



# ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE

---

## WELDING & WELDED STRUCTURES

God. 59 Vol. 59	Br. 1 No. 1	1-48 1-48	Beograd Belgrade	Srbija Serbia	2014. 2014.
--------------------	----------------	--------------	---------------------	------------------	----------------

ČASOPIS DRUŠTVA ZA UNAPREĐIVANJE  
ZAVARIVANJA U SRBIJI

SERBIAN WELDING SOCIETY  
QUARTERLY REVIEW

IZLAZI TROMESEČNO

### IZDAVAČ / PUBLISHER

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

Adresa: 11000 Beograd, Grčića Milenka 67

**Za izdavača / For Publisher**

Branislav Lukić, dipl.ing, predsednik DUZS

### UREDNIŠTVO / EDITORIAL

**Glavni i odgovorni urednik / Editor-in-Chief**

Milica Antić, dipl.ing. EWE

duzs@eunet.rs, milicamantic@yahoo.com

**Tehnički urednik / Technical Editor**

Branislav Lukić, dipl.ing

**Redakcijski odbor / Editorial Board**

Dr Nenad Radović, dipl.ing.

Dr Bore Jegdić, dipl.ing.

Miloš Pavlović, dipl.ing.

### UREĐIVAČKI ODBOR / PUBLISHING COUNCIL

Dr Vencislav Grabulov, dipl.ing. (predsednik)

Prof. dr Miroslav Đurđanović, dipl.ing.

Prof.dr Vukić Lazić, dipl.ing.

Sava Đurić, dipl.ing.

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

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

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

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

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

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

Horia Dascau, dipl.ing. (Rumunija)

### REDAKCIJA I MARKETING / EDITORIAL OFFICE AND MARKETING



Vesna Jović  
Grčića Milenka 67, I sprat  
11000 Beograd



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



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

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд  
621.791

ZAVARIVANJE i zavarene konstrukcije :  
časopis Društva za unapređivanje zavarivanja  
u Srbiji = Welding & Welded Structures :  
Serbian Welding Society quarterly review /  
glavni i odgovorni urednik = editor-in-chief Milica Antić. –  
Vol. 41, no. 1 (1996)- . - Beograd :  
Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji,  
1996-. (Beograd : VIS studio).-29 cm  
Tromesečno.  
ISSN 0354-7965 = Zavarivanje i zavarene konstrukcije  
COBISS.SR-ID 105396743

### CENE I NARUDŽBINA ZA 2014.

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

### PRICE AND ORDER

Annual subscription: EUR 100  
Account No. 000200073783

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

### ŠTAMPA / PRINTED

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

# 1/2014

## SADRŽAJ:

## CONTENTS:



### NAUKA • ISTRAŽIVANJE • RAZVOJ

### SCIENCE • RESEARCH • DEVELOPMENT

05

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

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

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

11

SPREČAVANJE I UKLANJANJE TERMIČKOG OKSIDA  
(HEAT TINT)

PREVENTING AND REMOVING OF HEAT TINT

*Bore V. Jegdić, Biljana M. Bobić*

23

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

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

*Željko Potkonjak*

35

SAVREMENI ČELICI: DVOJNIKOVANJEM IZAZVANA  
PLASTIČNOST

*Nenad Radović, Dragomir Glišić*



### PRAKSA

### PRACTICE

44

SANACIJA KOVAČKOG ALATA „MLINSKE POLUGE“

*Ohran Edhem*



### VESTI

### NEWS

04

SAVETOVANJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM „ZAVARIVANJE 2014“ - PRVO OBAVEŠTENJE I POZIV ZA  
PRIJAVU RADOVA

10

IN MEMORIAM – SAVA ĐURIĆ

20

MEĐUNARODNI SAJAM PROIZVODA GVOŽĐA I ČELIKA

33

MEĐUNARODNI SAJAM METALOPRERAĐIVAČKE INDUSTRIJE I MODERNOG PROIZVODNOG  
MAŠINSTVA

43

RASPORED MEĐUNARODNIH SAJMOVA ZAVARIVANJA I REZANJA U PERIODU FEBRUAR 2014-  
JANUAR 2015

48

MARKETING

**Poštovani čitaoci,**

*I ova, koliko juče počela, nova godina, sve brže pokazuje znake svoga trajanja. Od lepih želja do nade. Pomalo umorni od saplitanja o svakodnevicu, kao da nam ponestaje snage da davno utrte staze intenzivnije pretvorimo u široke bulevare.*

*Pred nama je već najavljeni događaj koji priređujemo svake dve godine. Savetovanje "ZAVARIVANJE 2014" održaće se u prelepom ambijentu Borskog jezera na oko 250 km od Beograda. Verujemo da nekoliko kilometara puta koji nije u perfektnom stanju neće moći da naruši ushićenje koji pruža ovaj predeo Srbije. Valjalo bi, pored ovoga, da se još jednom sretnemo na ovakvom skupu, izmenimo iskustvo i zašto ne, ponešto i naučimo.*

*U ovom broju, posle dužeg vremena, u rubrici Obrazovanje, objavljujemo rad sa temom kojom se retko bavimo.*

*Sve ostalo u prvom ovogodišnjem broju je pred vama i čeka da bude pročitano.*

*S poštovanjem,*

*Milica Antić, dipl.ing.*

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



**DRUŠTVO ZA  
UNAPREĐIVANJE  
ZAVARIVANJA U SRBIJI –  
DUZS**



member of



*European Federation for Welding,  
Joining and Cutting*

ORGANIZUJE

Savetovanje sa  
međunarodnim učešćem

**„ZAVARIVANJE 2014“**

**Prvo obaveštenje i poziv za  
prijavu radova**

**Datum održavanja:  
04 - 07. jun 2014.**

**Mesto: Borsko jezero, hotel  
„Jezero“**



**POZIV ZA PRIJAVU RADOVA**

SLUŽBENI JEZICI SAVETOVANJA:  
SRPSKI I ENGLJSKI

Vaš rad/radove (naslov i  
rezime od najviše 10 kucanih  
redova) sa popunjenim  
prijavnim listom **pošaljite do  
01.03. 2014.**

Naučno-stručni odbor će  
obavestiti autore o  
prihvatanju radova **do 15.03.  
2014.** kao i o formi/pravilima  
za pisanje radova, a  
zadržava pravo da odredi  
radove čiji je sadržaj  
pogodan za poster sekciju.

**Prihvaćeni radovi uz dokaz o  
uplaćenju kotizaciji, treba da  
se pošalju do**

**30. 04. 2014**

**Molimo Vas da poštujuete  
rokove!**

**Drugo obaveštenje i  
Program**

**20.05.2014.**

**Kotizacija** za učešće na  
savetovanju (uključen CD sa  
radovima) iznosi:

**70 €** u dinarskoj  
protivvrednosti za autore,

**100 €** za koautore i članove  
DUZS

**150 €** za one koji nisu  
članovi.

Preduzećima koja pošalju  
više od tri učesnika odobrava  
se **popust od 20% po osobi.**



**Dobro došli !**

**TEME SAVETOVANJA**  
**“ZAVARIVANJE 2014”**

**1. KONVENCIONALNI I  
NEKONVENCIONALNI  
POSTUPCI ZAVARIVANJA**

**2. OSNOVNI, DODATNI I  
POMOĆNI MATERIJALI**

**3. INTEGRITET  
KONSTRUKCIJA I  
OSIGURANJE KVALITETA**

**4. TEHNIČKA REGULATIVA,  
OBRAZOVANJE, EKOLOGIJA  
I ZAŠTITA**

**POZIV NA SPONZORSTVO**

*U vreme održavanja  
savetovanja proizvođači  
opreme i materijala za  
zavarivanje i IBR, kao i  
njihovi zastupnici, mogu da  
budu:*

**VELIKI SPONZORI** - (štanđ, 15  
minuta usmenog izlaganja, 2  
kotizacije gratis, podela  
propagandnog materijala - uz  
nadoknadu od 1000 EUR)

**SPONZORI** - (štanđ, 1 kotizacija  
gratis, podela propagandnog  
materijala - uz nadoknadu od 500  
EUR)



Nikola Bajić<sup>1</sup>, Darko Veljić<sup>1</sup>, Marko Rakin<sup>2</sup>, Slobodan Stojadinović<sup>3</sup>, Jasmina Pekez<sup>3</sup>, Mihailo Mrdak<sup>4</sup>

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

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

NASTAVAK IZ PREDHODNOG BROJA

CONTINUED FROM PREVIOUS ISSUE

2. deo

part 2

- Eksperimentalna oprema za razvoj i proizvodnju univerzalnog aglomeriranog praška za zavarivanje EPP postupkom

- Experimental equipment for development and production of universal agglomerated powders for submerged arc welding

Tehnološka oprema pruža mogućnost razvoja i proizvodnje novih pomoćnih materijala oblika granulisanog praha za navarivanje EPP postupkom. Zavisno od oblika komponenti za proizvodnju granulisanog praha potrebna je odgovarajuća priprema da bi se dobio oblik praha čije čestice imaju krupnoću od 0.06 – 0.25 mm. Priprema komponenti sadrži tehnološke faze sušenja, mlevenja i prosejavanje koj se izvode na sledećoj laboratorijskoj opremi:

Technological equipment enables the development and production of new auxiliary materials in forms of granulated powders for submerged arc welding. Depending on the type of components for producing granulated powders adequate preparation is required to achieve the form of powder with particle size from 0.06 to 0.25 mm. Preparation of components includes technological stages of drying, grinding and sifting which is performed on the following laboratory equipment:

- sušenje se izvodi u komornoj sušari, slika 7-a
- posle sušenja izvodi se mlevenje komponenti na mlinu sa kuglama, slika 7-b;
- nakon mlevenja komponente se prosejavaju na vibro situ (slika 7-c) i čestice imaju krupnoću od 0.06 – 0.25 mm.

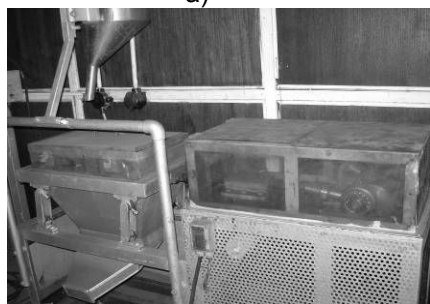
- drying is carried out in the drying chamber, Figure 2-a
- after drying the components are ground in a ball mill, Figure 2-b;
- after grinding the components are sifted through a vibrating sieve (Figure 2-c) to obtain a powder with particle size from 0.06 to 0.25 mm.



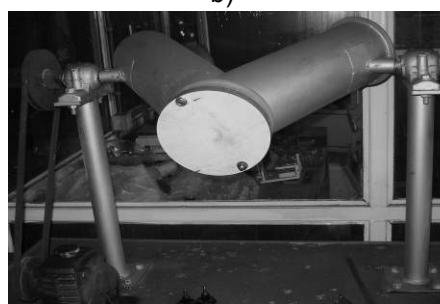
a)



b)



c)



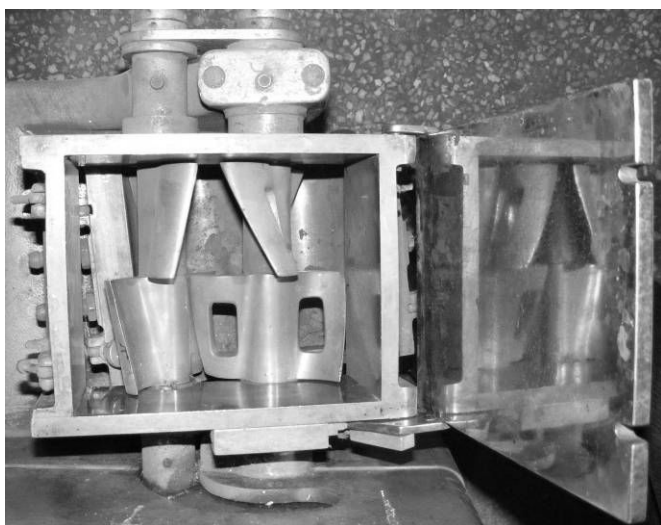
d)

**Slika 7.** Tehnološka oprema za pripremu komponenti praha(a,b,c) i homogenizaciju mešavine (d)  
**Figure 7** Technological equipment for preparation of the powder components (a, b, c) and mixture homogenization (d)



Posle komponovanja i homogenizacije mešavina se dodaje u mikser sa vezivom, slika 8(a,b) nakon čega se izvodi prosejavanja krupnih čestica kroz sito otvora 3mm.

After compiling and homogenization, the mixture is added to the mixer with the binder, Figure 8 (a, b) after which the large particles are sifted through a sieve with 3mm holes.



a)

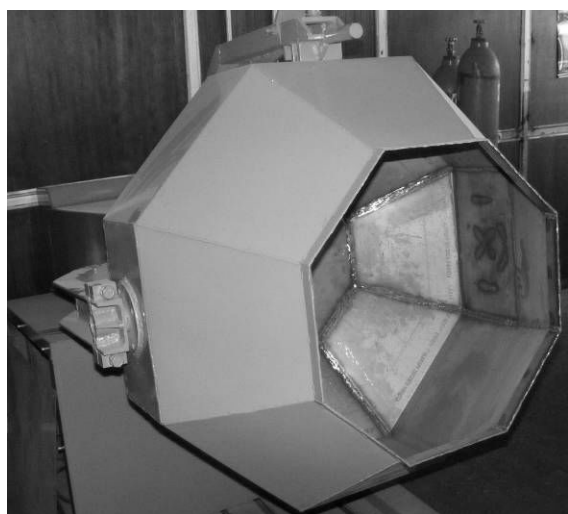


b)

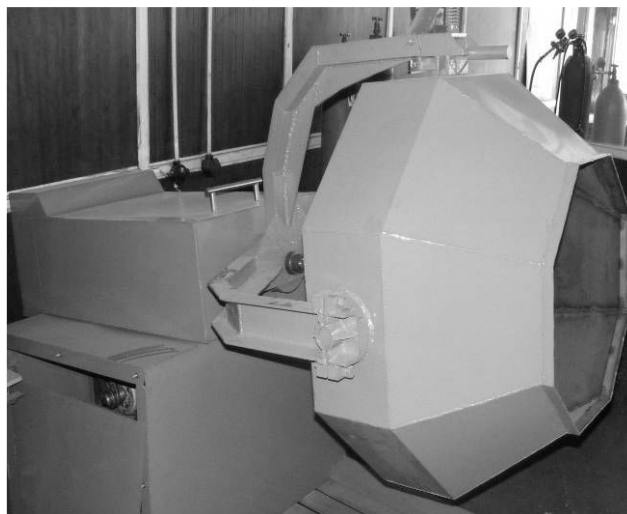
**Slika 8.** Tehnološka oprema za formiranje mešavine praška i veziva (a,b)  
**Figure 8** Technological equipment for compiling a mixture of powder and binder (a, b)

Prosejana mešavina primarnog granulata dolazi na operaciju gde se izvodi finalna granulacija u granulatoru, slika 9(a,b). Uzorak se prosejava kroz sito otvora 3mm, da se odstrane krupne čestice, zatim se meri i kontroliše nasipna težina i po dobijanju odgovarajuće nasipne težine, granulata se prosejava kroz sito 2,0 mm i 0,45mm. Sitna frakcija se ponovo vraća u mikser i ponavlja čitava operacija granulacije [8].

The sifted mixture of the primary granules enters the process of final granulation performed in the granulator, Figure 9 (a, b). The sample is sifted through a 3 mm size sieve to remove large particles then it is measured and the bulk weight controlled. After getting the adequate bulk weight the granules are sifted through 2.0 mm and 0.45 mm size sieve. The fine fraction is returned to the mixer and the whole process of granulation is repeated [8].



a)



b)

**Slika 9.** Granulator  
**Figure 9** Granulator



Posle granulacije mešavine i prosejavanja izvodi se sušenje granula praška a zatim aglomeracije odnosno pečenja koje se izvodi u elektropeći, slika 10(a), dok je izgled uzoraka dobijenog granulata dat na slici 10(b).

Nakon aglomeriranja prašak se prosejava gde se odvaja sitna frakcija dok se aglomerirani prašak odgovarajuće granulacije pakuje u džakove.

After granulating and sifting of the mixture the powder granules are dried and then agglomerated i.e. baked in an electric furnace, Figure 10 (a), and the appearance of the produced granules shown in Figure 10 (b).

After agglomeration the powder is sifted, this separates the fine fraction while the agglomerated powder with suitable granulation is packed in sacks.



a)



b)

**Slika 10.** Sušenje i aglomeracija granulata u elektrotopnoj peći (a) i dobijeni granulati praška (b)  
**Figure 10** Drying and agglomeration of granules in an electric resistance furnace (a) and the granulated powder (b)

**Eksperimentalna oprema za zavarivanje:**

Eksperimentalna laboratorija raspolaže opremom za zavarivanje slika 11 (a) koja omogućava da se proizvedeni dodatni materijal ispita u pogledu zavarivačkih osobina.

**Experimental welding equipment :**

The experimental laboratory has welding equipment Figure 11 (a), which allows the welding characteristics of the produced filler to be examined.



a)



b)



c)

**Slika 11.** Uređaji za eksperimentalno zavarivanje MIG/MAG, TIG i E-postupkom(a) u Istraživačko Razvojnem Centru IHIS Beograd i dodatni materijali oblika obložene elektrode (c) i punjene žice(b)  
**Figure 11** Apparatus for experimental welding using the MIG / MAG, TIG and E-process (a) in the Research and Development Center IHIS Belgrade and filler in the form of a coated electrode (c) and cored wire (b)



Izvođenje elektro lučnog ručnog zavarivanja (a) novom obloženom rutilnom elektrodom (b) se vidi na slici 12(a), a MAG postupkom punjenom žicom se vidi na slici 12(b)

Performing manual electric arc welding (a) with a new coated rutile electrode (b) is shown in Figure 12 (a), and using the MAG process with a cored wire is shown in Figure 12 (b)



a)



b)

**Slika 12.** Zavarivanje E-postupkom (a) obloženom elektrodom i MAG postupkom (b) punjenom žicom  
**Figure 12** E-welding process (a) with a coated electrode and the MAG process (b) using a cored wire

## REZULTATI I DISKUSIJA

Specijalizovana laboratorija u Istraživačko Razvojnom Centru IHIS je rezultat višegodišnjeg istraživačkog rada u oblasti zavarivanja i lemljenja. Laboratorija je po strukturi opreme i oblasti rada jedinstvena u Srbiji. Postojeća eksperimentalna oprema uz podršku naučnog i istraživačkog kadra omogućava realizaciju istraživačko razvojnih projekata, edukaciju tehničkog kadra i predstavlja stručno i naučno jezgro sposobno da pruži stručnu podršku i domaću tehnologiju budućim industrijskim kapacitetima za proizvodnju dodatnih materijala za zavarivanje u Srbiji.

Eksperimentalna oprema, primenjeni tehnološki procesi zbog različitih oblasti mašinstva, metalurgije i tehnologije pored razvoja dodatnih i pomoćnih materijala za zavarivanje čelika i obojenih metala i legura, pruža realne mogućnost za praktičnu edukaciju visoko-obrazovanog tehničkog kadra .

Međutim, evidentno je da nedostaju određeni delovi tehnološke opreme zbog čega se pojedine tehnološke operacije kao što je višestepeno izvlačenje, ravnanje i sečenje žice za izradu jezgra elektrode izvodi kod kooperanta. Nedostaje značajan do ispitivačke opreme koja bi pratila kvalitet nove šarže dodatnog materijala u pogledu hemijskog sastava i mehaničkih osobina metala šava što angažovanjem kooperanta usporava rad.

## RESULTS AND DISCUSSION

The specialized laboratory in the Research and Development Center IHIS is the result of years of research in the field of welding and soldering. The laboratory, with its structure of equipment and field of work is unique in Serbia. The existing experimental equipment with the support of scientific and research personnel enables the completion of research and development projects, training of technical staff and represents the professional and scientific nucleus able to provide professional support and local technology to future industrial plants for production of welding consumables in Serbia.

The experimental equipment, applied technological processes due to various fields of mechanical engineering, metallurgy and technology in addition to the development of fillers and auxiliary materials for welding steel and non-ferrous metals and alloys, provides real opportunities for practical training of highly educated technical staff.

However, it is evident that there is a lack of certain parts of the technological equipment so, certain individual operations such as multiple-drawing, straightening and cutting wire for making the core of the electrode are subcontracted. An important part of the surveying equipment is missing that would monitor the quality of the new batch of fillers regarding chemical composition and mechanical properties of the weld metal and hiring subcontractors slows down the process.



## ZAKLJUČCI

Eksperimentalna oprema u Istraživačko Razojnom Centru IHIS predstavlja veoma značajnu osnovu za razvoj i uvođenje u proizvodnju novih dodatnih i pomoćnih materijali za zavarivanje i lemljenje. Tehnološka oprema je namenjena za određenu vrstu proizvoda (punjena žica, obložena elektroda) ali je univerzalna u pogledu vrste materijala od kojih se prave novi proizvodi (železo i legure železa zatim bakar i Cu-legure, aluminijum i Al-legura, titan i Ti-legure i drugi konstrukcioni materijali) koji po osobinama i kvalitetu prate razvoj osnovnih materijala.

Eksperimentalna oprema ne poseduje visok proizvodni kapacitet zbog čega pod određenim uslovima može da preraste u proizvodno odeljenje za izradu specijalnih visokolegiranih dodatnih materijala za zavarivanje i navarivanje. Specijalizovana laboratorija u Istraživačko Razojnom Centru IHIS Beograd je otvorena za saradnju na razvoju dodatnih i pomoćnih materijala za zavarivanje i lemljenje svih kvaliteta osnovnih konstrukcionih materijala kao i za sručno usavršavanje tehničkog kadra.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (broj projekta TP34016 "Razvoj tehnologije izrade obloge i jezgra na bazi domaćih sirovina za proizvodnju specijalnih obloženih elektroda namenjenih za elektrolučno zavarivanje čelika")

## REFERENCE

- [1] N. Bajić, M. Mrdak, S. Stojadinović, J. Pekez, Z. Karastojković, M. Rakin, D. Veljić: Mastering production of coated electrodes with a cored wire core, The 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, 2013, Bor Lake, Bor (Serbia)
- [2] N. Bajić, S. Stojadinović and J. Pekez: Welded Joints Testing Obtained by Application of Full and Activated Electrode, Journal of Materials Science and Engineering A 3 (5) (2013) 334-337.
- [3] N. Bajić, D. Veljić, M. Rakin, S. Stojadinović, J. Pekez, M. Mrdak: Mastering of production of flux-cored wires intended for wide layer surfacing using the EPP- procedure, The 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, 2013, Bor Lake, Bor (Serbia)
- [4] N.N. Potapov, D. N. Baranov, O. S. Kakovkin, D. B. Vitman i dr.: Svaročnie provoloki i elektrodi, ISBN 5-217-01236-8., Moskva, Mašinostrenie, 1993.
- [5] N. Bajić, M. Simičić, B. Bobić, D. Veljić, B. Petrovski: Analysys of influence of filler metal composition on the quality of welded joints of micro-alloyed, II Međunarodnom Kongresu „Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji“, B i H, Jahorina, 2011, str. 1164-1175.

## CONCLUSION

The experimental equipment in the Research and Development Center IHIS represents an important basis for the development and introduction into production of new fillers and auxiliary materials for welding and soldering. The technological equipment is designed for a specific type of product (cored wire, coated electrodes) but is universal in terms of the type of material used to make new products (iron and iron alloys then copper and Cu-alloys, aluminum and Al-alloys, titanium and Ti-alloys and other construction materials), which according to the characteristics and quality reflect the development of the basic materials.

The experimental equipment does not have high production capacity therefore under certain conditions can become a productive department for production of special high alloy welding and surfacing consumables. The specialized laboratory in the Research and Development Center IHIS Belgrade is open for cooperation on the development of fillers and auxiliary materials for welding and soldering of all qualities of basic construction materials as well as expert training of technical personnel.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is supported by the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development (project number TR34016 "Development of covering and core production technology based on local raw materials for manufacturing of special coated electrodes designed for steel arc welding")

- [6] N. Bajić., V. Sijacki-Zeravčić., B. Bobić, D. Cikara, M. Arsić: Filler Metal Influence on Weld Metal Structure of Micro-Alloyed Steel, Welding Journal, Supplement Vol.90 (2011) 55-62.
- [7] N. Bajić, B. Petrovski, B. Bogdanović, M. Rakin: "Development of a device for semi-industrial production of cored filler wires", Inženjerstvo, materijali i menadžment u procesnoj industriji, Jahorina- Republika Srpska, oktobar 2009, IT47, str.280-283.
- [8] N. Bajić., S. Stojadinović, M. Rakin: The application of flux cored wire for welding on the surface of operating parts of agricultural machines, Tractors and power machines, Scientific paper, UDK: 631.372 Bibliid: 0354-9496(2005) 10:4, p.109-114.
- [9] N. Bajić, M. Rakin, S. Stojadinović: Surfacing of the worn part of crane wheel with flux cored wire, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, UDK/UDC:621.791, ISSN 0354-7965, Beograd (4/2006), str.147-150.
- [10] N. Bajić, S. Stojadinović, J. Pekez: Full and flux-cored activated wire application for arc welding of low carbon steel in CO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> gas mixtures, Jurnal for Scientists and Engineers, ISSN 1451-9070, No 7, br. 1, 2010.



## IN MEMORIAM

Ovih dana ostali smo bez



**SAVA ĐURIĆ, dipl.ing.**  
**1951-2014**

člana Uređivačkog odbora našeg časopisa, člana Upravnog odbora DUZS CertPers i dugogodišnjeg aktivnog člana našeg Društva.

Rođen je 10.01.1951.g u Kruševcu gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Od 1970-1976.g, studira na Mašinskom fakultetu u Beogradu, grupa za mehanizaciju. Od 10.08.1976.g je zaposlen u IMK „14. oktobar“ na različitim poslovima: tehnologa, šefa odeljenja za obradu materijala bez skidanja strugotine, u sektoru razvoja proizvoda i tehnologija, projektanta-istraživača, direktora specijalne proizvodnje.

Objavio je preko 250 naučno stručnih radova, autor je tri monografije, učestvovao je u realizaciji ili bio rukovodilac više razvojnih i naučno istraživačkih projekata, među kojima su i projekti koje je sufinansiralo Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije, Fond za razvoj Republike Srbije .

Značajan doprinos dao je u projektovanju tehnoloških linija, uvođenju novih materijala, tehnoloških postupaka, opreme i proizvoda u IMK „14. oktobar“ AD Kruševac.

Jedan je od inicijatora i realizatora izdavanja naučno stručnog časopisa „IMK 14. Oktobar-Istraživanje i razvoj“.

Od 1982.g, nakon završetka kursa za inženjere zavarivanja, njegova preokupacija postaje zavarivanje, kojem je posvećen sve do svojih poslednjih momenata.

Pamtićemo ga kao skromnog, dragog čoveka čija je upornost bila zadivljujuća. Hvala mu na svemu.



Bore V. Jegdić<sup>1</sup>, Biljana M. Bobić<sup>1</sup>

## Sprečavanje i uklanjanje termičkog oksida (heat tint) Preventing and removing of heat tint

**Originalni naučni rad / Original scientific paper**

**UDK / UDC: 669.14.018.8:620.193.4 ;  
669.14.018.8:621.791.05**

**Rad primljen / Paper received:**

Januar 2014.

**Glavne reči:** nerđajući čelici, zavarivanje, heat tint, korozija, nagrizanje

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

<sup>1</sup> Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, Njegoševa 12, Beograd, Srbija

**Keywords:** stainless steels, welding, heat tint, corrosion, pickling

### Izvod

Obrazovanje heat tint-a predstavlja povećanje debljine prirodno formiranog oksidnog sloja na površini nerđajućih čelika, tokom zavarivanja. Debljina heat tint-a u neposrednoj blizini zavarenog spoja zavisi od temperature, vremena zagrevanja i koncentracije kiseonika u zaštitnom gasu. Kod nerđajućih čelika hromom bogat oksid formira se na površini metala, dok je podpovršinski sloj osiromašen hromom. Zavarivanje treba izvoditi u zaštitnom gasu da bi se sprečilo obrazovanje heat tint-a. Ukoliko se formira, ovaj oksid mora biti uklonjen da bi se sačuvala potpuna otpornost prema koroziji zavarenih delova. U ovom radu opisane su mehaničke i/ili hemijske metode za uklanjanje heat tint-a koje se obično primenjuju.

### Abstract

Heat tinting is a thickening of the naturally occurring oxide layer on the surface of the stainless steels during welding. The thickness of the oxide layer next to the weld depends on the temperature, heating time, and oxygen concentration in the shielding gas. On stainless steels chromium is drawn from below the surface of the metal to form a chromium rich oxide surface layer. During welding, the shielding gas should be used to prevent heat tint formation. If formed, heat tint must be removed in order that the full corrosion resistance of the finished product is restored after welding. Mechanical and/or chemical methods of removing heat tint, that have been usually applied, are described in this article.

### UVOD

U toku zavarivanja nerđajućih čelika dolazi do oksidacije i prirodno formiran zaštitni film na površini postaje deblji. Pri zagrevanju debljina oksida u neposrednoj blizini zavarenog spoja povećava se do 100 puta. Proces oksidacije odvija se na temperaturama iznad 300 °C. Debljina oksida neposredno uz zavareni spoj zavisi od temperature, vremena zagrevanja i koncentracije kiseonika u zaštitnom gasu. Boje obrazovanog oksida (heat tint) slične su bojama koje nastaju tokom termičke obrade i posledica su interferencije svetlosti. Oksid ima metalni sjaj ako je njegova debljina manja od 20 nm. Pri povećanju debljine oksida dolazi do promene boje od žute, braon, plave do crne. Kod nerđajućih čelika hromom bogat oksid formira se na površini metala, dok je podpovršinski sloj osiromašen hromom. U slučajevima eksploatacije zavarenih spojeva u vodenim sredinama lokalno smanjenje koncentracije hroma u podpovršinskom sloju može da utiče na otpornost čelika prema koroziji. Visok sadržaj kiseonika dovodi do dodatnog gubitka hroma iz oksidnog sloja ostavljajući oksidni sloj bogat gvožđem. Ovaj oksidni sloj počinje da rđa neposredno posle

### INTRODUCTION

During welding oxidation will occur and the protective film will become thicker. As the zone next to the weld heats, the oxide-layer thickness will increase up to 100 times. The oxidation process is going on at a temperature above 300 °C. The thickness of the oxide layer next to the weld depends on the temperature, heating time, and oxygen concentration in the shielding gas. The colors formed are similar to 'temper colors' and are the result of 'light interference' effects. Up to a thickness of 20 nm the oxide shows a metallic shine. An increased thickness results in changes of heat tints ranging from yellow, brown, blue to black ones. As heat tint colors are formed on stainless steels chromium is drawn from below the surface of the metal to form a chromium rich oxide surface layer. This leaves the metal just below the surface with a lower chromium level. In cases where the application involves aqueous solutions the local reduction in sub-surface chromium can affect the corrosion resistance of the steel. During welding, high oxygen content will lead to an additional loss of chromium from the oxide surface leaving an iron rich oxide. This iron rich oxide is often seen rusting shortly



njegovog izlaganja vlažnoj atmosferi. Korozija na površini oksidnog sloja i u sloju osiromašenom hromom može da dovede do pojave pitinga ili korozije u zazorima, u uslovima gde je nerđajući čelik obično otporan prema koroziji [1-4].

Mada neki autori smatraju da uklanjanje heat tint-a nije uvek neophodno, od velikog je značaja da se heat tint ukloni kako bi se sačuvala potpuna otpornost prema koroziji posle zavarivanja. Ovo omogućava da se izbegne pojava korozije tokom eksploatacije zavarenih konstrukcija. Da bi se obezbedila optimalna otpornost prema koroziji zavarenih spojeva nerđajućih čelika, moraju se ukloniti zazori, nečistoće i heat tint čija je boja tamnija od svetlo-žute, primenom mehaničkih postupaka, uz naknadno nagrizanje kiselinom.

after being exposed to humidity. Corrosion attack in the oxide surface and in the chromium depleted layer may initiate pitting or crevice corrosion at conditions where the alloy would normally be resistant [1-4].

Although some sources suggest that the removal of heat tint is not always essential, it is vitally important that weld heat tint is removed so that the full corrosion resistance of the finished product is restored after welding. This will help avoid service corrosion problems in fabrication weld areas. In order to achieve the optimum corrosion performance of stainless steel welded joints, crevice features, contamination and at least all weld heat tints deeper in color than a pale yellow shall be removed by mechanical dressing followed by acid pickling of the joint.



**Figure 1.** Heat tint in welded joints of a stainless steel.

**Slika 1.** Heat tint u zavarenim spojevima nerđajućeg čelika.

Heat tint sa površine nerđajućih čelika se može ukloniti pomoću paste, gela, spreja ili uranjanjem u rastvor za nagrizanje ili primenom elektrolitičkih postupaka. Usled korišćenja azotne kiseline u ovim postupcima površina čelika ostaje u pasivnom stanju. Tretman samo azotnom kiselinom nije dovoljan da se u potpunosti ukloni heat tint, pa je neophodno koristiti kombinovane postupke za uklanjanje ovog oksida. Ovo obuhvata mehaničke postupke (brušenje) uz naknadni tretman u azotnoj kiselini (pasivacija).

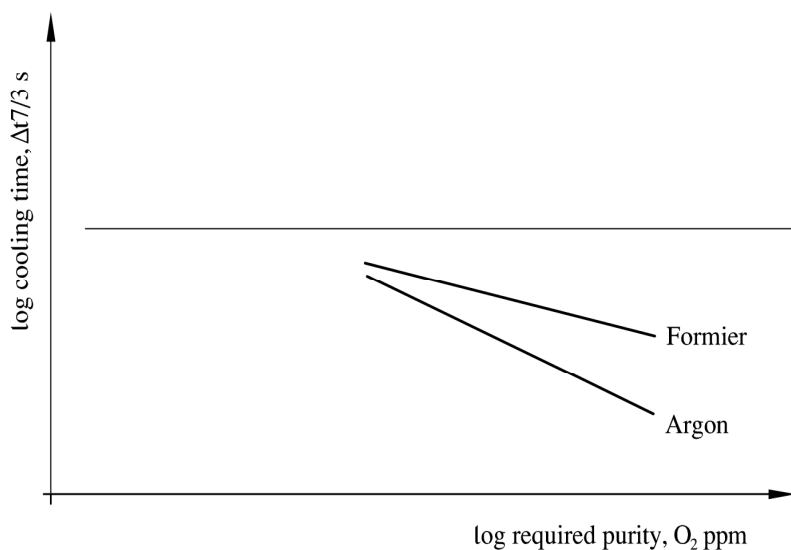
#### Sprečavanje obrazovanja heat tint-a

Tokom zavarivanja, štetan uticaj kiseonika u zaštitnom gasu može se svesti na minimum ukoliko se doda vodonik zaštitnom gasu. Vodonik veže kiseonik i nastaje vodena para na temperaturama iznad 500 °C. Zato se u praksi najčešće koristi argon sa 10 % H<sub>2</sub> [5].

The removal of heat tint from stainless steel fabrications using brush-on pastes or gels, spray or immersion acid pickling or electrolytic methods will normally be satisfactory. The nitric acid used in these treatments will also leave the steel surface in the passive condition. A combination of finishing techniques may be needed, especially as nitric acid treatments alone cannot be relied on to remove sufficient metal from the surface. This may include mechanical treatments (grinding or abrading) followed by nitric acid cleaning (passivation).

#### Preventing of heat tint

During welding, the harmful effect of oxygen in the shielding gas shall be minimized by an addition of hydrogen that will bond with oxygen to make water steam at a temperature above 500 °C. Therefore, in practical applications argon with the addition of 10% H<sub>2</sub> are mostly used [5].



**Figure 2.** Application of formier gas or argon during welding of stainless steels.

**Slika 2.** Primena „formier“ gasa ili argona tokom zavarivanja nerđajućih čelika.

Obojenje heat tint-a u zavarenom spoju pokazuje da li je koren zavarenog spoja bio adekvatno zaštićen. Za kontrolu korena zavarenog spoja i eventualnog prisustva heat tint-a može se primeniti video kamera. Posmatranje treba vršiti iz različitih uglova. Boja heat tint-a može biti žuta, zelena, plava do sive i crne. Za određivanje nivoa prihvatljivosti heat tint-a koriste se etaloni sa odgovarajućim obojenjima tog oksida u zavarenom spoju [6]. Kriterijumi prihvatljivosti su manje oštri za prednju stranu zavarenog spoja nego za koren zavarenog spoja.

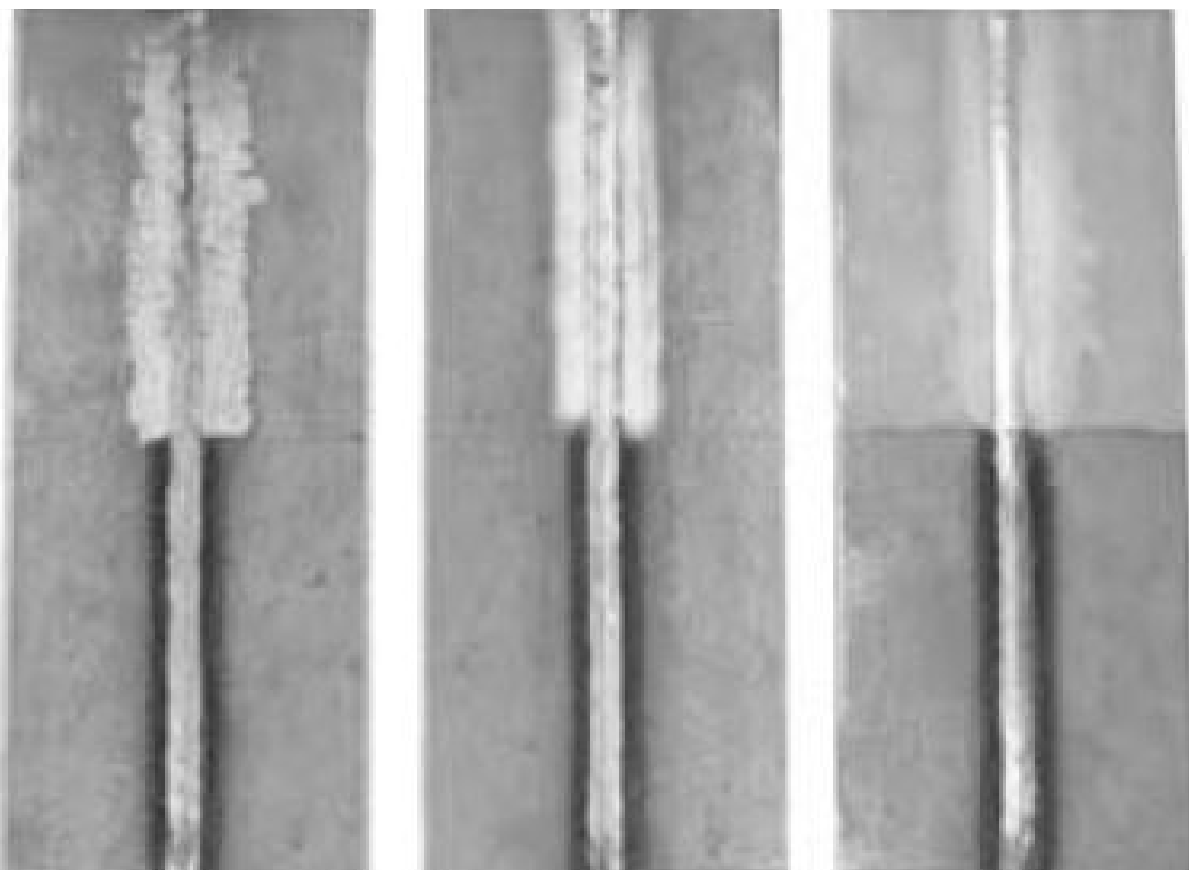
#### Uklanjanje heat tint-a

Heat tint se može ukloniti u tri stupnja. U prvom stupnju heat tint i sloj osiromašen hromom uklanjaju se brušenjem ili četkanjem. Zatim, u drugom stupnju površina se čisti pomoću rastvora kiselina ili paste za nagrzanje (smeša  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HF}$  u inertnoj pasti ili gelu), u cilju uklanjanja površinskih nečistoća i da se ubrza obnavljanje pasivnog sloja. U trećem stupnju rastvor kiselina ili paste za nagrzanje se temeljno ispira vodom, po mogućstvu demineralizovanom vodom. Brušenje ili četkanje nije dovoljno da se ukloni heat tint i obnovi pasivni sloj. Ti postupci mogu da dovedu do smanjenja debljine oksida, pri čemu se jedan deo oksida utisne u površinu metala. Takođe, može doći do toga da sloj osiromašen hromom bude izložen dejstvu spoljašnje sredine, kao i da se površina nerđajućeg čelika kontaminira česticama gvožđa. Površinu nerđajućeg čelika ne treba brusiti tocilom ili četkom koji su korišćeni za brušenje ugljeničnog ili nisko-legiranog čelika; takođe treba izbegavati primenu četki sa čekinjama koje nisu od nerđajućeg čelika sličnog sastava. Mehanički brušene površine nerđajućeg čelika imaju manju otpornost prema koroziji nego površine koje su nagrzanе u kiselinama [7].

The heat tints in the heated zone of the weld indicate whether the root side was adequately shielded. The video-camera can be used for a good view of the weld root and the tinted area along the weld. The root side shall be inspected from various viewing angles. The heat tint colors vary from yellow, green, blue to grey and black. The color charts can be of great help in the determination of the acceptance level as well as in the control [6]. The acceptance criteria for the weld face are less stringent than for the weld root.

#### Removing of heat tint

The heat-tinted regions can be removed in three stages. First, the heat-tint oxide and chromium-depleted layer are removed by grinding or wire brushing. Second, the abraded surface is cleaned with an acid solution or a pickling paste (a mixture of  $\text{HNO}_3$  and  $\text{HF}$  suspended in an inert paste or gel) to remove any surface contamination and to promote the reformation of a passive film. Third, after a sufficient contact time, the acid cleaning solution or pickling paste is thoroughly rinsed with water, preferably demineralized. Grinding or wire brushing might not be sufficient to repair a heat-tinted region. Such abrading operations may only smear the heat-tint oxide and embed the residual scale into the surface, expose the chromium-depleted layer beneath the heat-tint oxide, and contaminate the surface with ferrous particles that were picked up by the grinding wheel or wire brush. A stainless steel surface should never be abraded with a wheel or brush that has been used on a carbon or low-alloy steel; wire brushes with bristles that are not made of a stainless steel of similar composition should also be avoided. Mechanically ground surfaces generally have inferior corrosion resistance compared to properly acid-pickled surfaces [7].



**Figure 3.** Pickling offers better results than grinding and polishing. a) ground, b) polished and c) pickled surface.

**Slika 3.** Nagrizanje daje bolje rezultate pri uklanjanju heat tint-a nego brušenje i poliranje. a) brušena, b) polirana i c) nagrižena površina.

Prednost mehaničkih postupaka za uklanjanje heat tint-a je što ne dovode do pojave interkristalne korozije, pittinga, vodonične krtosti i prslina. Brušenje je obično najefikasnije za uklanjanje heat tint-a koji je nastao pri zavarivanju. Nedostaci mehaničkih postupaka su visoka cena, kao i mogućnost da površinski defekti ostanu sakriveni, što otežava njihovu detekciju.

Nagrizanje u rastvorima kiselina najčešće koriste proizvođači opreme od nerđajućih čelika, jer se na taj način uklanjaju čestice metala, kao i heat tint i termički oksidi. Primena ovog postupka se ne preporučuje u slučaju senzibilizovanih austenitnih nerđajućih čelika ili ojačanih martenzitnih nerđajućih čelika ili kada nerđajući čelik može doći u kontakt sa delovima od ugljeničnog čelika. Rastvori azotne kiseline nisu dovoljno efikasni za uklanjanje debljih oksidnih slojeva. Posle nagrizanja u rastvorima kiselina, površina mora biti temeljno isprana da bi se uklonila zaostala kiselina; ponekad je potrebna neutralizacija pre završnog ispiranja.

U ASTM A 380 [8] navedena su tri rastvora za nagrizanje nerđajućih čelika (A, B, C). Za potrebe lokalnog nagrizanja ili u slučaju da su predmeti suviše velikih dimenzija mogu se koristiti komercijalne paste za nagrizanje koje sadrže  $\text{HNO}_3$  i HF. U navedenom ASTM standardu je opisano osam postupaka za čišćenje i pasivaciju nerđajućih čelika.

Mechanical methods have the advantage that they do not produce intergranular attack, pitting, hydrogen embrittlement, cracks. Grinding is usually the most effective means of removing localized scale such as that which results from welding. Disadvantages of mechanical methods are cost, and the fact that surface defects may be obscured, making them difficult to detect.

Acid pickling is most widely used by fabricators of stainless steel equipment and removes both metallic contamination, and welding and heat-treating scales. Its use should be carefully controlled and is not recommended for descaling sensitized austenitic stainless steels or hardened martensitic stainless steels or where it can come into contact with carbon steel parts. Solutions of nitric acid alone are usually not effective for removing heavy oxide scale. After acid pickling, surfaces must be thoroughly rinsed to remove residual chemicals; a neutralization step is sometimes necessary before final rinsing.

ASTM A 380 [8] lists three pickling solutions for stainless steels (A, B, C). For localized pickling or if the fabricated component is too large to be immersed, commercial  $\text{HNO}_3$ -HF pickle pastes can be just as effective. ASTM A 380 describes eight  $\text{HNO}_3$ -based cleaning/passivation treatments.



Tabela 1. Nagrizanje, čišćenje i pasivacija nerđajućih čelika

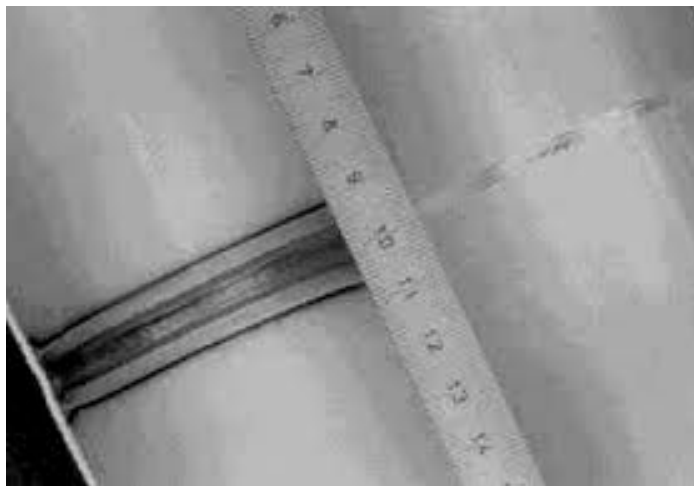
OZNAKA	Rastvor	T, °C	Vreme, min
A	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , posle čega se primenjuje postupak D ili F	66-82	5-45
B	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	5-30
C	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	5-30
Čišćenje nerđajućih čelika u rastvoru kiselina (HNO <sub>3</sub> -HF)			
D	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	po potrebi
E	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	1-2
Čišćenje i pasivacija nerđajućih čelika u rastvoru HNO <sub>3</sub>			
F	HNO <sub>3</sub>	21-71	10-60
G	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-69	10-60
H	HNO <sub>3</sub>	21-54	20-60
I	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-54	15-60
J	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-49	25-40
K	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	49-60	10
L	HNO <sub>3</sub> + CuSO <sub>4</sub>	49-60	10
M	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	49-71	20-30

Table 1. Pickling, Cleaning and Passivation of Stainless Steels

CODE	Solution	T, °C	Time, min
A	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , followed by treatment D or F	66-82	5-45
B	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	5-30
C	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	5-30
Acid Cleaning of Stainless Steels with HNO <sub>3</sub> -HF Solution			
D	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	As necessary
E	HNO <sub>3</sub> + HF	21-60	1-2
Cleaning-Passivation of Stainless Steels with HNO <sub>3</sub> Solution			
F	HNO <sub>3</sub>	21-71	10-60
G	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-69	10-60
H	HNO <sub>3</sub>	21-54	20-60
I	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-54	15-60
J	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21-49	25-40
K	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	49-60	10
L	HNO <sub>3</sub> + CuSO <sub>4</sub>	49-60	10
M	HNO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	49-71	20-30

Kvalitet pasivacije se može oceniti primenom jedne ili više metoda: potapanje u vodu (ASTM A 967) [9], ispitivanje u vlažnoj atmosferi (ASTM A 380 i A 967) [8,9], ispitivanje u slanoj magli (ASTM B 117) [10], ispitivanje u rastvoru bakar sulfata (ASTM A 380 i A 967), modifikovani feroksil test za ispitivanje prisustva čestica gvožđa (ASTM A 380 i A 967) i metoda za ispitivanje prisustva slobodnog gvožđa (ASTM A 967).

Passivation shall be evaluated by one or more of the following test methods: water immersion test (Specification A 967) [9], humidity test (Practice A 380, Specification A 967) [8,9], salt spray test (Practice ASTM B 117) [10], copper sulfate test (Practice A 380, Specification A 967), modified "ferroxyl" test for free iron (Practice A 380, Specification A 967) and free iron test (Specification A 967).



**Figure 4.** Welded joint with heat tint and after removing heat tint.

**Slika 4.** Zavareni spoj sa hit tint-om i posle uklanjanja heat tint-a.

Nagrivanje u rastvoru kiselina je uobičajen postupak za uklanjanje heat tint-a, ako postoji odgovarajuća oprema. Sastav smeše kiselina i temperatura rastvora bira se u zavisnosti od klase nerđajućeg čelika i tipa heat tint-a, odnosno termičkog oksida. Do suvišnog nagrivanja, koje za posledicu ima hrapavu površinu, može doći tokom nagrivanja nerđajućih čelika sa niskim sadržajem legirajućih elemenata na suviše visokim temperaturama (Dodatak 1 i 2) [11].

Pasta za nagrivanje nerđajućih čelika se sastoji od smeše kiselina (obično HF i HNO<sub>3</sub>) sa dodatkom nekog vezivnog sredstva (punioca). Pasta je pogodna za nagrivanje lokalnih površina, npr. zavarenog spoja. Obično se nanosi pomoću četke koja je otporna na dejstvo kiselina. Rizik od suvišnog nagrivanja na visokim temperaturama je manji nego pri nagrivanju u rastvoru (Dodatak 1 i 2) [11].

Gel za nagrivanje u obliku spreja obično se sastoji od smeše HNO<sub>3</sub> i HF (fosforna kiselina se može upotrebiti da se dobije blaže sredstvo za nagrivanje) uz dodatak punioca (vezivno sredstvo) i površinski aktivnih materija. Pogodan je za korišćenje na velikim površinama, npr. kada je potrebno ukloniti zaostale čestice gvožđa (Dodatak 1 i 2) [11].

#### **Dodatak 1.** Primena paste, gela i rastvora za nagrivanje

##### **Primena paste za nagrivanje**

- Pre primene paste treba izvršiti mehaničko uklanjanje oksida, šljake i defekata u zavarenom spoju, najbolje dok je zavareni spoj još topao, a oksidi manje tvrdi.
- Površina koja se nagriva treba da bude ohlađena ispod 40 °C (posle zavarivanja).
- Treba izvršiti odmaščivanje u cilju uklanjanja organskih nečistoća.
- Pre upotrebe pastu treba promešati. Pastu treba naneti pomoću četke otporne na dejstvo kiselina. Nagrivanje ne treba vršiti u prisustvu direktne sunčeve svetlosti.

Pickling in a bath is a convenient method if suitable equipment is available. The composition of the acid mixture and the bath temperature are chosen with regard to the stainless steel grade and the type of heat oxide. Overpickling, resulting in a rough surface, may result when pickling the lowest alloyed stainless grades at excessive temperatures (Annex 1 and 2) [11].

Pickling paste for stainless steels consists of an acid mixture (normally HF/HNO<sub>3</sub>) with added binding agents. It is suitable for pickling limited areas, e.g. weld-affected zones. It is normally applied using an acid-resistant brush. The risk of overpickling at high temperatures is less than when using bath pickling (Annex 1 and 2) [11].

Pickling solution (or pickling gel in spray form) normally consists of a mixture of nitric acid and hydrofluoric acids (phosphoric acid can be used to obtain mild pickling properties), with binding agents and surface-active agents. It is suitable for pickling large surfaces, e.g. when the removal of iron contamination is also desired (Annex 1 and 2) [11].

#### **Annex 1.** Application of Pickling Paste, Gel and Bath

##### **Application of Pickling Paste**

- Pre-treat oxides, slags and weld defects mechanically, preferably when the welds are still warm and the weld oxides less hard.
- Give the area to be pickled time to cool down to below 40°C (after welding).
- Degrease using cleaner to remove organic contamination.
- Stir or shake the paste before use. Brush on the pickling paste using an acid-resistant brush. Do not pickle in direct sunlight.



- Ostaviti pastu dovoljno dugo vremena da reaguje.
- Izvršiti temeljno ispiranje čistom tekućom vodom, najbolje vodenim mlazom, tako da površina ostane potpuno čista. Za osetljive površine treba koristiti dejonizovanu vodu za završno ispiranje.
- Otpadnu vodu treba sakupiti i neutralisati.

#### Primena gela za nagrizanje u obliku spreja

- Pre primene gela treba izvršiti mehaničko uklanjanje oksida, šljake i defekata u zavarenom spoju, najbolje dok je zavareni spoj još topao, a oksidi manje tvrdi.
- Površina koja se nagriza treba da bude ohlađena ispod 40 °C (posle zavarivanja).
- Treba izvršiti odmašćivanje u cilju uklanjanja organskih nečistoća.
- Gel treba dobro promešati pre upotrebe.
- Raspršiti gel pomoću raspršivača napravljenog od materijala otpornog prema kiselinama. Ravnomeran sloj gela (kiseline) treba da pokriva celu površinu. Nagrizanje ne treba vršiti u prisustvu direktne sunčeve svetlosti.
- Ostaviti gel dovoljno dugo vremena da reaguje. Svetlo zeleno obojenje treba da se pojavi na površini kada je nagrizanje završeno. Pojava braon tačaka ukazuje da postoje zaostale nečistoće na čeliku koje mogu da reaguju sa gelom za nagrizanje. Ovo se može prevazići primenom veće količine gela. Kada se nagrizanje vrši na otvorenom prostoru ne treba dozvoliti da se gel osuši jer ovo može da prouzrokuje obezbojenje površine čelika. To znači da na visokim temperaturama i pri produženom vremenu nagrizanja može biti potrebno da se primeni veća količina gela posle nekog vremena.
- Izvršiti temeljno ispiranje čistom tekućom vodom, najbolje vodenim mlazom, tako da površina ostane potpuno čista. Za osetljive površine treba koristiti dejonizovanu vodu za završno ispiranje.
- Otpadnu vodu treba sakupiti i neutralisati.

#### Primena rastvora za nagrizanje

- Pre primene rastvora za nagrizanje treba izvršiti mehaničko uklanjanje oksida, šljake i defekata u zavarenom spoju.
- Površina koja se nagriza treba da bude ohlađena ispod 40 °C (posle zavarivanja).
- Treba izvršiti odmašćivanje u cilju uklanjanja organskih nečistoća.
- Pomešati koncentrovani rastvor za nagrizanje sa vodom pri čemu treba dodati kiselinu u vodu a ne obrnuto. Primenom pumpe treba obezbediti cirkulaciju rastvora, da bi se ostvarila homogena koncentracija rastvora.
- Proveriti temperaturu rastvora.
- Uroniti predmet u rastvor za nagrizanje. Izbegavati suvišno nagrizanje koje može da izazove hrapavljenje površine

- Give the product sufficient time to react.
- Rinse thoroughly with clean tap water, preferably using a high-pressure water jet. Ensure that no pickle residues are left on the surface. For sensitive surfaces, use deionised water for the final rinse.
- Collect the resulting waste water for neutralization.

#### Application of Spray Pickle Gel

- Pretreat oxides, slags and weld defects mechanically, preferably while the welds are still warm and the weld oxides less hard.
- Give the area to be pickled time to cool down to below 40°C (after welding).
- Degrease using cleaner to remove organic contamination.
- Stir the spray gel well before use.
- Spray on the product using an acid resistant pump. Gently apply an even layer of acid that covers the whole surface. Do not pickle in direct sunlight!
- Allow the product sufficient pickling time. A light green color should appear on the surface when pickling is finished. The appearance of brown spots might indicate that there are some remaining contaminants on the steel that could have interfered with the pickling reaction. This can be compensated for by applying more solution onto these spots. When pickling outdoors, the solution should not be allowed to dry because this may cause discoloration of the steel surface. This means that at high temperatures and when prolonged pickling times are required, it may be necessary to apply more of the product after a while.
- Rinse thoroughly with clean tap water preferably using a high pressure water jet. Ensure that no pickle residues are left on the surface. For sensitive surfaces, use deionised water for the final rinse.
- Collect the resulting waste water for neutralization.

#### Application of Bath Pickling

- Pretreat oxides, slag and weld defects mechanically.
- Give the area to be pickled time to cool down to below 40°C (after welding).
- Degrease using cleaner to remove organic contamination.
- Mix the concentrated bath pickling solution with water. Remember to add the acid to the water, not the other way round! Set the batch solution circulating using a pump in order to obtain a homogenous acid concentration in the bath.
- Check the bath temperature.
- Immerse the object in the bath. Avoid overpickling, which will produce a rough surface.



- Prilikom uklanjanja predmeta iz rastvora za nagrizanje obezbediti da rastvor otkaplje sa površine predmeta u posudu sa rastvorom.
- Prvo ispiranje treba izvršiti potapanjem u posudu sa vodom. Zatim treba izvršiti temeljno ispiranje vodenim mlazom, tako da površina ostane potpuno čista. Za osetljive površine treba koristiti dejonizovanu vodu za završno ispiranje.
- Otpadnu vodu treba sakupiti i neutralisati.
- Neophodna je analiza sadržaja kiseline i slobodnih metalnih jona u kadi sa rastvorom za nagrizanje, jer postoji konstantna potrošnja rastvora za nagrizanje i istovremeno izdvajanje metalnih jona, što utiče na efikasnost rastvora za nagrizanje
- When removing the object, allow time for the bath solution to flow off above the bath.
- A first rinse should be performed by dipping into a rinsing vat containing water. Then rinse thoroughly using a high-pressure water jet. Ensure that no pickle residues are left on the surface. For sensitive surfaces, use deionised water for the final rinse.
- Collect the resulting waste water for neutralization.
- Analysis of the contents of bath acid and free metal ions is important since there will be a constant consumption of pickling acids and a simultaneous precipitation of metals in the bath, which will affect the pickling reaction.

**Dodatak 2. Površinski defekti i postupci korekcije**

Površinski defekti	Uzrok	Postupak korekcije
Neuklonjeni oksidi	1. Nepotpuno čišćenje	1. Mehanička obrada/intenzivnije nagrizanje
Hrapava površina	1. Suvišno nagrizanje 2. Interkristalna korozija	1. Mehanička obrada/ponovno nagrizanje 2. Mehaničko poliranje
Neujednačen izgled	1. Organske nečistoće 2. Neravnomerna primena 3. Osetljiva površina 4. Interkristalna korozija	1. Odmaščivanje/ponovno nagrizanje 2. Ponorovno nagrizanje 3. Mehaničko poliranje 4. Mehaničko poliranje
Obezbojenje	1. Osušeno sredstvo za nagrizanje (npr. sredstvo za nagrizanje u zazoru) 2. Površinske nečistoće (npr. čestice gvožđa) 3. Nepotpuno čišćenje 4. Zaprljana voda za ispiranje 5. Nepotpuno ispiranje	1. Ispiranje vodenim mlazom i ponovno nagrizanje 2. Pasivacija/uklanjanje nečistoća ili ponovno nagrizanje 3. Uklanjanje nečistoća 4. Pasivacija/uklanjanje nečistoća. Ispiranje vodenim mlazom 5. Uklanjanje nečistoća pomoću sredstvom za čišćenje. Upotreba dejonizovane vode za završno ispiranje
Mrlje posle ispiranja vodom	1. Zaprljana voda za ispiranje  2. Prašina	1. Upotreba čiste vode za ispiranje/ili ponovno nagrizanje 2. Upotreba čiste vode za ispiranje i rad u čistim uslovima

**Annex 2. Surface defects and corrective action**

Surface defects	Caused by	Corrective action
Residual weld oxides	1. Insufficient cleaning	1. Mechanical pretreatment/more intensive pickling
Rough surface	3. Overpickling 4. Intergranular corrosion	3. Mechanical pretreatment / repickle 4. Mechanical polishing
Uneven finish (shading)	5. Organic contaminants 6. Uneven application 7. Sensitive surface 8. Intergranular corrosion	5. Degrease, repickle 6. Repickle 7. Mechanical polishing improves the result 8. Mechanical polishing improves the result
Discoloration	6. Dried-on pickling chemicals (e.g. pickling residues in crevice) 7. Surface contaminants (e.g. iron particles) 8. Insufficient cleaning 9. Contaminated rinse water 10. Poor rinsing	6. Rinse with high pressure water jet and repickle 7. Passivate/decontaminate or repickle 8. Remove spots 9. Passivate/decontaminate. Rinse with high pressure jet 10. Remove the spots with a cleaning agent. Use deionised water to final rinse
Water stains	3. Contaminated rinse water 4. Dust	3. Use clean rinse water and/or repickle 4. Use clean rinse water and work in dust-free environment



## ZAKLJUČAK

Na osnovu gore navedenog može se zaključiti sledeće:

- Obrazovanje heat tint-a u zavarenim spojevima nerđajućih čelika utiče na otpornost prema koroziji ovih čelika. U prisustvu heat tint-a obično dolazi do pitinga i korozije u zazorima.
- Da bi se sprečilo obrazovanje heat tint-a treba primeniti zaštitni gas tokom zavarivanja.
- Obrazovani heat tint uklanja se mehaničkim i/ili hemijskim postupcima.
- U praksi se široko primenjuje nagrizanje u rastvoru ili nagrizanje pomoću paste ili gela.
- U slučaju pojave površinskih defekata tokom nagrizanja treba razmotriti mogućnost primene korektivnih postupaka.

## Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, kroz projekte TR 34028 i TR 34016.

## REFERENCE

- [1] J.R. Davis, Corrosion of Austenitic Stainless Steel Weldments, in *Corrosion of Weldments*, ASM International, 2006., 43-75.
- [2] I. Juraga, V. Šimunović, Đ. Španiček, Contribution to the study of effects of surface state of welded joints in stainless steel upon resistance towards pitting corrosion, *Metalurgija*, Vol. 46, No. 3 (2007) 185-189.
- [3] J. Łabanowski and M. Głowacka, Heat tint colours on stainless steel and welded joints, *Welding International*, Vol. 25, No. 7 (2011) 509-512.
- [4] B.M. Bobić, B.V. Jegdić, M.M. Prokolab, Influence of heat tint on corrosion resistance of stainless steels, *Zavarivanje i zavarene konstrukcije*, Vol. 58, No. 3 (2013) 121-126.
- [5] J. Vagn Hansen, Influence of residual oxygen on the welding result, FORCE Institute Report.
- [6] J.V. Hansen, Corrosion failures in stainless steel pipe systems, The FORCE Institute, Denmark, 1977.
- [9] J.R. Davis, Surface Engineering of Stainless Steels, ASM Handbook, Vol. 5: Surface Engineering, 1994.
- [8] ASTM A380: Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems.
- [9] ASTM A 967: Standard Specification for Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts.
- [10] ASTM B 117: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.
- [11] A. Bornmyr, Pickling handbook, Avesta Polarit Welding AB, First edition 1995, Sweden.

## CONCLUSION

Based on all above described, the following conclusions can be drawn:

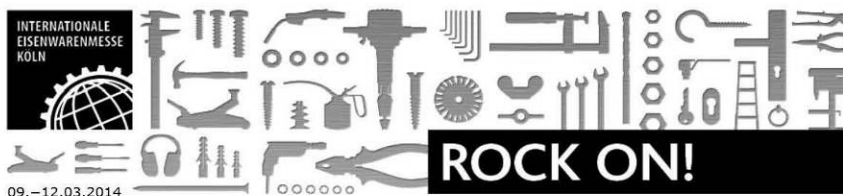
- Heat tint formation in welded joints of stainless steels influences corrosion resistance of these steels. In the presence of heat tint layers pitting and crevice corrosion usually occur.
- The shielding gas must be applied during welding, in order to prevent heat tint formation.
- When formed, heat tint shall be removed by application of mechanical and/or chemical procedures.
- Pickling in bath, or using pickling pastes and gels have been widely applied in practice.
- In the case of surface defects during pickling corrective actions should be considered.

## Acknowledgement

This work was co-financed from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia through projects TR 34028 and TR 34016.

## REFERENCES

- [1] J.R. Davis, Corrosion of Austenitic Stainless Steel Weldments, in *Corrosion of Weldments*, ASM International, 2006., 43-75.
- [2] I. Juraga, V. Šimunović, Đ. Španiček, Contribution to the study of effects of surface state of welded joints in stainless steel upon resistance towards pitting corrosion, *Metalurgija*, Vol. 46, No. 3 (2007) 185-189.
- [3] J. Łabanowski and M. Głowacka, Heat tint colours on stainless steel and welded joints, *Welding International*, Vol. 25, No. 7 (2011) 509-512.
- [4] B.M. Bobić, B.V. Jegdić, M.M. Prokolab, Influence of heat tint on corrosion resistance of stainless steels, *Zavarivanje i zavarene konstrukcije*, Vol. 58, No. 3 (2013) 121-126.
- [5] J. Vagn Hansen, Influence of residual oxygen on the welding result, FORCE Institute Report.
- [6] J.V. Hansen, Corrosion failures in stainless steel pipe systems, The FORCE Institute, Denmark, 1977.
- [9] J.R. Davis, Surface Engineering of Stainless Steels, ASM Handbook, Vol. 5: Surface Engineering, 1994.
- [8] ASTM A380: Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems.
- [9] ASTM A 967: Standard Specification for Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts.
- [10] ASTM B 117: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.
- [11] A. Bornmyr, Pickling handbook, Avesta Polarit Welding AB, First edition 1995, Sweden.



**Međunarodni sajam proizvoda gvožđa i čelika. Sajem je mesto susreta proizvođača, distributera, kupaca i donosioca odluka u industriji hardvera.**

**2.665 izlagača iz 50 zemalja i preko 50.000 posetilaca iz 132 zemlje**

**PROGRAM PUTOVANJA AVIONOM: 09. – 12.3.2014 / 4 DANA 3 NOĆENJA**

**1. dan 09.3.2014 Beograd – Dizeldorf - Keln**

Sastanak učesnika putovanja na aerodromu »Nikola Tesla« dva sata pre leta. Poletanje za Dizeldorf letom JU 320 u 07:25h, sletanje u Dizeldorf 09:45h. Individualni transfer lokalnom železnicom (S-bahn) do Kelna. Smeštaj u hotel. Odlazak na sajam javnim prevozom. **Noćenje.**

**2. – 3. dan 10. – 11.3.2014 Keln**

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

**4. dan 12.3.2014 Keln – Dizeldorf – Beograd**

**Doručak.** Posle doručka transfer lokalnom železnicom (S-bahn) do aerodroma u Dizeldorfu. Poletanje za Beograd letom JU 321 u 10:30h, sletanje u Beograd u 12:35h.

SMEŠTAJ - HOTELI	CENA ARANŽMANA JE PO OSOBI	
	u dvokrevetnoj sobi	doplata za jednokrevetnu sobu
NH Cologne Media Park 4*	540 €	210 €
Mado 4*	570 €	230 €
Senats 4*	650 €	280 €
Stadthotel am Römerturm 3*	730 €	160 €

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

**CENA ARANŽMANA UKLJUČUJE:** avioprevoz na relaciji Beograd – Dizeldorf – Beograd, aerodromske takse, 3 noćenja sa doručkom (bife) u izabranom hotelu, troškove organizacije aranžmana.

**CENA ARANŽMANA NE UKLJUČUJE:** transfere od aerodroma do hotela i od hotela do aerodroma u Kelnu (na zahtev putnika možemo obezbediti voznu kartu od aerodroma u Dizeldorfu do glavne železničke stanice u Kelnu koja iznosi 65 eur), transfere od – do sajma u Kelnu, polisu međunarodnog zdravstvenog osiguranja (DDOR cca 690,00 dinara ili Delta Generali 737,00 dinara), ulaznice za sajam (**ulaznica za sajam je istovremeno i karta za gradski prevoz i regionalne vozove u sistemu VRS-a i može se koristiti za odlazak i povratak sa sajma u Kelnu**), cene ulaznica u pretprodaji, lične troškove putnika.

- **jednodnevna 24 eur**      - **dvodnevna 35 eur**      - **za sve dane 47 eur**

**Ulaznice za sajam možete kupiti i posredstvom agencije uz naknadu od 5 € po putniku.**

**Prilikom prijavljivanja neophodno je uplatiti 50% od ukupne cene aranžmana. Kompletan uplata mora biti izvršena najkasnije do 14.02.2014.**

**Prijavljivanje** za putovanje vrše se putem fax-a ili e-mail-a. Prijava treba da sadrži tačna imena putnika prema pasošu, izabrani hotel, broj putnika i strukturu soba.

**POSEBNE UZANSE KOJE VAŽE UZ OVAJ PROGRAM - USLOVI OTKAZA:**

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

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

Uz ovaj program važe Opšti uslovi putovanja turističke agencije usklađeni sa YUTA standardom  
Omega Travel d.o.o.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd

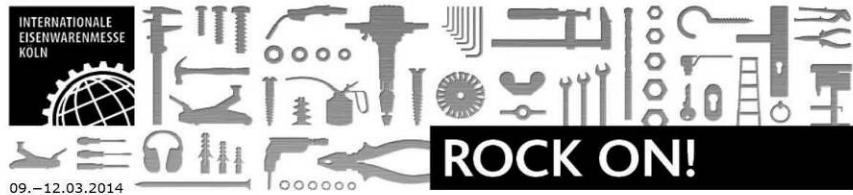
Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

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

[www.omegatravel.rs](http://www.omegatravel.rs)      [office@omegatravel.rs](mailto:office@omegatravel.rs)



Accredited  
Agent



**Hotel NH Cologne Media Park 4\***, Im Media Park 8b, D-50670 Cologne,  
<http://www.nh-hotels.com/nh/en/hotels/germany/cologne/nh-koln-mediapark.html>

Hotel se nalazi u centru Kelna, 10-ak minuta vožnje od sajma. U hotelu je omogućen besplatan bežični pristup internetu, ima odlične saobraćajne veze i finu hranu. Restoran za ručak i večeru nudi talijanska jela. Hotel nudi udobne sobe s elegantnim dekorom. Hotel je na nekoliko minuta hoda od podzemne i S-Bahn železnice. Ukupan broj soba u hotelu je 217.



**Hotel Mado 4\***, Moselstr. 36, 50674 Köln, <http://www.hotelmado.de/English>

Hotel se nalazi pored železničke stanice Südbahnhof u Kelnu. Hotel nudi prostrane sobe mediteranskog stila, spa i teretanu. Sve sobe u hotelu Mado imaju kablovsku TV, mini bar i sef. Kupatilo je opremljeno sa fenom za kosu i ogrtačom. Veliki švedski stol za doručak svakog jutra. Gosti se mogu opustiti uz piće u dvorištu, u zimskom vrtu ili u baru. Na 10-ak minuta hoda nalaze brojni restorani, kafići i klubovi. Autoput A4 udaljen je samo 2 km. Ukupan broj soba u hotelu je 49.



**Hotel Senats 4\***, Unter Goldschmied 9-17, D-50667 Köln, <http://senats-hotel.de/homepage-english/>

Hotel se nalazi 300 metara od katedrale u Kelnu i glavne železničke stanice. Sobe su svetle, prostrane sa satelitskom TV. Takođe nudi sobe za nepušače. Svaka soba ima Wi-Fi pristup i mini bar, a u kupatilima se nalazi fen za kosu. Neumarkt pešačka zona nalazi se samo 500 metara od hotela. S a glavne železničke stanice, podzemnom železnicom do sajma potrebno je manje od 5 minuta. Ukupan broj soba u hotelu je 59.



Uz ovaj program važe Opšti uslovi putovanja turističke agencije usklađeni sa YUTA standardom  
 Omega Travel d.o.o.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd

Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

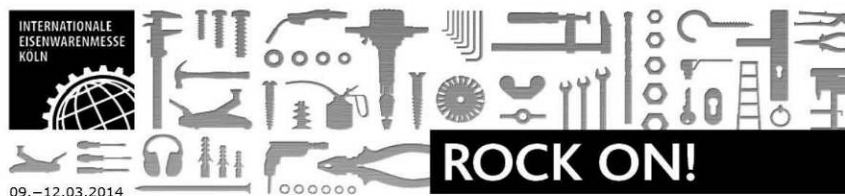
PIB: 104132223 / Matični broj: 20096268 Tekući račun: 265-1630310003602-76 Licenca OTP Br. 353/2010 od 19.02.2010

[www.omegatravel.rs](http://www.omegatravel.rs)

[office@omegatravel.rs](mailto:office@omegatravel.rs)



Accredited  
Agent



**Stadthotel am Römerturm 3\***, St. Apern – Straße 32, 50667 Köln, <http://stadthotel-roemerturm.de/en/>  
 Hotel nalazi se u srcu grada Kelna, 10-ak minuta hoda od glavne železničke stanice i katedrale u Kelnu. Hotel je obnovljen 2013. Doručak u hotelu se služi na bazi švedskog stola. Sve sobe u hotelu su klimatizovane, ne pušačke, imaju WiFi, TV i kupatilo. U restoranu u hotelu služi se međunarodna kuhinja i sezonska jela. Centar grada je samo 10-ak minuta hoda a gosti mogu do sajma stići za manje od 15 minuta gradskim prevozom. Stanica podzemne železnice Appelhoffplatz je 4 minuta hoda. Ukupan broj soba u hotelu je 107.



**Beograd, 21.01.2014.**

Uz ovaj program važe Opšti uslovi putovanja turističke agencije usklađeni sa YUTA standardom  
 Omega Travel d.o.o.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd

Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

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

[www.omegatravel.rs](http://www.omegatravel.rs) [office@omegatravel.rs](mailto:office@omegatravel.rs)



Accredited  
Agent



Željko Potkonjak

## NEZADOVOLJAVANJE ZAHTEVA APSORBOVANE ENERGIJE-CVN POTROŠNOG MATERIJALA ZA EPP ZAVARIVANJE- OSNOVNA ANALIZA UZROKA CVN FAILURE OF F7A5-EM12K SAW CONSUMABLE - ROOT CAUSE ANALYSIS

**Originalni naučni rad / Original scientific paper**

**UDK / UDC: 621.791.753.5**

**Rad primljen / Paper received:**

Januar 2014.

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

Drydocks World Dubai, Jumeirah Road, Dubai, UAE

**Ključne reči:** zavarivanje, epp, potrošni materijali, apsorbovana energija, ispitivanje žilavosti

**Keywords:** Welding, SAW, consumables, absorbed energy, toughness testing

### Uvod

Zapaženo je tokom regularnog ispitivanja šarže dodatnih materijala za EPP zavarivanje a koji se koriste u FLNG Turret projektu, ponovljeno odstupanje kod F7A5-EM12K (Ref. 6) cenjenog brenda u zadovoljenju minimalne apsorbovane energije CVN (39J) na -400C kako je specificirano u Ref.1.

Namena ovog rada je da predstavi kako kako su ispitni uzroci zavareni i ispitani kao i da objasni osnovni uzrok neuspeha uključujući I predlog korektivnih mera.

### Dodatni materijal

Ispod je dat opis praška klase F7A5 i klase žice EM 12K prema podacima proizvođača:

Kombinacija aglomerisanog aluminatnog praška-žica za zavarivanje pod raškom. Opšta namena kombinacije sa odličnim performansama zavarivanja i vrlo dobrim operativnim karakteristikama. Vrednosti udarne žilavosti su dobre do -40°C. Veći sadržaj Si je dodat u cilju povećanja tečljivosti rastopljene kupke. Pogodna za konstrukcije čelike, finožrne čelike, posude pod pritiskom, brodograđevinske čelike do F40, cevovode itd. Proizvedena je a postupke sajedom I više žica, za sučeone I ugaone spojeve. Pogodna za DC I AC struju zavarivanja. Jednoslojno I višeslojno zavarivanje limova neograničene debljine.

Klasifikacija nenetog metala šava:

- SEA/AWS A5.17/A5M.17: F7A5-EM12K (Ref. 2)
- Lloyd's Register (LR): 4Y40M (Ref. 1)

### Zavarivanje ispitnih uzoraka

Zavarivanje ispitnih uzoraka je izvedeno prema Ref. 1. Poglavlje 11, deo 4 (videti sliku 1).

### Introduction

It has been noted, during regular batch testing of submerged arc welding (SAW) consumables to be used for FLNG Turret project, repeated failure of F7A5-EM12K (Ref. 6) grade from one reputable brand to meet minimum average CVN absorbed energy (39J) at -40°C as specified in Ref.1.

Intention of this paper is to present how test coupons were welded and tested, to explain root cause of failure including proposal for corrective action.

### Consumable

Below is description of F7A5 grade flux and EM12K grade wire as given in manufacturer Product Data Sheet:

Agglomerated aluminate-basic flux-wire-combination for Submerged Arc Welding. General purpose combination with excellent welding performance and very good operating characteristics. Impact toughness values down to -40°C. Higher Si content has been added in order to increase the fluidity of the molten pool. Suitable for structural steels, fine grained steels, pressure vessel steels, shipbuilding steels up to F40, line pipe steels, etc. Designed for single and multi wire procedures, for butt and fillet welds. Suitable for DC and AC welding. Single layer and multi layer welding of unlimited plate thickness. Classification of deposited weld metal:

- SEA/AWS A5.17/A5M.17: F7A5-EM12K (Ref. 2)
- Lloyd's Register (LR): 4Y40M (Ref. 1).

### Welding of Test Coupons

Welding of test coupons was done as per Ref. 1, Chapter 11, Section 4 (see Fig. 1):

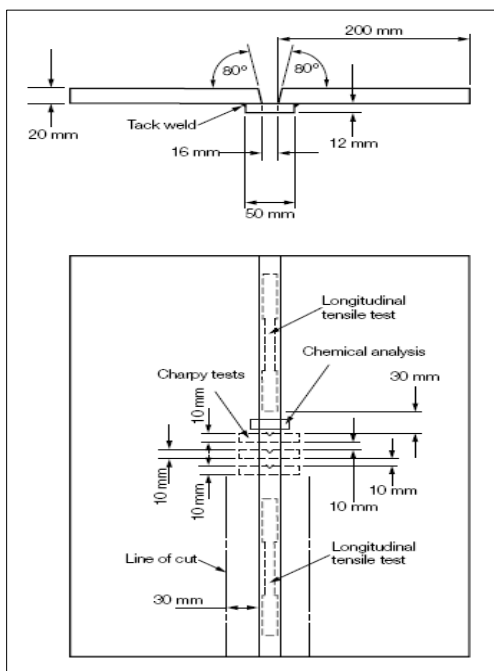


Fig. 1: Deposited weld metal test assembly

Sl. 1 Način nanošenja metala šava za ispitivanje

### Ispitivanje

Epruvete za CVN su pripravljene prema Ref.3. Veličina epruveta je 10x10x55 mm.

Sva ispitivanja su izvedena u EIL (Emirates Industrial Laboratory), kancelarija u Dubaiju. Oprema koja je korišćena za ispitivanje je :

- A 300J mašina za ispitivanje udarom koja koristi metodu po Šarpiju, Avery Denison 6705U (videti sl.2),

Serijski broj 32466. Poslednja verifikacija mašine je bila 03. 03.2012.

### Testing

CVN specimens were prepared as per Ref. 3. Specimen's size: 10x10x55 mm.

All tests were done in EIL (Emirates Industrial Laboratory), Dubai Office. Equipment used for testing:

- A 300J Impact Testing machine using the Charpy method, Avery Denison 6705U (see Fig.2),

Serial No. 32466. Last verification of machine was done 03. 03.2012.



Fig. 2: EIL Charpy Machine

Sl. 2: Šarpiteg



**Kriterijumi prihvatljivosti**

**Acceptance Criteria**

Kriterijumi prihvatljivostisu prema Ref.1, Poglavlje 11, deo 4, Tabela 11.4.2- Klasa 4Y40:

Acceptance criteria was as per Ref. 1, Chapter 11, Section 4, Table 11.4.2 - Grade 4Y40:

Grade	Yield stress N/mm <sup>2</sup> minimum	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation on 50 mm % minimum	Charpy V-notch impact tests	
				Test temperature °C	Average energy (see Note) J minimum
1N, 2N, 3N	305	400 – 560	22	+20, 0, -20	34
1Y, 2Y, 3Y, 4Y	375	490 – 660	22	+20, 0, -20, -40	34
2Y40	400	510 – 690	22	0	39
3Y40	400	510 – 690	22	-20	39
3Y42	420	530 – 680	20	-20	47
3Y46	460	570 – 720	20	-20	47
3Y50	500	610 – 770	18	-20	50
3Y55	550	670 – 830	18	-20	55
3Y62	620	720 – 890	18	-20	62
3Y69	690	770 – 940	17	-20	69
4Y40	400	510 – 690	22	-40	39
4Y42	420	530 – 680	20	-40	47
4Y46	460	570 – 720	20	-40	47
4Y50	500	610 – 770	18	-40	50
4Y55	550	670 – 830	18	-40	55
4Y62	620	720 – 890	18	-40	62
4Y69	690	770 – 940	17	-40	69
5Y42	420	530 – 680	20	-60	47
5Y46	460	570 – 720	20	-60	47
5Y50	500	610 – 770	18	-60	50
5Y55	550	670 – 830	18	-60	55
5Y62	620	720 – 890	18	-60	62
5Y69	690	770 – 940	17	-60	69
1 1/2 Ni	375	460	22	-80	34
3 1/2 Ni	375	420	25	-100	34
5 Ni	375	500	25	-120	34
9 Ni	375	600	25	-196	34

Note: For Charpy V-notch tests, a set of three test specimens is to be prepared and the average energy value is to comply with the requirements of above table. One individual value may be less than the required average value provided that it is not less than 70 percent of this value.

Primerba: Za ispitivanje po Šarpiju pripremljen je set od po tri epruvete i srednja vrednost zadovoljava zahteve iz pomenute tabele. Neka pojedinačna vrednos može biti manja od zahtevane srednje vrednosti ali ne manje od 70% te vrednosti.

**Rezultati**

Rezultati ispitivanja CVN prikazani su u Tabeli 1:

**Results**

Results of CVN testing are presented in Table 1 below:

Table 1:

Tabela 1:

Test #	Batch # Šarža (Flux- prašak)	Batch # Šarža (Wire-žica)	Dia. Preč. (mm)	Absorbed Energy (J) at -40°C (10x10x55)						Result Rezultat	Remarks Primerbe
				#1	#2	#3	#4	#5	Avg.		
1	XXXX1588	YY1031786	4	18	18	16	N/A	N/A	17	Failed Nije zadovoljilo	Flux not baked. Praša knije sušen
2	XXXX1588	YY2034646	4	16	14	18	16	20	17	Failed Nije zadovoljilo	Flux not baked. Prašak nije sušen
3	XXXX3511	YY8038419	4	32	48	24	N/A	N/A	35	Failed Nije zadovoljilo	Flux not baked. Prašak nije sušen
4	XXXX3511	YY9038419	3.2	44	24	56	N/A	N/A	41	Failed Nije zadovoljilo	Flux not baked. Prašak nije sušen
5	XXXX2596	YY8038419	4	54	24	20	20	18	27	Failed Nije zadovoljilo	Flux not baked. Prašak nije sušen
6	XXXX3511	YY8038419	4	62	78	88	50	56	67	<b>Pass Prošlo</b>	Flux baked: 300°C/2h Sušenje praška
7	XXXX1588	YY2034646	4	92	56	46	102	126	84	<b>Pass Prošlo</b>	Flux baked: 300°C/2h Sušenje praška



Makro i mikro strukturna analiza urađena je na uzorku #1 (CVN nije zadovoljio) i #7 (CVN je zadovoljio) ( za detalje, pogledati Tabelu 1.) Nalazi su dati ispod:

Macro and micro structural analysis has been done on sample #1 (CVN fail)& #7 (CVN pass) (for details, please refer to Table 1 above). Findings are presented below

**Specimen #1:  
Uzorak#1**

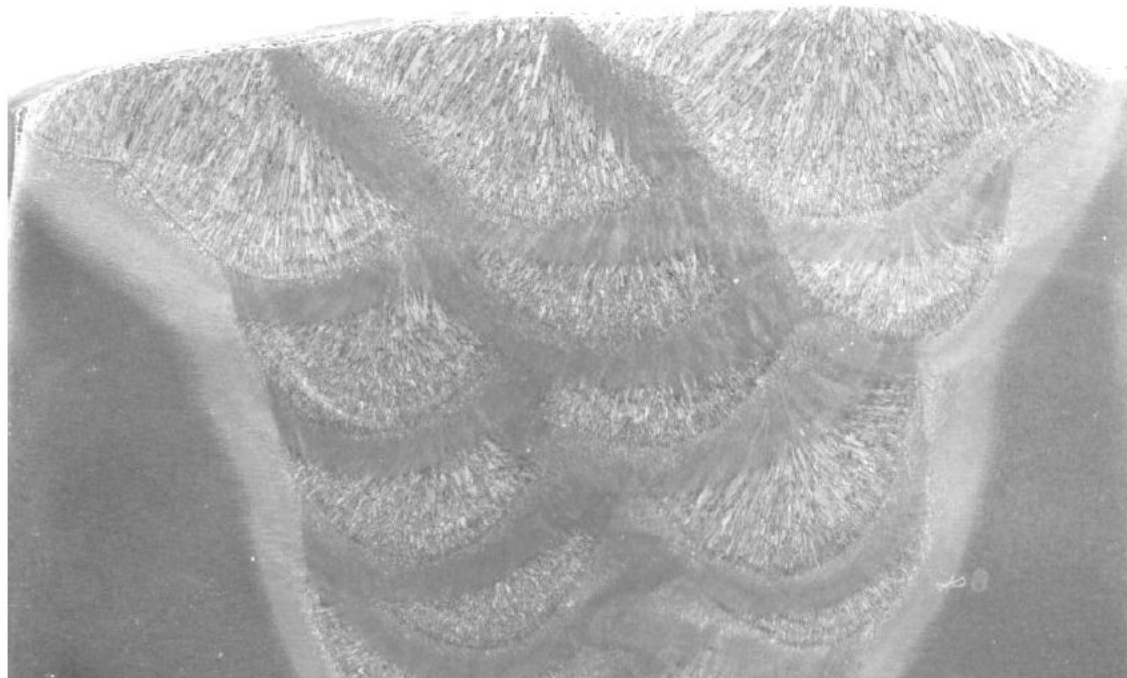


Fig. 3: Weld Macro Photograph – Specimen #1  
Sl.3: Makrofotografija šava-epruveta#1

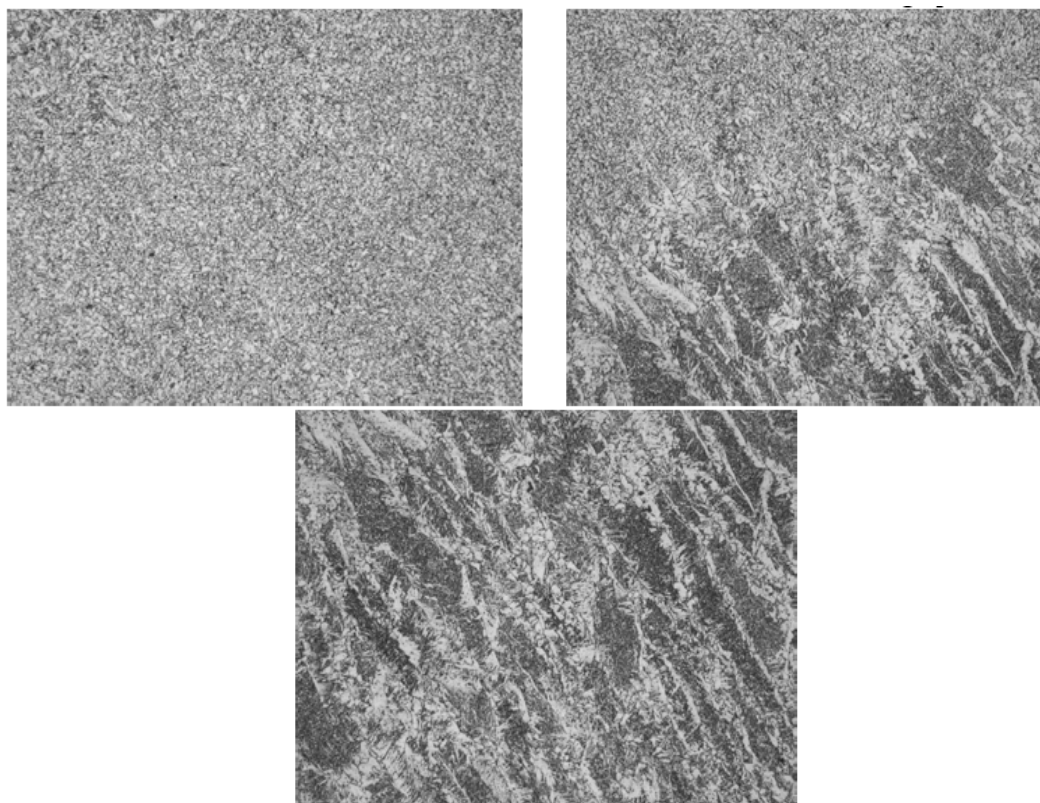


Fig. 4: Weld Microstructure, 50X, Nital 2% – Specimen #1  
Sl.4: Mikrostruktura šava 50X, Nital 2% – epruveta #1

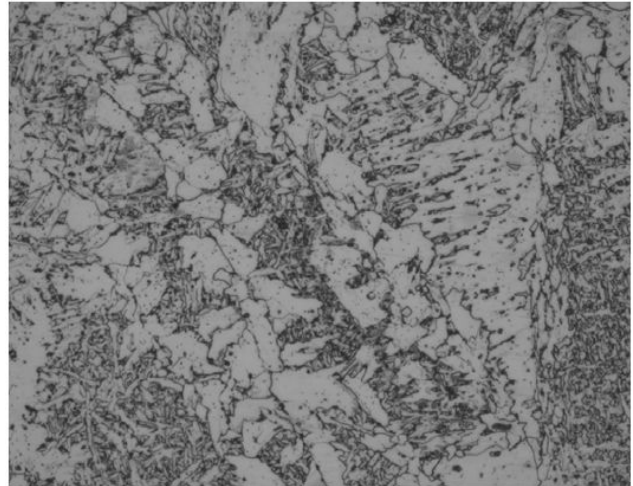
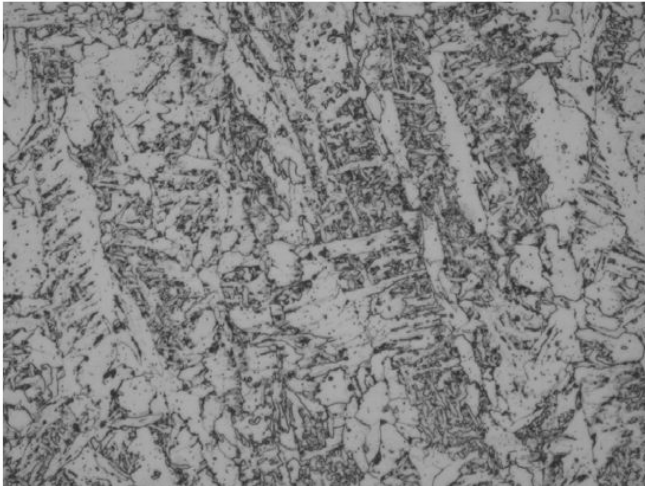


Fig. 5: Weld Microstructure, 200X, Nital 2% – Specimen #1  
 Sl.5: Mikrostruktura šava,200X, Nital 2% – epruveta #1

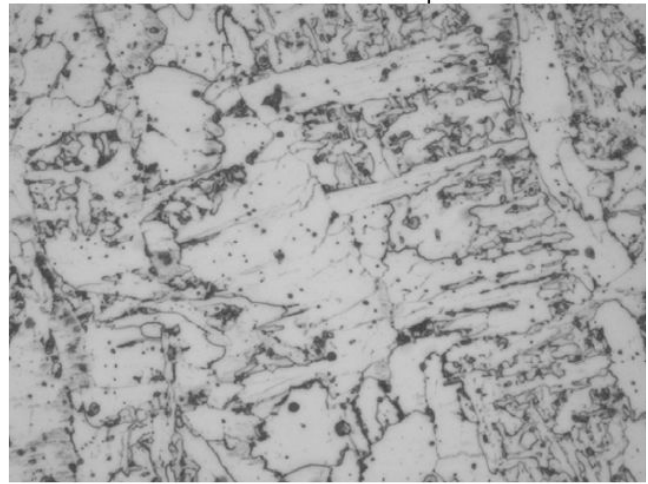
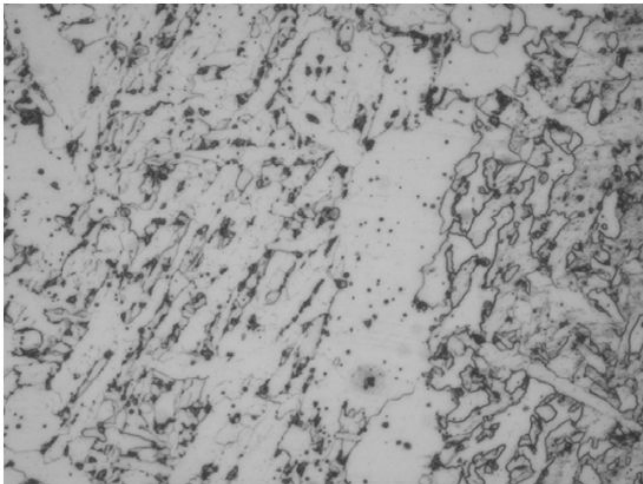


Fig. 6: Weld Microstructure, 500X, Nital 2% – Specimen #1  
 Sl.6: Mikrostruktura šava,500X, Nital 2% – epruveta #1

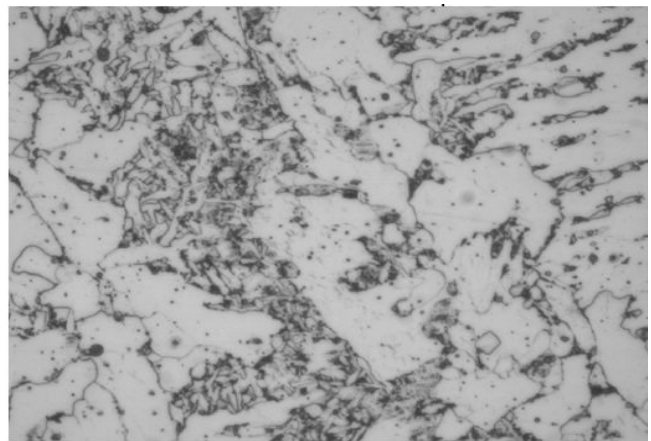
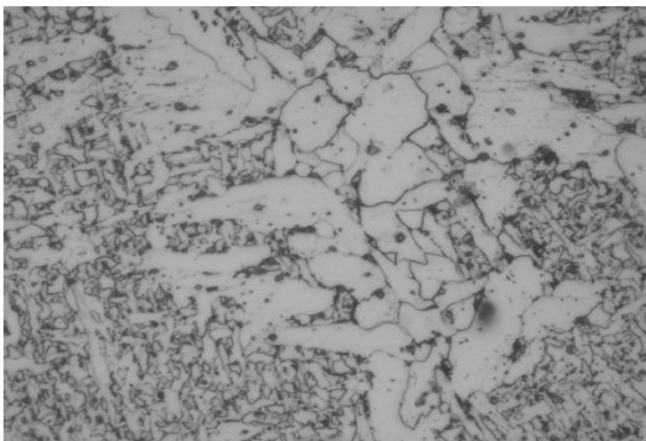


Fig. 7: Weld Microstructure, 1000X, Nital 2% – Specimen #1  
 Sl.7: 50X, Mikrostruktura šava,1000X, Nital 2% – epruveta #1

Mikrostruktura ispitivana u metalu šava sastoji se od različitih faza ferita kao što je ferit sa granicama zrna, Widmanstätten-ov ferit (uglavnom), acikularni ferit, poligonalni ferit sa rasutim karbidima i loptastim uključcima oksidnog tipa.

Microstructure examined at weld consists of various phases of ferrite such as grain boundary ferrite, Widmanstätten ferrite (predominantly), acicular ferrite, polygonal ferrite with dispersed carbides and globular oxide type inclusions.



Specimen #7:  
Epruveta #7:



Fig. 8: Weld Macro Photograph – Specimen #7  
Sl.8: Makrofotografija šava - epruveta #7

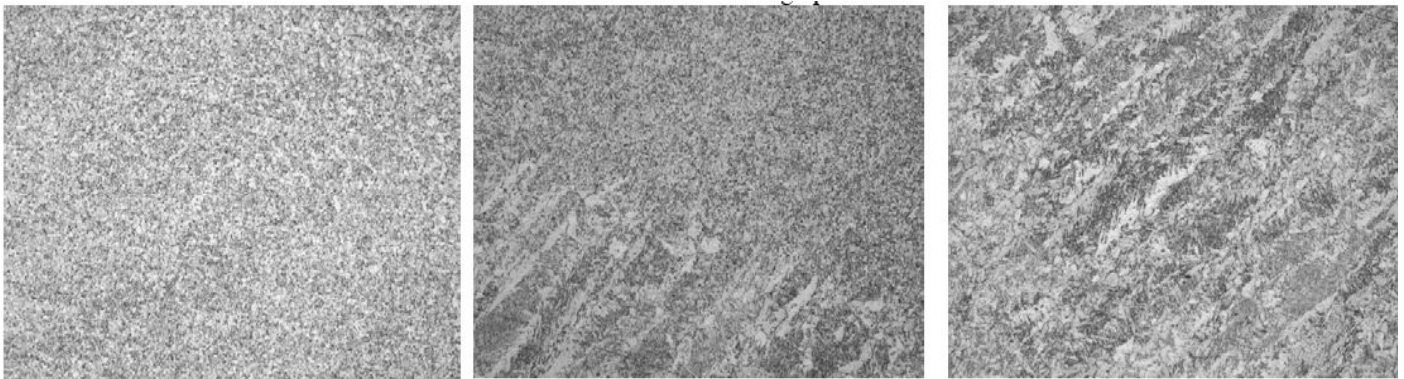


Fig. 9: Weld Microstructure, 1000X, Nital 2% – Specimen #7  
Sl.9: Mikrostruktura šava, 1000X, Nital 2% – epruveta #7

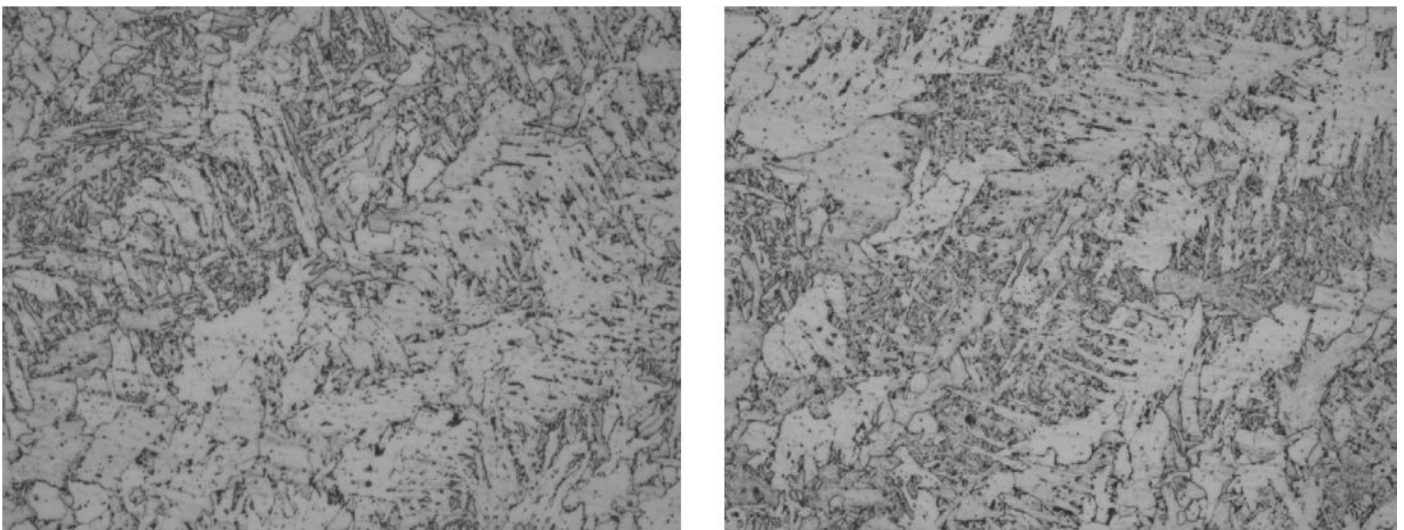


Fig. 10: Weld Microstructure, 200X, Nital 2% – Specimen #7  
Sl.10: Mikrostruktura šava, 200X, Nital 2% – epruveta #7

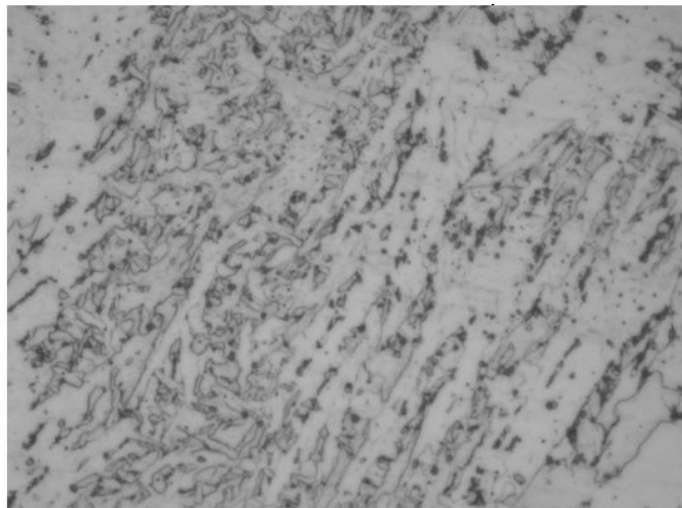
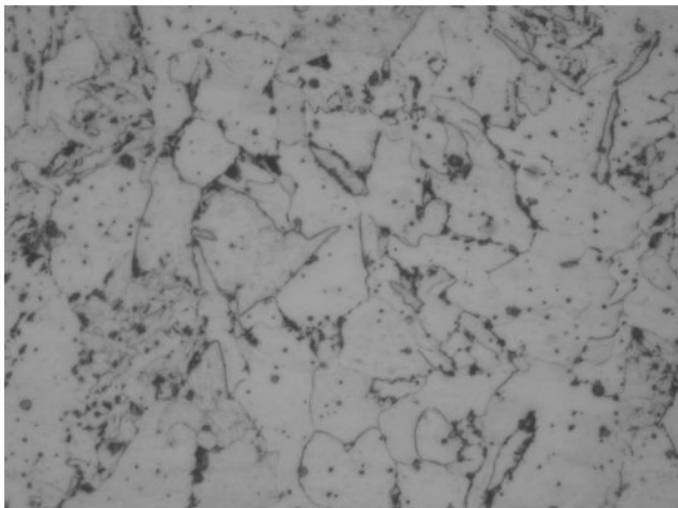


Fig. 11: Weld Microstructure, 500X, Nital 2% – Specimen #7  
 Sl.11: Mikrostruktura šava, 500X, Nital 2% – epruveta #7

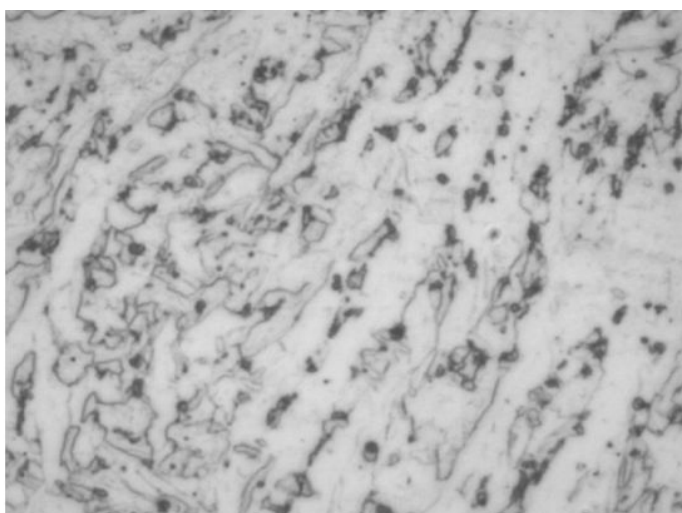
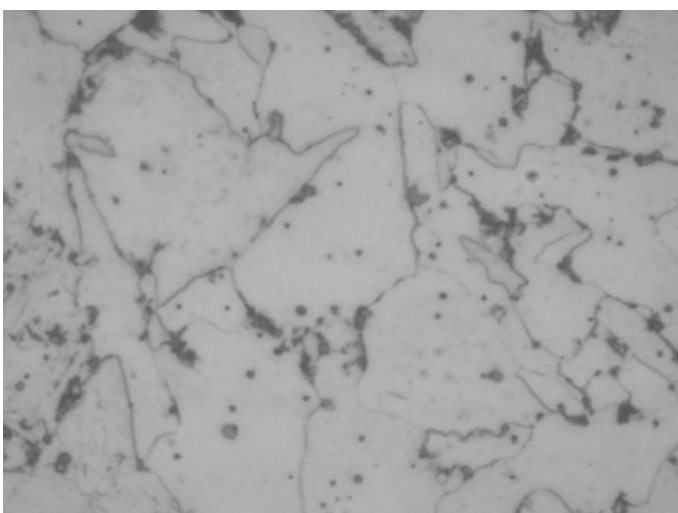


Fig. 12: Weld Microstructure, 1000X, Nital 2% – Specimen #7  
 Sl.12: 50X, Mikrostruktura šava, 1000X, Nital 2% – epruveta #7

Mikrostruktura ispitivana u metalu šava sastoji se od različitih faza ferita kao što je ferit sa granicama zrna, Widmanstätten-ov ferit (uglavnom), poligonalni ferit sa rasutim karbidima i loptastim uključcima oksidnog tipa.

### Osnovna analiza uzroka

Zapaženo je da je sušenje praška na 3000C u trajanju od 2 sata i držanje na približno 1500C, kada se primenjuje, značajno poboljšavalo postignute vrednosti apsorbirane energije na -400C. S obzirom da je namena sušenja upravo to da smanji nivo vlage u prašku, logično je zaključiti da vlaga nepovoljno utiče na CVN osobine metala šava. Predmetni prašak je klasifikovan kao aglomerisani bazični prašak ( $B > 1.2-2$ ). Tipičnino kiseonika kod ovog tipa praška je 300 – 500ppm.

### Kako sadržaj kiseonika ugrožava udarne osobine metala šava?

Generalno, veća bazičnost podrazumeva veću čistoću sa aspekta nemetalnih uključaka (to je u suštini masnj

Microstructure examined at weld consists of various phases of ferrite such as grain boundary ferrite, acicular ferrite (predominantly), Widmanstätten ferrite, polygonal ferrite with dispersed carbides and globular oxide type inclusions.

### Root Cause Analysis

It has been noted that baking of flux at 3000C for 2 hours and keeping it at approx. 1500C until used significantly improves achieved CVN absorbed energy at -400C. Since purpose of baking is to reduce level of moisture in the flux, it is logical to conclude that moisture contamination of flux has deteriorated specified CVN properties of weld metal. Subjected flux has been classified as agglomerated basic flux ( $B > 1.2-2$ ). Typical oxygen level for this kind of flux is 300 – 500ppm.

### How content of Oxygen is affecting Impact Properties of Weld Metal?

In general, the higher the basicity, the cleaner the weld with respect to nonmetallic inclusions (that is, lower weld



sadržaj kiseonika u metalu šava). Kao posledica toga, proizvođači potrošnih materijala za zavarivanje klasifikuju i reklamiraju svoje praškove sa tim indeksom. Veruje se da veća bazičnost znači i veću žilavost, dok kiseli prašak znači odlično ponašanje šljake, karakteristiku interesantnu za poboljšanje morfologije zavara i brzinu nanošenja. Slaka ispod ilustruje korelaciju između kiseonika u metalu šava i indeksa bazičnosti (BI) kod nekih sistema praškova. Sadržaj kiseonika u metalu šava značajno opada kada BI raste do 1.2 a potom ostaje relativno konstantan pri oko 20 ppm O.

metal oxygen content). Consequently, manufacturers of welding consumables have classified and advertised their fluxes with this index. It is believed that high basicity means high toughness, while an acidic flux means excellent slag behavior, a characteristic of interest to improve weld bead morphology and deposition rate. Figure below illustrates the correlation between weld metal oxygen and the basicity index (BI) for some flux systems. The weld metal oxygen content drops significantly as the BI is increased to 1.2 and then remains relatively constant at about 250 ppm O.

**Note:** This theory is not applicable for fluxes with high content of amphoteric oxides ( $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ...)

**Primedba:** Ova torija nije prihvatljiva za praškove sa visokim sadržajem amfoternih oksida ( $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ...)

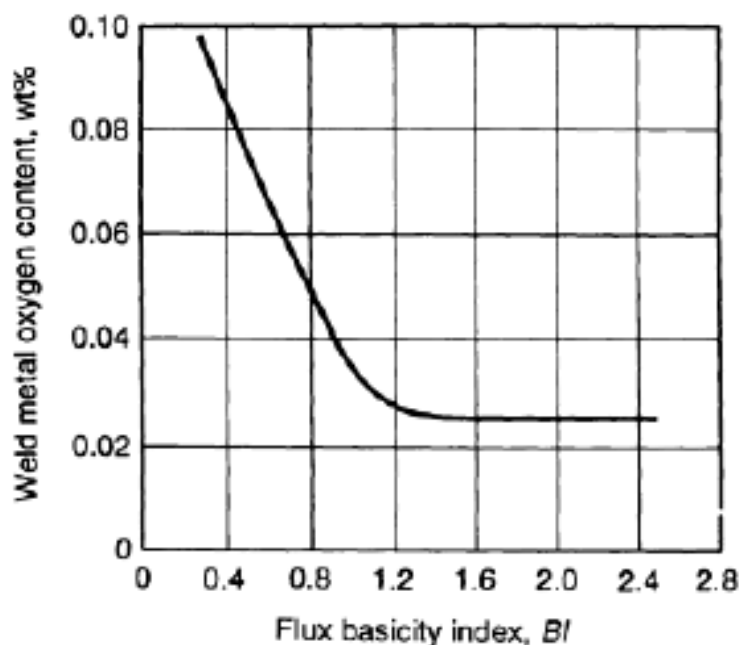


Fig. 13: Effect of Flux Basicity Index on Weld Metal Oxygen Content when using SAW Process (Source: Ref. 4)  
Sl.14: Uticaj indeksa bazičnosti na sadržaj kiseonika u metalu šava pri EPP zavarivanju (Izvor : Ref.4)

Sa slike 14. vidljivo je da se za postizanje najmanje CVN prelazne temperature, zahteva optimalni sadržaj uključaka. Na prelaznu temperaturu prevashodno utiče lom usled cepanja, a njegov tok zavisi od toga koliko je efektivno propagirana prslina cepanja u smislu promene pravca tokom svog prostiranja kroz mikrostrukturu. Pri manjem sadržaju uključaka, zapaža se struktura gornjeg beinita i sastoji se od paralelnih pločica ferita (u jednom paketu) koje rastu na površinama granica zrna. Kod optimalnog sadržaja uključaka, javlja se pretežno struktura acikularnog ferita, i ovde susedne pločice ferita teže da se sire u mnogo različitih pravaca od mesta nastanka uključaka. Pri većem sadržaju uključaka, udeo structure plčastog ferita raste, imajući opet skoro paralelne pločice ferita (Widmanstätten-ov ferit). Najveća žilavost (znači i najmanja prelazna temperatura) javlja se samo u "haotičnoj" mikrostrukturi acikularnog ferita zato što je najmanja efektivna veličina feritnog zrna.

From Fig. 14 below it is seen that optimum inclusion content is required to obtain the lowest CVN transition temperature. The transition temperature is mainly governed by cleavage fracture, and this in turn depends on how effectively a propagating cleavage crack is forced to change direction as it traverses the microstructure. At low inclusion contents, an upper bainitic structure is obtained, and this consists of parallel platelets of ferrite (in a single packet) growing from the grain boundary surfaces. With optimum inclusion content, a predominantly acicular ferrite structure is obtained, and here the adjacent ferrite platelets tend to radiate in many different directions from inclusion nucleation site. At higher inclusion contents, the amount of ferrite sideplate structures increases, again having nearly parallel ferrite platelets (Widmanstätten ferrite). The highest toughness (that is, the lowest transition temperature) is obtained only in the "chaotic" microstructure of acicular ferrite because it has the smallest effective ferrite grain size.

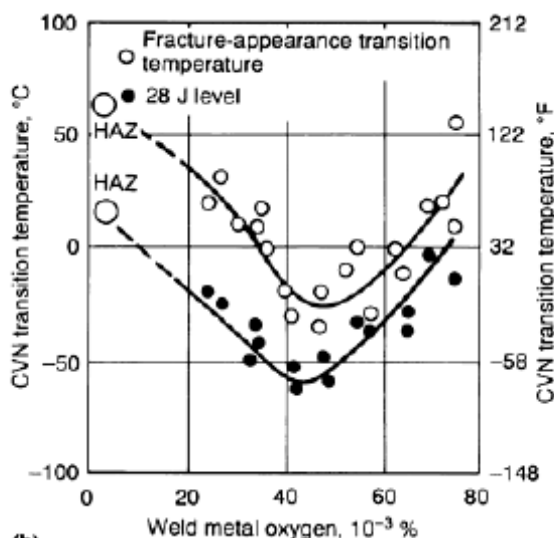


Fig. 14: Effect of Oxygen Content on CVN Transition Temperature (Source: Ref. 5)  
 Sl.14: Uticaj sadržaja kiseonika na CVN prelaznu temperature (Izvor: Re.5)

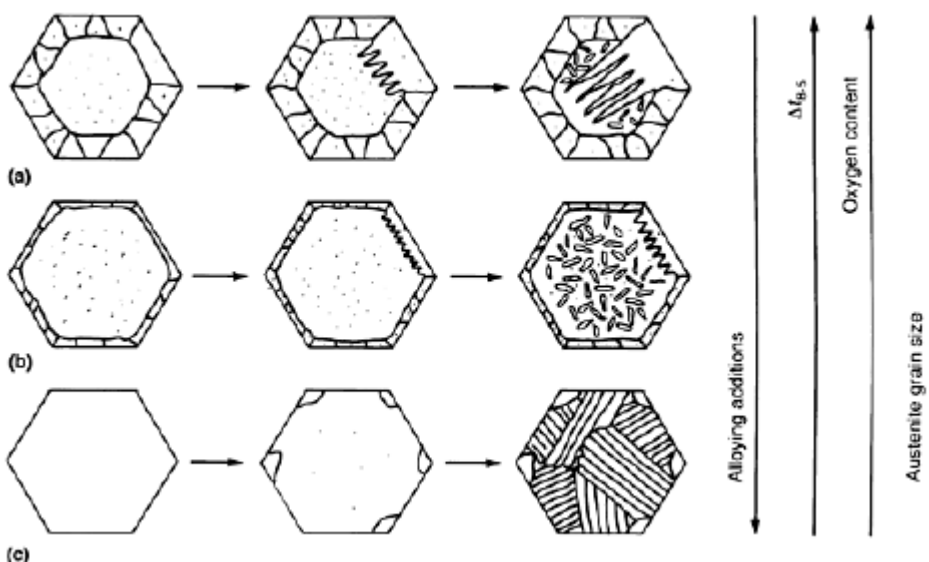


Fig. 15: Effect of Oxygen Content on the Development of Microstructure (Source: Ref. 6)  
 Sl. 15: Uticaj sadržaja kiseonika na razvoj mikrostrukture (izvor: Ref. 6)

**Zaključak**

Tri napred ispitana lota praška F7A5 nisu zadovoljili zahteve udarnog opterećenja CVN zbog prisustva vlage. Prašak je korišćen direktno iz vreće po preporuci proizvođača.

Analizirajući podatke za isporuku praška iz skladištenja proizvođača i skladišta krajnjeg potrošača i stvarnog zavarivanja (videti tačke ispod), treba zapaziti da je prašaka skladišten u skladištu krajnjeg potrošača jako kratko, tako da je kontaminacija praška unutar skladišta korisnika nemoguća. Na osnovu prikazanih podataka, izgleda da je do kontaminacije praška došlo pre isporuke u skladište proizvođača.

XXXX1588 (U skladištu proizvođača: 03.05.2012, skladištu krajnjeg korisnika: 04.05.2012 – zavarivanje 06.05.2012);

**Conclusion**

7.1. Three above tested lot numbers of F7A5 flux were not able to satisfy CVN impact requirements due to moisture contamination. Flux was used directly from the bag as recommended by the manufacturer.

Analyzing dates of flux delivery to the manufacturer warehouse, end user warehouse and actual welding (see points below), it should be noted that flux was stored in end user warehouse very short time before it was used for welding, so contamination of flux due to storage conditions inside end user warehouse is very unlikely. Based on dates presented, it looks like contamination of flux could happen before delivery to manufacturer warehouse.

XXXX1588 (IN Manufacturer Warehouse: 03.05.2012, End User Warehouse: 04.05.2012 – welding 06.05.2012);



XXXX3511 (U skladištu proizvođača: 10.05.2012, skladištu krajnjeg korisnika: 06.06.2012 – zavarivanje 09.06.2012);

XXXX2596 (U skladištu proizvođača: 06.05.2012, skladištu krajnjeg korisnika: 07.05.2012 – zavarivanje 12.06.2012);

Tokom provere skladišta proizvođača, zapažen je nedostatak dokumentovanih dokaza o čuvanju proizvoda (posebno o sadržaju vlage) koji je kontrolisan tokom različitih stadijuma transporta od proizvođača dok ne stigne do krajnjeg korisnika. Takođe, proizvođač nije bio u mogućnosti da prikaže podatke o sadržaju vlage koji je nađen u tri predmetna lota praška, tokom proizvodnje i finalnog pakovanja.

Uzimajući u obzir sve ovo, može se zaključiti da se predmetna klasa praška može koristiti za -400C CVN primene ali uz obavezno sušenje praška na 3000C/2h i potom držanja na ~1500C. Proizvođač treba da reviduje sadašnje izdanje kataloga svojih proizvoda sa uputstvima za korišćenje u smislu rešavanja ovog problema uz mnogo specifičniji opis.

#### References

- LR RULES FOR MANUFACTURE, TESTING AND CERTIFICATION OF MATERIALS, PART 2;
- SEA/AWS A5.17/A5M.17: SPECIFICATION FOR CARBON STEEL ELECTRODES AND FLUXES FOR SUBMERGED ARC WELDING
- ISO 148-1: METALLIC MATERIALS - CHARPY PENDULUM IMPACT TEST - PART 1: TEST METHOD
- S.S. TULIANI, T. BONISZEWSKI, AND N.F. EATON, NOTCH TOUGHNESS OF COMMERCIAL SUBMERGED ARC WELD METAL, *WELD. MET. FABR.*, VOL 37 (NO. 8), 1969, P 27

XXXX3511 (IN @ Manufacturer Warehouse: 10.05.2012, End User Warehouse: 06.06.2012 – welding 09.06.2012);

XXXX2596 (IN @ Manufacturer Warehouse: 06.05.2012, End User Warehouse: 07.05.2012 – welding 12.06.2012);

During audit in manufacturer warehouse, it has been noted lack of documented evidence that preservation of product (especially content of moisture) is controlled during various stages of transport from manufacturer till it reaches end user. Also, manufacturer was not able to present data of moisture content found in subjected three lots of flux during production and before final packing.

Considering all above, it can be concluded that subjected brand of flux can be used for -400C CVN applications but drying of flux at 3000C/2h and then holding it at ~1500C till used is mandatory. Manufacturer shall revise current edition of consumable handling handbook addressing this issue and describe it in more specific manner.

- B. AHLBLOM, "OXYGEN AND ITS ROLE IN DETERMINING WELD METAL MICROSTRUCTURE AND TOUGHNESS--A STATE OF THE ART REVIEW," DOC. NO. IX-1322-84, INTERNATIONAL INSTITUTE OF WELDING, 1984
- "GUIDE TO THE LIGHT MICROSCOPE EXAMINATION OF FERRITIC STEEL WELD METALS," DOC. NO. IX-1533-88, INTERNATIONAL INSTITUTE OF WELDING, 1988
- AUDIT REPORT, DOC. REF. NO: DDWD\_XXXX\_01



# METAV 2014

## 11. – 15. März Düsseldorf

Međunarodni sajam metaloprerađivačke industrije i modernog proizvodnog mašinstva.  
Kao međunarodna smotra za proizvodne tehnologije i automatizacije, METAV nudi trgovcima sveobuhvatan pregled tržišta, jasno organizovan u različitim tehnološkim sektorima.  
Inovativna rešenja za sve proizvodne probleme

Sajam postavlja svoje glavne akcente na sektore

- alatnih mašina
- automatizovani protok materijala
- delovi i pribor
- proizvodnih sistema
- kompjuterske tehnologije
- preciznih alata
- industrijske elektronike

PROGRAM PUTOVANJA AVIONOM: 12. – 15.3.2014 / 4 DANA 3 NOĆENJA

### 1. dan 12.3.2014 Beograd – Dizeldorf

Sastanak učesnika putovanja na aerodromu »Nikola Tesla« dva sata pre leta. Poletanje za Dizeldorf letom JU 320 u 07:25h, sletanje u Dizeldorf 09:45h. Individualni transfer javnim prevozom do hotela. Smeštaj u hotel. Individualni odlazak na sajam javnim prevozom. **Noćenje.**

### 2. – 3. dan 13. – 14.3.2014 Dizeldorf

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

### 4. dan 15.3.2014 Dizeldorf – Beograd

**Doručak.** Posle doručka individualni transfer javnim prevozom do aerodroma u Dizeldorfu. Poletanje za Beograd letom JU 325 u 21:210h, sletanje u Beograd u 23:25h.

SMEŠTAJ - HOTELI	CENA ARANŽMANA JE PO OSOBI	
	u dvokrevetnoj sobi	doplata za jednokrevetnu sobu
Motel One City 2*	510 €	140 €
CVJM 3*	620 €	230 €
Dusseldorf Mitte 3*	690 €	320 €

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

**CENA ARANŽMANA UKLJUČUJE:** avioprevoz na relaciji Beograd – Dizeldorf – Beograd, aerodromske takse, 3 noćenja sa doručkom (bife) u izabranom hotelu, troškove organizacije aranžmana.

**CENA ARANŽMANA NE UKLJUČUJE:** transfere od aerodroma do hotela i od hotela do aerodroma u Dizeldorfu, transfere od – do sajma u Dizeldorfu, polisu međunarodnog zdravstvenog osiguranja (DDOR cca 690,00 dinara ili Delta Generali 737,00 dinara), ulaznice za sajam (**ulaznica za sajam je istovremeno i karta za gradski prevoz**), cene ulaznica u pretprodaji: jednodnevna 19 eur, za sve dane 36 eur, lične troškove putnika.

**Prilikom prijavljivanja neophodno je uplatiti 50% od ukupne cene aranžmana. Kompletna uplata mora biti izvršena najkasnije do 14.02.2014.**

**Prijavljivanje** za putovanje vrše se putem fax-a ili e-mail-a. Prijava treba da sadrži tačna imena putnika prema pasošu, izabrani hotel, broj putnika i strukturu soba.

#### POSEBNE UZANSE KOJE VAŽE UZ OVAJ PROGRAM - USLOVI OTKAZA:

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

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

Uz ovaj program važe Opšti uslovi putovanja turističke agencije usklađeni sa YUTA standardom

Omega Travel d.o.o.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd

Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

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

[www.omegatravel.rs](http://www.omegatravel.rs) [office@omegatravel.rs](mailto:office@omegatravel.rs)





# METAV 2014

11. – 15. März Düsseldorf

**Hotel Motel One City 2**, Kruppstraße 32, 40227 Düsseldorf,  
[http://www.motel-one.com/en/hotels/dusseldorf/hotel-duesseldorf-city/?rooms=1&adults\\_per\\_room=1&in\\_date=2014-02-02&out\\_date=2014-02-03](http://www.motel-one.com/en/hotels/dusseldorf/hotel-duesseldorf-city/?rooms=1&adults_per_room=1&in_date=2014-02-02&out_date=2014-02-03)

Hhotel nudi savremeno opremljene sobe i besplatni bežični pristup internetu i nalazi se u blizini centra Düsseldorfa. Podzemna železnice i tramvajska stanica su u blizini hotela. Sve sobe u hotelu su klimatizovane, imaju TV sa ravnim ekranom, udobne krevete i moderno kupatilo. Opuštena atmosfera u hotelu koji nudi kombinaciju restorana za doručak, kafić, bar i recepciju. Na 400 metara od hotela nalazi se podzemna stanica Oberbilk Markt. Odatve, možete doći do sajma u Düsseldorf za samo 20 minuta. Ukupan broj soba u hotelu je 73.



**Hotel CVJM 3\***, Graf-Adolf-Str. 102, 40210 Düsseldorf, <http://www.cvjm-duesseldorf-hotel.de/>

Ovaj hotel nudi udoban smeštaj u srcu Dizeldorfa, na samo 200 m od glavne železničke stanice i na 10 min. hoda od čuvenog bulevara za šoping Königsallee. Hotel nudi udobno nameštene, dobro opremljene sobe. Besplatan bežični internet, dostupan u zajedničkim prostorijama hotela od 06:00 do 00:00. Postoji aparat za prodaju čaja i kafe. Doručak je na bazi švedskog stola. Zahvaljujući odličnim saobraćajnim vezama do svih sajmova i atrakcija regije Rur lako je doći. Ukupan broj soba u hotelu 38.



**Duesseldorf Mitte hotel 3\***, Graf-Adolf-Strasse 60, D-40210 Duesseldorf, [www.hotel-duesseldorf-mitte.de](http://www.hotel-duesseldorf-mitte.de)

Moderan hotel, centralno lociran između Koenigsalle i glavne železničke stanice (500 m od HBF). Hotel ima lobi, bar, lift i parking u blizini hotela. Hotel ima sa 87 klimatizovanih soba sa kupatilima sa fenom, TV, minibar, sef. Doručak je na bazi švedskog stola.



Beograd, 27.01.2014.

Uz ovaj program važe Opšti uslovi putovanja turističke agencije usklađeni sa YUTA standardom  
 Omega Travel d.o.o.

Majke Jevrosime 14a, 11000 Beograd

Tel: +381 11 30 33 907, 30 33 908, 30 33 380 Fax: +381 11 30 33 114

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

[www.omegatravel.rs](http://www.omegatravel.rs) [office@omegatravel.rs](mailto:office@omegatravel.rs)



Accredited  
Agent



Nenad Radović, Dragomir Glišić

## SAVREMENI ČELICI: DVOJNIKOVANJEM IZAZVANA PLASTIČNOST

**Originalni naučni rad / Original scientific paper**

**UDK / UDC: 669.141:539.214**

**Rad primljen / Paper received:**

Januar 2014.

**Ključne reči:** nerđajući čelici, zavarivanje, heat tint, korozija, nagrizanje

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

Katedra za metalurško inženjerstvo, Tehnološko metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Karnegijeva 4, 11120 Beograd

email: nenrad@tmf.bg.ac.rs

**Keywords:** stainless steels, welding, heat tint, corrosion, pickling

### Izvod

Dvojnikanjem izazvana plastičnost (TWIPing Induced Plasticity – TWIP) u čelicima je fenomen koji je omogućio razvoj zasebne grupe čelika za koju se pretpostavlja da će imati masovnu upotrebu, naročito u autoindustriji. Mikrostruktura ovih čelika na sobnoj temperaturi se sastoji od austenita koji je stabilisan značajnim dodatkom mangana. U toku deformacije dolazi do dvojnikanja koje značajno povećava otpor deformaciji, uz zadržavanje odlične plastičnosti, tako da su čvrstoće od 1300-2000 MPa praćene izduženjem od minimalno 45%. Sa vremena istraživanja su više usmerena na ispunjenje tehnoloških zahteva, kao što su zavarljivost, koroziona postojanost, mašinska obradljivost i sl.

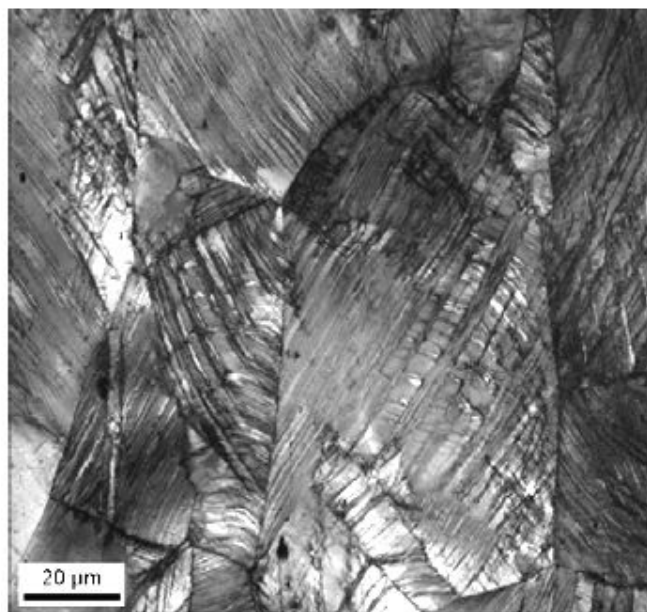
### TWIP čelici

Stalni zahtevi za povećanjem energetske efikasnosti vozila su jedan od glavnih pokretača usavršavanja postojećih čelika ili razvoja novih čelika za nove generacije automobila. Univerzalni cilj je uvek da se smanje masa vozila, potrošnja goriva i emisija CO<sub>2</sub>. Ovaj cilj se postiže korišćenjem čelika povišene do vrlo visoke čvrstoće, uz ispunjenje dodatnih veoma oštih zahteva za garantovanom žilavošću i/ili tehnološkim zahtevima kao što su sposobnost oblikovanja, zavarljivost, otpornost na koroziju i sl. Sadašnji trend razvoja je okrenut razvoju čelika koji će omogućiti oblikovanje dubokim izvlačenjem do veoma velikog stepena deformacije i odgovarajuće visoke čvrstoće u hladno-deformisanom stanju [1-9].

Limovi od TWIP čelika poseduju veoma visok nivo zahtevanih mehaničkih osobina, kao što su visoka vrednost čvrstoće i duktilnosti, što omogućava njihovo korišćenje za izradu autodelova. Glavni legirajući element u ovim čelicima je mangan, i to u količini koja može varirati između 15 i 35%. Pored mangana, ovi čelici mogu sadržati do 3%Al, do 3%Si, do 1.5%C, a nekada se dodaju i mikrolegirajući elementi [1-5]. Ovaj način legiranja obezbeđuje prisustvo austenita (površinski centrirane rešetke) na sobnoj temperaturi, čija je dodatna karakteristika veoma niska energija greške u redosledu (EGR) čime je omogućena pojava dvojnikanja, slika 1.

### Abstract

A significant increase in the research activity dedicated to high manganese TWIP steels has occurred during the past few years, motivated by the breakthrough combination of strength and ductility possessed by these alloys. Here a short review of the relations between microstructure and mechanical properties is presented. This summarized knowledge explains why TWIP steel metallurgy is currently a topic of great practical interest of especially automotive industry.

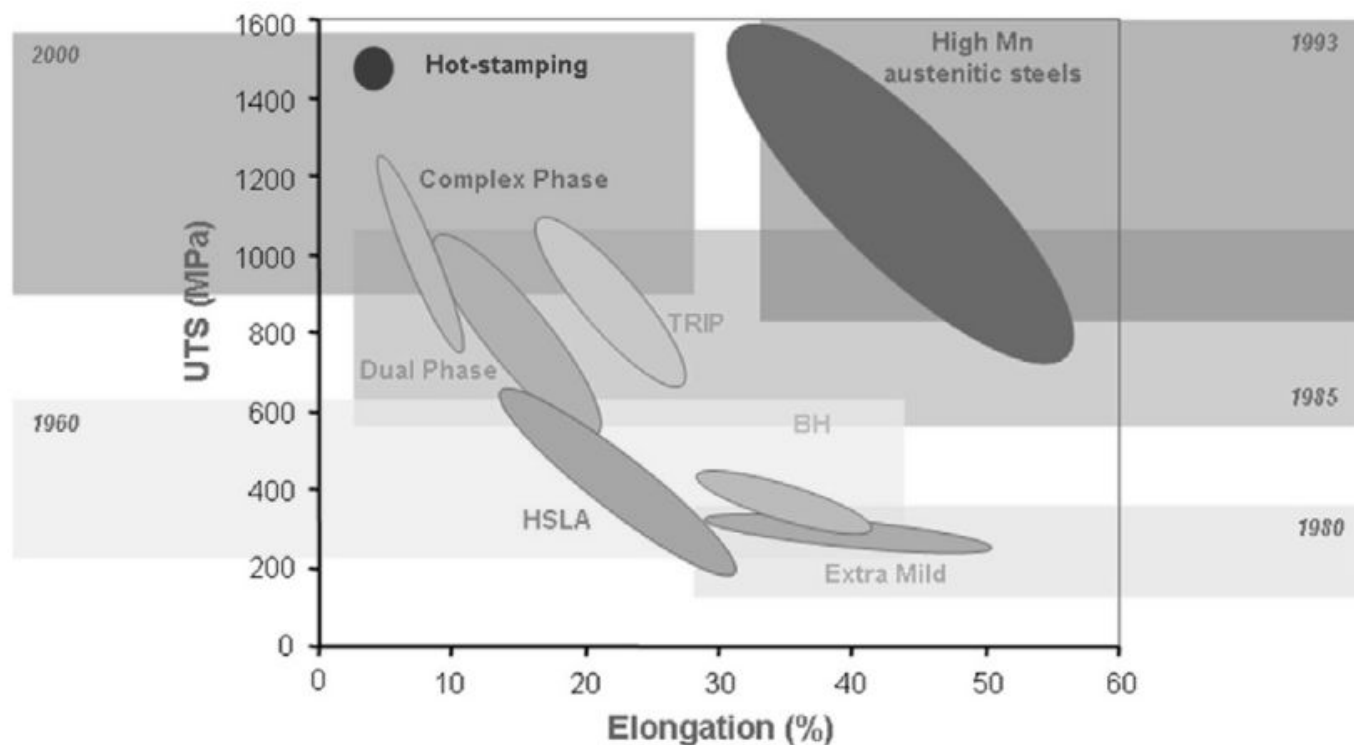


**Slika 1.** Tipična struktura Fe-22Mn-0.6C TWIP čelika nakon deformacije 0.3. [1]



U toku deformacije, dvojnikanje dovodi do dodatnog povećanja čvrstoće, ali i poboljšanja duktilnosti. Ovakvo ponašanje TWIP čelika obezbeđuje značajno bolje osobine u poređenju sa drugim čelicima, slika 2. U prethodnom periodu su razvijani čelici kod kojih je uvek bio prisutan kompromis između čvrstoće i plastičnosti. Korišćenje čelika sa povišenom čvrstoćom je omogućilo smanjenje težine pojedinačnih komponenti, ali je uvek iziskivalo promene u montaži. Da bi se zadržalo zavarivanje kao osnovni način spajanja delova, dodatni uslov pored mehaničkih osobina je bila kontrola sadržaja legirajućih elemenata, kako bi se zadržala zavarljivost.

Rukovodeći se ovom idejom, razvijani su HSLA (niskolegirani čelici povišene čvrstoće), dvofazni čelici, višefazni čelici. U grupi višefaznih čelika, posebnu grupu čine čelici kod kojih, zahvaljujući prisutnom zaostalom austenitu, u toku deformacije dolazi do pojave transformacijom izazvane plastičnosti (TRIP) čime je omogućeno istovremeno povećanje i čvrstoće i plastičnosti. Njihovim ispitivanjem je utvrđeno da prisutni austenit obezbeđuje dobru žilavost, ali da dolazi do velike brzine deformacionog ojačavanja, tako da sam efekat povećanja plastičnosti nije tako veliki, kao što je to u slučaju TWIP čelika [1-8].



**Slika 2.** Čvrstoća i izduženje različitih čelika namenjenih autoindustriji. ((TRIP- transformacijom indukovana plastičnost; HSLA – niskolegirani čelici povišene čvrstoće; BH – Bake hardening čelici; Dual Phase – dvofazni čelici; Extra mild - niskouglenični čelici) [1,2]

Porast čvrstoće praćen povećanjem plastičnosti u TWIP čelicima ima veliki značaj sa industrijskog stanovišta, jer omogućava da se u jednoj operaciji presovanja izradi deo veoma kompleksnog oblika. U toku presovanja (plastična deformacija) dolazi do značajnog deformacionog ojačavanja, tako da finalni deo ima dovoljno veliku čvrstoću koja omogućava konstruktoru značajne redukcije poprečnog preseka i smanjenje težine bez uticaja na sigurnost vozila i zadržavanje sposobnosti apsorpcije udara. Prema sadašnjim odnosima cena čelika, ovi čelici su između 60 i 80% skuplji od klasičnih čelika koje treba da zamene, ali je to trošak koji je isplativ na duže staze eksploatacije vozila [1-4].

Sa druge strane, iako imaju odličan odnos čvrstoća/plastičnost/cena, TWIP čelici još uvek nisu masovno prisutni u proizvodnji auto delova. Glavna prepreka širokoj upotrebi ovih čelika je ograničeno poznavanje i razumevanje mehaničkog ponašanja, kako bi se predvideo odgovor materijala na preradu u alatima, zavarivanje i apsorpciju udara.

### Deformaciono ponašanje

TWIP čelike karakteriše niska vrednost energije greške u redosledu (EGR). Energija greške u redosledu je veličina koja određuje rastojanje između parcijalnih dislokacija. Parcijalne dislokacije su istog znaka i uvek teže da se odbiju, dok EGR teži da ih spoji u jediničnu. Ravnotežno rastojanje parcijalnih dislokacija zato zavisi od rezultujućeg dejstva ova dva suprotna faktora. U slučaju kada je EGR mala, parcijalne dislokacije se nalaze na velikom rastojanju, odnosno kada su na velikom rastojanju, EGR ima veliku vrednost. Prema tome, dodatak velike količine mangana ima za cilj da obezbedi austenitnu strukturu na sobnoj temperaturi, kao i veoma malu EGR [1,2,6-8,10].

Zato u toku deformacije dolazi do istovremenog dejstva (preplitanja) nekoliko fenomena/mehanizama: klizanja dislokacija, deformacionog dvojnikanja i martenzitne transformacije. Idealno deformaciono ponašanje bi

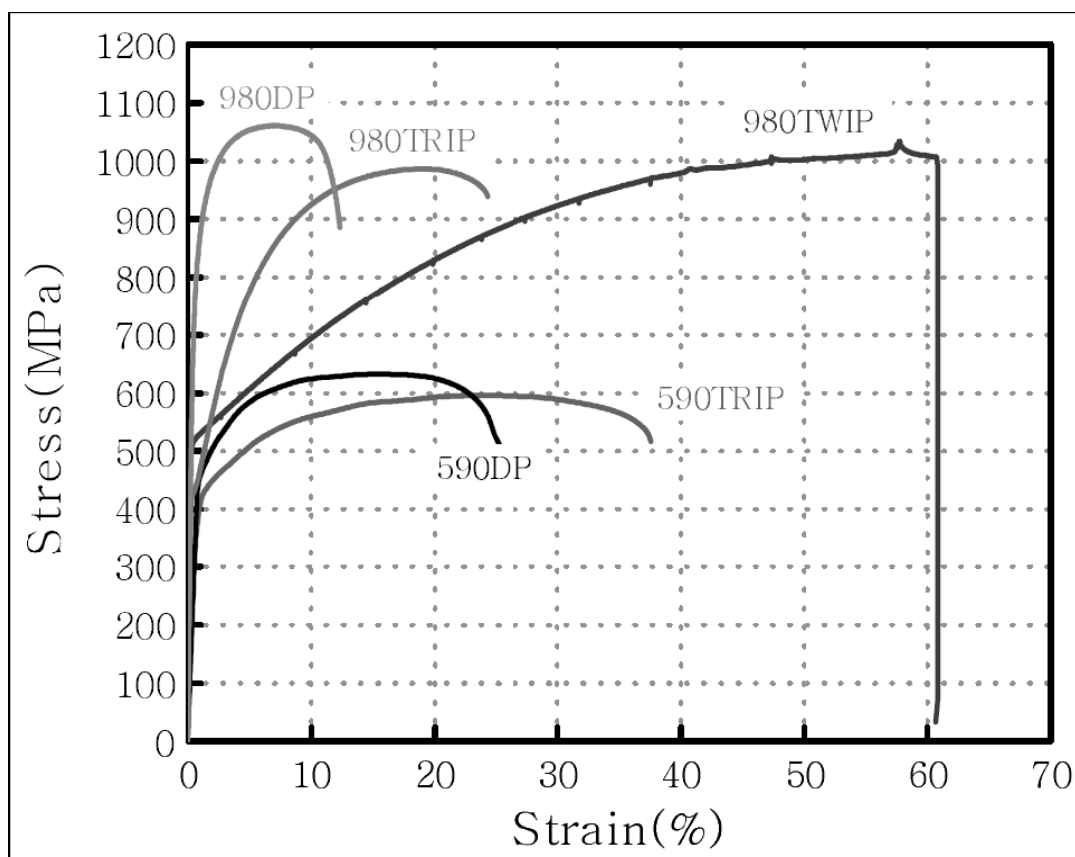


obuhvatilo u potpunosti sprečavanje martenzitne transformacije, iako klizanje dislokacija do dostizanja nekog kritičnog stepena deformacije, kada se aktivira i deformaciono dvojnikovanje. Kritični stepen deformacije je oko 5% i zavisi od EGR, veličine zrna i temperature. Dok se on ne dostigne, ojačavanje se zasniva na potrebi za spoljnim naprežanjem koje će dovesti do spajanja parcijalnih dislokacija u jediničnu i njeno dalje kretanje.

Na taj način se stvara ćelijska struktura i povećava lokalno naprežanje. Ovo naprežanje služi kao pokretač deformacionog dvojnikovanja. Dvojnici koji nastaju su ograničeni ćelijskim zidovima, te se dvojnici koji imaju sočivast oblik ponašaju kao prepreke za kretanje dislokacija. Prema tome, istovremeno dolazi do smanjenja veličine zrna i ojačavanja usled prisustva dvojnika. U nekim slučajevima se mogu pojaviti sekundarni dvojnici koji dodatno ojačavaju čelik. Sumarno, formiranje dvojnika deformacije, ne samo da stvara nove orijentacije unutar zrna, već i smanjuje dužinu putanje kojom se kreću dislokacije, formirajući

novu graničnu površinu koja je prepreka kretanju dislokacija [1,2,6-8].

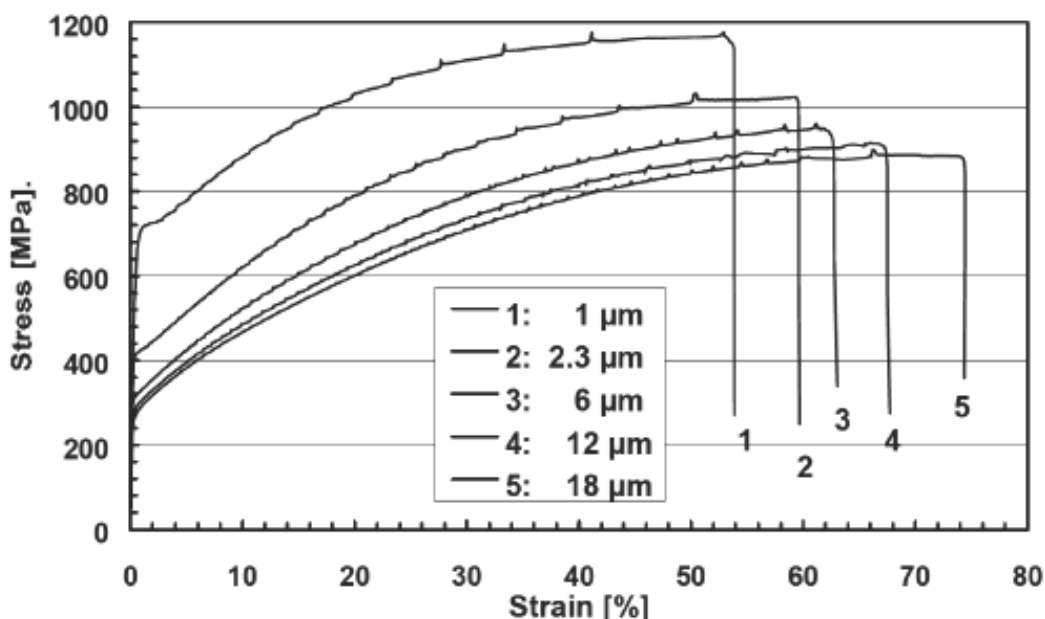
Granice dvojnika se mogu aproksimirati koherentnim granicama koje dislokacije mogu da prođu (efekat taložnog ojačavanja). Usled promene orijentacije unutar dvojnika, potrebno je primeniti veće naprežanje, što rezultuje velikom brzinom deformacionog ojačavanja, koja je praćena velikim izduženjem. Na slici 3 su prikazane krive ojačavanja različitih čelika povišene čvrstoće. Klasa čelika zatezne čvrstoće 980MPa se razvija za izradu apsorbera udara. Dijagram ukazuje da se sa povećanjem količine austenita u strukturi povećava ukupna energija deformacije pre pojave loma. Ono što je glavna razlika TWIP u odnosu na ostale prikazane čelike, je niža vrednost granice tečenja. (Napomena: ovde je reč o čelicima kod kojih je prioritet energija ispod krive, a ne granica tečenja!). Zato se pretpostavlja da TWIP čelici mogu imati veoma značajnu ulogu u ovoj oblasti.



**Slika 3.** Krive ojačavanja različitih čelika visoke čvrstoće. (DP-dvofazni čelici; TRIP – čelici kod kojih je transformacijom izazvana plastičnost; TWIP - Fe-18Mn-1.5Al-0.6C [1,2,6-8])

Da bi se povećala granica tečenja, klasični pristup je smanjenje veličine austenitnog zrna, koje se izvodi prethodnom deformacijom. Na slici 4 je prikazan uticaj veličine zrna na deformaciono ponašanje Fe-22Mn-0.6C TWIP čelika. U rasponu veličine zrna između 1 i 18  $\mu\text{m}$ , sa smanjenjem veličine zrna, granica zrna se povećava, a smanjuje se duktilnost.

Ovo ponašanje u potpunosti odgovara Hall-Petch zavisnosti, iako je ona u osnovi razvijena za slučaj deformacije klizanjem u toku koje ne dolazi do dvojnikovanja. Smatra se da se smanjenjem veličine zrna dodatno teže formiraju ćelije ubnutar zrna u kojima će se stvoriti finiji dvojnici, koji na taj način povećavaju i granicu tečenja i brzinu deformacionog ojačavanja.



Slika 4. Uticaj veličine zrna na deformaciono ponašanje Fe-22Mn-0.6C TWIP čelika [2]

Na granicu tečenja i deformaciono ponašanje veliki uticaj ima i sadržaj legirajućih elemenata. Dodatak legirajućih elemenata ima za cilj da pored povećanja granice tečenja, spreči izdvajanje cementita u toku žarenja i da smanji sklonost ka vodoničnoj krtosti.

Uopšte uzev, razvoj TWIP čelika se zasniva na ispunjenju sledećih zahteva [4]:

1. zadržavanje austenitne strukture u celom temperaturnom intervalu prerade
2. sprečavanje pojave martenzita u toku hladne prerade
3. povećanje granice tečenja na sobnoj temperaturi
4. sprečavanje stvaranja karbida
5. omogućavanje prerade na postojećoj opremi (konvencionalne linije kontinuiranog livenja i tople valjaonice)
6. odlaganje početka dvojnikanja ka većim stepenima deformacije, kroz kontrolu EGR.

Smatra se da veoma povoljan uticaj na povećanje granice tečenja mogu imati mikrolegirajući elementi, kroz

uticaj na kinetiku rekristalizacije, kao i izdvajanje finih karbida. Za legiranje TWIP čelika u ovom cilju se koriste elementi koji imaju veliki afinitet prema ugljeniku i lako stvaraju fine karbide, kao što su vanadijum, niobijum, titan, hrom. Smatra se da karbidi ovih elemenata zbog svojih veoma malih dimenzija (oko 30nm!) otežavaju kretanje dislokacija i povećavaju granicu tečenja, dok sa druge strane ne utiču na dvojnikanje. Na primer, u Fe-22Mn-0.6C TWIP čeliku, dodatak 0.25Si-0.25V-0.20Cr povećava granicu tečenja na 580MPa, a zateznu čvrstoću na 1160MPa [1-4].

Dodatak aluminijuma u količinama između 1.5 i 2.0% ima za cilj da spreči stvaranje cementita nakon toplog valjanja ili žarenja. Takođe, dodatak aluminijuma poboljšava homogenost u toku same deformacije, tako da izostaje pojava diskontinuiteta. Sličan efekat ima i silicijum, ali njegov sadržaj zavisi i od ostalih legirajućih elemenata, pošto utiče na livkost čelika.

U tabeli 1 je dat pregled uticaja pojedinih legirajućih elemenata na osobine TWIP čelika.

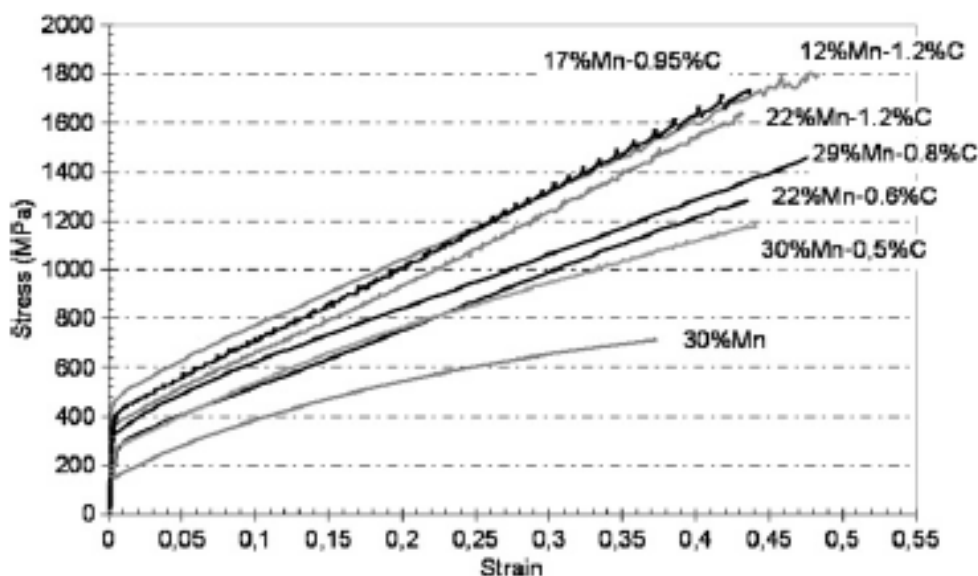
Tabela 1. Uticaj pojedinih legirajućih elemenata na osobine TWIP čelika [3]

Efekat	C	Mn	Si	B	Ti	N	Al
Stabilizacija austenita	√	√				√	√
Rastvarajuće ojačavanje austenita	√		√			√	√
Usitnjavanje ε martenzita			√				√
Topla prerada				√	√		

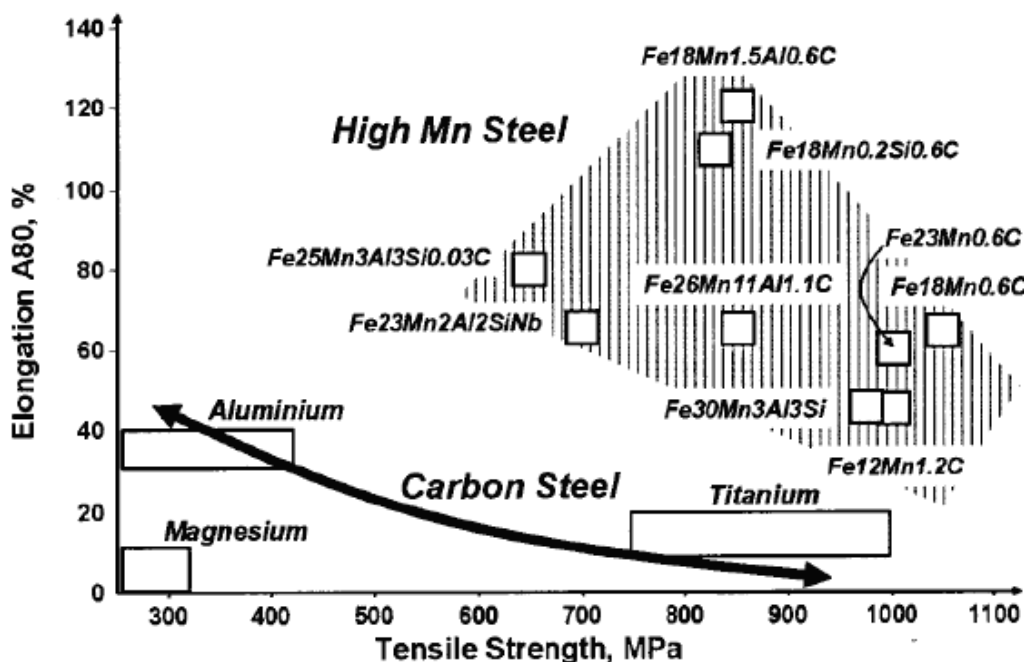


Na slici 5 su date krive ojačavanja za veći broj čelika čiji sastav se nalazi u granicama 12-30%Mn, 0.5-1.5%C. Dijagram ukazuje da na otpor deformaciji najviše utiče sadržaj ugljenika. Pri istom sadržaju mangana, dodatak ugljenika dovodi do povećanja kako granice tečenja, tako i napona u toku testa jednoosnim zatezanjem. Praktična posledica je mogućnost apsorbovanja veće

energije u toku ispitivanja. Zbirni uticaj legirajućih elemenata na odnos čvrstoće i plastičnosti je dat na slici 6. Osenčeno područje predstavlja oblast za koju se komercijalizuju TWIP čelici. U odnosu na obojene metale, TWIP čelici imaju povoljniju kombinaciju čvrstoće i plastičnosti.



Slika 5. Uticaj sadržaja ugljenika i mangana na deformaciono ponašanje TWIP čelika [2].



Slika 6. Zbirni uticaj legirajućih elemenata na odnos čvrstoće i plastičnosti [1].

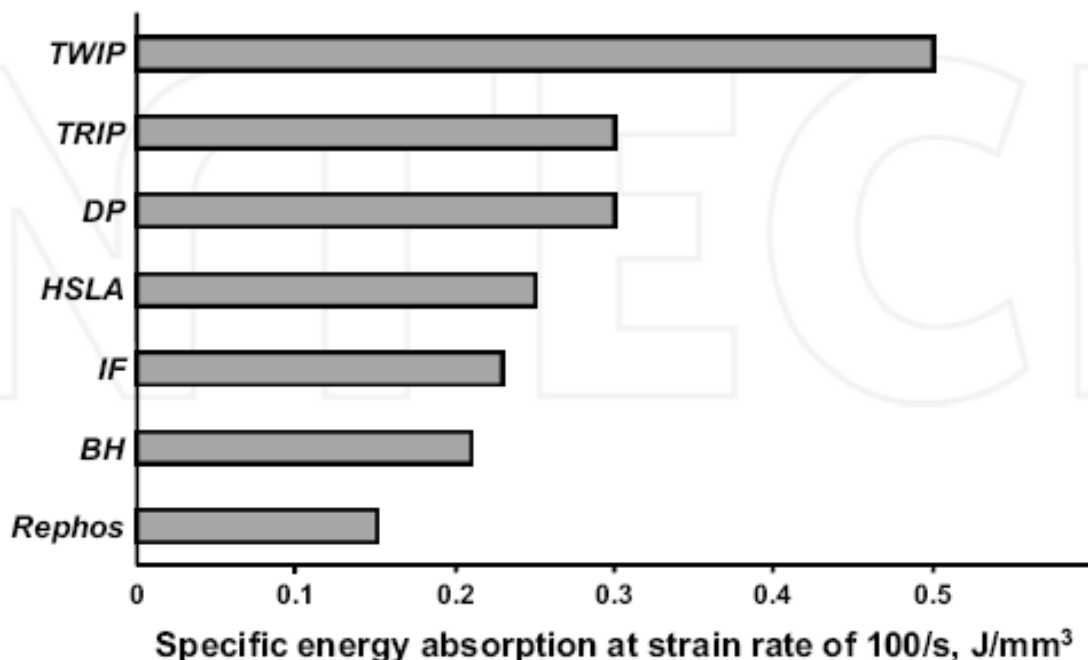
Zbog najvećeg uticaja koji na granicu tečenja imaju ugljenik i mangan, u literaturi se opis zavisnosti veličine zrna od sadržaja legirajućih elemenata svodi na uticaj ova dva elementa i opisuje jednačinom [1,2]:

$$\sigma_o = 228 + 187C - 2Mn$$



Zanimljivo je napomenuti da svi legirajući elementi u ovim čelicima imaju manju atomsku masu i gustinu od železa. Posledica ove činjenice je da svaki dodatak legirajućih elemenata ima za posledicu i smanjenje gustine čelika, što rezultuje smanjenjem težine izrađenih komponenti. Na ovaj način se smanjuje težina vozila,

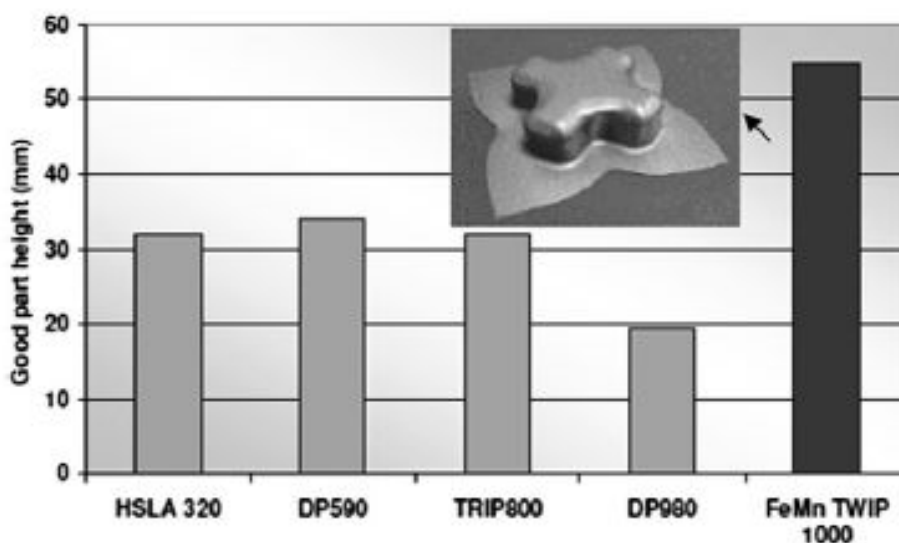
potrošnja goriva i emisija CO<sub>2</sub>, što predstavlja stalni zahtev konstruktorima. Na slici 7 je prikazana specifična apsorbovana energija udara za različite vrste čelika koje se koriste u autoindustriji. TWIP čelici imaju superiornu moć apsorpcije udara.



Slika 7. Specifična apsorbovana energija pri brzini deformacije 100s<sup>-1</sup> [4]

Sposobnost oblikovanja TWIP čelika je jedan od dominantnih procesnih zahteva. Zbog velike plastičnosti i indeksa deformacionog ojačavanja, TWIP čelici su veoma pogodni za preradu dubokim izvlačenjem, slika 7. Za isti nivo čvrstoće, ovi čelici imaju više od dva puta bolju sposobnost oblikovanja, što omogućava da se u jednostepenoj operaciji presovanja proizvedu delovi

veoma kompleksnih geometrija, slike 8 i 9. Treba napomenuti da i u zonama u kojima se javlja dvoosno zatezanje dolazi do intenzivnijeg ojačavanja, te da će delovi imati različitu strukturu i osobine u različitim zonama. Ove nehomogenosti nisu nepovoljne pošto je čvrstoća na tim mestima veća od prosečne.



Slika 8. Maksimalna visina u testu dubokog izvlačenja 22Mn–0.6C TWIP čelika zatezne čvrstoće 1000 MPa[2].

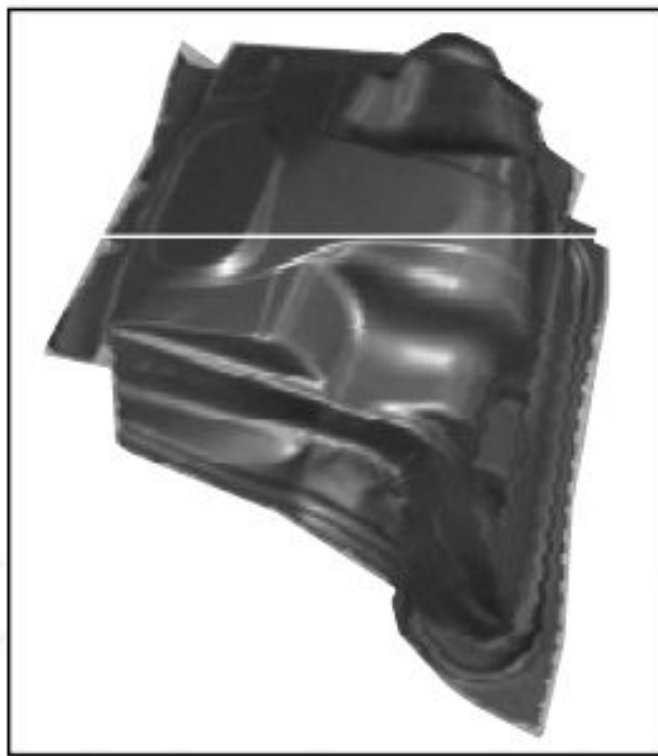


Prema tome, finalnu mikrostrukturu posle hladne deformacije karakterišu veoma visoka čvrstoća i dobra žilavost. Ove osobine su upravo i zahtev autoindustrije, ali su i veoma oštar uslov kada se npr. zahteva mašinska obradljivost. Probijanje otvora u čeliku velike žilavosti predstavlja problem sa aspekta poštovanja tolerancija dimenzija i mogućnosti da dođe do plastičnog tečenja u trenutku dodira alata sa metalom, pošto se za dobru mašinsku obradljivost traži čak i snižena žilavost. Takođe, naknadno zagrevanje TWIP čelika, do kojeg dolazi u toku npr. zavarivanja može imati poguban uticaj na mehaničke osobine, jer se može očekivati da u ZUT-u dođe do potpune rekristalizacije koja će izazvati smanjenje gustine dislokacija i nestanak dvojnika, a time i smanjenje čvrstoće. Ovi fenomeni su sada u fokusu istraživanja i oni se prevazilaze uglavnom dodatkom legirajućih elemenata (npr. Ti ili B koji smanjuju pokretljivost granica zrna i subzrna i time smanjuju efekat rekristalizacije), dodatkom Cr čak postoji intencija

da se TWIP čelici proizvedu u nerđajućoj varijanti i sl. Veoma je oštar i zahtev da se TWIP čelici proizvode na postojećoj opremi, uz minimalne korekcije/modifikacije.

Visok sadržaj mangana je veoma veliki problem zbog velikog afiniteta mangana prema kiseoniku, tako da velika količina Mn ima tendenciju da pređe u oksid i time u trosku. Ova tendencija mangana se nastavlja i pri toplom valjanju, tako da se veoma lako formiraju oksidi na površini. Sa druge strane, hladno valjanje čelika sa visokim sadržajem mangana koje dovodi do postizanja visoke čvrstoće je praćeno porastom otpora valjanju, te se kao ograničenje može javiti snaga motora na valjačkim stanovima [1-4].

Sadržaj aluminijuma je ograničen na najviše 3%, pošto se u slučaju većeg sadržaja može stvoriti  $Fe_2Al_5$  intermetalna faza čija je tačka topljenja veoma niska (oko  $1170^{\circ}C$ ), koja je krta i raspoređuje se po granicama zrna [1-3].



Slika 9. Auto delovi napravljeni od TWIP čelika dobijeni jednom operacijom presovanja [2,4].

### UMESTO ZAKLJUČKA

Dvojnikanjem izazvana Plastičnost (TWinning Induced Plasticity – TWIP) u čelicima je fenomen koji je omogućio razvoj zasebne grupe čelika za koju se pretpostavlja da će imati masovnu upotrebu, naročito u autoindustriji. Glavni legirajući element u ovim čelicima je mangan, i to u količini koja može varirati između 15 i 35%. Pored mangana, ovi čelici mogu sadržati do 3%Al, do 3%Si, do 1.5%C. Mikrostruktura TWIP čelika na

sobnoj temperaturi se sastoji od austenita koji je stabilisan značajnim dodatkom mangana, da bi se u toku deformacije stvarali dvojnici koji značajno povećavaju čvrstoću, uz zadržavanje odlične plastičnosti, tako da su čvrstoće od 1300-2000 MPa praćene izduženjem od minimalno 45%. Prepreka potpunoj komercijalizaciji ovih čelika je još uvek nedovoljno jasno ispunjenje tehnoloških zahteva, kao što su zavarljivost, koroziona postojanost, mašinska obradljivost i sl.

**Literatura**

1. Neu, R. W., "Performance and Characterization of TWIP Steels for Automotive Applications," *Materials Performance and Characterization*, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 244–284, doi:10.1520/MPC20130009. ISSN 2165-3992
2. O. Bouaziz, S. Allain, C.P. Scott, P. Cugy, D. Barbier, High manganese austenitic twinning induced plasticity steels: A review of the microstructure properties relationships, *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 15 (2011) 141–168
3. Liqing CHEN, Yang ZHAO and Xiaomei QIN, Some Aspects of High Manganese Twinning-Induced Plasticity (TWIP) Steel, A Review, *Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.)* Vol.26 No.1 pp. 1—15 February 2013
4. Javier Gil Sevillano and Fernando de las Cuevas, Internal stresses and the mechanism of work hardening in twinning-induced plasticity steels, *Scripta Materialia* 66 (2012) 978–981
5. B.C. De Cooman, Jinkyung Kim and Seil Lee, Heterogeneous deformation in twinning-induced plasticity steel, *Scripta Materialia* 66 (2012) 986–991
6. B. C. De Cooman, Kwang-geun Chin and Jinkyung Kim, High Mn TWIP Steels for Automotive Applications, *New Trends and Developments in Automotive System Engineering*, Edited by Marcello Chiaberge, ISBN 978-953-307-517-4, 664 pages, Publisher: InTech, (2011)
7. I.Gutierrez-Urrutia and D.Raabe, Grain size effect on strain hardening in twinning-induced plasticity steels, *Scripta Materialia* 66 (2012) 992–996
8. O. Bouaziz, Strain-hardening of twinning-induced plasticity steels, *Scripta Materialia* 66 (2012) 982–985
9. Đorđe Drobnjak, *Fizika čvrstoće i plastičnosti*, TMF Beograd (1986)
10. Lais Mujica Roncery, Sebastian Weber and Werner Theisen, Welding of twinning-induced plasticity steels, *Scripta Materialia* 66 (2012) 997–1001



## World Schedule of Welding & Cutting Exhibitions, Feb. 2014 – Jan. 2015

19 exhibitions (© mark) specialized in welding / cutting and 27 major exhibitions related to welding / cutting processing, industrial gas and solder.

	N a m e	D a t e s	C o u n t r y / C i t y
	MMT2014 : Myanmar Manufacturing Technology 2014	February 26-28	Myanmar/Yangon
	FABTECH : FABTECH CANADA 2014 - Canada's fabricating, metal forming and welding event	March 18-20	Canada/Tronto
	METAL : International Trade Exhibition for Metallurgy, Foundry and Tools	March 19-21	Serbia/Belgrade
©	WELDING / SPAWALNICTWO : Welding Exhibition	March 26-28	Poland/Kielce
	MTA Hanoi 2014 : The 3rd International Precision Engineering, Machine Tools and Metalworking Exhibition & Conference(WeldTech Hanoi)	April 1-3	Vietnam/Hanoi
©	Welding & Cutting : International Exhibition of Materials, Equipment and Technologies for Welding	April 9-12	Belarus/Minsk
©	Welding Zagreb : International Welding and Anticorrosion Fair	April 9-13	Croatia/Zagreb
©	WELD INDIA 2014 : International Welding, cutting, & Laser Equipments Exhibition	April 10-12	India/New Delhi
©	DIEMOULD INDIA 2014 : 9th Biennial Die & Mould International Exhibition	April 17-20	India/Mumbai
©	JIWS2014 : Japan International Welding Show	April 23-26	Japan/Tokyo
	KONMAK : Metal Processing Machines, Welding, Drilling, Cutting, Technologies, Materials and Hand Tools, Pneumatic and Hydraulic Fair	April 24-27	Turkey/Konya
©	FinnTec : Exhibition for Welding, Joining and Cutting	May 6-8	Finland/Helsinki
	Fabtec Mexico : New Metal Forming, Fabricating & Welding Technology	May 6-8	Mexico/Mexico City
©	Elmia Svets 2014 : Elmia Welding and Joining Technology	May 6-9	Sweden/Jonkoping
	FIMAQH 2014 : International Machines Tools and Technologies for Production Show	May 6-10	Argentina/Buenos Aires
	NMW : National Manufacturing Week 2014	May 13-16	Australia/Sydney
	LAMIERA 2014	May 14-17	Italy/Bologna
	INTERMACH 2014 : ASEAN's Leading Industrial Machinery and Subcontracting Exhibition	May 15-18	Thailand/Bangkok
	METALTECH 2014 : The 20th Asean International Machine Tools and Metalworking Technology Exhibition	May 21-24	Malaysia/Kuala Lumpur
	INDUSTRIAUTOMATION : International Industrial and Automation Trade Exhibition	May 27-30	Hungary/Budapest
	ITM POLAND : Innovations Technologies Machines - Welding Exhibition	June 3-6	Poland/Poznan
©	BEW 2014 : The 19th Beijing Essen Welding & Cutting Fair	June 10-13	China/Beijing
	MACHINE TOOL SURABAYA : International Machine Tool, Metalworking and Allied Industries Exhibition	June 11-14	Indonesia/Surabaya
	METALLOBRABOTKA 2014 : 15th International Exhibition for Equipment, Instruments and Tools for the Metalworking Industry	June 16-20	Russia/Moscow
©	SVARKA / WELDING : International Trade Fair Welding, Cutting, Surfacing and Related Technologies	June 24-27	Russia/St. Petersburg
©	WeldTech Vietnam : The International Welding, Surface Treatment & Joining Technology Exhibition	July 8-11	Vietnam/Ho Chi Minh City
©	CWE : Cutting & Welding Equipment Expo	September 4-7	India/New Delhi
	FOND-EX 2014 : International Foundry Fair	September 15-19	Czech Republic/Brno
	METAL : 20th International Fair of Technologies for Foundry METAL	September 16-18	Poland/Kielce
	MTT Expo Indonesia : International Metalworking Technology and Machine Tools Exhibition and Conference	September 24-26	Indonesia/Surabaya
©	WELDING : International Welding Engineering Fair	September 29-October 3	Czech Republic/Brno
	BI-MU : Metal forming and metal cutting machines, robots, automation and auxiliary technologies	September 30-October 4	Italy/Milan
	Manufacturing Myanmar : International Manufacturing Machinery, Equipment, Materials and Services Exhibition	October 2-4	Myanmar/Yangon
©	WELDEX : International Specialized Exhibition for Welding Materials, Equipment and Technologies	October 7-10	Russia/Moscow
	METALEX Vietnam 2014 : Vietnam's International Exhibition on Machine Tools & Metalworking Solutions for Production Upgrade	October 9-11	Vietnam/Ho Chi Minh City
©	ExpoWELDING : International Welding Fair	October 14-16	Poland/Sosnowiec
	MAKTEK EURASIA : Machine Tools, Metal Processing Machines, Welding, Cutting, Drilling Technologies, Quality Control and Test Equipment Fair	October 14-19	Turkey/Istanbul
	Euro BLECH 2014	October 21-25	Germany/Hannover
©	India Essen Welding & Cutting : International Trade Fair Joining, Cutting, Surfacing	October 28-30	India/Mumbai
©	FABTECH International & AWS Welding Show : North American Forming and Fabricating Show / International Welding Exposition	November 4-6	U.S.A./Atlanta
©	Nordic Welding Expo : Exhibition for Welding, Cutting and Joining	November 5-7	Finland/Tampere
	TMTS 2014 : Taiwan International Machine Tool Show 2014	November 5-9	Taiwan/Taichung
	MacTech : International Exhibition for Machine Tools, Industrial Tools, Welding and Cutting Equipment	November 20-23	Egypt/Cairo
©	Welding, Monitoring, and Diagnostics 2014 : Trade Exhibition and Conference	November 25-27	Russia/Ekaterinburg
	MACHINE TOOL INDONESIA : International Machine Tool, Metalworking and Allied Industries Exhibition incorp. Welding Indonesia	December 3-6	Indonesia/Jakarta
©	Arabia Essen Welding & Cutting : International Trade Fair Joining, Cutting, Surfacing	January 10-13	United Arab Emirates

MATERIJAL PREUZET IZ JAPAN WELDING NEWS (Vol. 18, No.66)



Ohran Edhem

## SANACIJA KOVAČKOG ALATA „MLINSKE POLUGE“

**Stručni rad / Professional paper**
**UDK / UDC: 621.97.073**
**Rad primljen / Paper received:**

Januar 2014.

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

e-mail: edhemorhan@yahoo.com

### UVOD

Kovački alati su tokom rada izloženi mnogobrojnim cikličnim udarnim opterećenjima na povišenim temperaturama koja stvaraju pritisne i smičuće napone. Posle određenog vremena eksploatacije, koje se može samo statistički predvideti, dolazi do oštećenja gravure tako da se alat mora zameniti ili reparirati. Najčešći uzroci su: promena dimenzija i oblika gravura izazvana trenjem i habanjem; prsline po celom alatu izazvane termičkim zamorom; mikroprsline izazvane različitim koncentradorima napona.

Sem ovoga, pojavljuju se greške usled lošeg rukovanja alatima (pregrevanje površinskog sloja i sl.). Ne tako često, ali se pojavljuju lomovi alata uzrokovani lošom konstrukcijom (veličina sudarne površine, izlazni radijusi, težište, debljina alata itd).

Analizom promene fizičkih osobina alatnih čelika u procesu termo-mehaničkog zamora, utvrđeno je da razaranje materijala nastaje u tri faze:

- pad mehaničkih osobina
- nastajanje i nagomilavanje dislokacija
- nastajanje prslina

U prvoj fazi, povišena temperatura izaziva otpuštanje čelika što ima za posledicu pad tvrdoće i porast udela karbida odn. koagulaciju karbida. U drugoj fazi dolazi do plastične deformacije materijala koja se odvija ispod temperature rekristalizacije i koja dovodi do ojačavanja čelika. U trećoj fazi zbog koagulacije karbida, nagomilavanja defekata u kristalnoj rešeciji pada žilavosti te dolazi do stvaranja mikro a potom i makro prslina.

### 2.0 Osnovni materijal, kvalitet i osobine

Alatni čelici za rad u vrućem stanju spadaju u grupu čelika čija je radna temperatura površine iznad 200°C i služe za preradu, rukovanje i merenje materijala. Ovi čelici imaju visokotvrdoću, otpornost na habanje i žilavost a definisani su standardom EN ISO 4957.

Kovački alati rade na temperaturi do oko 600°C i pri tome su izloženi udarnim opterećenjima. Tim uslovima odgovaraju čelici legirani sa Cr, Mo i V sa sadržajem ugljenika od 0,3 do 0,6%.

Najčešće korišćeni čelik za izradu kovačkih alata je 56NiCrMoV7 sa sledećim osobinama:

Hemijski sastav

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
0,55	0,25	0,75	1,1	0,50	1,70	0,10

Na osnovu dijagrama TTT za ovaj čelik i dijagrama toplotne postojanosti, uočljivo je da je ovo čelik zakaljiv na vazduhu i toplotno postojan do 600°C, zatezna čvrstoća, ako je prethodno termički obrađen iznosi oko 600 N/mm<sup>2</sup>.

### 3.0 Analiza zavarljivosti

S obzirom da se radi o alatnim čelicima čiji je prosečni sadržaj ugljenika oko 0,55% i čija se masa kreće do 5 tona i više a debljina (visina) alata do oko 500-600 mm, bez uzimanja u obzir, uticajnih faktora na zavarljivost, jasno je da se radi o uslovno zavarljivom čeliku. Visoka zakaljivost ovog čelika govori i o velikoj sklonosti ka hladnim prslinama.



#### 4.0 Određivanje temperature predgrevanja

Ovaj čelik spada u grupu niskolegiranih čelika, te će se za izračunavanje temperature predgrevanja koristiti formula Seferian-a.

Za slučaj navarivanja gravure dubine, odnosno debljine 60 mm, izrađene od gore navedenog čelika, izračunata temperatura iznosi 333°C a usvojena je oko 330°C. Uzevši u obzir masu alata i činjenicu da će nakon vađenja iz peći do početka zavarivanja, temperatura pasti, predgrevanje u peći je na oko 360°C, nakon čega se oblaže keramičkom vlaknima. Po završetku navarivanja, izolovani alat se lagano hladi do 150°C, nakon čega se ubacuje u peć i podvrgava žarenju za smanjenje napona.

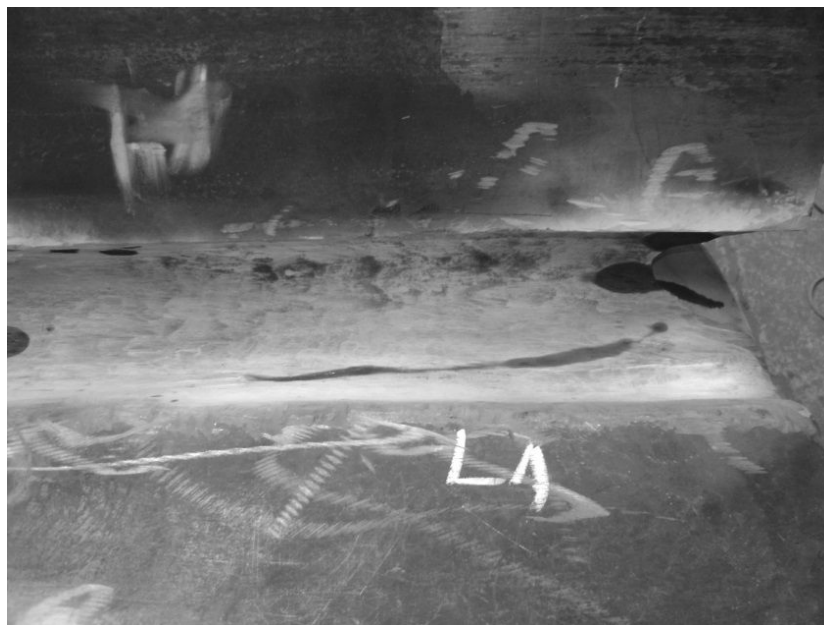
#### 5.0 Postupak zavarivanja, dodatni materijal

S obzirom na faktore koji utiču na izbor postupka zavarivanja, u ovom slučaju je odabran postupak 111, ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom.

Za zavarivanje, odn. navarivanje ovog čelika odabran je dodatni materijal prema DIN 8555: E3-UM40-T, trgovačkog naziva UTOP 38, bazično obložena elektroda čiji su navari žilavi, otporni na habanje i udarce i mogu se mehanički obrađivati ičija je tvrdoća (36-42 HRc) postojana do 600°C.

#### 6.0 Kontrola

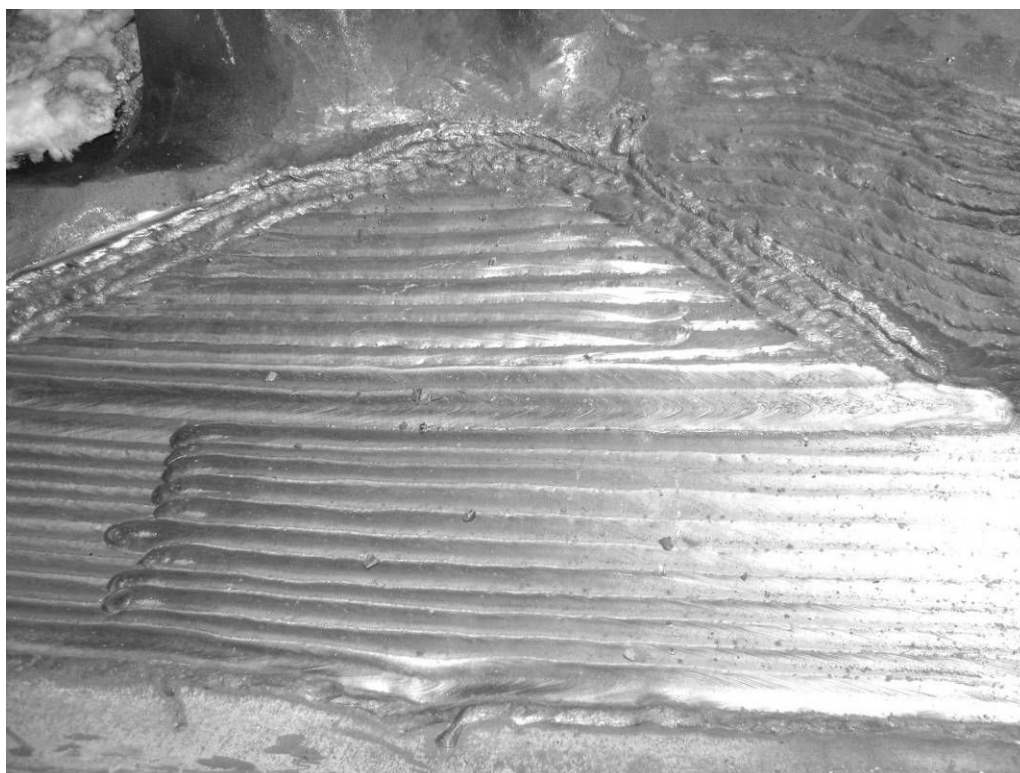
Kako se radi o reparaturnom zavarivanju koje svaka kovačnica izvodi u vlastitoj režiji, to se obim kontrole svodi na vizuelno-dimenzionu kontrolu pre, u toku i posle zavarivanja i ispitivanje penetrantskim tečnostima pre i posle zavarivanja, i permanentnu kontrolu temperature u svakoj fazi procesa, uključujući mašinsku obradu.



Sl.1. Ispitivanje na prisustvo prslina,PT



Sl.2 Navarivanje



Sl.3. Izgled dela navarene površine



"NT Forging" d.o.o Novi Travnik Bosna i Hercegovina		Specifikacija zavarivanja ( WPS )			No. : 0001/12					
Naziv Projekta: Sanacija alata " Mlinska poluga "		PQR/WPAR - No. : 07 202 9090Z0027/9/V/0164			Sheet Strana 1/1					
Broj ugovora: 01-12		Broj crteža: 22-12/11								
Dijelovi za zavarivanje:		Navarivanje nove gravure								
Osnovni materijal: 56NiCrMoV7		Base metal / Osnovni materijal: 56NiCrMoV7		Dimenzije 110 x 350 x 60 mm						
Tražena kvalifikacija zavarivačac. EN 287-1*			Quality level EN ISO 5817							
Joint preparation:										
Root protection:										
Predgrijavanje °C 330°C		Metoda predgrijavanja: Predgrijavanje u peći		Međuslojna temp. °C max.380°C		Temp i vrijeme esušenja elektroda, praška: 400°C/ 1h				
Postupak zavarivanja: 111 ( TIG )		Dodatni materijal				Polarity	Jačina struje( A )	Auter shieding gas	Flow ( l/min )	Hot wire feed ( m/min)
		Position:	∅ mm	Marke:	DIN		Napon(V)	Inner purging gas	Flow ( l/min )	Rate of travel ( cm/min)
Prvi prolaz	111 (REL)	PA	3,25	UTOP 38	DIN 8555: E3-UM-40-T	DC +	110 - 135A 25V			
Drugi prolaz	111 (REL)	PA	3,25	UTOP 38	DIN 8555: E3-UM-40-T	DC +	110 - 135A 25V			
Popuna žljeba	111 ( REL)	PA	5	UTOP 38	DIN 8555: E3-UM-40-T	DC +	180 - 220A 28V			
Završni zavar	111 (REL)	PA	5	UTOP 38	DIN 8555: E3-UM-40-T	DC +	180 - 220A 28V			
Term. Obrada nakon zavarivanja					Ispitivanje zavarenih spojeva prema:					
Način zagrijavanja		U elektrootpornoj peći			Postupak	RT	UT	MT	PT	VT
vrijemedržanja na temperaturi žarenja		25mm/h			X se provjerava				x	x
brzina zagrijavanja		100 °C/h			Napomena:					
temperatura		490°C			Prazna ćelija znači da se postupak ispitivanja ne koristi za dati posao.					
Brzina hlađenja		Na mirnom zraku								
Prepared by Izradio:Edhem Ohran		Approved by Odobrio:Sead Avdić			Inspector Inspektor:					
Date/ Datum:05.03.2012		Date/ Datum:05.03.2012			Date/ Datum:					

**ČASOPIS ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE**

**Cenovnik oglasnog prostora u četiri uzastopna broja 2014**

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

- U cene nije uračunat PDV 20%.
- Objavljivanje oglasa u samo jednom broju iznosi 30% od datih cena.
- Reklamni tekstovi: 25 % od cene površine crno/belih oglasa.
- Dostava materijala:
  - za crno-beli film ili CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW);
  - za kolor film ili CD (Adobe Photoshop / CorelDRAW);
  - izrada filma sa CD: 10 % od cene angažovanog prostora.
- Na web prezentaciji DUZS-a, ([www.duzs.org.rs](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 2014**

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

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

INDEKS OGLAŠIVAČA ADVERTISERS INDEX
PROFICUT
YASKAWA SLOVENIJA
HONEX
ELIMP
ZAVOD ZA ZAVARIVANJE
TMS CEE
MESSER

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. ČLANARINA DUZS za 2014. godinu .....   | 3.500 dinara  |
| Članovima DUZS GRATIS godišnje izdanje časopisa "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE"                             |               |
| 2. ČASOPIS "ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE" - 2014. godina u slobodnoj prodaji (u cene je uračunat PDV 10%): |               |
| ▪ cena pojedinačnog broja.....  | 825 dinara    |
| ▪ godišnja pretplata za 1 komplet brojeva godišnjeg izdanja.....  | 2.500 dinara  |
| 3. ČASOPIS - stari brojevi (u cene je uračunat PDV 10%)   |               |
| a) u slobodnoj prodaji:   |               |
| ▪ cena pojedinačnog broja za 2013. godinu .....   | 500 dinara    |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine.....  | 250 dinara    |
| b) beneficirane cene za članove DUZS:   |               |
| ▪ cena pojedinačnog broja za 2013. godinu (pouzećem ili preuzimanjem) .....                                       | 400 dinara    |
| ▪ cena pojedinačnog broja za prethodne godine (pouzećem ili preuzimanjem) .....                                   | <u>Gratis</u> |
| 4. Knjiga Organizacija i ekonomika zavarivačkih radova – autor: prof. dr Zoran Radojević (uračunat PDV 10%) ..... | 1.045 dinara  |
| 5. 7birke standarda ORF7RFDFN.IF KVAI ITFTA II ZAVARIVAN.III. komplet 4 toma                                      | 6 750 dinara  |