

**Komitet za međulaboratorijska
ispitivanja materijala**

ZBORNİK RADOVA

XXII KONFERENCIJA

**6CF G? C `>9N9F Cž
%(' \$- !%* '\$- "&\$%* "'**

XXII KONFERENCIJA O MEĐULABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA MATERIJALA

IZDAVAČ:

**KOMITET ZA MEĐULABORATORIJSKA ISPITIVANJA
MATERIJALA, BEOGRAD, Bulevar vojvode Mišića 43**

RECENZENT RADOVA:

**Prof. Dr Leposava Šiđanin, emeritus profesor,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad**

UREDNICI:

Dragan Rainović i Jasmina Belić

CIP-Katalogizacija u publikaciji
Biblioteka Mатице српске, Нови Сад

620.1:66.017/.018(082)

**KONFERENCIJA o међулабораторијским испитивањима материјала (22 ;
2016 ; Борско језеро)**

Zbornik radova / XXII konferencija o међулабораторијским испитивањима
materijala, Borsko jezero, 14.09-16.09.2016. ; [urednici Dragan Rainović i Jasmina
Belić]. - Beograd : Komitet za међулабораторијска испитивања materijala, 2016 (Novi
Sad : FTN, Grafički centar GRID). - [VI], 125 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 100. - Str. [V]: Predgovor / Leposava Šiđanin. - Bibliografija uz pojedine radove.

ISBN 978-86-911831-8-9

a) Технички материјали - Испитивање - Компаративна анализа - Зборници
COBISS.SR-ID 307949063

**ŠTAMPA: Fakultet tehničkih nauka, Grafički centar GRID,
Novi Sad**

Tiraž: 100.

Novi Sad, Septembra 201* .

XXII KONFERENCIJA O MEĐULABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA MATERIJALA

NAUČNI ODBOR KONFERENCIJE:

...DfcZ'Xf@YdcgUj U'ü] Ub]bž: HBž'Bcj]'GUX
...J Ubf'DfcZ'Xf'GYVUgh]Ub'6U'cyž: HBž'Bcj]'GUX''
...8cWXf'8fU[Ub'F U'bcj] ž: HBž'Bcj]'GUX''
...DfcZ'Xf'J]XcgUj 'A U^ghcfcj] ž'A Uý]bg_]ZU_i`hYhž'6Yc[fUX''
...>Uga]bU'6Y']gdYW\Ya "bUi _U; Yca Y\Ub_]U'6Yc[fUX''
...8f'A]cXfU['5fg] 'Ě=bg]hi h=A G'6Yc[fUX''
...A UfU'?cj U Yj] 'Ě'NUj cX'nU'nUj Uf]j Ub^Y'U'X'Ě'6Yc[fUX'

SADRŽAJ

1. Dragan Rajnović PT - Hem - 01- 2016-Ispitivanje hemijskog sastava čelika raspoloživim metodama.....	1
2. Dragan Rajnović PT - Hem - 02- 2016-Ispitivanje hemijskog sastava aluminijumske legure raspoloživim metodama.....	35
3. Dragan Rajnović PT - Meh - 01- 2016-Ispitivanje zatezanjem prema SRPS EN ISO 15630-1:2010, t.5 i SRPS EN ISO 6892-1:2012.....	66
4. Dragan Rajnović PT - Meh - 03- 2016-Ispitivanje tvrdoće po Brinelu prema SRPS EN ISO 6506-1:2016.....	80
5. Dragan Rajnović PT - Met - 03 - 2016 -Klasifikacija mikrostrukture grafitu u livenom gvožđu uporednom vizuelnom analizom prema SRPS EN ISO 945-1:2012.....	86
6. Miroslav Papović, Zoranka Malešević, Sebastijan Baloš, Leposava Šidanin Metode za ocenu zaostalih napona i sklonosti prema naponskoj koroziji kod proizvoda od mesinga.....	88
7. Branka Muminović, Omer Beganović, Sinha Korlat, Alma Čelebić Međulaboratorijsko poređenje rezultata kalibracije uređaja za mjerenje sile.....	95
8. Belma Fakić, Adisa Burić, Edip Horoz, Mahira Bašić Određivanje prosječne veličine primarnog austenitnog zrna-metod oksidacije.....	100
9. Miodrag Arsić, Mladen Mladenović, Srđan Bošnjak, Živče Šarkoćević, Zoran Savić Uticaj segregacije nemetalnih uključaka na integritet cevi izrađenih postupkom visokofrekventnog kontaktnog zavarivanja.....	106
10. Mara Kovačević Šeme ispitivanja osposobljenosti I PT provajderi.....	112
11. Dragan M.Erić, Svetislav LJ.Marković Karakteristike materijala kao ulaznih parametara za računarske simulacije proizvodnih procesa.....	120
12. O Komitetu za međulaboratorijska ispitivanja materijala.....	125

Predgovor

Zadovoljstvo nam je da vas pozdravimo i poželimo prijatan boravak i učešće na XXII Konferenciji o međulaboratorijskim ispitivanjima materijala na Borskom jezeru.

XXII Konferencija o međulaboratorijskim ispitivanjima materijala nastavlja dugu tradiciju naučno-stručnih savetovanja o međulaboratorijskim ispitivanjima, koje svake godine organizuje naučno-stručno društvo Komitet za međulaboratorijska ispitivanja materijala-KOMIM.

Prvo savetovanje je održano 1996.godine u Vrnjačkoj Banji, dok Zbornici radovao međulaboratorijskim ispitivanjima materijala izdati u kontinuitetu, datiraju od 2001.godine (VII Savetovanje, Kikinda). Savetovanje 2012. godine je preraslo u Konferenciju sa ciljem podizanja naučnog i stručnog nivoa i saopštavanja većeg broja naučnih radova koji se odnose na međulaboratorijska ispitivanja.

Osnovne teme XXII Konferencije su:

-Prikazivanje, analiza i diskusija međulaboratorijskih ispitivanja sprovedenih u 2016.godini

-Unapređenje međulaboratorijskih hemijskih, mehaničkih, metalografskih ispitivanja materijala

-Razmena iskustava u aktivnostima za sticanje statusa akreditovane laboratorije prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006

-Razmatranje programskih i organizacionih rešenjaza uspešniji rad na unapređenju laboratorijskih ispitivanja, standardizacija instrumentalnih metoda, proizvodnja referentnih materijala i sl.

-mogućnost primene savremenih metoda ispitivanja.

U okviru Konferencije, pored prikazivanja naučnih radova, posebna pažnja je posvećena analizi ostvarenih rezultata u ovogodišnjim međulaboratorijskim ispitivanjima, što je od posebnog značaj, jer samo na osnovu razmene iskustava i upoređivanja ostvarenih rezultata može se postići veća usaglašenost, pouzdanost i preciznost merenja između i unutar pojedinih laboratorija.

Još jednom, želimo vam uspešan rad i učešće na predstojećoj Konferenciji.

U ime Naučnog odbora

Prof.Dr. Lepasav Šiđanin,emeritus profesor

Dr Dragan Rajnović

UTICAJ SEGREGACIJE NEMETALNIH UKLJUČAKA NA INTEGRITET CEVI IZRAĐENIH POSTUPKOM VISOKOFREKVENTNOG KONTAKTNOG ZAVARIVANJA

*Dr Miodrag Arsić¹, Mladen Mladenović¹, dipl. inž., Dr Srđan Bošnjak²,
Dr Živće Šarkoćević³, Zoran Savić¹, dipl. inž.*

¹ Institut za ispitivanje materijala, Beograd

² Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

³ Viša tehnička škola strukovnih studija, Zvečan

Rezime

Kvalitet zavarenih spojeva u procesu proizvodnje cevi postupkom visokofrekventnog kontaktnog zavarivanja definiše se karakteristikama koje cevi moraju posedovati da bi zadovoljile određene zahteve, što se postiže izborom odgovarajućih parametara zavarivanja, sprovođenjem programa kontrole svih tehnoloških operacija u njihovoj izradi i mehaničkim i tehnološkim ispitivanjima.

U radu je izvršena analiza grešaka koje se javljaju u proizvodnji zaštitnih cevi za bušotine nafte i gasa, izrađenih postupkom visokofrekventnog kontaktnog zavarivanja od čelika povišene čvrstoće specifikiranih standardom API 5CT. Pojave greške u izradi zaštitnih zavarenih cevi u odnosu na zahteve koji su postavljeni pred zavareni spoj javljaju se kao posledica mnogobrojnih uticajnih faktora kao što je: kvalitet osnovnog materijala i međusobno usklađivanje temperature zavarivanja, pritiska valjaka i brzine zavarivanja.

Segregacija nemetalnih uključaka, nastala u procesu valjanja traka od čelika povišene čvrstoće, ima značajan uticaj na integritet zaštitnih zavarenih cevi, jer u procesu proizvodnje cevi dolazi do iniciranja prsline u zavarenom spoju.

U cilju analize pojave loma cevi pri tehnološkim ispitivanjima spljoštavanjem razmotren je uticaj segregacije nemetalnih uključaka. Ispitana su 43 uzorka uzeta direktno sa spljoštenih cevi iz različitih šarži.

Ključne reči: zaštitne zavarene cevi, segregacija nemetalnih uključaka, integritet

UVOD

Čelici namenjeni za izradu zaštitnih zavarenih cevi za bušotine nafte i gasa specifikirani su standardom API 5CT [1]. Izbor čelika, dimenzija i načina proizvodnje šavnih cevi je deo procesa konstruisanja, jer je u uskoj vezi sa funkcijom cevi kao konstrukcijske celine u određenim uslovima eksploatacije za predviđeni vek trajanja.

Kvalitet zavarenih spojeva u procesu proizvodnje zaštitnih zavarenih cevi definiše se karakteristikama koje cevi moraju posedovati da bi zadovoljile određene zahteve, što se postiže izborom odgovarajućih postupaka i parametara zavarivanja, sprovođenjem programa kontrole svih tehnoloških operacija u njihovoj izradi i mehaničkim i tehnološkim ispitivanjima.

Savremene tehnologije proizvodnje šavnih cevi omogućuju kontinuiranu proizvodnju cevi sa uzdužnim šavom, pri čemu je osnovna težnja da se ostvari brzina zavarivanja jednaka brzini formiranja cevi. Mašine za kontinuiranu proizvodnju uzdužno zavarenih cevi uglavnom su konstruisane za automatsko visokofrekventno kontaktno zavarivanje (VF).

Pojave greške u izradi zaštitnih zavarenih cevi u odnosu na zahteve koji su postavljeni pred zavareni spoj javljaju se kao posledica mnogobrojnih uticajnih faktora kao što je:

kvalitet osnovnog materijala i međusobno usklađivanje temperature zavarivanja, pritiska valjaka i pre svega uticaj brzine zavarivanja.

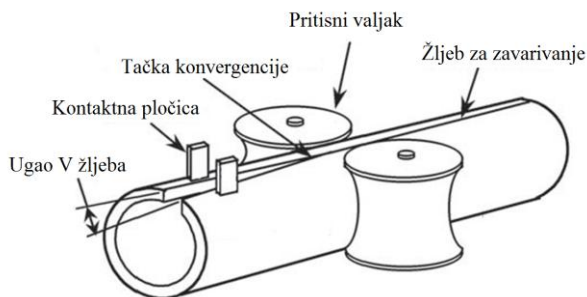
PROCES VISOKOFREKVENTNOG KONTAKTNOG ZAVARIVANJA CEVI

Primenom visokofrekventne struje za zavarivanje brzina oblikovanja u uređajima za kontinualnu proizvodnju uzdužno zavarenih cevi dostiže 50 m/min. Ostvarivanje velikih brzina zavarivanja, uz zadovoljenje sve strožijih zahteva za kvalitet šavnih cevi, moguće je jedino ako se uzmu u obzir svi uticajni faktori, počev od kvaliteta osnovnog materijala do fine regulacije režima zavarivanja.

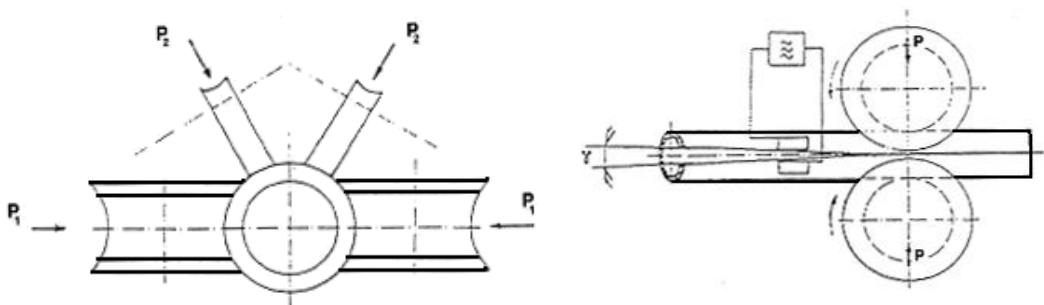
Nakon formiranja cevi u uređaju za kontinualno oblikovanje, sl. 1, cev ulazi u zavarivački sklop gde se stranice formirane cevi približavaju pod određenim uglom, zagrevaju i pritiskom valjaka spajaju, sl. 2. Značajna uloga zavarivačkog sklopa je u sprečavanju pojave toplih prslina obezbeđenjem što manjih zaostalih napona u zavarenoj cevi, što se postiže kalibracijom valjaka za pravilan kontakt stranica cevi.

Istiskivanje zagrejanog materijala treba da je što manje, posebno sa unutrašnje strane cevi. Proces istiskivanja uslovljen je načinom tečenja materijala i početnog kontakta stranica, a na njegovu veličinu značajan uticaj ima režim zavarivanja, veličina debljine zida cevi i vrsta osnovnog materijala.

Unutrašnje istiskivanje materijala u znatnoj meri zavisi od vremena za koje se obavlja proces zavarivanja, tj. vremena plastičnog deformisanja zagrejanih krajeva stranica, vremena formiranja potrebne strukture zavarenog spoja i vremena hladjenja zavarenog spoja do temperature ispod koje nema opasnosti od stvaranja toplih prslina. Pri određivanju temperature zavarivanja treba zadovoljiti uslov da temperatura u momentu izlaza iz zavarivačkog sklopa bude dovoljno niska, da bi se obezbedila čvrstoća zavarenog spoja.



Slika 1. Prikaz formiranja cevi u uređaju za kontinualno oblikovanje



Slika 2. Šema visokofrekventnog elektrootpornog kontaktne zavarivanja cevi

Brzina zavarivanja utiče na plastične deformacije, pritisak na stranicama cevi, debljinu oksidnog sloja na zagrejanim površinama i istiskivanje materijala. Posledica veće brzine zavarivanja su manje plastične deformacije, manji pritisak na stranicama cevi pre završetka formiranja zavarenog spoja, manja oksidacija zagrejanih površina, manje istiskivanje materijala i manja zona uticaja toplote, jer je kraće vreme rasprostiranja toplote po dubini stranica. Prema tome za dobijanje kvalitetnog zavarenog spoja potrebna je što veća brzina zavarivanja. Međutim, brzina zavarivanja iznad kritične vrednosti izaziva tople prsline. Pri izboru brzine zavarivanja neophodno je uzeti u obzir i karakteristike osnovnog materijala, tolerancije širine i debljine ulazne trake.

Brzina hlađenja zavarenog spoja može da se podesi promenom zapremine zagrejanog materijala, odnosno izborom struje zavarivanja prema veličini cevi.

Za dobijanje kvalitetnog zavarenog spoja potrebno je međusobno usklađivanje temperature zavarivanja, pritiska i vremena zavarivanja.

Kvalitet obrade nadvišenja kao i kvalitet šava kontroliše se ultrazvučnim uređajem koji je montiran u neposrednoj blizini. Posle zavarivanja i skidanja istisnutog materijala, prolazom ispod grejača sledi termička obrada normalizacije zavarenog spoja, kojom se obezbeđuje sitnozrna struktura spoja i time dobre vrednosti žilavosti. Termička obrada, je neophodna, pre svega, zbog velikih brzina savijanja trake u fazi formiranja cevi.

Oprema za termičku obradu sastoji se od 6 generatora (induktora) za zagrevanje, ukupno snage 2000 kW, učestanosti 2 kHz.

Kada su uključeni svi generator (induktori), prva dva zagrevaju cev do temperatura vrednosti 900 – 950 °C dok ostali održavaju željenu temperaturu. Tipičan dijagram termičke obrade prikazan je na sl. 3.

Uređaj za kalibraciju sastoji se od 4 para kalibrisanih valjaka. Redukcija se obavlja na prva dva, dok druga dva služe za ispravljanje i smanjivanje ovalnosti cevi.



Slika 3. Dijagram termičke obrade cevi (normalizacija i naponsko žarenje)

Nakon termičke obrade slede završne operacije: rezanje cevi na određenu dužinu, ispitivanja hidrostatičkim pritiskom, ispitivanja magnetim česticama i završna dimeniona ispitivanja.

GREŠAKE U IZRADI ZAŠTITNIH ZAVARENIH CEVI

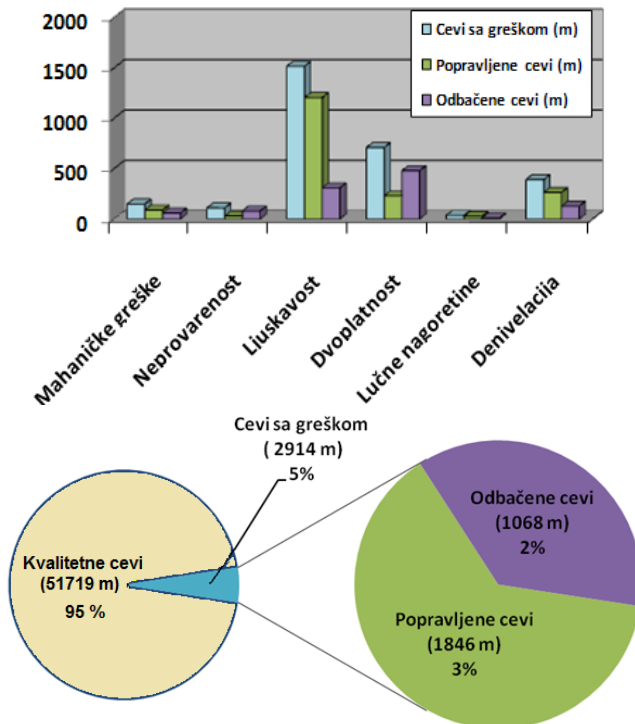
Segregacija nemetalnih uključaka, nastala u procesu valjanja traka od čelika povišene čvrstoće, ima značajan uticaj na integritet zaštitnih zavarenih cevi, jer u procesu proizvodnje cevi dolazi do iniciranja prsline u zavarenom spoju. U cilju analize pojave loma cevi pri ispitivanjima spljoštavanjem razmotren je uticaj segregacije nemetalnih uključaka. Ispitana su 43 uzorka uzeta direktno sa spljoštenih cevi iz različitih šarži.

U cilju analize grešaka u izradi cevi VF zavarivanjem izvršeno je ispitivanje uzdužno zavarenih cevi izrađenih od čelika povišene čvrstoće API J55, na dužini od 54633 metara (dvadesetodnevna proizvodnja), tab. 1 i sl. 4.

Ispitivanja proizvodnog procesa su pokazala da se greške uglavnom javljaju zbog kvaliteta osnovnog materijala, načina pripreme trake (mehaničke greške), oblikovanja (denivelacija) i zavarivanja cevi (neprovarenost i lučne nagoretine).

Tabela 1. Greške u izradi cevi od čelika API J55 VF zavarivanjem

	Mehaničke greške	Neprovarenost	Ljuskavost	Dvoplatnost	Lučne nagoretine	Denivelacija
Cevi sa greškom [m]	150	110	1516	710	36	392
Popravljene cevi [m]	90	30	1206	230	26	264
Odbačene cevi [m]	60	80	310	480	10	128



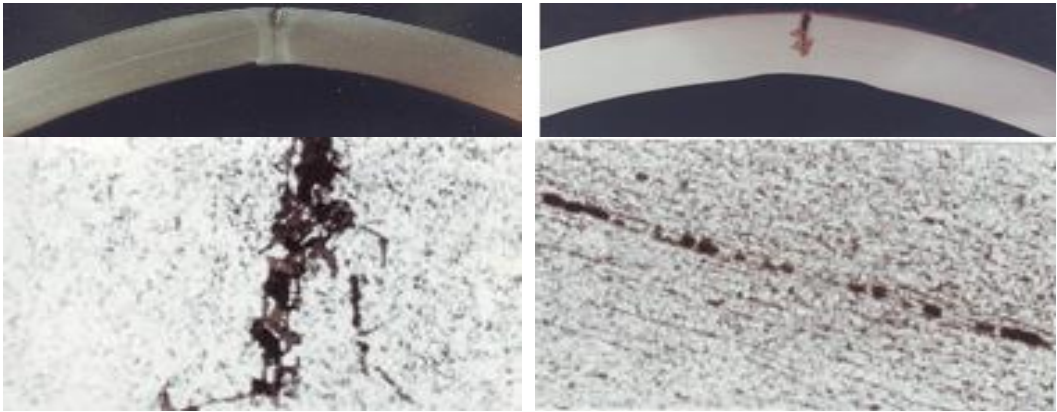
Slika 4. Grafički prikaz grešaka u izradi cevi od čelika API J55 VF postupkom zavarivanja

LOM CEVI USLED SEGREGACIJE NEMETALNIH UKLJUČAKA

Opšta metalografska slika materijal J55 pokazuje feritno-perlitnu strukturu sa različitim odnosom ferita i perlita i da je materijal sitnog zrna, po ASTM – u veličine 9 – 10, uz napomenu da je golim okom uočljiva linija centralne segregacije koja se kod nekih uzoraka nalazi u zavareni spoj sa obe strane, a kod nekih samo sa jedne strane.

Kod velikog broja uzoraka javlja sa i sekundarna linijska struktura kao feritno-perlitna trakavosta koja dodatno usložnjava naponsko stanje, naročito u zoni zavarenog spoja gde vladaju najveći naponi na zatezanje zbog različitih nivoa napona koje materijal iskazuje u uzdužnom i poprečnom pravcu, tj. u pravcu valjanja i poprečno na pravac valjanja.

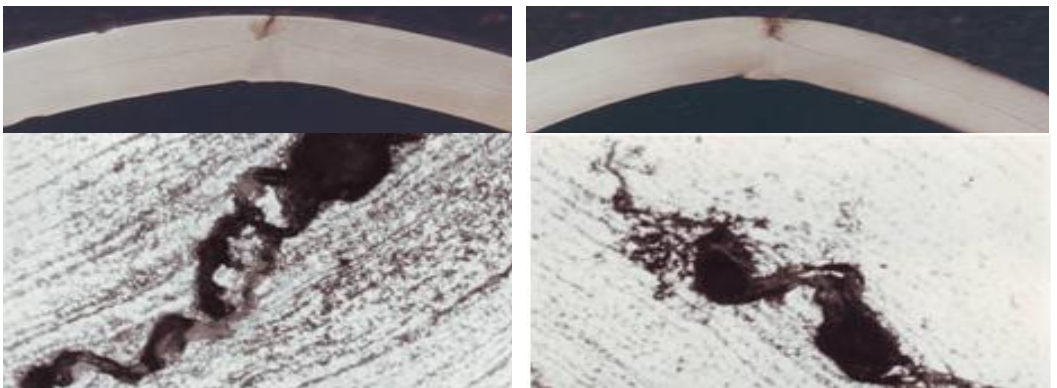
Dodatno naponsko stanje izaziva tople prsline u zavarenom spoju (ZS) i tople prsline u zoni uticaja toplote (ZUT). Karakteristika prvih segregacionih prslina u ZS i drugih likvacionih prslina u ZUT jeste njihovo iniciranje na nemetalnim uključcima. Linija segregacije u metalu šava ima najviše nečistoća koje utiče na nastanak prslina u ZS. Neki od primera prslina u ZS usled segregacije nemetalnih uključaka prikazani su na sl. 5 i sl. 6, a primeri karakterističnih prelomnih površina na sl. 7.



a) Primer prslina u ZS (uvećanja x 200)

b) Primer prslina u ZS (uvećanja x 100)

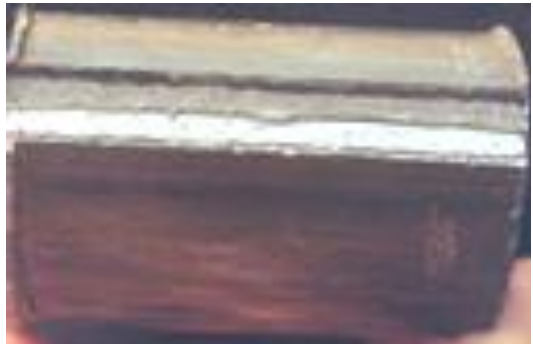
Slika 5. Primera prslina u ZS usled segregacije nemetalnih uključaka



a) Prslina inicirana u ZS (uvećanja x 200)

b) Prsline inicirana u ZUT (uvećanja x 200)

Slika 6. Primeri prslina iniciranih na linijama segregacija nemetalnih uključaka



a) Prelom iniciran nemetalnim uključcima u gornjem sloju ZS cevi

b) Prelom iniciran nemetalnim uključcima uz gornju ivicu ZS cevi

Slika 7. Primeri karakterističnih prelomnih površina cevi iniciranih prslinama na linijama segregacija nemetalnih uključaka

ZAKLJUČAK

Karakteristika svih makroskopski ispitanih poprečnih preseka uzoraka cevi jeste pojava linija centralne segregacije odnosno kako se prema API standardu nazivaju lamination (laminacija).

Centralna segregacija nastaje u procesu valjanja trake u zoni koja poslednja očvršćava i koja sa sobom nosi najviše nečistoća. Takođe, prisutna je tendencija da su mikrolegirajući elementi najviše izdvojeni na liniji segregacije, pa je uočljivo da ova zona ima sitnije zrno nego ostala površina trake.

Istraživanja su pokazala da je i normalizacija kao termička obrada nakon zavarivanja od sekundarnog značaja za kvalitet zavarenog spoja upravo zbog sadržaja nemetalnih uključaka.

Ova istraživanja su sprovedena da bi se utvrdilo da li nemetalni uključci mogu biti uzrok pucanja cevi u eksploataciji kada dođe do njihovog spljoštavanja, na šta su ukazivala laboratorijska tehnološka ispitivanjima.

ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se Ministarstvu za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za finansiranje rada u okviru projekta TR 35006.

LITERATURA

- [1] API 5CT: Specification for Casing and Tubing, American Petroleum Institute, 205.
- [2] Dokumentacija proizvođača šavnih cevi, Fabrika šavnih cevi, Uroševac.