosti — Opšti zahtevi za tela koja obavljaju sertifikaciju osoba

SRPS CEN ISO/TS 17845:2012, Zavarivanje i srodni postupci - Sistem označavanja nepravilnosti

ISO 12176-1:2006, Plastics pipes and fittings-Equipment for fusion jointing polyethylene systems-Part 1: Butt fusion

SRPS EN 1778:2012, Karakteristične vrednosti zavarenih termoplastičnih konstrukcija-Određivanje dozvoljenih vrednosti naprezanja i modula za projektovanje opreme od termoplasta

SRPS EN 12814-1:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 1: Ispitivanje savijanja

SRPS EN 12814-2:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 2: Ispitivanje zatezanja

SRPS EN 12814-3:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 3: Ispitivanje zateznog puzanja

SRPS EN 12814-4:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 4: Ispitivanje ljuštenjem

SRPS EN 12814-5:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 5: Makroskopsko ispitivanje

SRPS EN 12814-6:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 6: Ispitivanje zatezanjem na niskoj temperaturi

SRPS EN 12814-7:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 7: Ispitivanje zatezanjem ispitnih uzoraka sa suženjem

SRPS EN 12814-8:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 8: Zahtevi

SRPS EN 12943:2011, Punila za termoplastične materijale - Područje primene, označavanje, zahtevi, ispitivanja

SRPS EN 13100-1:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 1: Vizuelna ispitivanja

SRPS EN 13100-2:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 2: Radiografsko ispitivanje X-zracima

SRPS EN 13100-3:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 3: Ultrazvučno ispitivanje

SRPS EN 13100-4:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 4: Ispitivanja pri visokom naponu

SRPS EN 13705:2013, Zavarivanje termoplastičnih masa-Mašine i oprema za zavarivanje vrelim gasom (uključujući zavarivanje ekstrudiranjem)

SRPS EN 14728:2012, Nepravilnosti u termoplastičnim varovima- Klasifikacija

SRPS EN 16296:2013, Nepravilnosti u termoplastičnim zavarenim spojevima – Nivoi kvaliteta

DVS 2202-1:2008, Imperfections in thermoplastic welding joints - Features, descriptions, evaluation

DVS 2207-1:2005, Welding of thermoplastics - Heated tool welding of pipes, pipeline components and sheets made of PE-HD

DVS 2207-4:2008, Welding of thermoplastic - Extrusion welding of pipes, piping parts and panels - Processes and requirements



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

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC:

Rad primljen / Paper received:

Mart 2014.

Ključne reči: Standard, zavarivanje, Institut za standardizaciju Srbije (ISS)

Adresa autora / Author's address:

¹CertLab.Co, Pančevo, Svetozara Miletića 5

²Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, Stevana Brakusa2

³PED Inspekt, Beograd, Resavsalka 24/II

⁴Professional Control Group, Beograd, Đorđa Stanojevića 11đ

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

Abstract: Standard, welding, Institute for standardization of Serbia (ISS)

Rezime: U periodu od 2007. do 2013. godine ISS je objavio 21.925 srpskih standarda i srodnih dokumenata kojima su preuzeti odgovarajući evropski standardi, odnosno srodni evropski dokumenti. U istom periodu ISS je povukao 11.217 ranije objavljenih srpskih standarda i srodnih dokumenata koji su bili u suprotnosti (konfliktu) sa preuzetim evropskim ili zastareli i nerelevantni, kao i u međuvremenu povučene evropske standarde. Drugim rečima, do 31. decembra 2013. godine ISS je preuzeo i objavio kao srpske standarde oko 93,5 % svih evropskih standarda za koje je do tada istekao rok za objavljivanje na nacionalnom nivou, uključujući njihove izmene i dopune (amandmane), a isključujući ispravke (korigendume).

UVOD

U periodu od 1. januara 2007. do 31. decembra 2013. godine Institut za standardizaciju Srbije (ISS) je objavio 21.925 srpskih standarda i srodnih dokumenata kojima su preuzeti odgovarajući evropski standardi, odnosno srodni evropski dokumenti, i to 15.395 publikacija koje je objavio CEN (u neelektrotehničkim oblastima), 6.157 publikacija koje je objavio CENELEC (u elektrotehničkim oblastima) i 373 publikacija koje je objavio ETSI (u oblasti telekomunikacija). U istom periodu Institut za standardizaciju Srbije je povukao 11.217 ranije objavljenih srpskih standarda i srodnih dokumenata koji su bili u suprotnosti (konfliktu) sa preuzetim evropskim ili zastareli i nerelevantni, kao i u međuvremenu povučene evropske standarde. Drugim rečima, do 31. decembra 2013. godine Institut za standardizaciju Srbije je preuzeo i objavio kao srpske standarde

Abstract: During the period from 2007. to 2013. ISS has published 21 925 Serbian standards and related documents which have adopted and included all the relevant European standards, and other related EU documents. During the same period, the ISS has withdrawn 11 217 previously published Serbian standards and related documents which were in contradiction (conflict) with the adopted European standards, or outdated and irrelevant, or they were European standards that have been withdrawn in the meantime. In other words, until December 31. 2013. the ISS has adopted and published as Serbian standards around 93.5% of all European standards which were due to be published on the national level until that date, including their supplements (amendments), but excluding corrections (corrigendum).

oko 93,5 % svih evropskih standarda za koje je do tada istekao rok za objavljivanje na nacionalnom nivou, uključujući njihove izmene i dopune (amandmane), a isključujući ispravke (korigendume). Tačnije, Institut za standardizaciju Srbije je preuzeo 91,84 % svih evropskih standarda koje je objavio CEN, među kojima je 92,78 % harmonizovanih evropskih standarda, kao i 93,92 % evropskih standarda koje je objavio CENELEC, među kojima je 94,95 % harmonizovanih evropskih standarda.

PLAN DONOŠENJA SRPSKIH STANDARDA I SRODNIH DOKUMENATA

Plan donošenja srpskih standarda i srodnih dokumenata su pripremile komisije za standarde u Institutu za standardizaciju Srbije na osnovu potrebe privrednih subjekata, organa državne uprave, tela za ocenjivanje usaglašenosti, naučno-istraživačkih organizacija, obrazovnih ustanova i



drugih zainteresovanih strana, čiji predstavnici učestvuju u radu komisija.

Pri preuzimanju su korišćene uglavnom tri metode usvajanja standarda: metoda proglašavanja, metoda preštampavanja i metoda prevođenja na srpski jezik.

Metoda prevođenja na srpski jezik je korišćena najmanje jer je njena primena zavisila isključivo od spremnosti zainteresovanih strana da u prevođenje standarda dobrovoljno investiraju potrebna sredstva i/ili rad svojih stručnjaka.

Samo u 2013. godini Institut je objavio 3.325 srpskih standarda i srodnih dokumenata, a istovremeno je povučen 2.071 srpski standard i srodni dokument. Od 3.325 objavljenih standarda i srodnih dokumenata, 176 je objavljeno na srpskom, a 3.149 na engleskom jeziku koje je donelo i usvojilo oko 140 komisija Instituta. Pregled broja realizovanih srpskih standarda i srodnih dokumenata, nacrti i definitivnih tekstova nacrti standarda u prethodnoj godini dat je u tabeli 1.

Vrsta dokumenta	Na srpskom jeziku	Na engleskom jeziku	Ukupno
Nacrt standarda	210	2.099	2.309
Definitivni tekst nacrti standarda	220	2.432	2.652
Standard	176	3.149	3.325

Tabela 1. □ Pregled broja realizovanih srpskih standarda i srodnih dokumenata, nacrti i definitivnih tekstova nacrti standarda u 2013. godini

U tabeli 2 je dat pregled usvojenih i objavljenih standarda do kraja 2014. godine [1].

Oznaka srpskog standarda	Naslov na srpskom jeziku	Naslov na engleskom jeziku
SRPS C.H3.016:1984	Zavarivanje - Obložene elektrode za ručno elektrolučno zavarivanje livenog gvožđa - Označavanje, opis i područje primene	Covered electrodes for manual arc welding of cast iron - Code and symbols for identification
SRPS C.T3.058:1985	Dodatni i pomoćni materijali za zavarivanje - Ispitivanje lemljivosti pomoću epruvete sa promenljivim zazorom	Investigation of brazeability using a varying gap test piece
SRPS C.T3.059:1989	Zavarivanje i srodni postupci - Spojevi izvedeni mekim i tvrdim lemljenjem - Postupci ispitivanja mehaničkih osobina	Welding and allied processes -- Assemblies made with soft solders and brazing filler metals -- Mechanical test methods
SRPS C.T3.095:1989	Zavarivanje i srodni postupci - Zavarivanje betonskog čelika - Tehnički uslovi i ispitivanja	Welding of reinforcing steel - Technical requirement and tests
SRPS CEN ISO/TR 15608:2008	Zavarivanje - Uputstvo za sistem grupisanja metalnih materijala	Welding - Guidelines for a metallic materials grouping system (ISO/TR 15608:2005)
SRPS CEN ISO/TR 17641-3:2011	Ispitivanje sa razaranjem zavarenih spojeva na metalnim materijalima - Ispitivanje zavarenih spojeva na tople prsline - Elektrolučni postupci zavarivanja-Deo 3: Ispitivanja sa spoljašnjim opterećenjem	Destructive tests on welds in metallic materials - Hot cracking tests for weldments - Arc welding processes - Part 3: Externally loaded tests (ISO/TR 17641-3:2005)
SRPS CEN ISO/TR 17844:2008	Zavarivanje - Upoređivanje standardizovanih metoda sprečavanja hladnih prslina	Welding - Comparison of standardised methods for the avoidance of cold cracks (ISO/TR 17844:2004)
SRPS CEN ISO/TR 20172:2011	Zavarivanje - Sistemi grupisanja materijala - Evropski materijali	Welding - Grouping systems for materials - European materials (ISO/TR 20172:2009)

-Kraj 1. dela

NASTAVAK U SLEDEĆEM BROJU

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

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

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

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

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

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

INDEKS OGLAŠIVAČA ADVERTISERS INDEX
PROFICUT
YASKAWA SLOVENIJA
HONEX
ELIMP
ZAVOD ZA ZAVARIVANJE
REFIT INŽENJERING
MESSER

- | | |
|---|--------------|
| 1. ČLANARINA DUZS za 2014. godinu | 3.500 dinara |
| Članovima DUZS GRATIS godišnje izdanje časopisa "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" | |
| 2. ČASOPIS "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" - 2014. godina u slobodnoj prodaji (u cene je uračunat PDV 10%): | |
| ▪ cena pojedinačnog broja..... | 825 dinara |
| ▪ godišnja pretplata za 1 komplet brojeva godišnjeg izdanja..... | 2.500 dinara |
| 3. ČASOPIS - stari brojevi (u cene je uračunat PDV 10%) | |
| a) u slobodnoj prodaji: | |
| ▪ cena pojedinačnog broja za 2013. godinu | 500 dinara |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine..... | 250 dinara |
| b) beneficirane cene za članove DUZS: | |
| ▪ cena pojedinačnog broja za 2013. godinu (pouzećem ili preuzimanjem) | 400 dinara |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine (pouzećem ili preuzimanjem) | Gratis |
| 4. Knjiga Organizacija i ekonomika zavarivačkih radova – autor: prof. dr Zoran Radojević (uračunat PDV 10%) | 1.045 dinara |
| 5. Zbirke standarda OBEZBEĐENJE KVALITETA U ZAVARIVANJU, komplet 4 toma | 6.750 dinara |