



# ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

## WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 67 Vol. 67	Br. 3 No. 3	97-144 97-144	Beograd Belgrade	Srbija Serbia	2022. 2022.
--------------------	----------------	------------------	---------------------	------------------	----------------

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**

Dr Zoran Odanović, dipl.ing.

duzs011@gmail.com, odanovic@ptt.rs

**Tehnički urednik / Technical Editor**

Branislav Lukić, dipl.ing

**Redakcijski odbor / Editorial Board**

Dr Nenad Radović, dipl.ing.

Dr Radomir Jovičić, dipl.ing.

Dr Bore Jegdić, dipl.ing.

Miloš Pavlović, dipl.ing.

### REDAKCIJA I MARKETING / EDITORIAL OFFICE AND MARKETING

Vesna Jović

Grčića Milenka 67, I sprat  
11000 Beograd

Tel / Fax + 381 (11) 2420-652  
(10-16h)

[duzs@eunet.rs](mailto:duzs@eunet.rs)

[www.duzs.org.rs](http://www.duzs.org.rs)



### UREĐIVAČKI ODBOR / PUBLISHING COUNCIL

Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing, (predsednik)

Prof.dr Vukić Lazić, dipl.ing.

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

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

Prof. dr Dragoslav Dobraš, 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)

Dr Horia Dascau, dipl.ing. (Rumunija)

CIP - Каталогизacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd  
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 Zoran Odanović. – Vol. 41, no. 1  
(1996)- . - Beograd : DUZS - Društvo za unapređivanje  
zavarivanja u Srbiji, 1996-. (Beograd : VIS studio).-29 cm

Tromesečno. Je nastavak: Zavarivač = 0513-8523  
ISSN 0354-7965 = Zavarivanje i zavarene konstrukcije  
COBISS.SR-ID 105396743

### CENE I NARUDŽBINA ZA 2022.

Cena pojedinačnog broja 825,00 dinara

Godišnja pretplata 2500,00 dinara

Tekući račun: 325-9500600002588-46

### PRICE AND ORDER

Annual subscription: EUR 100

Account No. RS35325960160000041546

OTPVRS22 (VOJVOĐANSKA BANKA AD)

IBAN RS35325960160000041546

### ŠTAMPA / PRINTED

“VIS STUDIO” d.o.o.

Bulevar Arsenija Čamojevića 123, Beograd

Tiraž: 400 kom.

## SADRŽAJ

## CONTENTS



## NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

## SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

101

TEORIJSKO-EKSPERIMENTANA OCENA  
ZAVARLJIVOSTI RAZNIH TIPOVA NAVARENIH  
ČELIKATHEORETICAL-EXPERIMENTAL ESTIMATION OF  
WELDABILITY OF DIFFERENT TYPES OF STEELS BY  
HARD FACING*Marjan Ilić, Đorđe Ivković, Vukić Lazić, Dušan Arsić, Srbislav Aleksandrović, Miodrag Arsić*

## NAUKA•ISTRAŽIVANJE•RAZVOJ

## SCIENCE•RESEARCH•DEVELOPMENT

114

FINITE ELEMENT SIMULATION OF LASER BEAM  
WELDINGSIMULACIJA LASERSKOG ZAVARIVANJA METODOM  
KONAČNIH ELEMENATA*Aleksandar Grbović, Aleksandar Sedmak, Abdulgaseem Sghayer, Ivana Ivanović*

## PRAKSA

## PRACTICE

119

REPARATURNO NAVARIVANJE SEGMENTA NA  
POGONSKOM TOČKU BAGERA ERS 1000/25REPAIR WELDING OF SEGMENTS ON EXCAVATOR  
ERS 1000/25 DRIVE WHEEL*Mladen Tošanić*

## PRAKSA

## PRACTICE

128

UTICAJ TERMIČKE OBRADJE NA MEHANIČKA  
SVOJSTVA NAVARENOG SPOJA NA ČELIČNOM LIVU  
G24MN6INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON MECHANICAL  
PROPERTIES OF SURFACE WELD ON STEEL  
CASTING G24MN6*Milisav Marković, Dragoslav Dobraš, Slaviša Savić, Jovia Ilić*

## STANDARDIZACIJA I KVALITET

## STANDARDIZATION &amp; QUALITY

135

POSTOJEĆE STANJE STANDARDA U OBLASTI  
ZAVARIVANJA U SRBIJISTANDARDS IN WELDING IN SERBIA – STATE OF  
ART*Aleksić Boško, Simonović Dejan*

## VESTI

## NEWS

99  
14469. GODIŠNJA SKUPŠTINA DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE ZAVARIVANJA U SRBIJI, BEOGRAD, 29.06.2022.  
MARKETING



## **69. GODIŠNJA SKUPŠTINA DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE ZAVARIVANJA U SRBIJI Beograd, 29.06.2022.**

U svečanoj sali Instituta IMS u Beogradu, 29. juna 2022. godine, održana je redovna 69. godišnja skupština DUZS - Društva za unapređivanje zavarivanja u Srbiji sa sledećim dnevnim redom:

1. Otvaranje zasedanja Skupštine; izbor radnih tela,
2. Verifikacija mandata članova Skupštine,
3. Izveštaj o radu DUZS za period 2021 - 2022. godine,
4. Izveštaj o radu DUZS-CertPers za period 2021 - 2022. godine,
5. Izveštaj o finansijskom poslovanju u 2021. godini,
6. Diskusija po podnetim izveštajima i usvajanje izveštaja,
7. Predlog plana rada za 2022-2023. godinu; diskusija i usvajanje,
8. Izbor upravnog odbora DUZS,
9. Izbor nadzornog odbora DUZS,
10. Izbor Odbora DUZS-CertPers,
11. Predlog Odboru DUZS-CertPers za izvršnog rukovodioca,
12. Razno.

Ovogodišnja Skupština bila je izborna na svim nivoima, pa se tako birao Upravni odbor DUZS, Nadzorni odbor DUZS, kao i Odbor DUZS-CertPers. Predloženi su i izabrani su članovi sledećih odbora:

Upravni odbor DUZS:

1. Branislav Lukić, dipl.inž. – Institut za zaštitu na radu, Novi Sad
2. Dr Vencislav Grabulov, dipl.inž. – Institut IMS, Beograd
3. Jovica Stevanović, dipl.inž. – JP EPS Ogranak TENT, Obrenovac
4. Milan Prokolab, dipl.inž. – Institut GOŠA, Beograd
5. Marija Kovjanić, dipl.inž. - UTVA-MILAN PREMASUNAC AD, Kačarevo
6. Miloš Pavlović, dipl.inž. – Zavod za zavarivanje doo, Beograd
7. Dr Marko Ristić, dipl.inž. – Institut Mihajlo Pupin d.o.o. Beograd

Nadzorni odbor DUZS:

1. Dr Milorad Zrilić, dipl.inž. – Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
2. Nada Ilić, dipl.inž. – Vojno-tehnički institut, Beograd
3. Prof. dr Radica Prokić-Cvetković, dipl.inž. – Mašinski fakultet, Beograd

Odbor DUZS-CertPers:

1. Dr Miloš Jelić, dipl.ing.
2. Vladimir Lilić, dipl.ing.- EWE
3. Prof. dr Dragan Milčić, dipl.ing. - IWE, EWE
4. Zlatan Milutinović, dipl.ing. - IWE IWI-C
5. Dragan Mišković, dipl.ing. - IWE
6. Dr Dejan Momčilović, dipl.ing. – IWE
7. Ana Nanut, dipl.ing. – IWE/EWE
8. Prof. dr Aleksandar Sedmak, dipl.ing. – IWE
9. Dr Aleksandar Živković, dipl.ing. – EWE
10. Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing. – IWE
11. Branislav Lukić, dipl.ing. – IWE, IWI-C

Skupština je dala predlog Odboru DUZS-CertPers da za izvršnog rukovodioca DUZS-CertPers reizabere Dr Vencislava Grabulova.



U okviru prezentovanih izveštaja o radu DUZS i DUZS-CertPers, uključujući i izveštaj o izdavačkoj delatnosti, navedeno je da su tokom 2021.godine, na vreme izašla sva četiri broja časopisa Zavarivanje i zavarene konstrukcije u ukupnom obimu od 192 strane. Status časopisa za 2021. godinu je M51 – Vrhunski časopis nacionalnog značaja. Rezimirani su zaključci sa 31. Savetovanja "ZAVARIVANJE 2020", koje je održano od 13. do 16. oktobra 2021. godine u Kladovu i prikazani rezultati Republičkog takmičenja mladih zavarivača „Mladi zavarivač 2022“, održanog u Kragujevcu 13. i 14. maja 2022. godine. Takođe, navedeno je da je DUZS-CertPers, kao nominovano ovlašćeno telo za obrazovanje kadrova u zavarivanju, redovno obavljao aktivnosti iz svog delokruga rada. Nabrojani su kursevi koji su završeni i oni koji su počeli u izveštajnom periodu 01.07.2021 - 30.06.2022. godine:

1. Kurs br XC – Zavod 18. IWI-C – (21.06.2021. - 17.07.2021.)
2. Kurs br XCI – IWI-C – GOŠA 4. IWI-C – (30.09.2021. - 09.11.2021.)
3. Kurs br. XCII – Mašinski fakultet Beograd 6. Standard – (21.10.2021. - april/maj 2022.)
4. Kurs br. XCIII – Niš 10. Standard – (21.10.2021. – maj/jun 2022.)
5. Kurs br. XCIV – Tuzla 9. Standard – (27.10.2021. – 1. april 2022.)
6. Kurs br. XCV – Zavod za zavarivanje 23. Standard – (28.10.2021. - april/maj/jun 2022.)
7. Kurs br. XCVI – Institut GOŠA 17. Standard – (12.11.2021. - jun 2022.)
8. Kurs br. XCVII – Niš 11. Standard – kurs je počeo 03.03.2022. i još nije završen
9. Kurs br XCVIII – Zavod 19. IWI-C – (23.05.2022. – 27.06.2022.)

Značajan događaj je bila Ocenjivačka poseta DUZS-CertPers-u od strane ocenjivača IAB-a koja je obavljena 24. februara 2022. godine kao „Remote Surveillance Audit of an ANB“. Pozitivan izveštaj, bez neusaglašenosti je prošao proceduru organa IAB grupe B i spreman je za usvajanje na sednici IAB grupe B dana 19. jula 2022 u Tokiju.

Što se tiče aktivnosti za naredni period, jednoglasno su usvojeni planovi rada DUZS i DUZS-CertPers za period 2022/23 kako sledi:

#### PLAN RADA DUZS

##### IZDAVAČKA DELATNOST:

- Časopis Zavarivanje i zavarene konstrukcije
- WEB prezentacija DUZS

##### SARADNJA SA SRODNIIM ORGANIZACIJAMA:

- SDIBR, SMEITS, DIVK

##### SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNI UČEŠĆEM „ZAVARIVANJE 2022“:

- Tara, Oktobar 2022. godine

##### ORGANIZACIJA STRUČNIH SEMINARA:

- Stručni seminar, proleće 2023. godine

##### TAKMIČENJE MLADIH ZAVARIVAČA:

- Organizacija, proleće (maj) 2023. godine

##### REGIONALNA (MEĐUNARODNA) SARADNJA

- Učešću u radu EWF
- Učešće u radu regionalne grupe IIW za saradnju
- Učešće na međunarodnom takmičenju mladih zavarivača

#### PLAN RADA DUZS-CertPers

- Nastaviti praćenje relevantnih dokumenata i uz saradnju sa ATB održati visok nivo kurseva
- Istimati potrebu obrazovanja kadrova po pravilima IIW
- Dodatno angažovanje na organizaciji kurseva ZA IWS i IWP
- Učešće u radu komisija IAB grupa, posebno na harmonizaciji ispitnih pitanja i ispita i u delu izmene statusnih promena IAB grupe
- Učešće na godišnjim sastancima IAB grupe
- Učešće u radu tehničkog komiteta EWF odnosno sastancima članova IAB grupe MIZ-a iz Evrope
- Implementacija pravila izdavanje sertifikata međunarodnim/evropskim inženjerima, tehnologima ili inspektorima
- Ocena i usaglašavanje materijala za učenje svih ATB-ova

Vesna Jović



Marjan Ilić<sup>1,a</sup>, Đorđe Ivković<sup>2,b</sup>, Vukić Lazić<sup>2,c</sup>, Dušan Arsić<sup>2,d</sup>, Srblav Aleksandrović<sup>2,e</sup>, Miodrag Arsić<sup>3,f</sup>

## TEORIJSKO-EKSPERIMENTANA OCENA ZAVARLJIVOSTI RAZNIH TIPOVA NAVARENIH ČELIKA

### THEORETICAL-EXPERIMENTAL ESTIMATION OF WELDABILITY OF DIFFERENT TYPES OF STEELS BY HARD FACING

#### Originalni naučni rad / Original scientific paper

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa 31. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Zavarivanje 2020" održanog u Kladovu, Srbija od 13. do 16. Oktobra 2021.

#### Rad primljen / Paper received:

Oktobar 2021.

#### Rad prihvaćen / Paper accepted:

April 2022.

**Ključne reči:** Zavarljivost, ugljenični čelik, legirani čelik, tvrdoća, mikrostruktura

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

<sup>1</sup> Alfa Technics, Kneza Miloša 61, Svilajnac, Srbija

<sup>2</sup> Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, Kragujevac, Srbija

<sup>3</sup> Institut IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, Srbija

**E mail:** <sup>a</sup>marjan3007@gmail.com, <sup>b</sup>ivkovic99djordje@gmail.com, <sup>c</sup>vlazic@kg.ac.rs, <sup>d</sup>dusan.arsic@fink.rs, <sup>e</sup>srba@kg.ac.rs, <sup>f</sup>miodrag.arsic@institutims.rs

**Keywords:** Weldability, carbon steel, alloyed steel, hardness, microstructure

#### Rezime

U ovom radu razmatra se zavarljivost ugljeničnih i legiranih čelika primenom navaranja. U teorijskom delu rada istaknuti su načelni principi vezani za zavarljivost, spomenute su najvažnije metode ispitivanja zavarljivosti i prikazan je način procene zavarljivosti. U eksperimentalnom delu analizirana su dva ugljenična i dva legirana čelika navarena različitim dodatnim materijalima. Posle navaranja pripremljeni su uzorci za merenje tvrdoće i analizu mikrostrukture specifičnih zona navara. Zavarljivost analiziranih čelika je određena na osnovu sprovedenih ispitivanja tvrdoće i mikrostrukture i upoređena je sa teorijskom procenom.

#### 1. Uvod

Zavarljivost materijala je deo nauke o materijalima u kojoj se proučava najvažnije svojstvo pri projektovanju i izvođenju zavarivačkih i njima srodnih tehnologija. Pri zavarivanju dolazi do složenih pojava u materijalu, čije je poznavanje neophodno da bi se proces uspešno izveo. Zahvaljujući mnogobrojnim metodama zavarivanja danas je moguće uspešno međusobno spojiti u čvrstu neraskidivu celinu različite vrste materijala.

Zavarljivost je kompleksno svojstvo metala što je razlog da postoje više definicija zavarljivosti, ali nema uniformne i eksplicitne definicije ovog za praksu izuzetno važnog tehnološkog svojstva metala. Zavarljivost određuje relativnu sposobnost nekog metala da primenom odgovarajućeg

#### Abstract

In this paper, the weldability of carbon and alloy steels during surfacing was considered. The paper consists of a theoretical and experimental part. In the theoretical part of the paper, the general concepts related to weldability are pointed out, the most important methods for the assessment of weldability are described and the assessment of weldability of some carbon and alloyed steels is determined. In the experimental part, two carbon and two alloyed steels were hard faced with different filler metals. After the hard facing, on prepared samples the hardness measurement was done as well as examination of the microstructure of specific zones of welded joint. The weldability of used steels was estimated on the basis of hardness and microstructure and it was compared to theoretical results.

postupka i tehnologije može da formira spojeve zahtevanog kvaliteta. Prilikom zavarivanja određeni metali mogu imati: dobru zavarljivost, uslovnu zavarljivost i lošu zavarljivost. Ocena zavarljivosti različitih metala ima veliki značaj, kako pri izboru dodatnih materijala i metoda za izradu zavarenih konstrukcija, tako i pri izboru dodatnih materijala i metoda reparature oštećenih radnih delova. Ocena zavarljivosti na osnovu samo jedne metode je nepouzdana pa je razvijeno više tehnoloških proba. Savremen pristup oceni zavarljivosti podrazumeva: korišćenje računskih metoda koje uzimaju u obzir granične uslove; probe sa simuliranjem temperaturnih ciklusa zavarivanja (navaranja); probe na modelima sa stvarnim parametrima



zavarivanja (navarivanja). Određivanje strukture, hemijskog sastava, tvrdoće, žilavosti osnovnog i dodatnog materijala, i zavarenog spoja kao celine je priprema za definisanje tehnologije zavarivanja. Za određivanje optimalne tehnologije neophodna je provera ponašanja navarenih radnih elementa u eksploatacionim uslovima.

Zavarljivost se može proceniti na različite načine, a izabrani način najčešće zavisi od vrste zavarivanog materijala. Ako se radi o ugljeničnim čelicima u praksi je često dovoljno izvršiti računsku proveru zavarljivosti primenom različitih izraza na bazi ekvivalentnog ugljenika CE dok se kod čelika složenijeg hemijskog sastava i načina dobijanja (legirani čelici, čelici povišene jačine i dr.) često zahteva i sprovođenje eksperimentalnih proba za ocenu zavarljivosti [1, 2].

U ovom radu prikazan je metod procene zavarljivosti na osnovu eksperimentalnih ispitivanja kod tri različite vrste čelika: konstrukcionog, srednjeugljeničnog i niskolegiranog čelika za poboljšanje.

## 2. Eksperiment

Kako bi se dobila što jasnija slika o ugljeničnim legiranim čelicima, koji su predmet u ovom radu sprovedena su određena eksperimentalna ispitivanja. Osnovni cilj ovog eksperimenta je, da se primenom odgovarajućeg postupka, izborom pogodnih dodatnih materijala i projektovanjem optimalne tehnologije navarivanja, izvede uspešno reparaturno ili proizvodno navarivanje različitih vrsta čelika.

Eksperimenti prikazani u ovom radu su izvedeni na uzorcima (modelima) dobijenim navarivanjem šipki od izabranih ugljeničnih i legiranih čelika. Eksperimentalna istraživanja obuhvatila su:

- Navarivanje čeličnih uzoraka,

- Pripremu navarenih uzoraka za ispitivanje i
- Određivanje tvrdoće i procenu mikrostrukture.

Za eksperimentalna istraživanja su korišćena četiri čelika. To su: S235JR, S355J2G3, C45 i 42CrMo4 (prema standardu EN 10025-1 [3]).

### 2.1. Osnovni materijali

Čelici S235JR i S355J2G3 pripadaju grupi opštih konstrukcionih specijalno umirenih čelika i primenjuju se za izradu odgovornih delova zavarenih konstrukcija, otkovaka i drugih jako napregnutih delova u mašinogradnji (osovine, vratila, vretena, zupčasti i pužni prenosnici i dr.). Ovi čelici služe za izradu različitih konstrukcija: odbojnih ograda, nosača i dr. Čelik C45 pripada grupi ugljeničnih čelika za poboljšanje i ima široku primenu pri izradi različitih delova tehničkih sistema. Isporučuje se u različitim oblicima kao što su šipke različitih poprečnih preseka i limovi srednjih i većih debljina. Kod građevinskih mašina od ovog čelika najčešće se izrađuju noževi plugova za čišćenje snega, noževi grejdera i buldozera, sastavni delovi plugova, delovi utovarnih mašina, delovi posipača, kao i za zavrtnjeve i navrtke i dr. Čelik 42CrMo4 spada u grupu niskolegiranih poboljšanih čelika i najčešće se primenjuje za izradu visoko opterećenih delova tehničkih sistema kao što su poluosovine vozila i mašina, cilindri motora, kardanski prenosnici i dr. Kod građevinske mehanizacije, pored prethodno navedenog primenjuje se i za izradu noževa kosilica za košenje trave i noževa uređaja za čišćenje rastinja, zupčanika, obrtnih nazubljenih venaca, zupčastih letvi i dr. U tabeli 1 dat je zbirni prikaz hemijskog sastava i oblasti primene četiri analizirana čelika dok su u tabeli 2 prikazane mehaničke osobine i mikrostruktura [4].

**Tabela 1.** Hemijski sastav i primena ispitivanih čelika  
**Table 1.** Chemical composition and application of tested steels

Osnovni materijal	Hemijski sastav, mas%									Namena
	C	P	S	N	Si	Mn	Cu	Mo	Cr	
S235JR	0.17	0.05	0.05	0.007	/	/	/	/	/	Za izradu odgovornih zavarenih konstrukcija, otkovaka i drugih jako napregnutih elemenata konstrukcija kod kojih ne postoji opasnost od pojave krkog loma.
S355J2G3	0.23	0.035	0.035	/	0.60	1.70	0.60	/	/	Za izradu odgovornih delova zavarenih konstrukcija, otkovaka i drugih jako napregnutih elemenata konstrukcija kod kojih ne postoji opasnost od pojave krkog loma.
C45	0.42-0.50	0.045	0.045	/	0.04	0.50-0.80	/	/	/	Za izradu konstrukcionih elemenata tehničkih sistema.
42CrMo4	0.38-0.45	0.035	0.0035	/	0.15-0.40	0.50-0.80	/	0.15-0.30	0.9-1.20	Za opterećene delove vozila i mašina koji se izrađuju postupkom plastične deformacije na toplo.

**Tabela 2. Mehanička svojstva i mikrostruktura ispitivanih čelika****Table 2. Mechanical properties and microstructure of the examined steels**

Osnovni materijal	Mehanička svojstva						Mikrostruktura
	R <sub>m</sub> , MPa	ReH, MPa	A <sub>5</sub> , %	Z, %	KV, J	Tvrdoća, HB	
S235JR	370-450	220-240	18-25	/	27	130-145	Međufazna feritno perlitna
S355J2G3	370-450	220-240	18-25	/	27	130-145	Međufazna feritno perlitna
C45	700-850	500	14	30	32	334-340	Međufazna struktura poboljšanja, pretežno trustitna
42CrMo4	1100-1300	900	10	40	34	298-305	Međufazna struktura poboljšanja, sorbit sa učešćem ferita po granicama zrna

## 2.2. Dodatni materijali

Za sva navarivanja pri ovim istraživanjima korišćeni su dodatni materijali proizvođača „SŽ-Elektrode Jesenice“. Pre izrade fizičkih modela izvedene su probe navarivanja različitim dodatnim materijalima na razne radne predmete. Variranjem parametara navarivanja (jačine struje, radnog napona, brzine, prečnika dodatnog materijala,

debljine radnih predmeta i dr.), došlo se do tehnoloških parametara navarivanja kojima se dobijaju navareni slojevi zadovoljavajućeg kvaliteta.

Hemijski sastav ispitivanih dodatnih materijala dati su u tabeli 3, a mehanička svojstva čistog metala navara dobijene ovim ispitivanim dodatnim materijalima dati su u tabeli 4 [4].

**Tabela 3. Hemijski sastav i uporedne oznake ispitivanih dodatnih materijala****Table 3. Chemical composition and comparative marks of the tested filler materials**

Hemijski sastav, mas. %							
SŽ - Elektrode Jesenice	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo
EVB 50	0.08	0.60	1.0	-	-	-	-
E DUR 600	0.50	-	-	7.50	-	-	-
FILTUB DUR 16	0.45	0.60	1.60	5.50	-	-	0.80
VAC 60	0.08	0.90	1.50	-	-	-	-

**Tabela 4. Mehanička svojstva čistog metala navara ispitivanih materijala****Table 4. Mechanical properties of the surface weld metal of the investigated materials**

Oznake D.M.	Mehanička svojstva				
	R <sub>m</sub> , MPa	R <sub>eH</sub> , MPa	A <sub>5</sub> , %	KV, J	Tvrdoća, HRC
SŽ – Elektrode Jesenice					
EVB 50	510-610	>440	>24	>47	-
E DUR 600	-	-	-	-	57-62 HRC
FILTUB DUR 16	-	-	-	-	57-62 HRC
VAC 60	510-590	>410	>22	>47	-

Elektroda EVB 50 je bazična elektroda za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih čelika i čeličnih limova do 610 MPa i za zavarivanje sitnozrnih čelika povišene čvrstoće. Zavari su žilavi i pri niskim temperaturama i otporni su na nastajanje prslina. Sadržaj vodonika, u metalu

šava, niži je od 5 ml/100g metala šava. Elektroda ima odlične zavarivačke, tehnološke osobine i stabilan luk. Nastala troska pri zavarivanju se lako uklanja.

Elektroda E DUR 600 je bazična elektroda legirana hromom pogodna za nanošenje tvrdih



navara na čelične delove od kojih se zahteva vrlo visoka otpornost na habanje. Primenjuje se za navarivanje delova drobilica, delova bagera, raonika plugova, pneumatskih alata, noževa za makaze, alata za presovanje, probijanje i kovanje, kao i drugih alata za rad u hladnom i toplom stanju. Navari su žilavi i otporni na udarna opterećenja. Ovom elektrodom se mogu navarivati čelici i čelični livovi.

Žica VAC 60 je žica za zavarivanje u zaštitnom gasu MAG postupkom. Pogodna je za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih čelika čvrstoće do 530 MPa. Takođe koristi se za zavarivanje kotlovskih limova, cevi, čelika za brodogradnju, mikrolegiranih čelika i čeličnih limova.

Žica FILTUB DUR 16 je bazična srednjelegirana punjena žica, pogodna za navarivanje tvrdih navara na delove koji su izloženi procesima habanja visokog intenziteta. Navari su bez pora i prslina zbog čega su otporni na promenjiva dinamička i udarna opterećenja. Primenjuje se za navarivanje lopatica i obloga mešalica, zuba i drugih delova građevinske mehanizacije, delova drobilica kao što su konusni uvodnici, čeljusti, udarne grede, obloge i dr.

### 2.3. Proračun temperature predgrevanja i teorijska procena zavarljivosti

**Tabela 5.** Temperature predgrevanja ispitivanih materijala

**Table 5.** Preheating temperatures of the tested materials

Vrsta osnovog materijala	Način određivanja temperature predgrevanja	Temperatura predgrevanja $T_p$ , °C	
		Računska	Usvojena
S355J2G3	Metod Seferijana	~ 107	110
C45		~ 218	220
42CrMo4		~ 269	270

Na osnovu dobijenih rezultata, budući da po metodi Seferijana temperatura predgrevanja direktno zavisi od CE, može se zaključiti da najpovoljniju zavarljivost ima konstrukcioni čelik, zatim ugljenični i na kraju niskolegirani poboljšani.

### 2.4. Priprema/navarivanje uzoraka

Priprema/sečenje osnovnih materijala za uzorke je izvedeno uz intenzivno hlađenje da bi se sprečila promena strukture usled zagrevanja. Priprema dodatnog materijala za izradu fizičkih modela

Povećan sadržaj ugljenika i legirajućih elemenata pogoršava zavarljivost čelika. Sadržaj ugljenika u čeliku iznad 0.25% svrstava materijal u grupu uslovno zavarljivih čelika. Zavarljivost dodatno pogoršavaju i legirajući elementi koji inače poboljšavaju neka druga svojstva čelika. Pored ugljenika i legirajućih elemenata na pogoršanje zavarljivosti čelika utiču i nečistoće (P i S), kao i niz drugih faktora. Postoji više računskih metoda za ocenu zavarljivosti različitih vrsta čelika, a ovde je korišćena metoda Seferijana. Proračun temperature predgrevanja za pojedine vrste osnovnog materijala je izveden za prečnik  $d = 10$  mm,  $d = 20$  mm i  $d = 50$  mm. Za osnovne materijale S235JR, nije računata temperatura predgrevanja, jer je reč o materijalu dobre zavarljivosti, pa nema potrebe za predgrevanjem.

Temperatura predgrevanja računata je prema sledećim jednačinama:

$$CE = CE_h + CE_s = CE_h(1 + 0,005 \cdot s), \%$$

$$CE_h = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni + 7 \cdot Mo}{17}, \%$$

$$T_p = 350 \cdot \sqrt{CE - 0,025}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Proračunate i usvojene temperature predgrevanja za različite osnovne materijale date su u tabeli 5.

odnosi se na sušenje elektroda na temperaturi 350-400°C u trajanju od 2h. Svi modeli izrađeni su u istim laboratorijskim uslovima, a navarivanje je izvedeno u horizontalnom položaju. Temperatura predgrevanja kontrolisana je pomoću digitalnog termometra. Osnovni kriterijum za ocenu kvaliteta navarenih slojeva jeste da navar bude homogen bez pora, uključaka i prslina, kako u metalu navara tako i metalu osnovnog materijala (zoni uticaja toplote). Izbor optimalnih parametara navarivanja nije bio jednostavan, jer je bilo potreban veliki broj probi sa različitim parametrima navarivanja. Bez obzira na to, optimalne parametre navarivanja neophodno je odrediti, jer samo oni mogu dati navarene slojeve zahtevanog kvaliteta. Nakon probi različitih parametara navarivanja, usvojeni su optimalni parametri navarivanja koji su primenjeni pri izradi fizičkih modela. Ovi modeli su poslužili za ispitivanja navarenih slojeva u laboratorijskim uslovima. Procesni parametri navarivanja pri izradi fizičkih modela REL-om i obloženih elektroda dati su u tabeli 6, a procesni parametri pri izradi fizičkih modela MAG-om dati su u tabeli 7.

**Tabela 6.** Procesni parametri navarivanja primenom REL navarivanja**Table 6.** Process parameters of surfacing using REL welding

Oznaka elektrode SŽ – Elektrode Jesenice	Prečnik elektrodne žice $d_e$ , mm	Struja navarivanja, I, A	Radni napon, U, V	Brzina navarivanja $v_z$ , cm/s	Pogonska energija navarivanja $q_i$ , J/cm
EVB 50	3.25	100-150	20-23	0.119-0.220	20168-25455
E DUR 600	3.25	100-150	20-23	0.119-0.220	20168-25455

**Tabela 7.** Procesni parametri navarivanja primenom MAG navarivanja**Table 7.** Process parameters of surfacing using MAG welding

Oznaka elektrode SŽ – Elektrode Jesenice	Protok zaštitnog gasa l/min	Prečnik elektrodne žice $d_e$ , mm	Struja navarivanja, I, A	Radni napon U, V	Brzina navarivanja $v_z$ , cm/s	Pogonska energija navarivanja $q_i$ , J/cm
FILTUB DUR16	16-20	1.2	130-150	23-28	3.5-8.0	31875-13330
VAC 60	16-20	1.2	130-150	23-28	3.5-8.0	31875-13330

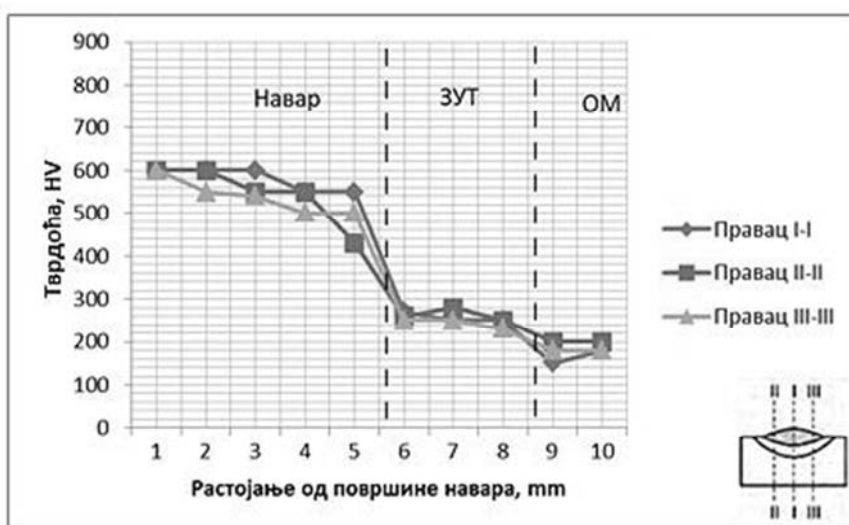
### 3. Rezultati i diskusija

#### 3.1. Merenje tvrdoće

Merenje tvrdoće se može izvesti različitim eksperimentalnim metodama. Kod zavarenih i navarenih spojeva, tvrdoća se meri po Vickers metodi zbog niza prednosti, a kao glavna se izdvaja to što ova metodom ograničenja po pitanju vrednosti izmerene tvrdoće. Merenje tvrdoće za potrebe ovog rada su izvedena u akreditovanoj laboratoriji, metodom Vickers (sila utiskivanja  $F \approx 100$  N) i prema odgovarajućem standardu. Dobijeni rezultati su prikazani u vidu dijagrama raspodele tvrdoće po visini navara na slikama od 1 do 10.

Tvrdoća karakterističnih zona navara meri se najčešće u tri međusobno paralelna pravca. Pravci merenja tvrdoće prikazani su za svaki konkretan slučaj, i obeleženi sa I-I, II-II, III-III.

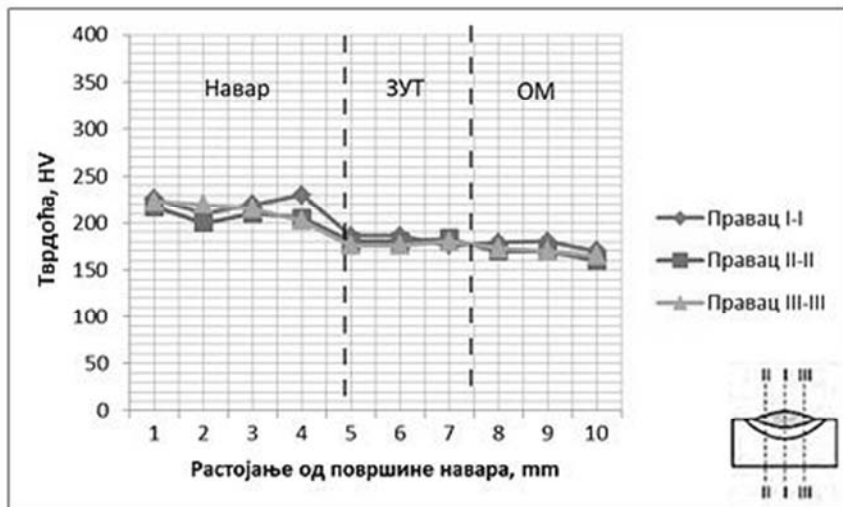
Na slici 1 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na S235JR. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara elektrodom E DUR 600. Navarivanje je izvedeno bez predgrevanja.

**Slika 1.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.-S235JR; D.M. navara - E DUR 600**Figure 1.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal-S235JR; Filler metal - E DUR 600



Na slici 2 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na

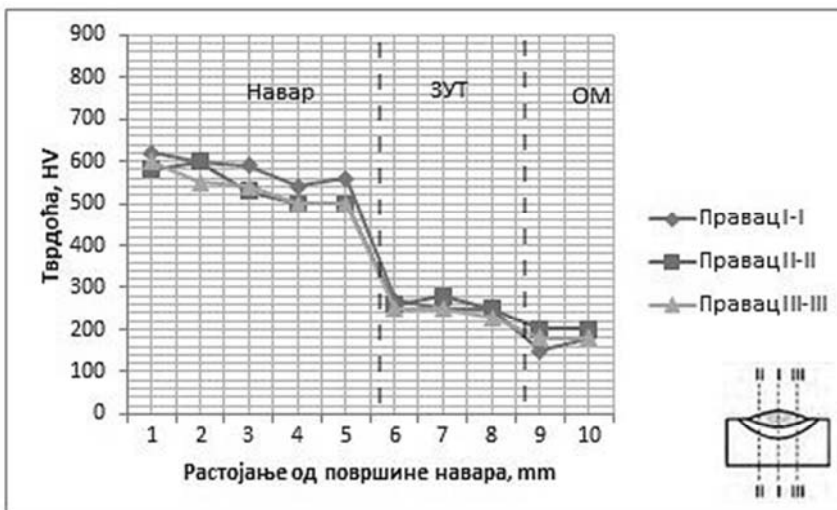
S235JR. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara elektrodom EVB 50. Navarivanje je izvedeno bez predgrevanja.



**Slika 2.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.-S235JR; D.M. navara – EVB 50  
**Figure 2.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal-S235JR; Filler metal – EVB 50

Na slici 3 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na

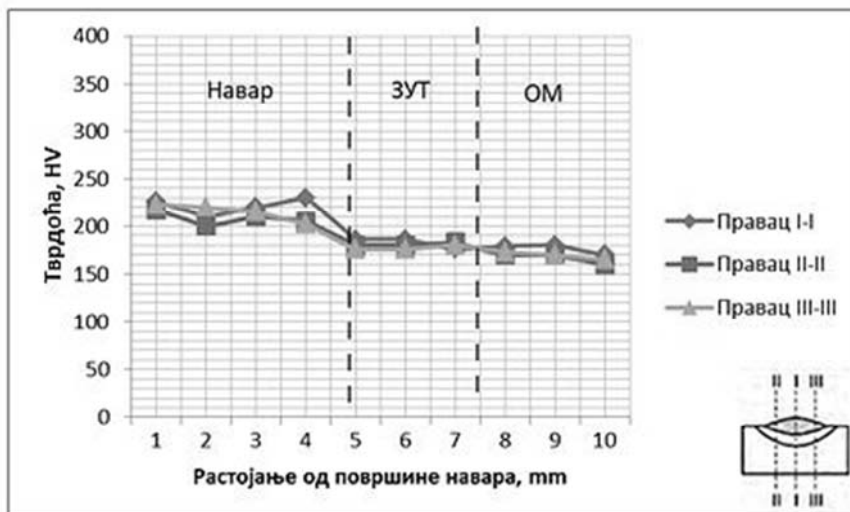
S355J2G3. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara elektrodom E DUR 600. Navarivanje je izvedeno sa predgrevanjem na 110°C.



**Slika 3.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.-S355J2G3; D.M. navara - E DUR 600  
**Figure 3.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal -S355J2G3; Filler metal - E DUR 600

Na slici 4 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na

S355J2G3. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara elektrodom EVB 50. Navarivanje je izvedeno sa predgrevanjem na 110°C.

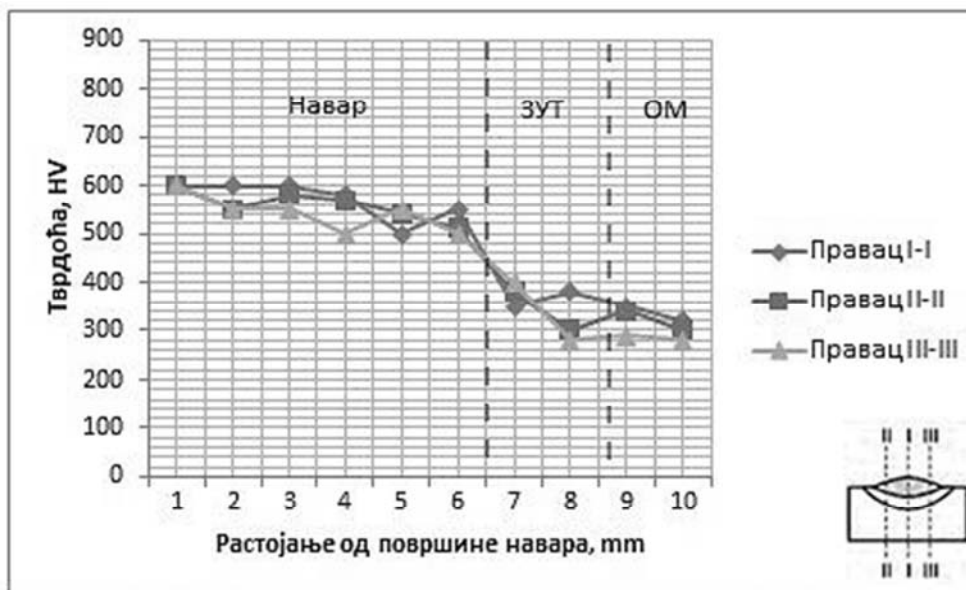


**Slika 4.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.- S355J2G3; D.M. navara – EVB 50

**Figure 4.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal - S355J2G3; Filler metal – EVB 50

Na slici 5 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om, elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na

C45. Navarivanje je izvedeno posle predgrevanja na 220°C, i nanošenjem navara elektrodom E DUR 600.

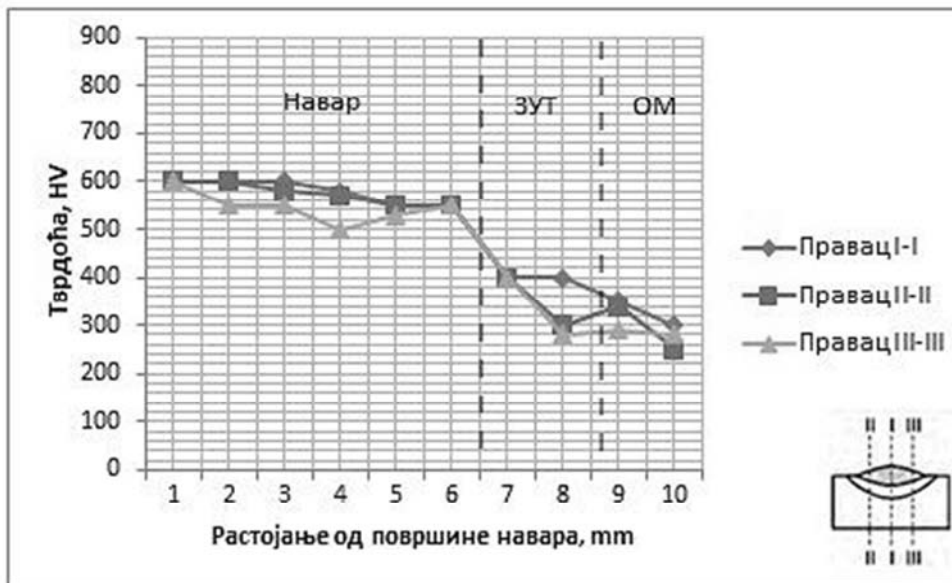


**Slika 5.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M. – C45; D.M. navara – E DUR 600

**Figure 5.** Hardness distribution by cross-section: a) O.M. base metal – C45; Filler metal – E DUR 600

Na slici 6. prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem REL-om elektrodom prečnika  $d_e = 3.25$  mm na

42CrMo4. Navarivanje je izvedeno posle predgrevanja na 280°C, i nanošenjem navara elektrodom E DUR 600.

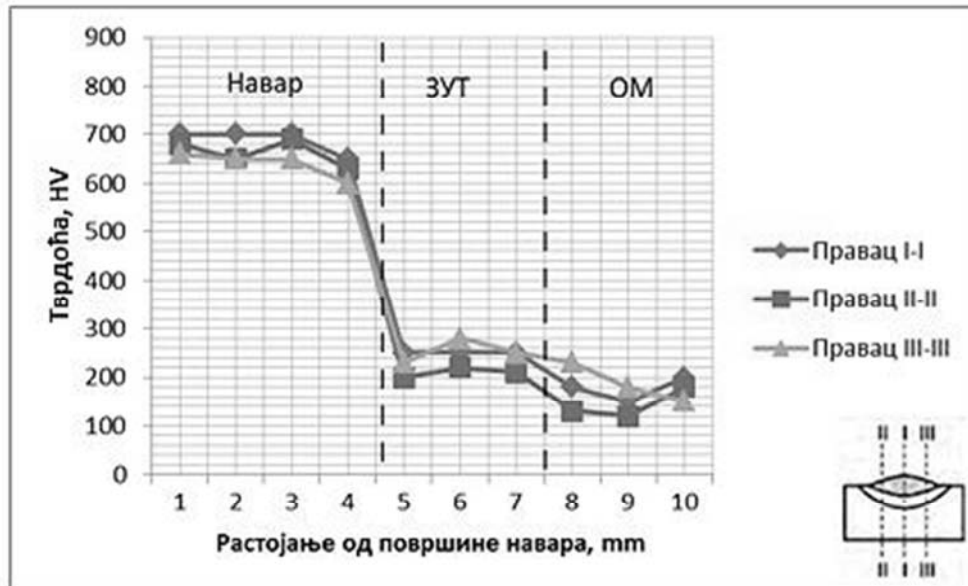


Slika 6. Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M. – 42CrMo4; D.M. navara – E DUR 600

Figure 6. Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal – 42CrMo4; Filler metal – E DUR 600

Na slici 7 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem MAG-om punjenom žicom prečnika  $d_z=1.2$  mm na

S235JR. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara punjenom žicom FILTUB DUR 16. Navarivanje je izvršeno bez predgrevanja.

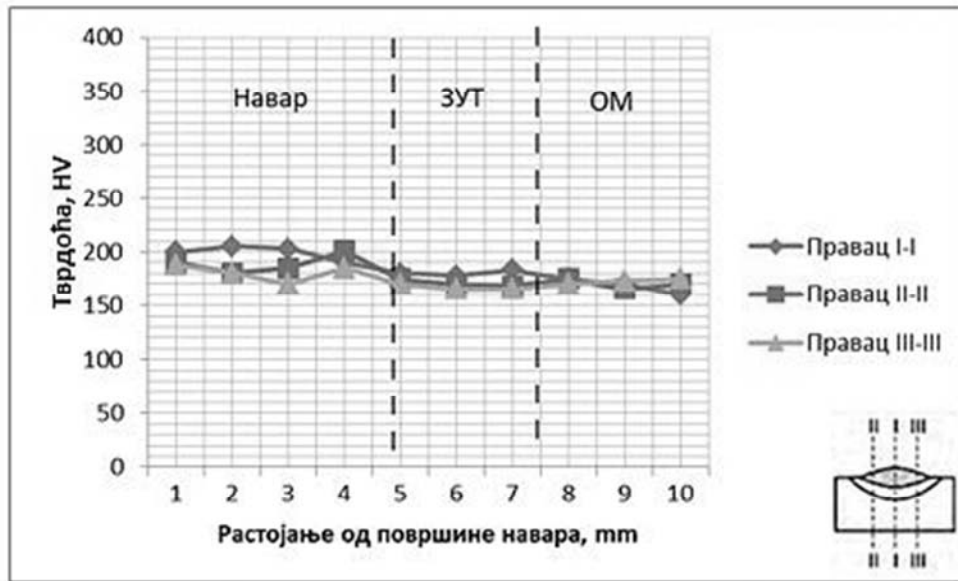


Slika 7. Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M. - S235JR, D.M. navara - FILTUB DUR 16

Figure 7. Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal - S235JR, Filler metal - FILTUB MAJOR 16

Na slici 8 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem MAG-om punjenom žicom prečnika  $d_z=1.2$  mm na

S235JR. Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara punjenom žicom VAC 60. Navarivanje je izvedeno bez predgrevanja.



**Slika 8.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.-S235JR, D.M. navara – VAC60

**Figure 8.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal - S235JR, Filler metal – VAC60

Na slici 9 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem MAG-om punjenom žicom prečnika  $d_z = 1.2$  mm na S355J2G3.

Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara punjenom žicom FILTUB DUR 16. Navarivanje je izvedeno sa predgrevanjem na  $110^\circ\text{C}$ .

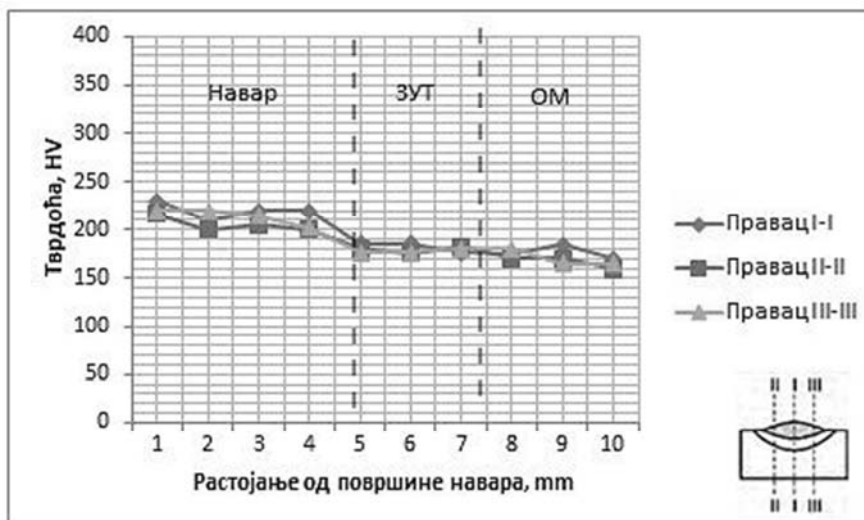


**Slika 9.** Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M.-S355J2G3, D.M. navara - FILTUB DUR 16

**Figure 9.** Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal - S355J2G3, Filler metal - FILTUB DUR 16

Na slici 10 prikazane su izmerene tvrdoće po zonama navarenog sloja, formiranog navarivanjem MAG-om punjenom žicom prečnika  $d_z = 1.2$  mm na S355J2G3.

Navarivanje je izvedeno nanošenjem navara žicom VAC 60. Navarivanje je izvedeno sa predgrevanjem na  $110^\circ\text{C}$ .



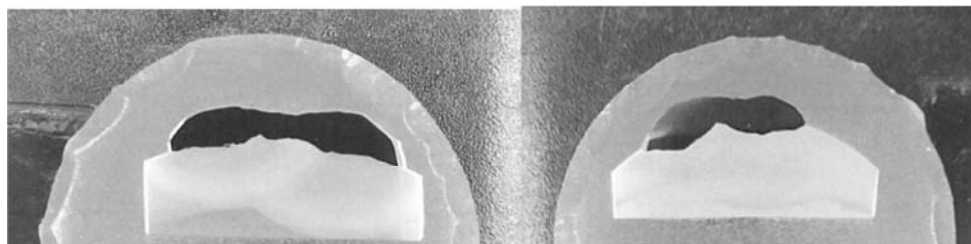
Slika 10. Raspodela tvrdoće po preseku navara: a) O.M. - S355J2G3, D.M. navara – VAC60

Figure 10. Hardness distribution by cross section: a) O.M. base metal - S355J2G3, Filler metal – VAC60

### 3.2. Procena mikrostrukture

U okviru sprovedenog eksperimenta navarene su šipke od različitih kvaliteta čelika (S235JR, S355J2G3, C45 i 42CrMo4) sa dva različita

dodatna materijala (E DUR 600 i FILTUB DUR16). Metalografski izbrusci isečenih iz navarenih šipki su prikazani na slici 11.

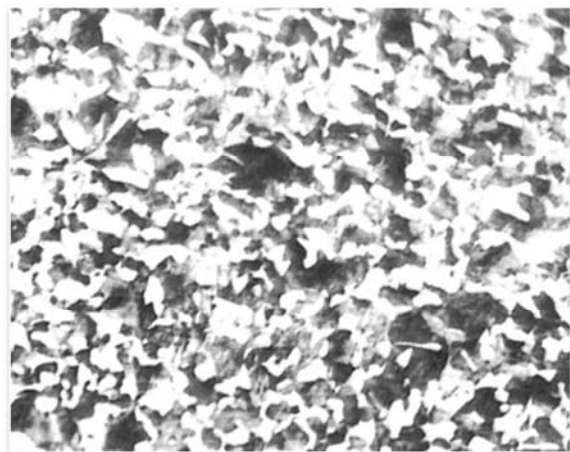


Slika 11. Izgled pripreme metalografskih izbrusaka

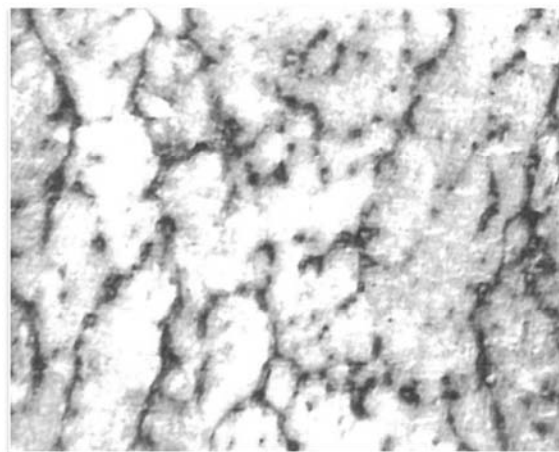
Figure 11. Appearance of preparation of metallographic samples

Zatim je na svetlosnom metalografskom mikroskopu "MCXM 500", uvećanjem do 1000 puta, izvršeno snimanje mikrostrukture svih karakterističnih zona navara (OM, MŠ i ZUT).

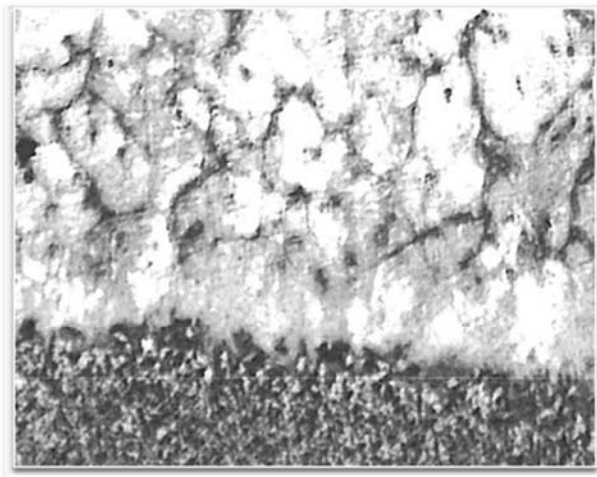
Dobijeni rezultati su prikazani na slici 12. Zbog velikog broja slika u nastavku su prikazane samo neke od dobijenih mikrostrukture.



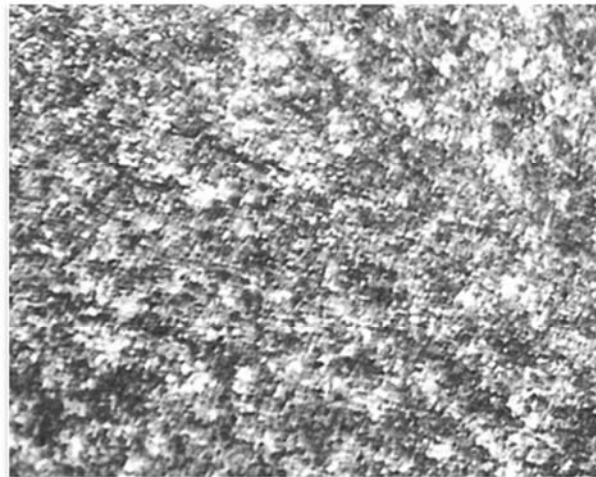
OM, Feritno-perlitna struktura, 200x



Navar, Nehomogena austenitna struktura, 200x



ZUT, Feritno-perlitna struktura, 200×



ZUT, Feritno-perlitna struktura, 200×

**Slika 12.** Mikrostrukture različitih zona navarenog spoja S355J2G3- E DUR 600  
**Figure 12.** Microstructures of different zones of the surface welded joint S355J2G3- E DUR 600

Struktura ostalih navara je varirala od feritno-perlitne koja se najčešće sretala kod osnovnih materijala preko austenitne strukture najčešće navara deponovanih visokolegiranim dodatnim materijalom, pa do martenzitno-bejnitne i čisto martenzitne strukture kod navara nanetih elektrodom E DUR 600.

### 3.3. Komentar rezultata

Eksperimentalni deo, izveden je na fizičkim modelima, u laboratorijskim uslovima. Merenje tvrdoće pojedinih zona navara i očitavanje mikrostrukture izvedeno je na pripremljenim metalografskim izbruscima. Navarivanje je izvedeno nanošenjem sloja navara od ispitivanih dodatnih materijala na različite osnovne materijale. Od dodatnog materijala korišćene su elektrode, trgovačkog naziva E DUR 600, EVB 50, kao i žice FILTUB DUR 16, VAC 60. Od postupaka zavarivanja korišćeni su REL i MAG postupci.

Pri navarivanju čelika S235JR sa sadržajem ugljenika do 0.25% nije bilo potrebe za dodatnim merama (predgrevanje) kako bi se dobio navareni sloj zahtevanog kvaliteta, jer je osnovni materijal dobro zavarljiv.

Nasuprot tome, pri navarivanju ugljeničnih čelika sa sadržajem iznad 0.25% C i legiranih čelika koji u svom sastavu imaju i karbidotvorne legirajuće elemente, neophodna je primena dodatnih mera kako bi se poboljšala njihova zavarljivost, jer oni se svrstavaju u grupu uslovno zavarljivih čelika. Pri navarivanju ovih čelika u ZUT-u se dobijaju produkti kaljenja i tvrdoća koja je najčešće iznad dozvoljenih granica. Proces navarivanja mora se izvesti pod posebnim uslovima uz primenu predgrevanja, a

često je neophodno izvesti i neku naknadnu termičku obradu (otpuštanje, žarenje, poboljšanje i dr). Primenom prethodne ili neke naknadne termičke obrade dobijaju se povoljnije strukture manje tvrdoće, veće žilavosti, dovoljno visoke jačine i napona tečenja, što je praćeno smanjenjem nivoa sopstvenog naponsko-deformacionog stanja u materijalu. Zbog dodatnih troškova pri zavarivanju i navarivanju naknadnu termičku obradu, kad god je to moguće, treba izbegavati.

Mikrostrukturna ispitivanja su pokazala povoljne strukture za navarene uzorke, bez prslina, poroznosti, nalepljenja i drugih nepravilnosti. Osim u slučaju navarenog uzorka čelika 42CrMo4, gde se u međusloju javila minimalna poroznost. Pojava poroznosti ili pojava uključaka između navarenih slojeva može biti posledica nepravilnog zavarivanja i odstupanja od propisane tehnologije (greška zavarivača).

Ovim eksperimentalnim istraživanjem je pokazano da su konstrukcioni čelici, kvaliteta S235JR i S355J2G3, dobro zavarljivi i da za navarivanje ovih čelika nisu potrebne dodatne mere kako bi se dobio zahtevani kvalitet navarenog sloja. Nasuprot tome, čelici za poboljšanje, kvaliteta C45 i 42CrMo4, pokazuju lošiju zavarljivost i zahtevaju dodatne mere, kao što je predgrevanje pre navarivanja, a u nekim slučajevima i naknadnu termičku obradu.

Eksperimentom je pokazano i da dodatni materijal, E DUR 600 i FILTUB DUR 16, imaju veću tvrdoću navarenog sloja (~ 600 HV) i da su pogodniji za navarivanje u odnosu na dodatne materijale, EVB 50 i VAC 60, čija je tvrdoća bila približno ~250 HV.



Takođe, višeslojno navarivanje dovodi do otpuštanja materijala prethodnog sloja, što dovodi do smanjenja njegove tvrdoće i obrazovanja povoljnije strukture. Poslednji naneti sloj navara ima najveću tvrdoću, pa se kada je to neophodno, površinski deo materijala poslednjeg sloja navara odstranjuje brušenjem ili nekom drugom mašinskom obradom, što zavisi od njegove tvrdoće. Na kvalitet jednog navarenog spoja utiče više različitih faktora. Posle ovih eksperimentalnih ispitivanja mehaničkih i metalografskih svojstava navarenih slojeva, može se zaključiti da na kvalitet navarenog sloja najviše utiče primenjena

#### 4. Zaključak

Na osnovu teorijskih i eksperimentalnih istraživanja došlo se do zaključka da je za projektovanje optimalne tehnologije, tj. modeliranje procesa, neophodna su kompleksna i dugotrajna istraživanja, zbog različitih složenih fizičko-hemijskih pojava, koje nastaju pri topljenju i kristalizaciji legura u zavarivačkoj kupki. Ova istraživanja su neophodna kako bi se dobio zahtevani kvalitet pri zavarivanju ili navarivanju.

Pri projektovanju tehnologije polazi se od svojstava osnovnog materijala, a zatim sledi izbor odgovarajućeg postupka i izbor pogodnog dodatnog materijala u zavisnosti od zahtevanih svojstava. Potom se biraju optimalni parametri zavarivanja (navarivanja) kao i prethodna, tekuća i naknadna termička obrada. Najzad se propisuje tehnika nanošenja zavara (navara) i metode procesne i završne kontrole. Kada je to neophodno predviđa se i završna mašinska obrada.

Posle analize prikazanih rezultata može se zaključiti, da se došlo do rezultata koja se mogu primeniti na tehničkim sistemima pri reparaturnom navarivanju. Međutim, da bi reparaturno navarivanje oštećenih delova tehničkih sistema bilo uspešno, mora se propisati i poštovati precizna procedura, jer samo tada se mogu očekivati pozitivni rezultati. Da bi se to postiglo neophodno je da se ovom problematikom bave stručna lica tehničke struke. Takođe, neophodne su i specijalizovane radionice sa zavarivačkim uređajima, kvalitetnim materijalima i pratećom opremom. Svaki drugi pristup ovoj problematici, neće dovesti do željenih rezultata, već može samo stvoriti dodatne probleme i nepotrebne troškove.

tehnologija navarivanja. Odnosno, pravilnim modeliranjem procesa navarivanja stvaraju se uslovi za dobijanje navarenih slojeva zahtevanog kvaliteta.

Teorijska i eksperimentalna istraživanja, i provere kvaliteta nanetih navara, ukazuju da se navarivanje ovih čelika mogu izvoditi samo u pogonima koji raspolažu adekvatnom opremom i odgovarajućim stručnim kadrom.

#### 4. Conclusion

Based on theoretical and experimental research, it was concluded that for the design of optimal technology, i.e. process modeling, complex and long-term research is necessary, due to various complex physical and chemical phenomena, which occur during the melting and crystallization of alloys in the welding bath. These studies are necessary in order to obtain the required quality when welding or surfacing.

When designing the technology, the starting point is the properties of the basic material, followed by the selection of the appropriate procedure and the selection of a suitable filler material depending on the required properties. Then the optimal parameters of welding (surfacing) as well as previous, current and subsequent heat treatment are selected. Finally, the welding technique and methods of process and final control are prescribed. When necessary, final machining is provided.

After the analysis of the presented results, it can be concluded that the obtained results can be applied to technical systems during reparative surfacing.

However, in order for reparative surface welding of damaged parts of technical systems to be successful, a precise procedure must be prescribed and followed, because only then can positive results be expected. In order to achieve this, it is necessary that this issue be dealt with by experts in the technical field. Also, specialized workshops with welding devices, quality materials and accompanying equipment are necessary. Any other approach to this problem will not lead to the desired results, but can only create additional problems and unnecessary costs.



## Zahvalnica

Zahvaljujemo se kompaniji Alfa Technics d.o.o iz Svilajнца koja je obezbedila sav potreban osnovni i dodatni materijal za navarivanje, kao i materijalne i ljudske resurse neophodne za pripremu i ispitivanje uzoraka.

## Literatura / References

[1] D. Arsić, V. Lazić, R. R. Nikolić, B. Hadzima, Weldability estimation of steels for hot work by the CCT diagrams, *Advances and Trends in Engineering and Technologies II*, Edited by Al Ali & Platko, CRC Press, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 2017, pp. 9-14.

[2] V. Lazić, D. Arsić, R. R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Đorđević, B. Hadzima, Estimate of weldability and selection of optimal welding technology for the cover of a tube girder made of the C-Mn high strength steel, XLIV International conference ZVARANIE 2016, Tatranska Lomnica, Slovakia, 9-11 November 2016, pp. 17-27.

## Acknowledgment

We would like to thank the company Alfa Technics d.o.o. from Svilajnac, which provided all the necessary basic and filler material for surfacing, as well as the material and human resources necessary for the preparation and testing of samples.

[3] EN 10025 - Hot rolled products of structural steels, European Committee for Standardization, 2005.

[4] M. Ilić, Teorijsko-eksperimentalna procena zavarljivosti ugqeničnih i legiranih čelika, master rad, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2021.

## 32. SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM “ZAVARIVANJE 2022”



Hotel Omorika na Tari  
od 12. do 15. oktobra 2022. godine



## Zahvalnica

Zahvaljujemo se kompaniji Alfa Technics d.o.o iz Svilajнца koja je obezbedila sav potreban osnovni i dodatni materijal za navarivanje, kao i materijalne i ljudske resurse neophodne za pripremu i ispitivanje uzoraka.

## Literatura / References

[1] D. Arsić, V. Lazić, R. R. Nikolić, B. Hadzima, Weldability estimation of steels for hot work by the CCT diagrams, *Advances and Trends in Engineering and Technologies II*, Edited by Al Ali & Platko, CRC Press, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 2017, pp. 9-14.

[2] V. Lazić, D. Arsić, R. R. Nikolić, S. Aleksandrović, M. Đorđević, B. Hadzima, Estimate of weldability and selection of optimal welding technology for the cover of a tube girder made of the C-Mn high strength steel, XLIV International conference ZVARANIE 2016, Tatranska Lomnica, Slovakia, 9-11 November 2016, pp. 17-27.

## Acknowledgment

We would like to thank the company Alfa Technics d.o.o. from Svilajnac, which provided all the necessary basic and filler material for surfacing, as well as the material and human resources necessary for the preparation and testing of samples.

[3] EN 10025 - Hot rolled products of structural steels, European Committee for Standardization, 2005.

[4] M. Ilić, Teorijsko-eksperimentalna procena zavarljivosti ugqeničnih i legiranih čelika, master rad, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2021.

## 32. SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM “ZAVARIVANJE 2022”



Hotel Omorika na Tari  
od 12. do 15. oktobra 2022. godine



Aleksandar Grbović<sup>1</sup>, Aleksandar Sedmak,<sup>1,a</sup> Abdulgasem Sghayer<sup>1</sup>, Ivana Ivanović<sup>2</sup>

# FINITE ELEMENT SIMULATION OF LASER BEAM WELDING

## SIMULACIJA LASERSKOG ZAVARIVANJA METODOM KONAČNIH ELEMENATA

### Original scientific paper / Originalni naučni rad

The paper was published in its original form in the Proceedings of the 31st Conference with international participation "Welding 2020" held in Kladovo, Serbia from 13 to 16 October 2021.

### Paper received / Rad primljen:

Septembar 2021.

### Paper accepted / Rad prihvaćen:

May 2022.

**Keywords:** Finite Element Method, laser welding, numerical simulation

### Abstract

Joining process play a significant role in producing lightweight constructions. Specifically, the use of Aluminum alloys for structural components or body airplane panels is one of the major challenges for joining because AA6xxx are very susceptible to hot cracks forming during fusion welding. As laser beam welding is increasingly used for welding aircraft components, special techniques are required to avoid hot cracks in weld seams. The impact of the process characteristics, e.g., the temperature field, the temperature gradients, or the molten pool geometry, can be determined by using numerical methods, e.g. Finite element method, as used here. Results presented here, demonstrate strong possibilities of numerical simulation of laser beam welding.

### 1. Introduction

The aircraft production industry has a high demand for lightweight structures. In this context, the joining process plays a significant role in producing the lightweight construction. Aluminum alloys AA6xxx are susceptible to hot cracks during fusion welding. As laser beam welding is increasingly used for welding aircraft components [1], special techniques are required to avoid hot cracks. The impact of process features, such as temperature field and gradients, or the molten pool geometry, can be determined by using numerical model. Here, we demonstrate possibilities of numerical simulation of laser beam welding using plate with one stringer as the case study. All the parts in the model were assigned the same material properties of Al6156-T6 [2]. For simplicity, no

### Author's address / Adresa autora:

<sup>1</sup>Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Innovation Center of the Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia

<sup>a</sup> E mail: [asedmak@mas.bg.ac.rs](mailto:asedmak@mas.bg.ac.rs)

**Ključne reči:** Metoda konačnih elemenata, lasersko zavarivanje, numerička simulacija

### Rezime

Proces spajanja igra važnu ulogu u razvoju lakih konstrukcija, posebno u slučaju aluminijumskih legura i njihove primene za panele koji se ugrađuju u avione. Aluminijumska legura AA6xxx su vrlo osetljive na vruće prsline pri zavarivanju topljenjem. Stoga primena laserskog zavarivanja zahveta posebne mere i tehnike rada da bi se sprečila pojava topliha prslina. Uticaj karakteristika laserskog zavarivanja, kao što su temperaturna polja i gradijenti, uz geometriju rastopljenog metala šava, mogu da se odrede primenom numeričkih metoda, npr. metoda konačnih elemenata, koja je ovde korišćena. Prikazani rezultati ukazuju na velike mogućnosti numeričke simulacije laserskog zavarivanja.

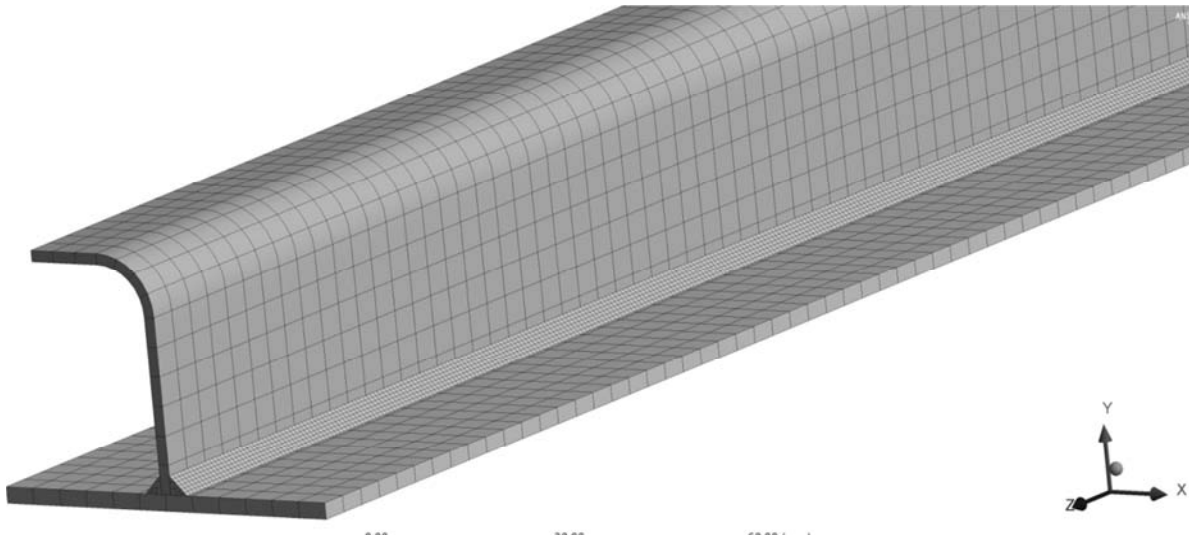
temperature dependent properties were considered and material was considered to be linear elastic. Welding process simulation involves two steps: (1) Transient thermal and (2) Thermal Stress analysis. To simulate the thermal field produced by the welding process, it is necessary to model the heat source accurately and for that purpose "Moving Heat Flux" ACT extension – available for download from ANSYS support website – must be used [3]. Also, change of convection coefficient with temperature for aluminum must be defined, as well as velocity of laser beam (5 mm/s in our case) and Gaussian heat flux constant (7.5 W/mm<sup>2</sup>). After the thermal analysis, temperatures are used to perform thermal stress analysis. Values of strains and von Mises stress distribution at the end of the welding process simulation are then obtained.



## 2. Numerical simulation

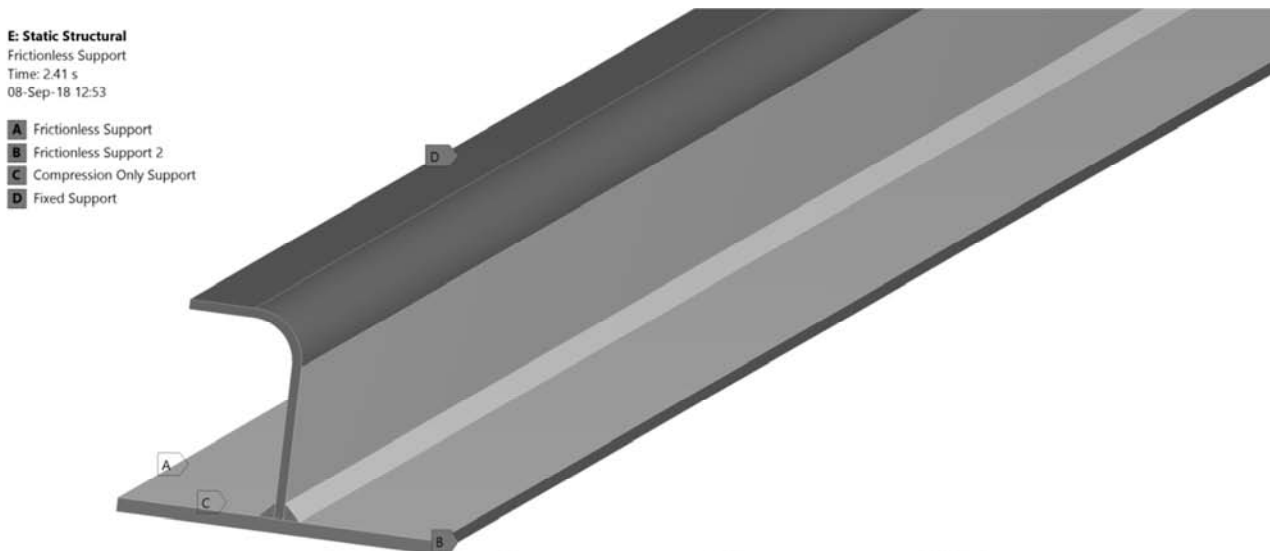
Simulation of welding process for a plate with one stringer is presented. Dimensions of the stringer are the same as dimensions of four stringers used in fatigue strength assessment. Geometry and mesh is presented in Figure 1, while

boundary conditions are presented in Figure 2. It is important to emphasize that all initial connections between stringer, base metal and weld lines were modeled as frictional (coefficient of friction 0.2) because these elements are not connected at all before welding.



**Figure 1.** Mesh of stringer, weld lines and base metal

**Slika 1.** Mreža od ukrućenja, linija zavora i osnovnog metala

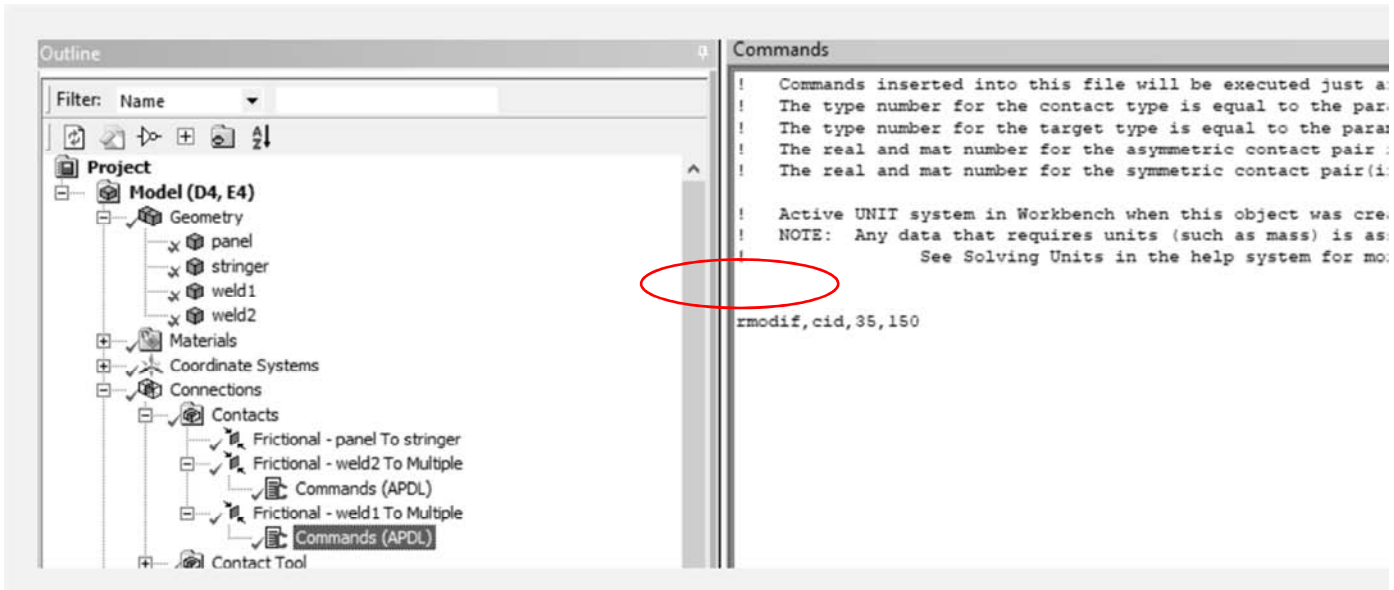


**Figure 2.** Boundary conditions used in laser beam welding simulation

**Slika 2.** Granični uslovi koji se koriste u simulaciji zavarivanja laserskim snopom

To simulate contact change, software command shown in Figure 3 was used to change type of contact from frictional to bonded (i.e. welded) when

temperature reaches 150°C. The contact status will remain bonded for the rest of the analysis, even if the temperature subsequently decreases.

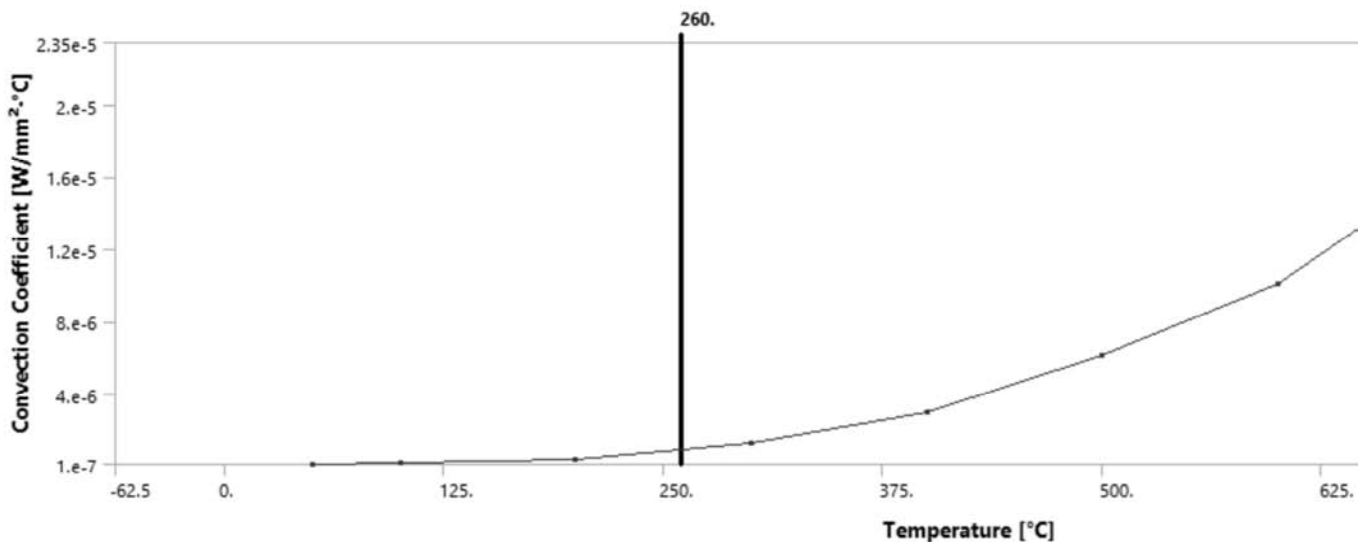


**Figure 3.** Command for defining critical bonding temperature of 150 °C

**Slika 3.** Komanda za definisanje kritične temperature spajanja od 150 °C

The same linear elastic material properties were assigned for the whole model. To simulate the temperature field due to welding process "Moving Heat Flux" ACT extension, available for download from ANSYS support website, was used. Also,

change of convection coefficient with temperature for aluminum was defined (Figure 4), as well as velocity of laser beam (5 mm/s) and Gaussian heat flux constant (7.5 W/mm<sup>2</sup>).



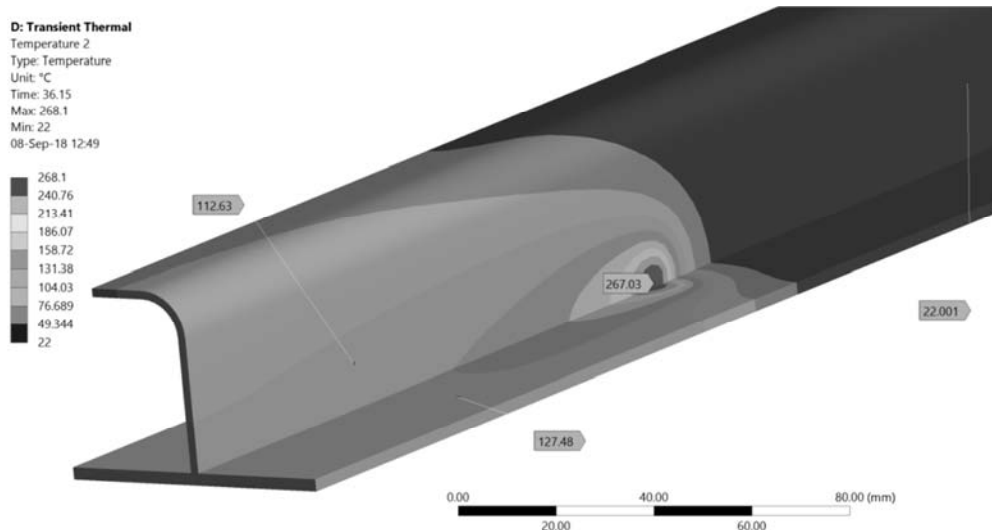
**Figure 4.** Convection coefficient vs. temperature for aluminum

**Slika 4.** Koeficijent konvekcije u zavisnosti od temperature za aluminijum

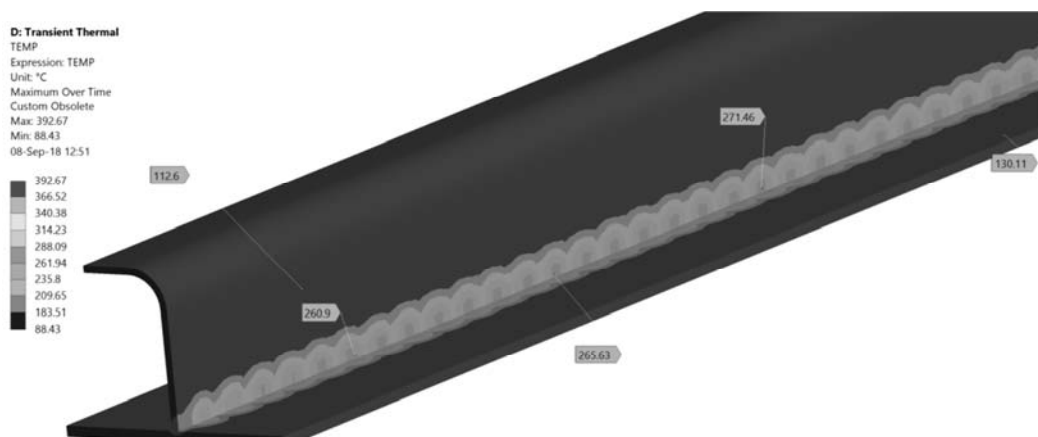
### 3. Results and discussion

Figure 5 shows temperature distribution during laser beam welding simulation, while Figure 6 presents heat affected zone formed during the welding process. After the thermal analysis,

temperatures are used as input for static structural analysis for all time instants (Figure 7) to perform thermal stress analysis. Values of strains and von Mises stress distribution at the end of the welding process are shown in Figures 8 and 9.



**Figure 5. Temperature distribution 36.15s after welding started**  
**Slika 5. Raspodela temperature 36.15s nakon početka zavarivanja**



**Figure 6. Heat effected zone – HAZ**  
**Slika 6. Zona uticaja toplote - ZUT**



**Figure 7. Imported temperature for static structural analysis at initial time (t=0s)**  
**Slika 7. Temperature korišćene za statičku analizu konstrukcija za početno vreme (t=0s)**

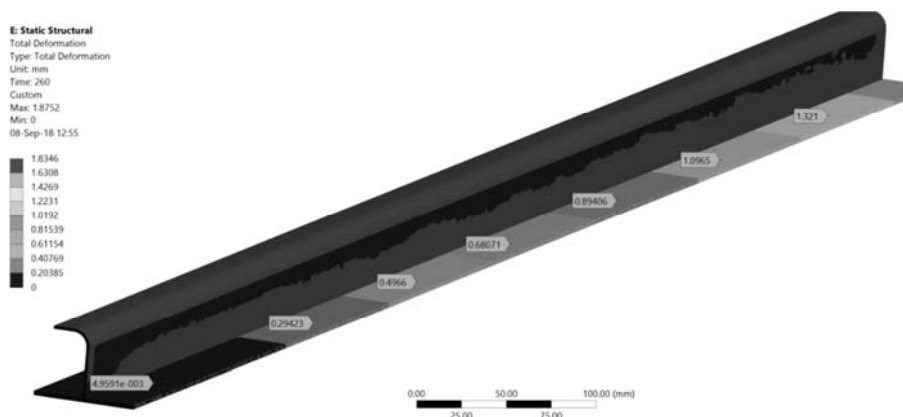


Figure 8. Strains of base plate after welding

Slika 8. Deformacije osnovne ploče nakon zavarivanja

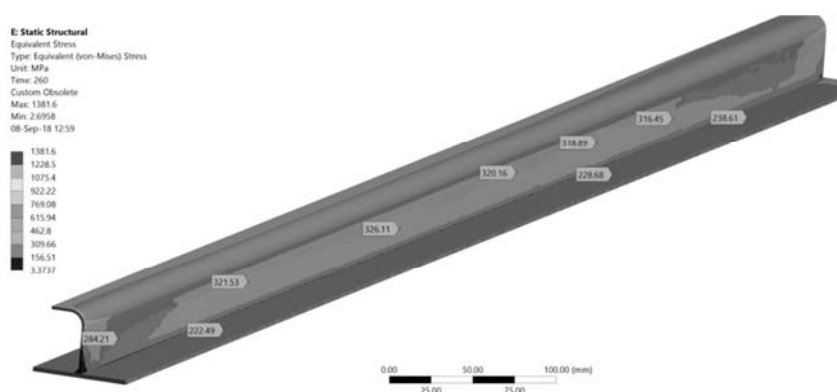


Figure 9. Equivalent von Mises stress 20 s after welding ended

Slika 9. Ekvivalentni von Misesov napon 20 s nakon završetka zavarivanja

As can be seen in Figure 9, thermal stresses obtained in numerical simulation of laser welding were higher than 290 MPa (value representing the yield stress of Al6156-T6), indicating possibility of plastic deformation of stringer. To prevent this, heat source should have power less than  $7.5 \text{ W/mm}^2$ . In

any case, it is shown that residual stresses after welding can affect fatigue strength of welded joint. This is why thermal and/or mechanical treatment should be applied for stress relief of skin-stringer plate.

#### 4. Conclusions

Based on the presented results one can conclude that numerical analysis provides strong possibility of numerical simulation of laser beam welding, including thermal and static structural analysis.

One can also conclude that high level of residual stresses require post weld heat treatment in the analysed case.

#### References / Literatura

[1] Munroe J., Wilkins K., and Gruber M., Integral Airframe Structures (IAS) - Validated Feasibility Study of Integrally Stiffened Metallic Fuselage Panels for Reducing Manufacturing Costs, NASA/CR-2000-209337, May 2000.

#### 4. Zaključci

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da numerička analiza pruža veliku mogućnost numeričke simulacije zavarivanja laserskim snopom, uključujući termičku i statičku analizu.

Takođe se može zaključiti da visoki nivoi zaostalih napona zahtevaju termičku obradu posle zavarivanja, u analiziranom slučaju.

[2] Sghayer, A. Fatigue life assessment of damaged integral skin-stringer panels, Ph. D. thesis, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Serbia, 2018.

[3] [http://www.cenaero.be/Page\\_Generale.asp?DocID=27331](http://www.cenaero.be/Page_Generale.asp?DocID=27331)



Mladen Tošanić<sup>1,a</sup>

## REPARATURNO NAVARIVANJE SEGMENTA NA POGONSKOM TOČKU BAGERA ERS 1000/25

### REPAIR WELDING OF SEGMENTS ON EXCAVATOR ERS 1000/25 DRIVE WHEEL

#### Originalni naučni rad / Original scientific paper

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa 31. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Zavarivanje 2020" održanog u Kladovu, Srbija od 13. do 16. Oktobra 2021.

#### Rad primljen / Paper received:

Septembar 2021.

#### Rad prihvaćen / Paper accepted:

Mart 2022.

**Ključne reči:** Optimizacija parametara navarivanja, vučni segment, mikrostruktura, bagerske jedinice.

#### Rezime

U radu su razmotrene metode obnavljanja oštećenih delova bagerskih jedinica pod dejstvom različitih procesa habanja. Da bi se utvrdila najpovoljnija tehnologija navarivanja, obavljena su navarivanja na modelima, a zatim je tako usvojena tehnologija preneti na realne radne delove i proveravana u realnim radnim uslovima. Rezultati ukazuju da je pravilnim odabirom parametara navarivanja i plana navarivanja moguće ostvariti mikrostrukture koje karakteriše dobra otpornost na habanje, što rezultira kako značajnim finansijskim efektima, a tako i sigurnijim uslovima eksploatacije uglja na Površinskom koku "Kolubara".

#### 1. Uvod

Pri procesu otkopavanja koje obavlja bager vedričar (Slika 1), dolazi do intenzivnog habanja radnih površina vučnih segmenata pogonskog točka (Slika 2), izazvanog suvim trenjem klizanja metal-metal koje je kombinovano sa značajnim

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

<sup>1</sup>EPS PD Kolubara-Površinski kopovi, Lazarevac, Srbija

<sup>a</sup> E mail: [mladen.tosanic@gmail.com](mailto:mladen.tosanic@gmail.com)

**Keywords:** Welding parameters optimization, traction segment, microstructure, excavator units.

#### Abstrakt

The repair welding methods of damaged parts of excavator units exposed to different wear processes are discussed in this paper. In order to determine the most favorable repair welding technology, surfacing were performed on the models, thus the adopted technology was transferred to the real parts exposed to real exploitation conditions. Obtained results indicate that by proper selection of surfacing parameters and surfacing plan it is possible to obtain adequate microstructures characterized by good wear resistance, which provide significant financial effects as well as safer conditions during coal exploitation at the Surface Mine "Kolubara"

dinamičkim udarima. Izbor postupka i tehnologije navarivanja pri reparaturi, zavisi u velikoj meri od svojstava osnovnog materijala. Kod osnovnog materijala analiziran je hemijski sastav i mehanička svojstva i ocenjivana je zavarljivost. Kvalitet navara odredjen je merenjem tvrdoće i ispitivanjem mikrostrukture.



**Slika 1.** Bager vedričar

**Figure 1.** Bucket excavator



**Slika 2.** Izgled pogonskog točka

**Figure 2.** Appearance of the drive wheel

Svojstva osnovnog materijala i zahtevana svojstva navara, predstavljaju ulazne parametre procesa navarivanja, a izlazni parametri navarivanja su svojstva čistog metala navara (mikrostruktura, mikrotvrdoća, otpornost na habanje, otpornost na koroziju i dr. Da bi se dobio zahtevan kvalitet navara, nije dovoljno samo pravilno izabrati postupak navarivanja i dodatni materijal već i odabrati najpovoljnije parametre navarivanja i odgovarajuću tehniku nanošenja navara.

Jedan od mogućih načina ponovnog osposobljavanja istrošenih delova mehanizacije u rudnicima je primena navarivanja punjenom samozaštitnom žicom, što je i prikazano u ovom radu na primeru navarivanja istrošenih segmenata na pogonskom točku bagera na površinskom kopu RB Kolubara. Razvoj tvrdog navarivanja ide širokim frontom, obuhvatajući razradu novih metoda, novih postupaka, novih materijala za navarivanje, kao i uvođenje novih naučnih istraživanja u oblasti određivanja različitih svojstava navarenog materijala.

## 2. Eksperiment

Izbor dodatnog materijala se vrši na osnovu zahtevanih svojstava navara, a izbor postupka navarivanja se najčešće obavlja tako da postupak može da obezbedi potrebne parametre navarivanja, kako bi se izvelo neometano topljenje i deponovanje dodatnog materijala na osnovnom materijalu i dobije navar dobrog kvaliteta.

Posle izbora odgovarajućeg dodatnog materijala i postupka navarivanja neophodno je dati ocenu zavarljivosti osnovnog materijala, odnosno materijala od koga je izgrađen deo. Za slučaj da je reč o materijalima uslovne zavarljivosti, potrebno je definisati odgovarajuće mere i obezbediti dodatne uslove kako bi se postigla što bolja zavarljivosti spajanih materijala.

Određivanja najpovoljnije tehnologije navarivanja je dosta složen i odgovoran posao. Da bi se propisala optimalna tehnologija reparaturnog navarivanja neophodno je izvesti veći broj proba sa variranjem parametara navarivanja ( $q_i$ ,  $T_p$ ,  $v_z$ ,  $I$ ,  $U$ ). Pri ovim probama potrebno je definisati način i redosled nanošenja navara, debljinu i broj nanetih



slojeva, vrstu i način izvođenja termičke obrade, način hlađenja navara i dr. [1, 2].

Izabran je postupak navarivanja punjenom samozaštitnom žicom, postupak oznake 114 - FCAW-S prema standardu SRPS EN ISO 4063: 2009 (E/F) [3]. Glavni razlog za odabir ovog postupka je brzina navarivanja kao i nanošenje veće količine depozita dodatnog materijala u jedinici vremena i posedovanje odgovarajuće opreme.

## 2.1. Osnovni materijal

Osnovni materijal od koga su izrađeni ispitivani uzorci segmenata pogonskog točka (cr.br. T-V-078 - 3/2) je čelični liv za opštu upotrebu sledećih oznaka prema različitim standardima: EN 10027-1 GE-300, DIN EN 10293 GE300, broj 1.0558, SRPS EN 10293 GE 300 (ČL.0600). Ovaj materijal primenjuje se za izradu delova od kojih se zahteva visoka otpornost prema habanju. Hemijski sastav osnovnog materijala prikazan je u tabeli 1, a u tabeli 2 prikazane su mehaničke osobine.

**Tabela 1.** Hemijski sastav čeličnog liva ČL.0600

**Table 1.** Chemical composition of the cast steel ČL.0600

OM ČL.0600	Hemijski sastav, [%]				
	C	Si	Mn	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
Propisan	-	-	-	0.035	0.030
Ispitan	0.401	0.818	0.794	0.098	0.029

**Tabela 2.** Uporedne oznake i zahtevane mehaničke osobine osnovnog materijala

**Table 2.** Comparative designations and required mechanical properties of the parent material

Uporedne oznake			Mehaničke osobine				
SRPS EN 10293	DIN1681	DIN EN10293	R <sub>p0.2</sub> , [MPa]	R <sub>m</sub> , [MPa]	A <sub>5</sub> , [%min]	KV, [Jmin]	Tvrdoća, [HRC]
ČL.0600	GS-60 1.0558	GE300 W.Nr.1.0558	300	520-670	18	31	28

## 2.2 Dodatni materijal

Za navarivanje međusloja postupkom 111, korišćena je obložena austenitna elektroda E Ni 6182, prema standardu EN ISO 14172, prečnika Ø 3.20 mm, komercijalne oznake INCONEL®182. Ova elektroda obezbeđuje visoku postojanost na pojavu prslina, čak i pri stalnim temperaturnim i mehaničkim opterećenjima. Kao dodatni materijal za navarivanje je izabrana punjena samozaštitna žica za FCAW-S (114) postupak, a na osnovu hemijskog sastava i mehaničkih osobina osnovnog materijala segmenata pogonskog točka, a uzimajući u obzir odabrani postupak navarivanja i zahtevanu tvrdoću: Castolin TeroMatec AN 3205 Ø2.8mm, prema standardu SRPS EN 14700 T Fe 9 i Castolin TeroMatec AN 4660 Ø 2.8mm, prema standardu SRPS EN 14700 T Fe 15.

## 2.3 Predviđanje zavarljivosti osnovnog materijala

Osnovni materijal za izradu segmenata pogonskog točka je čelični liv GE-300, koji pripada grupi materijala sa povećanim sadržajem ugljenika (> 0.40%), nije pogodan za zavarivanje odnosno za navarivanje i pripada grupi uslovno zavarljivih čelika. Zbog toga reparaturno navarivanje segmenata izlivenih od ovog materijala treba izvesti uz posebne mere, kako ne bi došlo do pojave prslina, jer u uslovima navarivanja mogu nastati krte faze zbog njegove sklonosti ka zakaljivanju. Jedan od pokazatelja moguće pojave hladnih prslina je tvrdoća ZUT-a. Za nelegirane i nisko legirane čelike maksimalna tvrdoća zone uticaja toplote može da se izračuna pomoću sledeće empirijske jednačine:  $HV_{max} = 90 + 1050C + 47Si + 75Mn + 30Ni + 31Cr$ .



Ukoliko je  $HV_{max} > 350$  čelik je sklon pojavi hladnih prslina. Za ČL.0600 ta vrednost iznosi 611HV [4]. Da bi se povećala zavarljivost i da ne bi došlo do pojave prslina, navarivanje ovog čeličnog liva treba izvesti sa predgrevanjem. U ovom slučaju temperatura predgrevanja je određena po metodi Seferijanove formule.

Temperatura predgrevanja -  $T_p$  je izračunata prema metodi Seferijana:

$$T_p = 350 \sqrt{C_{eu} - 0,25} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$C_{eh} = \%C + \%Mn/6 + \%Ni/15 + \%Cr/5 + \%Cu/13 + \%Si/4 + \%P/2 = 0,589\%$$

$$C_{eu} = C_{eh} + C_{ed} = C_{eh} (1 + 0,005 \cdot d), \text{ d- debljina materijala modela (mm)}$$

$$C_{eu} = 0,589(1 + 0,005 \cdot 50) = 0,736\%$$

gde su:

$C_{eu}$ - ukupni ekvivalent ugljenika,

$C_{ed}$ - dimenzioni ekvivalent ugljenika,

$C_{eh}$ - hemijski ekvivalent ugljenika.

Na osnovu izvršenog proračuna dobijena je temperatura predgrevanja

$$T_p = 350 \sqrt{0,736 - 0,25} = 243^\circ\text{C},$$

a usvojena je temperatura predgrevanja od  $T_p = 250^\circ\text{C}$  za proces reparature.

Ispitivanja su obavljena navarivanjem na odabranim modelima izrađenim od istog materijala

kao i vučni segmenti. Modeli za navarivanje birani su na osnovu geometrijske sličnosti sa vučnim segmentima. Modeli- uzorci su izliveni u AD livnica "Ljig" u Ljigu, dimenzija  $50 \times 120 \times 360$  mm, progrevani 2h na temperaturi od  $830^\circ\text{C}$ , a zatim lagano hlađeni na mirnom vazduhu. Navarivanja na modelima izvedena su u pogonima "Kolubare - Metal" d.o.o u Vreocima, kao i njihovo uzorkovanje za dalja ispitivanja. Uzorkovanje komada (modela) iz ploča obavljeno je na uređaju erozimat tip FANUC-TAPECUT-W2, brzina rezanja 1,51 mm/min. Ispitivanja tvrdoće osnovnog materijala, makrotvrdoće navara i mikrostrukture materijala obavljena su u laboratoriji Zavoda za zavarivanje - Beograd, Vojnotehničkog instituta - Beograd i Instituta "Goša" - Smederevska Palanka. Praćenje oštećenja usled triboloških i drugih procesa na realnim delovima pri realnim eksploatacionim uslovima obavljeno je na bageru na površinskom kopu Tamnava - zapadno polje, Rudarskog basena "Kolubara" u Lazarevcu.

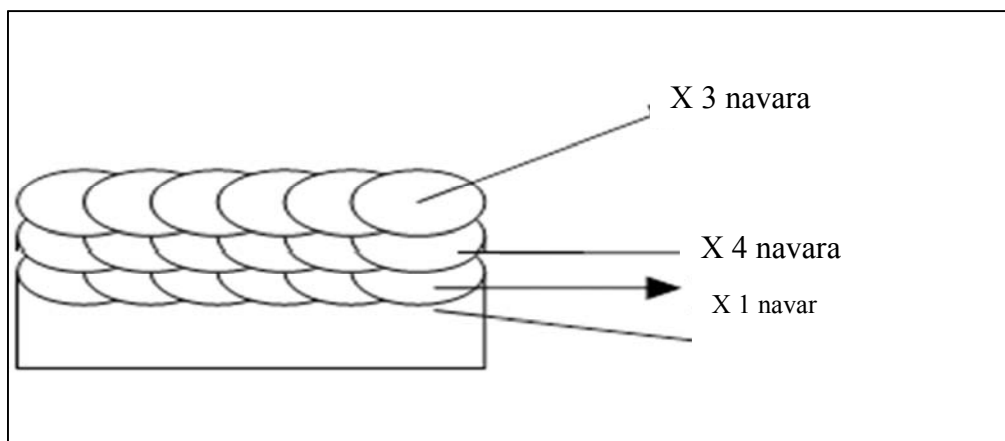
## 2.4 Tehnologija zavarivanja

Tehnologija navarivanja je realizovana sa predgrevanjem i nanošenjem elastičnog međusloja, postupkom 111, korišćenjem elektrode Inconel®182, ENI 6182, prema standardu EN ISO 14172 i višeslojnim navarivanjem (četiri navara) punjenom samozaštitnom žicom TeroMatec AN 3205, standard SRPS EN 14700 T9, a pokrivni sloj (tri navara) samozaštitnom punjenom žicom TeroMatec AN4660, standard SRPS EN 14700 T Fe15. Visina navarenog prvog sloja iznosila je 11 mm, a širina navara 10 – 11 mm. Kod drugog sloja visina navara je iznosila 10 mm, a širina 12 - 13mm, što je šematski prikazano na slici 3.

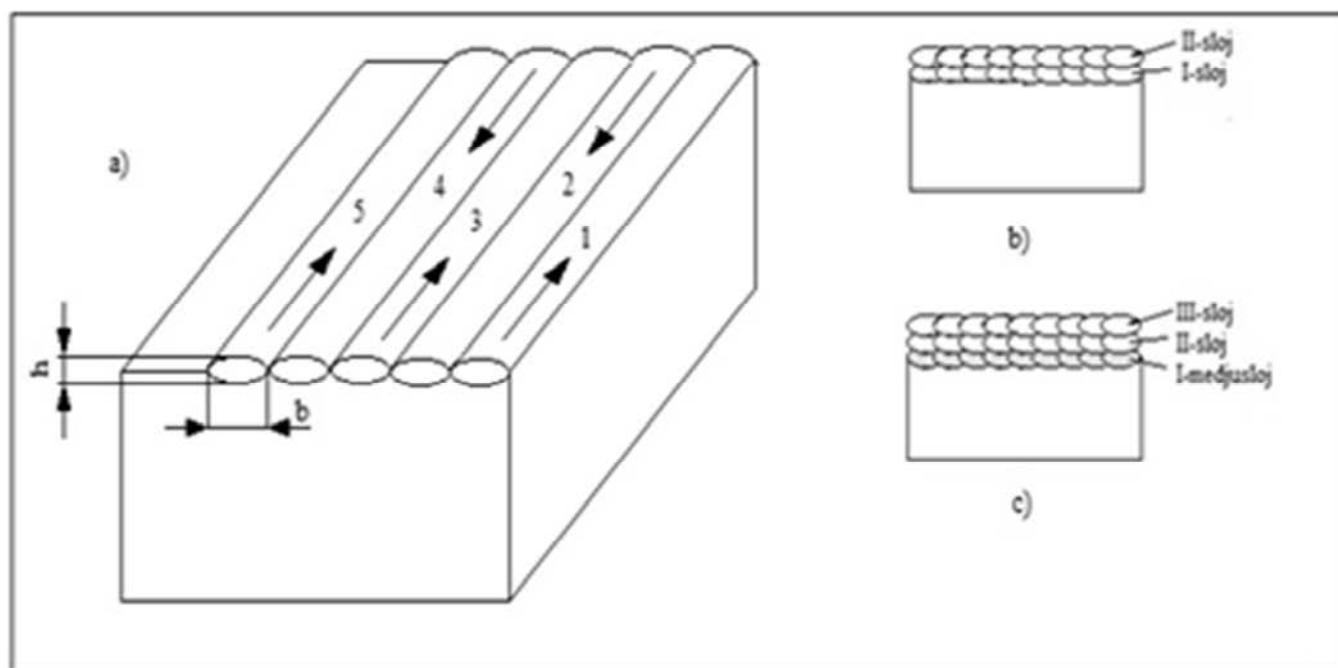
**Tabela 3.** Tehnološki parametri navarivanja 114 i 111 postupkom

**Table 3.** Technological parameters of bead on plate welding for procedures 114 and 111

Debljina O.M., s, [mm]	Oznaka elektrodne žice,	Prečnik elektrode i žice $d_e$ [mm]	Struja navarivanja I, [A]	Radni napon U, [V]	Brzina navarivanja $v_z$ , [cm/min]	Broj slojeva	Pogonska energija navarivanja, $q_i = \frac{U \cdot I}{v_z} \cdot 60$ , [J/cm]
50	Inconel 182	3.20	106	25	17	1	9352
	AN 3205	2.8	220	27	23	4	15495
	AN 4660	2.8	230	26	22	3	16309



**Slika 3.** Šematski prikaz poprečnog preseka  
**Figure 3.** Schematic presentation of the cross section



**Slika 4.** Način i redosled polaganja navara pri izradi uzoraka: a) način polaganja navara;  
 b) redosled nanetih slojeva (tehnologija 1-1); c) redosled nanetih slojeva (tehnologija 2-2 i 3-3)

**Figure 4.** Applying and order of surfacing layers during the production of samples: a) manner of surfacing; b) order of applied layers (technology 1-1); c) order of applied layers (technology 2-2 and 3-3)



### 3. Rezultati

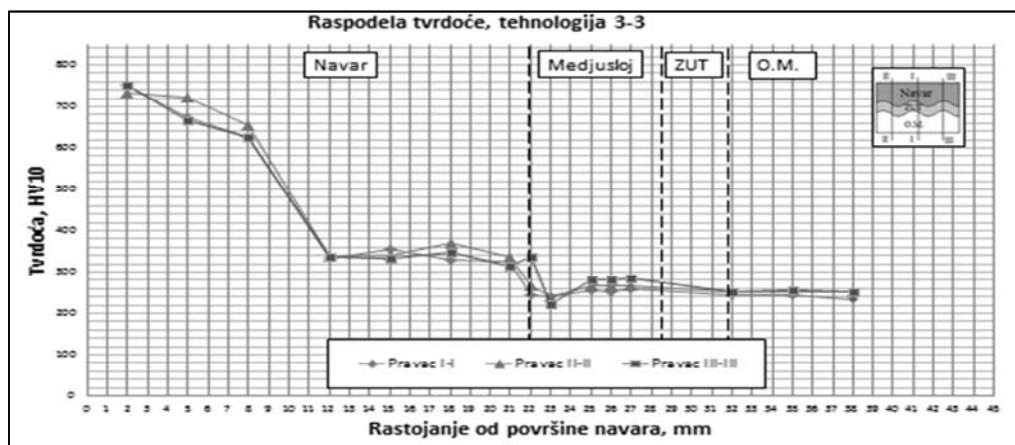
#### 3.1 Ispitivanje tvrdoće

Vrednosti izmerenih vrednosti tvrdoće po raspedela tvrdoće po preseku navara u tri pravca karakterističnim zonama prikazane su u Tabeli 4, a prikazana je na Slici 5.

**Tabela 4.** Vrednosti tvrdoće po karakterističnim zonama

**Table 4.** Hardness values in characteristic zones

	Vrednosti tvrdoće, HV10						
	Uzorak 3-3, posle navarivanja			Uzorak 3-3, posle žarenja			
	Rastojanje od površine, mm	Pravac ispitivanja					
I-I		II-II	III-III	I-I	II-II	III-III	
Metal navara EN4660	2	752	734	752	743	731	752
	5	620	724	665	627	665	542
	8	665	657	627	620	642	595
Metal navara EN3205	12	333	339	336	295	292	281
	15	354	342	333	281	237	258
	18	330	370	348	260	233	242
Međusloj Inconel®182	21	325	339	314	194	186	188
	22	245	266	336	264	177	186
	23	242	242	222	232	205	183
Zona Uticaja Toplote	25	256	266	281	201	205	202
	26	253	268	283	205	202	199
	27	260	268	287	202	198	213
Osnovni metal	32	243	251	253	189	188	187
	35	243	253	254	187	178	188
	38	235	253	253	189	188	188



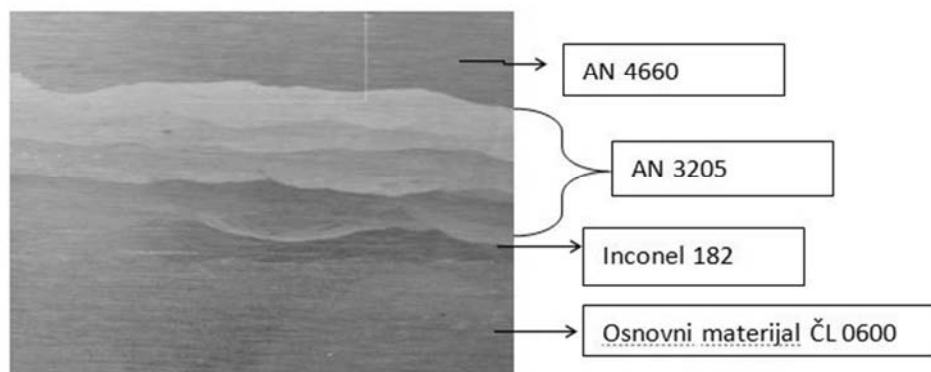
**Slika 5.** Raspodela tvrdoće po preseku navara u tri pravca

**Figure 5.** Hardness distribution along the cross section of the weld in three directions

#### 3.2 Ispitivanje makrostrukture

Metalografska analiza uzoraka koji su ispitivani po poprečnom preseku navarenog sloja, ukazuje da se na makro nagriženom izbrusku (šlif) uočavaju navari sa jasno izraženim granicama: osnovnog metala, zone uticaja toplote, međusloja i metala navara i koje su nastale pri izvođenju pojedinih navara, a prikazane su na Slici 6.

uočavaju navari sa jasno izraženim granicama: osnovnog metala, zone uticaja toplote, međusloja i metala navara i koje su nastale pri izvođenju pojedinih navara, a prikazane su na Slici 6.

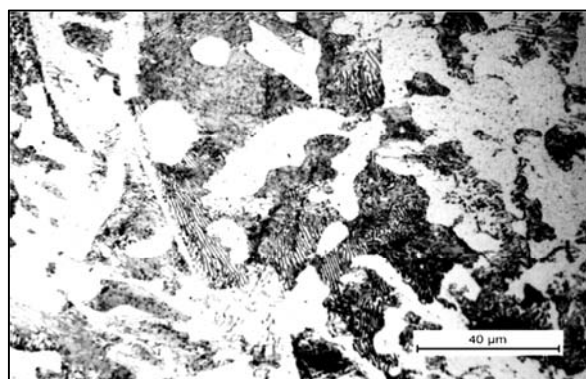


**Slika 6 . Izgled makrostrukture navarenog sloja**

**Figure 6. Appearance of the bead on plate welded layer macrostructure**

### 3.3 Ispitivanje mikrostrukture

Rezultati ispitivanja mikrostrukture u karakterističnim zonama navara, prikazani su na Slikama 7-11.



**Slika 7. Mikrostruktura osnovnog materijala (nagrizanje u nitalu 2%)**

**Figure 7. Microstructure of the parent material (etching in nital 2%)**

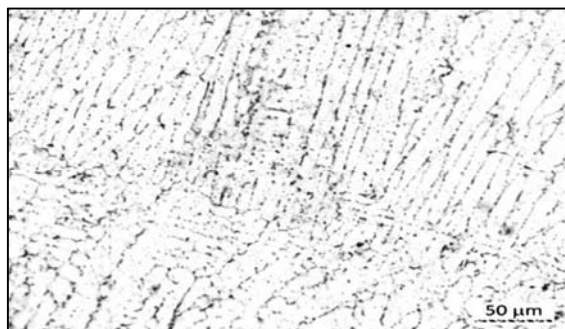


**Slika 8. Mikrostruktura ZUT-a, 30 mm od površine navara (nagrizanje u nitalu 2%)**

**Figure 8. Microstructure of the HAZ, 30 mm from the surface of the weld (etching in nital 2%)**



Mikrostruktura osnovnog materijala, prikazana na Slici 7, može se opisati kao livena sruktura koja se sastoji od lamelnarnog perlita i ferit, dosta je homogena, a lamele perlita su fino raspoređenje. U strukturi se zapaža dosta nemetalnih uključaka različite veličine i poneka pora.

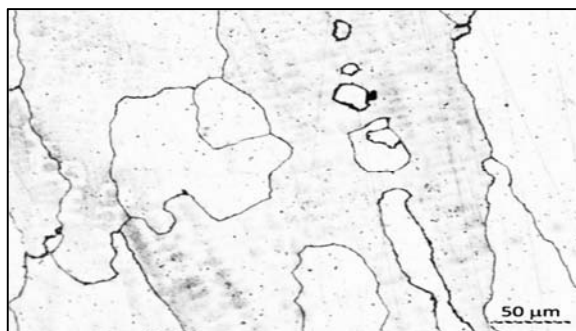


**Slika 9.** Mikrostruktura međusloja – dodatni materijal INCONELL 182, nagrizano u carskoj vodi

**Figure 9.** Microstructure of the interlayer – filler material INCONELL 182, etched in Aqua Regia

Prikazana mikrostruktura međusloja na Slici 9. može se opisati kao livena dendritna austenitna struktura, sa taložnim česticama na bazi niobijuma i titana. Na Slici 10. prikazana je mikrostruktura prvog

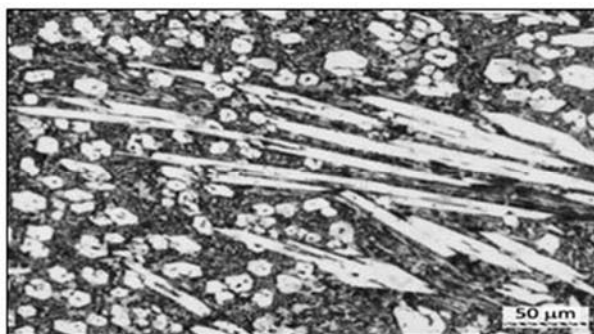
Slika 8. prikazuje mikrostrukturu zone uticaja toplote na približno 30mm od površine navara i može se opisati kao struktura globularnog perlita plus ferit (igličast i zrnast). Zona uticaja toplote je dosta izražena i iznosi oko 4 mm. U strukturi su uočljivi loptasti uključci MnS u feritnoj matrici.



**Slika 10.** Mikrostruktura navara I, žica EN 3205, nagrizano u carskoj vodi

**Figure 10.** Microstructure of bead on plate weld I, wire EN 3205, etched in Aqua Regia

tvdog navarenog sloja, navara– I, i može se opisati kao austenitna. Zrna su izrazito gruba, izdužena, usmerena i u okviru njih se uočavaju dendritne grane.



**Slika 11.** Mikrostruktura navara, Navar II, žica EN 4660 nagrizano u carskoj vodi

**Figure 11.** Microstructure of bead on plate weld Navar II, wire EN 3205, etched in Aqua Regia

Na Slici 11. prikazana je mikrostruktura metala navara II - pokrivnog sloja i može se opisati kao nadeutektska legura, koja je dosta kompleksna i sastoji iz mešavine martenzita, ledeburita i zaostalog austenita, sa primarno izdvojenim karbidima Nb i Cr.

## 6. Diskusija

Nakon navarivanja kontrola navarenih uzoraka je izvedena u obimu 100%. Primenjeno je ispitivanje VT (vizuelna kontrola) i MT (kontrola magnetnim česticama). Ove metode ispitivanja bez razaranja su pokazale da je proizveden navareni sloj prihvatljivog kvaliteta i da nisu uočene bilo kakve značajne indikacije koje bi se mogle

klasifikovati kao neprihvatljive. Primetno je da je raspodela tvrdoće dosta ravnomerna sa znatnim porastom u metalu navara. Takođe je primetna vrlo mala razlika u tvrdoćama uzoraka koji su termički tretirani i termički netretirani. Raspodela tvrdoće u zoni donjeg prolaza navara i raspodela tvrdoće u zoni gornjeg prolaza navara se razlikuju, što je posledica uticaja efekta predgrevanja prvog prolaza na koji je imao uticaj drugi prolaz i pod uticajem različitog stepena mešanja osnovnog i dodatog materijala.

Potrebno je naglasiti da su rezultati istraživanja dobijeni u realnim radnim uslovima, pokazali da na udarno habanje veću otpornost imaju žilavi materijali sa mikrostrukturom koja u svom sastavu



ima kompleksne karbide u mekšoj metalnoj osnovi nego materijali tvrde martenzitne strukture sa karbidima u metalnoj matrici. Kod navarivanja dodatnim materijalom žica (EN 3205) - podeluteklički materijal, navari su svoju otpornost na habanje postigli preko disperzije karbida unutar

matrice i njihove mogućnosti da deformaciono ojačavaju. Sa druge strane, nadeuteklički tvrdi navari, dodatni materijal (EN 4660), otpornost na habanje postižu zahvaljujući svojim primarnim eutekličkim karbidima.

## 7. Zaključak

Ispitivanja na modelima ukazuju na to da presudan uticaj na izlazne osobine navarenog sloja, pored primenjene tehnologije, ima vrsta dodatnog materijala. Na osnovu eksperimentalnih rezultata i analiza, moglo bi se smatrati da je tehnologija navarivanja kojom je navaren međusloj sa dodatnim materijalom Inconel 182® i dva pokrivna sloja sa samozaštitnom punjenom žicom Castolin EN 3205 i Castolin EN 4660, najprimerljivija za revitalizaciju oštećenih vučnih segmenata na pogonskom točku bagera ERs1000/20.

Povećanje otpornosti na habanje se objašnjava prvenstveno povoljnijom mikrostrukturom pojedinih zona navara, kao i povoljnom vezom navar-osnovni materijal. Reparturno navarivanje vučnih segmenata se pokazalo vrlo uspešnim, efikasnim i ekonomski opravdanim. Dokazano je da je moguća vrlo brza i efikasna reparatura tribološki i mehanički oštećenih segmenata i u proizvodnim uslovima. Ostvareni su zadovoljavajući rezultati i bez termičke obrade posle navarivanja.

Na osnovu prethodnih analiza može se zaključiti da je najznačajniji faktor za određivanje otpornosti na habanje mikrostruktura nanetih slojeva. Ovim postupkom, već par godina vrlo uspešno se radi reparatura noževa, džepova, kofica, segmenata gusenica, zuba na rotnim bagerima u PD RB "Kolubara".

## Literatura / References

[1] Lazić, V. (2000), Optimizacija procesa navarivanja sa aspekta triboloških karakteristika navarai zaostalih napona, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac

[2] Seferijan, D. (1969), Metalurgija zavarivanja, Gradjevinska knjiga, Beograd,

[3] Standard SRPS EN ISO 4063 (2009), Lista postupaka i označavanje postupaka.

## 7. Conclusion

Tests on the models indicate that the decisive influence on the output properties of the welded layer, in addition to the applied technology, has the type of additional material. Based on experimental results and analyzes, it could be considered that the welding technology which welded the intermediate layer with additional material Inconel 182® and two cover layers with self-protective filled wire Castolin EN 3205 and Castolin EN 4660, is most applicable for revitalization of damaged traction segments at the drive wheel of ERs1000 / 20 excavator.

The increase in wear resistance is explained primarily by the more favorable microstructure of individual weld zones, as well as the favorable weld-base material bond. Repair bead on plate welding of traction segments has proven to be very successful, efficient and economically justified. It has been proven that very fast and efficient repair of tribologically and mechanically damaged segments is possible even in production conditions. Satisfactory results were achieved even without heat treatment after welding.

Based on the previous analyzes, it can be concluded that the most important factor for determining the wear resistance of the microstructures of the applied layers. With this procedure, for a couple of years now, repairs of knives, pockets, buckets, segments of caterpillars, teeth on rotary excavators in PD RB "Kolubara" have been done very successfully.

[4] Zbornik radova (1996), Medjunarodno savetovanje „Zavarivanje 86”, Zavarivanje u energetici, Beograd,.

[5] Katalog Castolin Eutectict (2008), firma Messer Tehnogas AD, Beograd, 06/2008.



Milisav Marković<sup>1</sup>, Dragoslav Dobraš<sup>1,a</sup>, Slaviša Savić<sup>1</sup>, Jovia Ilić<sup>1</sup>

## UTICAJ TERMIČKE OBRADJE NA MEHANIČKA SVOJSTVA NAVAREN OG SPOJA NA ČELIČNOM LIVU G24Mn6

## INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF SURFACE WELD ON STEEL CASTING G24Mn6

### Stručni rad / Professional paper

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa 31. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Zavarivanje 2020" održanog u Kladovu, Srbija od 13. do 16. Oktobra 2021.

### Rad primljen / Paper received:

Oktobar 2021.

### Rad prihvaćen / Paper accepted:

Februar 2022.

**Ključne reči:** Čelični odlivak, navarivanje, termička obrada, mehanička svojstva

### Rezime

Pri livenju odlivaka izrađenih od čeličnog liva G24Mn6, zbog grešaka u tehnologiji livenja, mogu nastati nepravilnosti koje je moguće popraviti tehnologijom navarivanja. U konačnici, kvalitet popravljenog odlivka zavisi i od mehaničkih svojstava navarenog spoja. Termička obrada odlivka, koja se izvodi prije i poslije navarivanja, utiče na vrijednost mehaničkih svojstava navarenog spoja. Popravka nepravilnosti nastalih livenjem može se izvoditi kada je odlivak u normalizovanom ili poboljšanom stanju, u zavisnosti od pojave prslina poslije termičke obrade u slučaju da se odlivak navaruje u normalizovanom stanju. U radu su analizirani rezultati uticaja redosljeda izvođenja termičke obrade prije i poslije navarivanja na mehanička svojstva navarenog spoja.

### 1. Uvod

Čelični livovi kao konstrukcioni materijali danas zauzimaju sve veću upotrebu u različitim granama industrije. S obzirom na njihovu zastupljenost u korištenju, danas se od čeličnih livova izrađuju dijelovi komplikovanog geometrijskog oblika, te je i sama složenost tehnologije livenja ovakvih odlivaka veća. Prilikom izlivanja dijelova složenog oblika, neizbježne su pojave manjih ili većih defekata, čija se popravka uglavnom, ostvaruje tehnologijom navarivanja.

### Adresa autora / Author's address:

<sup>1</sup> Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Vojvode Stepe Stepanovića 71, 78000 Banja Luka, BiH

<sup>a</sup> E mail: dragoslav.dobras@mf.unibl.org

**Keywords:** Cast steel casting, surfacing, heat treatment, mechanical properties

### Abstract

When casting casting parts made of cast steel G24Mn6, due to defects in casting technology, imperfections can occur that can be repaired by surfacing technology. Ultimately, the quality of the repaired cast part also depends on the mechanical properties of the surface weld. Heat treatment of the cast part, which is performed before and after surfacing, affects the value of the mechanical properties of the surface weld. Repair of casting imperfections can be performed when the cast part is in the normalized or quenching and tempering condition, depending on the appearance of cracks after heat treatment in case the cast part is surfacing in the normalized state. The paper analyzes the results of the influence of the order of heat treatment before and after surfacing on the mechanical properties of the surface weld.

Kod navarivanja niskolegiranih čeličnih livova, značajnu ulogu na kvalitet i vrijednosti mehaničkih svojstava navarenog spoja ima i vrsta i redosljed izvođenja termičke obrade na odlivku, prije i nakon navarivanja [1 - 3].

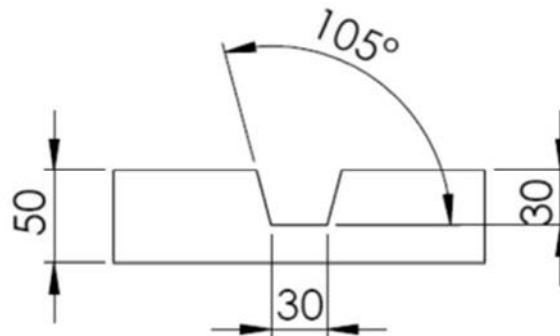
### 2. Eksperiment

Prilikom izrade uzoraka, za eksperimentalni dio rada, izvršeno je navarivanje uzoraka od niskolegiranih čeličnih liva G24Mn6 [4] u radioničkim uslovima. Navarivanje je vršeno na dva



uzorka, na način da je na uzorcima urađen žlijeb, koji je simulirao defekt nastao obradom livenjem. Na uzorcima u obliku ploče debljine 50 mm

mašinskom obradom, bez uticaja toplote na promjenu strukture, izrađen je žlijeb dubine 30 mm, čije su dimenzije i oblik prikazane na Slici 1.

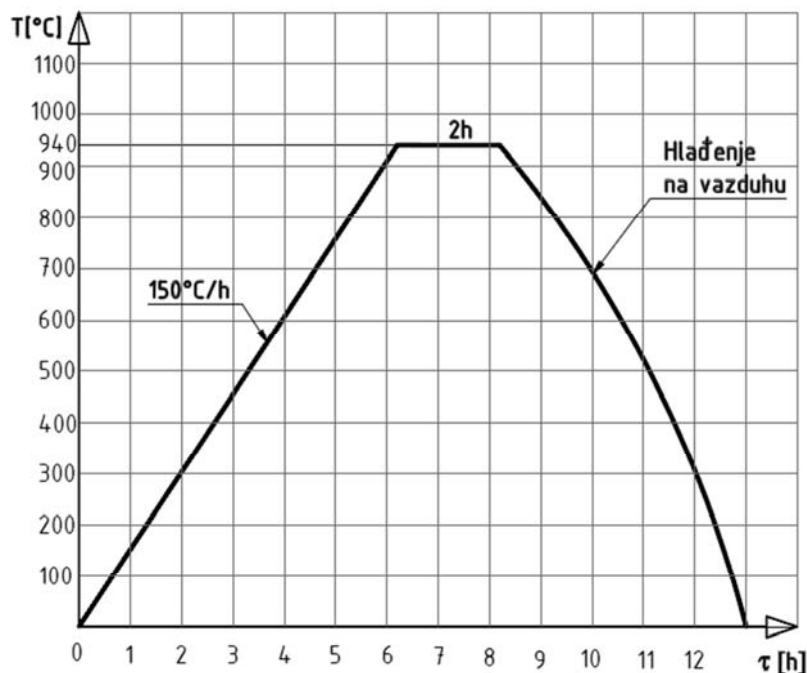


**Slika 1.** Oblik pripreme žlijeba za navarivanje

**Figure 1.** Form of groove preparation for surfacing

Prvi uzorak je navarivan u normalizovanom stanju, dok je drugi uzorka navarivan u poboljšanom stanju. Termička obrada normalizacija čeličnog odlivka G24Mn6 izvedena je na način da je odlivak zagrijan na 940 °C, brzinom zagrijavanja

150 °C/h, vrijeme zadržavanja na temperaturi 940 °C je dva sata, a zatim je uzorak hlađen na vazduhu do sobne temperature. Dijagram termičke obrade normalizacija prikazana je na Slici 2.

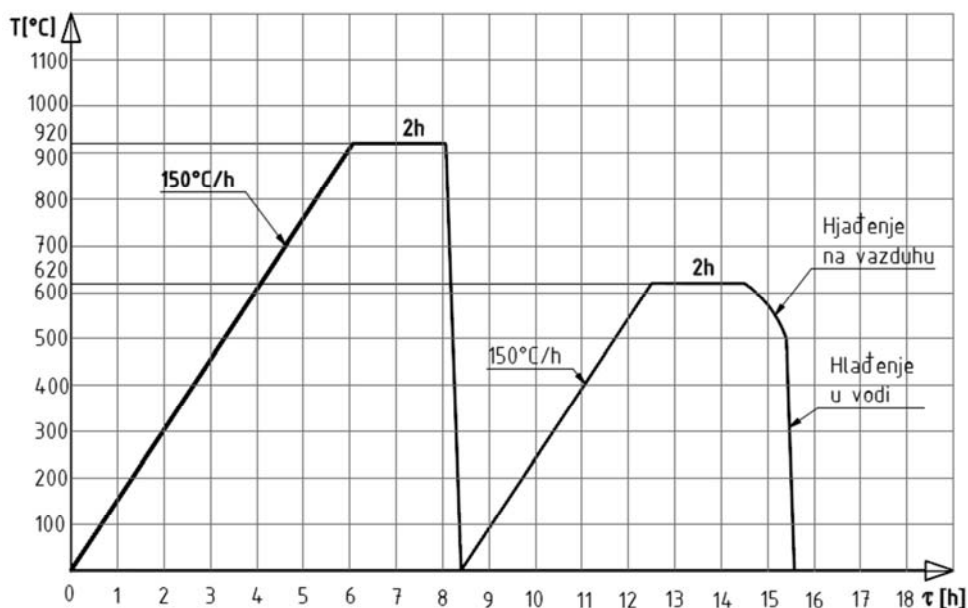


**Slika 2.** Termička obrada normalizacija

**Figure 2.** Heat treatment normalization

Na drugom uzorku od čeličnog liva G24Mn6 izvršena je termička obrada poboljšanje. Uzorak se grije na temperaturu 920°C, brzinom zagrijavanja 150 °C/h, vrijeme zadržavanja na temperaturi 920°C je dva sata, a zatim se vrši kaljenje u vodi do sobne temperature. Nakon kaljenja, vrši se visoko

otpuštanje na 620°C dva sata, brzinom zagrijavanja 150 °C/h. Hlađenje uzorka od 620°C do 500°C se vrši na vazduhu, a od 500°C do sobne temperature hlađenje se vrši u vodi. Dijagram termičke obrade poboljšanje prikazana je na Slici 3.



**Slika 3.** Termička obrada poboljšanje

**Figure 3.** Heat treatment - quenching and tempering

Nakon izrade žlijeba i termičke obrade uzoraka izvršeno je navarivanje uzoraka MAG postupkom u PA položaju. Prije početka navarivanja uzorci su predgrijavani gasnim plamenom, a u toku navarivanja praćena je temperatura između

prolaza. Temperatura predgrijavanja i međuprolazna temperatura su praćene IR termometrom.

Hemijaski sastav i mehanička svojstva čeličnog liva G24Mn6, su prikazani su u Tabelama 1 i 2.

**Tabela 1.** Hemijaski sastav čeličnog liva G24Mn6 (u mas. %)

**Table 1.** Chemical composition of cast steel G24Mn6 (in mass. %)

Broj šarže	Oznaka	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Mo	%Ni	%V	%Cu	%Fe
29489/J21	G24Mn6	0.22	0.42	1.58	0.019	0.007	0.11	0.01	0.05	0.007	0.08	ost.

Na osnovu podataka o hemijskom sastavu čeličnog odlivka, izvršen je proračun ekvivalenta ugljenika prema sljedećoj formuli:

$$CE=C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15 \quad [\%] \quad (1)$$

Izračunati ekvivalent ugljenika iznosi  $CE=0.51\%$  iz čega se zaključuje da je zavarljivost čeličnog liva otežana, odnosno da je u konkretnom slučaju navarivanje moguće uz primjenu niza tehnoloških mjera.

S obzirim na navedeni ekvivalent ugljenika, potrebno je izračunati sklonost ka pojavi toplih i hladnih prslina koje mogu nastati kao posledica zagrijavanja, zateznih napona, brzine hlađenja, sklonosti materijala ka zakaljivosti i količine difundovanog vodonika.

Jedan od pokazatelja povećane krtosti usljed fazno-strukturnih preobražaja i sklonosti ka pojavi

hladnih prslina je tvrdoća čelika (HV) u zoni uticaja toplote. Smatra se da u slučaju većine niskolegiranih čeličnih materijala neće doći do formiranja krtih faza ukoliko tvrdoća ne prelazi vrijednost  $HV = 350$ . Na osnovu hemijskog sastava čeličnog liva i empirijske formule moguće je odrediti vrijednosti tvrdoće HV.

$$HV=90+1050 \times C + 47 \times Si + 75 \times Mn + 30 \times Ni + 31 \times Cr \quad (2)$$

Izračunata vrijednost  $HV=463 > 350$ , te se može zaključiti da je čelični liv G24Mn6 sklon ka pojavi hladnih prslina. Sklonost ka obrazovanju toplih prslina, može se odrediti preko empirijskog koeficijenta HCS (hot cracking sensitivity). Ako je  $HCS < 4$ , tople prsline se najvjerovatnije ne obrazuju u metalu šava čeličnih materijala sa  $R_{eH} < 700$  MPa. Mehanička svojstva čeličnog liva G24Mn6 su data u Tabeli 2.



**Tabela 2. Mehanička svojstva čeličnog liva G24Mn6 u poboljšanom stanju**

**Table 2. Mechanical properties of cast steel G24Mn6 after quenching and tempering**

Oznaka	Rp 0.2 [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	KV [J]
G18CrMo4+QT	515	657	22	≥ 32 (– 20 °C)

Izračunavanje koefficienta HCS dato je sljedećim obrascem:

$$HCS = \frac{Cx \left[ S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right] \times 10^3}{3xMn + Cr + Mo + V} \quad (3)$$

Izračunata vrijednost koefficienta je HCS=1.96<4, pa se može zaključiti da čelični liv G24Mn6 nije sklon ka pojavi toplih prslina.

Za procjenu opasnosti od prslina uslijed ponovnog zagrijavanja može da se koristi

parametarski izraz Ita (lto):

$$P = 10 \times V + 7 \times Nb + 5 \times Ti + 2 \times Mo + Cr + Cu - 2 \quad (4)$$

S obzirom da je koefficient P manji od 0, čelični liv nije sklon pojavi prslina uslijed ponovnog zagrijavanja. Kako je ovaj čelični liv sklon ka pojavi hladnih prslina potrebno je vršiti predgrijavanje čeličnog liva. Temperatura predgrijavanja je izračunata prema metodi Sefarijana:

$$T_{p \text{ G24Mn6}} = 350 \cdot \sqrt{C_{\text{G24Mn6}} - 0.25} = 350 \cdot \sqrt{(0.638 - 0.25)} = 218 \text{ °C} \quad (5)$$

$$C_{\text{G24Mn6}} = CE \cdot (1 + 0.005 \cdot 50) = 0.51 \cdot (1 + 0.005 \cdot 50) = 0.638 \quad (6)$$

Maksimalna međuprolazna temperatura iznosi 300°C za grupu materijala 3.1 prema ISO/TR 15608 [5], u koju spada čelični liv G24Mn6.

Kao dodatni materijal korištena je puna pobakrena žica namjenjena za MAG postupak zavarivanja, prečnika Ø1.2 mm, oznake G62 4 M Mn3NiCrMo prema standardu EN 16834-A, trgovačkog naziva Carbofil MnNiMoCr, proizvođača Oerlikon. Žica je namjenjena za zavarivanje čelika povišene čvrstoće, Rm<690Mpa. Hemijski sastav žice Carbofil MnNiMoCr je prikazan u Tabeli 3.

**Tabela 3. Hemijski sastav žice za zavarivanje: Carbofil MnNiMoCr (u mas. %)**

**Table 3. Chemical composition of welding wire: Carbofil MnNiMoCr (in mass. %)**

Oznaka	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	Fe
Carbofil MnNiMoCr	0.08	0.6	1.5	0.5	0.25	0.54	≤0.015	≤ 0.018	ost.

U tabeli 4 su prikazana mehnička svojstva metala šava, koji se formira prilikom zavarivanja žicom Carbofil MnNiMoCr.

**Tabela 4. Mehnička svojstva metala šava prilikom zavarivanja žicom: Carbofil MnNiMoCr**

**Table 4. Mechanical properties of weld metal after welding with wire: Carbofil MnNiMoCr**

Oznaka	R <sub>eH</sub> [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	KV [J] (– 40 °C)
Carbofil MnNiMoCr	≥ 620	≥ 690	≥18	≥ 47

Za zaštitu električnog luka i kupke korišten je zaštitni gas klase M21, prema EN ISO 14175:2008, sa ostvarenim protokom od 15 l/min.

Poslije navarivanja, urađena je termička obrada navarenog spoja u peći. Na uzorku koji je navarivan u normalizovanom stanju, vršeno je termička obrada poboljšanje. Termička obrada poboljšanje

navarenog uzorka vršena je po istom režimu koji je prikazan na Slici 3. Na uzorku koji je navarivan u poboljšanom stanju nakon navarivanja izvršena je termička obrada navarenog spoja, žarenje radi uklanjanja unutrašnjih napona.

Žarenje radi uklanjanja unutrašnjih napona je izvedeno na način da je uzorak zagrijan na



temperaturu 580°C, sa zadržavanjem od 2 h na toj temperaturi, nakon toga je vršeno kontrolisano hlađenje do 300 °C, a zatim hlađenje na vazduhu do sobne temperature. Brzina zagrijavanja je 120 °C/h, dok je brzina hlađenja 100 °C/h

### 3. Rezultati i diskusija

Poslije završenog navarivanja i termičke obrade uzoraka nakon navarivanja, uzorci su podvrgnuti ispitivanju metodama bez i sa razaranjem, na osnovu kojih se kvalifikuje tehnologija navarivanja. Metode bez razaranja koje su provedene na uzorcima su: vizuelna metoda u skladu sa EN ISO 17637, metoda penetrantih tenosti u skladu sa EN ISO 3452-1 i ultrazvučno ispitivanje u skladu sa EN ISO 17640.

Metode sa razaranjem koje su primjenjene prilikom ispitivanja uzoraka su: zatezanje poprečnih uzoraka prema EN ISO 4136, savijanje zavarenih spojeva prema EN ISO 5173, ispitivanje udarom po Šarpiju prema EN ISO 148-1 i ispitivanje makrostrukture prema EN ISO 17639.

Sva provedena ispitivanja, na oba uzorka su zadovoljila uslove prihvatljivosti potrebne za kvalifikaciju navarenog spoja. Rezultati ispitivanja za mehanička i makroskopska ispitivanja su prikazani u tabelama ispod.

Kod poprečnog zatezanja, isjecane su epruvete iz ispitnih uzoraka su normalno na osu navarenog spoja.

**Tabela 5. Rezultati ispitivanja poprečnim zatezanjem, prema EN ISO 4136**

**Table 5. Transverse tensile test results, according to EN ISO 4136**

Dimenzije [mm x mm]	R <sub>m</sub> [MPa]	F <sub>m</sub> [kN]	Lokacija preloma
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u normalizovanom stanju			
10.2 x 24.8	638	159.8	Osnovni materijal
10.1x25.0	628	160.4	Osnovni materijal
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u poboljšanom stanju			
10.2 x 24.9	655	163.01	Osnovni materijal
10.0x25.1	653	163.9	Osnovni materijal

Kod ispitivanja zatezanjem poprečnih uzoraka, uočeno je da su sve epruvete, iz oba uzorka prekinute u osnovnom materijalu. Na epruvetama koje su uzete iz uzorka koji je navarivan u normalizovanom stanju, primjećen je blagi pad zatezne čvrstoće i maksimalne sile kidanja u

odnosu na epruvete koje su uzete iz uzorka koji je navarivan u poboljšanom stanju.

Epreuvete za bočno savijanje su takođe isjecane iz ispitnih uzoraka, normalno na osu navarenog spoja.

**Tabela 6. Rezultati ispitivanja bočnim savijanjem, prema EN ISO 5173**

**Table 6. Side bend test test results, according to EN ISO 5173**

Dimenzije [mm x mm]	Vrsta testa	Ugao savijanja [°]	Prečnik trna [mm]	Ocjena
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u normalizovanom stanju				
10.1 x 29.5	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.1 x 29.8	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.0 x 29.7	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.0 x 30.0	Bočno	180	40	Zadovoljava
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u poboljšanom stanju				
10.1 x 30.0	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.2 x 29.9	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.0 x 30.1	Bočno	180	40	Zadovoljava
10.2 x 29.8	Bočno	180	40	Zadovoljava

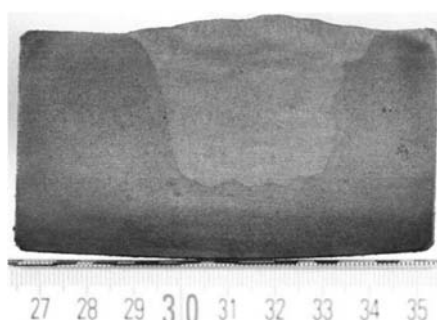


Iz prikazanih rezultata je vidljivo da su sve epruvete za savijanje iz oba uzorka zadovoljile ispitivanje na bočno savijanje navarenog spoja. Na uzorcima ispitanim savijanjem nisu uočene pukotine u zoni istezanja prilikom savijanja epruveta.

Makroskopskom analizom pripremljenih uzorka, koja je izvršena u skladu sa standardom EN ISO 17639:2013 konstatovano je da navareni spoja nema nepravilnosti u obliku gasnih mjehurova, uključaka i prslina u metalu šava, liniji stapanja i zoni uticaja toplote.



**Slika 4.** Makrosnimak uzorka navarivanog u normalizovanom stanju  
**Figure 4.** Macrostructure of the surface welded sample in the normalized condition



**Slika 5.** Makrosnimak uzorka navarivanog u poboljšanom stanju  
**Figure 5.** Macrostructure of the surface welded sample after quenching and tempering

**Tabela 7.** Rezultati ispitivanja udarom po Šarpiju, prema EN ISO 148-1

**Table 7.** Charpy impact test results, according to EN ISO 148-1

Dimenzije [mm x mm]	Položaj žljeba	Temperatura [°C]	Energija udara [J]	Srenja vrijednost energije udara [J]
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u normalizovanom stanju				
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	115	118.67
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	118	
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	123	
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	110	118
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	102	
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	142	
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	90	74.34
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	73	
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	60	
Rezultati ispitivanja uzoraka navarivanog u poboljšanom stanju				
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	137	131
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	124	
10.0 x 10.0	Metal šava	-20	132	
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	47	52
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	60	
10.0 x 10.0	Linija stapanja 1	-20	48	
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	67	49
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	37	
10.0 x 10.0	Linija stapanja +2	-20	43	



Rezultati ispitivanja energije udara po Šarpiju, prikazuju kod oba uzorka očekivani pad energije udara kod epruveta na kojima je žlijeb urezan na liniji stapanja i dva milimetra od linije stapanja u odnosu na epruvete kod kojih je žlijeb urađen u metalu šava.

#### 4. Zaključak

Postupak navarivanja čeličnih livova zauzima važnu ulogu u reparaciji defekata nastalih prilikom izlivanja čeličnih odlivaka. Kvalitet i mehanička svojstva navarenog spoja zavise od mnogo povezanih faktora, a jedan od tih faktora su vrsta i redoslijed izvođenja termičke obrade čeličnog odlivka prije i poslije navarivanja.

Analizom rezultata ispitivanja prikazanih u radu, dokazan je uticaj redoslijeda izvođenja termičke obrade prije i poslije navarivanja na mehanička svojstva navarenog spoja. Kroz rad je prikazano, da su tehnologije navarivanja na oba uzorka, koji su različito termički tretirani, mehanička svojstva zadovoljavajuća, te se obje tehnologije mogu koristiti u reparaturi defekata, ali da se postižu različita mehanička svojstva, u zavisnosti od redoslijeda izvođenja termičke obrade prije i nakon navarivanja.

#### Literatura / References

[1] Radica Prokić Cvetković, Olivera Popović, Metalurgija zavarivanja, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd 2019.

[2] Dobraš, D., Zavarivanje, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet., Banja Luka, 2016.

Kod epruveta uzetih iz uzorka koji je navarivan u poboljšanom stanju, na epruvetama kod kojih je žlijeb urezan na liniji stapanja i dva milimetra od linije stapanja, primjećen je značajan pad žilavosti u odnosu na epruvete koje su uzete na istim lokacijama iz uzorka koji je navarivan u normalizovanom stanju.

#### 4. Conclusion

The process of surface welding of steel castings, plays an important role in the repair of defects caused during the casting of steel castings. The quality and mechanical properties of the surface welded joint depend on many related factors, and one of those factors is the type and sequence of thermal treatment of the steel casting before and after surface welding.

By analyzing the test results presented in the paper, the influence of the sequence of thermal treatment before and after welding on the mechanical properties of the welded joint was proven. Through the work, it was shown that the welding technologies on both samples, which were thermally treated differently, have satisfactory mechanical properties, and both technologies can be used in the repair of defects, but that different mechanical properties are achieved, depending on the sequence of performing the thermal treatment before and after pretreating.

[3] B. Katavić i dr. Zavarivanje i zavarene konstrukcije 4, 54, 2009, 149-155

[4] Standard En10293:2015

[5] Standard ISO/TR 15608:2017

## Članstvo u strukovnoj asocijaciji DUZS

je referenca za Vaš profesionalni status

Članarina za 2022. godinu je 3500,00 dinara

Uplatom članarine stižete pravo na beneficirane cene

pretplate časopisa (strana MARKETING)

Tekući račun DUZS: 325-9500600002588-46

### Informacije

+ 381 (11) 2420-652 (10-16 h)

[duzs@eunet.rs](mailto:duzs@eunet.rs)  
[www.duzs.org.rs](http://www.duzs.org.rs)





Aleksić Boško<sup>1,a</sup>, Simonović Dejan<sup>2,b</sup>

# POSTOJEĆE STANJE STANDARDA U OBLASTI ZAVARIVANJA U SRBIJI STANDARDS IN WELDING IN SERBIA – STATE OF ART

## Stručni rad / Professional paper

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa 31. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Zavarivanje 2020" održanog u Kladovu, Srbija od 13. do 16. Oktobra 2021.

## Rad primljen / Paper received:

Septembar 2021.

## Rad prihvaćen / Paper accepted:

April 2022.

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

## Adresa autora / Author's address:

<sup>1</sup>Aleksić Boško, Pančevo, D. Tucovića 76, Srbija

<sup>2</sup>Simonović Dejan, PED Inspect, Gospodara Vučića 79, Srbija

E mail: <sup>a</sup>[albopa76@gmail.com](mailto:albopa76@gmail.com)

<sup>b</sup>[dejan.simonovic@pedinspect.rs](mailto:dejan.simonovic@pedinspect.rs)

**Key words:** Institute for standardization of Serbia (ISS), standard, welding.

## Rezime

U periodu do kraja 2020. godine Institut za standardizaciju Srbije je preuzeo i objavio kao srpske standarde oko 99% evropskih standarda – uključujući njihove izmene i dopune (amandmane).

U 2020. godini Institut je objavio 2 032 srpska standarda i srodna dokumenta, a istovremeno je povukao 1.257 srpskih standarda i srodnih dokumenata. Od tog broja, 171 standard je objavljen na srpskom jeziku, od čega je 35 bilo izvornih srpskih standarda. Osim toga, u 2020. godini su izrađena ukupno 1.422 nacrt standarda i 1.888 definitivnih tekstova nacrt standarda.

Planom donošenja srpskih standarda i srodnih dokumenata za 2021. godinu, kao i za svaku narednu godinu posle nje, biće predviđeno donošenje oko 1.500 srpskih standarda koji su identični odgovarajućim evropskim, jer je to prosečan broj standarda koje CEN i CENELEC ukupno objave u toku jedne godine i koji se moraju preuzeti na nacionalnom nivou. Takođe, planom je predviđeno donošenje 32 izvorna srpska standarda i oko 100 međunarodnih standarda.

U radu je dat pregled usvojenih standarda ISS odeljenja za metalurgiju, mašinstvo, građevinarstvo i transport, od strane komisije M044 zavarivanje i prateći postupci kao i status usvojenih standarda u Republici Srbiji do kraja 2020. godine.

## Abstract

In the period until the end of the year 2020, the Institute for Standardization of Serbia took over and published as Serbian standards about 99% of European standards – including their additions (amendments). In 2020, the Institute published 2032 Serbian standards and related documents, and at the same time withdrew 1257 Serbian standards and related documents. Of that number, 171 standards were published in Serbian, of which 35 were original Serbian standards. Besides, in 2020, a total of 1422 draft standards and 1888 definitive texts of draft standards were drafted. The plan for the adoption of Serbian standards and related documents for 2021, as well as for each subsequent year after it, will provide for the adoption of about 1500 Serbian standards that are identical to the corresponding European ones, because that is the average number of standards published by CEN and CENELEC in one year and which must be taken over at the national level. Also, the plan envisions the adoption of 32 original Serbian standards and about 100 international standards.

The paper gives an overview of the adopted standards of the ISS department for metallurgy, mechanical engineering, construction and transport, by the commission M044 welding and related procedures and the status of the adopted standards in the Republic of Serbia until the end of 2020.



## 1. Uvod

Prema stanju registra komisija za standarde i srodne dokumente Instituta za standardizaciju, u 2020. godini u Institutu bilo je ukupno 160 komisija. Za oblast zavarivanja zadužena je komisija u okviru Instituta M044 - Zavarivanje i srodni postupci u sastavu odeljenja sektora za metalurgiju, mašinstvo, građevinarstvo i saobraćaj.

U periodu od 1. januara 2007. do 31. decembra 2020. godine Institut je objavio ukupno 38.743 srpskih standarda i srodnih dokumenata od kojih 3.184 standarda na srpskom jeziku. U istom tom periodu, Institut je preuzeo odgovarajuće evropske standarde (EN), odnosno evropske srodne dokumente i to: 24.343 publikacija koje je objavio CEN у неелектротехничким областима, 9.677 публикација које је објавио CENELEC у електротехничким областима и 992 публикација које је објавио ETSI у области телекомуникација. [1]

Rad svih komisija za standarde u Institutu sinhronizovan je sa radom odgovarajućih tehničkih radnih tela evropskih organizacija za standardizaciju.

## 2. 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.

U 2020. godini Institut je objavio 2.032 srpska standarda i srodna dokumenta, a istovremeno je povukao 1.257 srpskih standarda i srodnih dokumenata. Od tog broja, objavljenih standarda i srodnih dokumenata, 171 je objavljeno na srpskom, a 1.861 na engleskom jeziku. Od 171 objavljena standarda i srodna dokumenta na srpskom jeziku,

35 je bilo izvornih srpskih standarda, a 136 standarda i srodnih dokumenata nastalo je preuzimanjem odgovarajućih evropskih i međunarodnih standarda odnosno srodnih dokumenata metodom prevođenja. Od 1.861 objavljena standarda i srodna dokumenta na engleskom jeziku, 160 standarda i srodnih dokumenata je nastalo preuzimanjem odgovarajućih evropskih i međunarodnih standarda odnosno srodnih dokumenata metodom preštampavanja, a od toga 1.701 metodom proglašavanja. Osim toga, u 2020. godini je izrađen ukupno 1.422 nacrt standarda i 1.888 definitivna teksta nacrta standarda. Uporedni pregled broja realizovanih srpskih standarda i srodnih dokumenata, nacrta i definitivnih tekstova nacrta standarda u 2020. godini dat je u tabeli 1.

U realizaciji programa rada za 2020. godine Institut je imao više problema, problem koji se proteže unazad više godina a najizraženiji za rad komisija je sledeći:

Zbog situacije u kojoj se srpska privreda nalazi, stručnjaci iz privrede nemaju adekvatne mogućnosti, niti interesovanje za učestvovanje u nacionalnoj standardizaciji, što otežava obrazovanje komisija za standarde u pojedinim oblastima, odnosno utiče na efektivniji i efikasniji rad postojećih komisija. Takođe postoji realna potreba za uključivanjem stručnjaka iz privrede u rad evropskih i međunarodnih tela za standardizaciju, kako bi predstavnici privrede mogli da stiču nova znanja, razmenjuju iskustva i da uvek budu na izvoru informacija koje bi pomogle daljem radu i razvoju privrede u Republici Srbiji.

Ako se pođe od pojednostavljene definicije da efikasnost ustvari znači „raditi stvari na pravi način za dobrobit preduzeća“ a da efektivnost ustvari znači „raditi prave stvari za dobrobit preduzeća“ danas često dolazimo do apsurdna. Privatno vlasništvo nad kapitalom dovodi zavarivačku struku pred, vrlo često bezizlaznu situaciju. Struka i znanje bivaju potisnuti pred stavom vlasnika da je njegova odluka o kvalitetu izvedenih zavarivačkih radova konačna bez obzira na kasniji ishod i posledice. Da li smo kao „esnaf“ dovoljno jaki i organizovani da se suprotstavimo najezdi nestručne primene svega onog što smo učili i učimo nove, dolazeće generacije ili prepuštamo sve niz vodu i povlačimo se od realnosti.

Gde nam je, koliko klizi i u kom pravcu ide naša zavarivačka struka?



**Tabela 1. Pregled broja realizovanih srpskih standarda i srodnih dokumenata, nacrti i definitivnih tekstova nacrti standarda u 2020. godini**

**Table 1. Review of the number of implemented Serbian standards and related documents, drafts and definitive texts of draft standards in 2020**

Vrsta dokumenta	Na srpskom jeziku	Na engleskom jeziku	Ukupno
Nacrt standarda	118	1304	1422
Definitivni tekst nacrti	149	1739	1888
Standard	171	1861	2032 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Na ukupan broj treba dodati i 58 ispravki standarda.			

Prema spisku ISS komisija za zavarivanje, tvrdo i meko lemljenje, u periodu od 1. januara do 30. juna 2021. godine donela je ili ažurirala 21 standard.

Planom donošenja srpskih standarda i srodnih dokumenata za 2021. godinu predviđeno je da se kao srpski preuzme 351 harmonizovani evropski standard čijom se primenom ostvaruje pretpostavljena usaglašenost sa osnovnim zahtevima evropskih direktiva. [2]

U tabeli 2 je dat pregled usvojenih i objavljenih standarda do kraja juna 2021. godine. U tabeli su navedeni nazivi standarda na srpskom jeziku i naziv identičnog originala usvojenog standarda u Srbiji. Takođe dati su nacrti ili projekti donošenja standarda sa pozivanjem na evropske Direktive ili javne rasprave. Navedeni evropski standardi i srodna dokumenata navedeni su zbog lakšeg praćenja novih izdanja koje ISO standardizacija prema zainteresovanosti određenih strana korisnika prepoznaje i pušta odgovarajuće izmene i dopune a koje smo u obavezi da usvajamo.

**Tabela 2. Pregled usvojenih i objavljenih standarda do kraja juna 2021. godine. [3]**

**Table 2. Review of received and published standards until the end of June 2021. [3]**

Red. br.	Oznaka standarda	Naziv standarda	Naziv originala	Identičan sa	na – nacrt pr - projekat	Napomena
1.	SRPS EN 14717:2008	Zavarivanje i srodni postupci - Lista provere uticaja na životnu sredinu	Welding and allied processes - Environmental check list	EN 14717:2008	naSRPS EN 14717:2020 prEN 14717	Direktiva povezana sa ovim standardom 2019/1784. Završetak javne rasprave 17.06.2021
2.	SRPS EN ISO 10675-1:2017	Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva - Nivoi prihvatljivosti za radiografsko ispitivanje - Deo 1: Čelik, nikel, titanijum i njihove legure	Non-destructive testing of welds - Acceptance levels for radiographic testing - Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys	SEN ISO 10675-1:2017	naSRPS EN ISO 10675-1:2021 prEN ISO 10675-1:2020 (ISO/FDIS 10675-1:2021)	Završetak javne rasprave 06.05.2021
3.	SRPS EN 21089:2015	Konusne elektrode za opremu za tačkasto zavarivanje — Mere	Resistance welding equipment - Electrode taper fits for spot welding equipment - Dimensions		naSRPS EN ISO 1089:2020 prEN ISO 1089:2020, idt. ISO/DIS 1089:2021	Završetak javne rasprave 06.05.2021.
4.	SRPS EN ISO 13585:2013	Tvrdo lemljenje — Kvalifikacioni ispit lemioaca i operatora lemljenja	Brazing - Qualification test of brazers and brazing operators	EN ISO 13585:2012	naSRPS EN ISO 13585:2019 ISO/DIS 13585:2020	Direktive povezane sa ovim standardom 2014/68/EU Završetak javne rasprave 23.07.2020.



5.	SRPS EN ISO 15614-12:2015	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala – Kvalifikacija tehnologije zavarivanja – Deo 12: Tačkasto, šavno i bradavičasto zavarivanje	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 12: Spot, seam and projection welding	EN ISO 15614-12:2014	prSRPS EN ISO 15614-12:2020 (ISO/DIS 15614-12:2020)	Završetak javne rasprave 17.07.2020.
6.	SRPS EN ISO 15615:2014	Oprema za gasno zavarivanje — Sistemi acetilenskih vodova za zavarivanje, rezanje i srodne postupke — Zahtevi za bezbednost uređaja pod visokim pritiskom	Gas welding equipment — Acetylene manifold systems for welding, cutting and allied processes — Safety requirements in high-pressure devices	EN ISO 15615:2014	naSRPS EN ISO 15615:2020 ISO/DIS 15615	Završetak javne rasprave 02.06.2020.
7.	SRPS EN ISO 17633:2018	Potrošni materijali za zavarivanje – Punjene žice i šipke za elektrolučno zavarivanje sa zaštitnim gasom i bez zaštitnog gasa nerđajućih i vatrootpornih čelika – Klasifikacija	Welding consumables - Tubular cored electrodes and rods for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification - Amendment 1	EN ISO 17633:2018	naSRPS EN ISO 17633:2018/A1:2021 ISO 17633:2017/Amd 1:2021	Završetak javne rasprave 23.03.2021.
8.	SRPS EN ISO 18278-1:2017	Elektrootporno zavarivanje – Zavarljivost – Deo 1: Opšti zahtevi za vrednovanje zavarljivosti za elektrootporno tačkasto, šavno i bradavičasto zavarivanje metalnih materijala	Resistance welding - Weldability - Part 1: General requirements for the evaluation of weldability for resistance spot, seam and projection welding of metallic materials	EN ISO 18278-1:2015	naSRPS EN ISO 18278-1:2021 (ISO/DIS 18278-1:2021)	Završetak javne rasprave 26.07.2021.
9.	SRPS EN 1045:2017	Tvrdo lemljenje – Topitelji za tvrdo lemljenje – Klasifikacija i tehnički uslovi isporuke	Brazing - Fluxes for brazing - Classification and technical delivery conditions	EN 1045:1997	naSRPS EN ISO 18496:2021 prEN ISO 18496	
10.	naSRPS EN ISO 25901-2:2020	Zavarivanje i srodni postupci – Rečnik – Deo 2: Zdravlje i bezbednost	Welding and allied processes — Vocabulary — Part 2: Health and safety	ISO/DIS 25901-2	----	Završetak javne rasprave 13.05.2021.
11.	SRPS EN ISO 3834-1:2008	Zahtevi kvaliteta kod zavarivanja topljenjem metalnih materijala - Deo 1: Kriterijumi za izbor odgovarajućeg nivoa zahteva	Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 1: Criteria for	EN ISO 3834-1:2005	naSRPS EN ISO 3834-1:2020 ISO/DIS 3834-1:2020	Završetak javne rasprave 18.02.2021.



		kvaliteta	the selection of the appropriate level of quality requirements			
12.	SRPS EN ISO 3834-5:2017	Zahtevi za kvalitet koji se odnose na zavarivanje topljenjem metalnih materijala – Deo 5: Dokumenti sa kojima je neophodno usaglasiti tvrdnju o usaglašenosti sa zahtevima za kvalitet ISO 3834-2, ISO 3834-3 ili ISO 3834-4	Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 5: Documents with which it is necessary to conform to claim conformity to the quality requirements of ISO 3834-2, ISO 3834-3 or ISO 3834-4	EN ISO 3834-5:2015	naSRPS EN ISO 3834-5:2021 ISO/DIS 3834-5:2020	Završetak javne rasprave 18.02.2021.
13.	SRPS EN ISO 4063:2013	Zavarivanje i srodni postupci — Lista postupaka i njihovo označavanje	Welding, brazing, soldering, cutting, mechanical joining and adhesive bonding — Nomenclature of processes and reference numbers	EN ISO 4063:2010	SRPS EN ISO 4063:2020 ISO/DIS 4063	Završetak javne rasprave 10.03.2021.
14.	SRPS EN ISO 5173:2013	Ispitivanje sa razaranjem zavarenih spojeva metalnih materijala — Ispitivanje savijanjem	Destructive tests on welds in metallic materials — Bend tests	EN ISO 5173:2010/A1:2011	naSRPS EN ISO 5173:2021 ISO/DIS 5173	Završetak javne rasprave 11.05.2021.
15.	naSRPS EN ISO 8167:2017	Ispupčenja prilikom elektrootpornog zavarivanja	Resistance welding - Embossed projection welding - Projections for resistance welding	ISO 8167:2021	---	Završetak javne rasprave 03.07.2020.
16.	SRPS EN ISO 9016:2013	Ispitivanje sa razaranjem zavarenih spojeva metalnih materijala — Ispitivanje udarom — Postavljanje epruveta, orijentacija zarezata i ispitivanje	Destructive tests on welds in metallic materials — Impact tests — Test specimen location, notch orientation and examination	EN ISO 9016:2012	naSRPS EN ISO 9016:2020 pr ISO/DIS 9016	Završetak javne rasprave 07.10.2020.
17.	naSRPS EN ISO 9455-16:2019	Topitelji za meko lemljenje — Metode ispitivanja — Deo 16: Ispitivanje efikasnosti topitelja, metoda ujednačenosti kvašenja	Soft soldering fluxes — Test methods — Part 16: Flux efficacy test, wetting balance method	EN ISO 9455-16:2019	----	Datum objavljivanja: 29.05.2020
18.	SRPS CEN ISO/TR 3834-6:2009	Zahtevi kvaliteta kod zavarivanja topljenjem metalnih materijala - Deo 6: Uputstva za primenu ISO 3834	Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 6: Guidelines on implementing ISO	CEN ISO/TR 3834-6:2007	prSRPS CEN ISO/TR 3834-6:2020 CEN ISO/TR 3834-6 rev	Novi projekat se prihvata 06.12.2019.



			3834			
19.	SRPS EN 13134:2008	Tvrdo lemljenje - Kvalifikacija tehnologije	Brazing - Procedure approval	EN 13134:2000	prSRPS EN 13134:2020	Direktive povezane sa ovim standardom 2014/29/EU i 2014/68/EU
20.	SRPS EN 14700:2015	Potrošni materijali za zavarivanje — Potrošni materijali za tvrdo navarivanje	Welding consumables - Welding consumables for hard-facing	EN 14700:2014	prSRPS EN 14700:2020 EN 14700 rev	Novi projekat se prihvata 14.07.2020
21.	SRPS EN ISO 10447:2015	Elektrotoporno zavarivanje — Ispitivanje ljuštenjem i rezanjem dletom tačkasto i bradavičasto zavarenih spojeva	Resistance welding - Testing of welds - Peel and chisel testing of resistance spot and projection welds	EN ISO 10447:2007	prSRPS EN ISO 10447:2021 prEN ISO 10447 rev	Novi projekat se prihvata 09.06.2021.
22.	SRPS EN ISO 10675-2:2018	Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva – Nivoi prihvatljivosti za radiografsko ispitivanje – Deo 2: Aluminijum i njegove legure	Non-destructive testing of welds - Acceptance levels for radiographic testing - Part 2: Aluminium and its alloys	EN ISO 10675-2:2017	prSRPS EN ISO 10675-2:2021 ISO/FDIS 10675-2:2021	Novi projekat
23.	SRPS EN ISO 10882-1:2012	Zdravlje i bezbednost pri zavarivanju i srodnim postupcima — Uzorkovanje čestica i gasova iz vazduha u zoni disanja operatera — Deo 1: Uzorkovanje čestica iz vazduha	Health and safety in welding and allied processes - Sampling of airborne particles and gases in the operator's breathing zone - Part 1: Sampling of airborne particles	EN ISO 10882-1:2011	prSRPS EN ISO 10882-1:2021 prEN ISO 10882-1 rev	Novi projekat se prihvata 14.07.2021.
24.	SRPS EN ISO 10882-2:2008	Zdravlje i bezbednost pri zavarivanju i srodnim postupcima - Uzorkovanje čestica i gasova iz vazduha u zoni disanja operatera - Deo 2: Uzorkovanje gasova	Health and safety in welding and allied processes - Sampling of airborne particles and gases in the operator's breathing zone - Part 2: Sampling of gases	EN ISO 10882-1:2011	prSRPS EN ISO 10882-2:2021 prEN ISO 10882-2 rev	Novi projekat se prihvata 14.07.2021.
25.	SRPS EN ISO 12153:2013	Potrošni materijali za zavarivanje — Punjene elektrodne žice za zavarivanje nikla i legura nikla pod zaštitom gasa i bez nje — Klasifikacija	Welding consumables - Tubular cored electrodes for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of nickel and nickel alloys - Classification	EN ISO 12153:2012	prSRPS EN ISO 12153:2021 prEN ISO 12153 rev	Novi projekat se prihvata 02.06.2021.
26.	SRPS EN ISO 14172:2017	Potrošni materijali za zavarivanje – Obložene elektrode za ručno	Welding consumables — Covered	EN ISO 14172:2015	prSRPS EN ISO 14172:2021	Novi projekat



		elektrolučno zavarivanje nikla i njegovih legura – Klasifikacija	electrodes for manual metal arc welding of nickel and nickel alloys – Classification			
27.	SRPS EN ISO 14344:2017	Potrošni materijali za zavarivanje — Uputstva za nabavku dodatnih materijala i praškova	Welding consumables — Procurement of filler materials and fluxes	EN ISO 14344:2010	prSRPS EN ISO 14344:2017 ISO/WD 14344	Novi projekat se prihvata 01.01.2017.
28.	SRPS EN ISO 14732:2014	Osoblje koje vrši zavarivanje — Kvalifikaciono ispitivanje zavarivača za automatizovano i automatsko zavarivanje metalnih materijala	Welding personnel - Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials	EN ISO 14732:2013	prSRPS EN ISO 14732:2013/A11:2021 EN ISO 14732:2013/prA11	Novi projekat se prihvata 01.04.2021.
29.	SRPS EN ISO 14732:2014	Osoblje koje vrši zavarivanje — Kvalifikaciono ispitivanje zavarivača za automatizovano i automatsko zavarivanje metalnih materijala	Welding personnel - Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials	EN ISO 14732:2013	prSRPS EN ISO 14732:2021 prEN ISO 14732 rev	Novi projekat se prihvata 04.05.2021
30.	SRPS EN ISO 14744-1:2011	Zavarivanje - Kontrola prihvatljivosti mašina za zavarivanje elektronskim snopom- Deo 4: Merenje brzine zavarivanja	Welding — Acceptance inspection of electron beam welding machines — Part 4: Measurement of welding speed	EN ISO 14744-1:2008	prSRPS EN ISO 14744-4:2017 EN ISO 14744-1:2000	Novi projekat se prihvata 01.01.2017.
31.	SRPS EN ISO 15610:2015	Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala — Kvalifikacija na osnovu proverenih potrošnih materijala za zavarivanje	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on tested welding consumables	EN ISO 15610:2003	prSRPS EN ISO 15610:2020 ISO/DIS 15610:2021	Novi projekat se prihvata 08.02.2020.
32.	SRPS EN ISO 15611:2015	Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala — Kvalifikacija na osnovu prethodnog iskustva u zavarivanju	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on previous welding experience	EN ISO 15611:2003	prSRPS EN ISO 15611:2003/A11:2021 EN ISO 15611:2003/prA11	Novi projekat se prihvata 01.04.2021.
33.	SRPS EN ISO 15611:2015	Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala — Kvalifikacija na osnovu	Specification and qualification of welding procedures for	EN ISO 15611:2003	prSRPS EN ISO 15611:2021 prEN ISO 15611 rev	Novi projekat se prihvata



		prethodnog iskustva u zavarivanju	metallic materials — Qualification based on previous welding experience			
34.	SRPS EN ISO 15612:2018	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala – Kvalifikacija prihvatanjem standardne tehnologije zavarivanja	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification by adoption of a standard welding procedure specification	EN ISO 15612:2018	prSRPS EN ISO 15612:2018/A11:2021 EN ISO 15612:2018/prA1 1	Novi projekat se prihvata 01.04.2021.
35.	SRPS EN ISO 15613:2009	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala - Kvalifikacija tehnologije zavarivanja na bazi ispitivanja pre proizvodnje	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on pre-production welding test	EN ISO 15613:2004	SRPS EN ISO 15613:2009 prEN ISO 15613 rev	Direktive povezane sa ovim standardom 2014/68/EU Novi projekat se prihvata 01.04.2021.
36.	SRPS EN ISO 15613:2009	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala - Kvalifikacija tehnologije zavarivanja na bazi ispitivanja pre proizvodnje	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Qualification based on pre-production welding test	EN ISO 15613:2004	prSRPS EN ISO 15613:2021 prEN ISO 15613 rev	Novi projekat
37.	SRPS EN ISO 15614-1:2017/A1:2020	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala – Kvalifikacija tehnologije zavarivanja – Deo 1: Elektrolučno i gasno zavarivanje čelika i elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla - Izmena 1	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys	EN ISO 15614-1:2017/A1:2019	----	Direktive povezane sa ovim standardom 2014/29/EU 2014/68/EU Novi projekat se prihvata 01.04.2021.
38.	SRPS EN ISO 15614-11:2008	Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala - Kvalifikacija tehnologije zavarivanja - Deo 11: Zavarivanje elektronskim snopom i laserom	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys — Amendment 1	EN ISO 15614-11:2002	prSRPS EN ISO 15614-11:2020/A1:2021 EN ISO 15614-1:2017/A1:2019	Direktive povezane sa ovim standardom 2014/68/EU Novi projekat se prihvata 01.04.2021.



### 3. Zaključak

Privreda po svojoj prirodi trebala bi da bude najzainteresovanija strana za donošenje i održavanje aktuelnosti srpskih standarda, kao i efektivno i efikasno funkcionisanje naše nacionalne standardizacije preko Instituta za standardizaciju. Međutim, zbog dugogodišnje nezavidne situacije u kojoj se privreda nalazi, stručnjaci iz privrede i drugih delatnosti nemaju mogućnosti za učestvovanje u nacionalnoj standardizaciji. Ovaj problem ponekad onemogućava ili znatno otežava obrazovanje komisija za standarde u pojedinim oblastima.

Paralelno sa tim postoji i nezainteresovanost stručne javnosti za učešće u javnoj raspravi i dostavljanju primedbi i predloga u vezi sa nacrtima srpskih standarda i srodnih dokumenata koji se stavljaju na javnu raspravu.

O efektivnosti i efikasnijem radu postojećih komisija teško da se može govoriti, jer je rad u komisijama dobrovoljan, tj. bez materijalne naknade.

### Literatura / References

[1] Institut za standardizaciju Srbije: Izveštaj o realizaciji programa rada za 2020 godinu.

[2] Institut za standardizaciju Srbije: Izveštaj o srpskim standardima i srodnim dokumentima koji su objavljeni, odnosno povučeni u periodu od 1. januara do 30. juna 2021. godine, kao i o srpskim standardima i srodnim dokumentima koji se nalaze u pripremi.

Pored ovog poslodavci ne dozvoljavaju rad osoblja u komisijama Instituta pošto su višestruko u gubitku: prvo za vreme odsustvovanja osoblja sa posla – posao „stoji“ a putne troškove dolaska za rad u komisiji taj isti poslodavac u potpunosti snosi. Rad stručnjaka u komisijama pri donošenju standarda participiran je za sve buduće korisnike dotičnih standarda. S druge strane, pri nabavci standarda poslodavac plaća punu cenu standarda iako je u prethodnom periodu već delom učestvovao preko „svojih“ stručnjaka u donošenju istih. Bilo koju vrstu materijalnog popusta nema pa je poslodavac kažnjen od strane Instituta (ili države) što je dozvolilo rad svojih radnika za dobrobit cele privrede. [4]

I na kraju, prisutna je inertnost ili nezainteresovanost države u uvođenju profesionalizama u radu i prevođenja određenih opštih, vitalnih, standarda koje bi predvodili eksperti za određene oblasti, koji potiču iz privrede a prednjače znanjem u radu u ovoj oblasti.

[3] Institut za standardizaciju Srbije: Navedeni standardi podkomisije M044 ISS.

[4] Savetovanje sa međunarodnim učešćem „IBR 2018“, Srebrno jezero, 18.do 20. aprila 2018. god, Aleksić Boško, Postojeće stanje standarda u oblasti IBR u Srbiji.

### Napomena:

Obzirom na veliki broj i obim usvojenih i objavljenih standarda do kraja juna 2021. godine, u narednim brojevima časopisa će sukcesivno biti objavljeni ostali standardi iz tabele.

**ČASOPIS ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE****Cenovnik oglasnog prostora u četiri uzastopna broja 2022**

	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%.
- Objavlivanje 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](http://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 2022**

	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**

MESSER TEHNOGAS

YASKAWA SLOVENIJA

HONEX

ELIMP

NEMINIK

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. ČLANARINA DUZS za 2022. godinu .....   | 3.500 dinara  |
| Članovima DUZS <b>GRATIS</b> godišnje izdanje časopisa "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE"                      |               |
| 2. ČASOPIS "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" - 2022. 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 2020. godinu .....   | 500 dinara    |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine.....  | 250 dinara    |
| b) beneficirane cene za članove DUZS:   |               |
| ▪ cena pojedinačnog broja za 2021. godinu (pouzećem ili preuzimanjem) .....                                       | 400 dinara    |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine (pouzećem ili preuzimanjem) .....                                   | <u>Gratis</u> |
| 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  |