



WELDING SUPERVISION AND QUALITY CONTROL OF FURNACE TURNAROUND IN THE REFINERY

M.Samardžić^{1*}, M. Zovko¹, S. Rubil¹, M.Teskera¹

¹Industroremont d.o.o. Slavonski Brod, Croatia

* Corresponding Author. E-mail: m.samardzic@industroremont.hr

Abstract

The paper describes Welding supervision and quality control of furnace turnaround in the Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH. Welding supervision and quality control was done by Welding Engineers from the company Industroremont d.o.o. Supervision and control consisted of inspection of welding documentation, inspection of other documentation and work tasks at the construction site, supervision of removal of existing positions, preparation of new positions and supervision of welding of new positions, as well as monitoring of examined welds. The final documentation was prepared for handing over to the buyer and a third party.

Keywords: Welding, Quality control, Refinery, WIG process, Furnace turnaround

1. Uvod

U radu su opisani nadzor zavarivanja i kontrola kvalitete zavarivanja pri remontu peći u rafineriji Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH. Inženjeri zavarivanja iz firme Industroremont d.o.o. su bili zaduženi za nadzor zavarivanja i kontrolu kvalitete zavarivanja. Kontrola kvalitete u procesu zavarivanja vrlo je važna kako bi se osiguralo da su zavareni dijelovi čvrsti i da mogu podnijeti mehanička opterećenja. Jedna od glavnih prepreka u procesu zavarivanja je stvaranje zaostalih naprezanja, koje igra važnu ulogu u određivanju jesu li zavareni dijelovi proizvedeni dobre kvalitete. Zaostala naprezanja javljaju se u mnogim proizvedenim strukturama i komponentama. Proveden je velik broj istraživanja kako bi se proučio ovaj fenomen i njegov učinak na mehanička svojstva ovih komponenti. [4] Uz to bili su zaduženi za pregled dokumentacije i pregled radnih zadataka, nazor pri ukljanjanju starih i postavljanju novih pozicija, pregledu pozicija prije zavarivanja, organiziranju provođenja NDT ispitivanja i organiziranju provođenja toplinske obrade, vizualni pregled gotovih zavara te komunikaciju s poslovođama. Nadzor i kontrola su rađeni u dvije smjene, dok bi između smijena ostao prostor od 2 sata za snimanje zavara radiografskim ispitivanjem. Remont je trajao 8

tjedana u kojem se odrađivao posao od demontaže do montaže te pripreme završene dokumentacije za predaju krajnjem kupcu.



Slika 1. Rafinerija Bayeroil Raffineriegesellschaft mbH

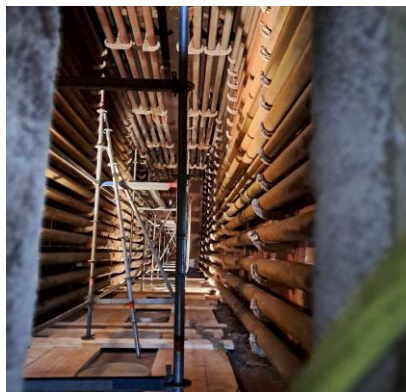
2. Koncept demontaže i montaže peći

2.1. Demontaža peći

Demontaža peći je rađena po principu da su se uzeli postojeći crteži s postojećim pozicijama te su pregledani sve pozicije koji se trebaju ukloniti, uzeti točne izmjere dimenzija pozicija i kvalitete materijala, da bi se izradile nove te ugradile na montaži. Pozicije koje se trebaju postaviti su izađene u radionici te su transportirane na gradilište gdje su pripremljene za zavarivanje na montaži. Demontaža je rađena tako da bi se počelo s označavanjem mjesta za rezanje, rezanjem pozicija koje se mjenjaju te izvlačenjem starih cijevi. Prije početka rada poslovođa bravarskih radova morao je imati važeću radnu dozvolu za izvođenje radova za taj dan. Svi zaposlenici su se morali pridržavati sigurnosnih pravila rada i imati potrebnu zaštitnu opremu, odjeću i opremu. Nadzor rada je pratio zaposlenih zadužen za sigurnost na radu, zadužen za pregled radne dozvole prije početka radova te da bi spriječio rad na ne ispravan ili nesiguran način u slučaju da se ne poštuju neke od navedenih stavki iz radne dozvole.



Slika 2. a) i b) Rezanje postojećih pozicija



Slika 3. Peć - pogled iznutra

2.2. Montaža peći

Nakon završetka demontaže peći, počela je priprema za montažu. Napravljen je pregled pozicija koje će se ugraditi, cijevi su postavljene unutar peći, odrađena su potrebna ispitivanja prije zavarivanja. Na cijevima koje su pripremljene za montažu na mjestima montažih zavara napravljena je priprema za zavarivanje te su ta mjesta zaštićena premazom na slici 4. Nakon montaže krenulo se sa zavarivanjem na pećima.



Slika 4. Pripremljena koljena za zavarivanje na montaži



Slika 5. Pripremljene cijevi za ugradnju u peć



Slika 6. Montaža novih cijevi u peć

3. Zavarivanje

Zavarivanje u peći je rađeno od strane zavarivača s važećim atestom postupka prema normi EN 9606-1. Zavarivalo se na dvije peći BA – 1001 i BA – 101. Zavarivalo se TIG postupkom zavarivanja koristeći zaštitini plin argon. Prilikom zavarivanja koristio se također argon kao plin za formiranje zavara. TIG postupak zavarivanja je postupak zavarivanja koji daje visoku kvalitetu zavarenog spoja što je najveća prednost ovog postupka zavarivanja. U usporedbi s ostalim postupcima zavarivanja ovaj je postupak relativno spor dok je izobrazba za TIG zavarivača i automatizacija kompleksnija u odnosu na ostale postupke zavarivanja. [1]



Slika 7. Zavarivanje na peći TIG postupkom

Prije početka zavarivanja zavarivači su morali odraditi “skill test” tako da su zavarili uzorak na cijevi grupe materijala za koji posjeduju važeći certifikat, koji je pregledao inspektor ispred inspeksijske kuće. Svi zavari koje su zavarivači zavarili za “skill test” ispitani su u opsegu 100% vizuelnom metodom, pentrantskom metodom i radiografskom metodom. Nakon potvrde zavarivači su mogli

zavarivati na zavarima u rafineriji. Napravljena je lista zavarivača na kojoj su bili navedeni svi žigovi zavarivača i postupci zavarivanja kojima smiju zavarivati u rafineriji. Svaki zavarivač prije početka zavarivanja dobio je propisanu uputu za zavarivanje (WPS) odobrenu od strane inženjera zavarivanja iz WWV Warmeverwertung Burghausen GmbH & Co KG i od strane inženjera zavarivanja iz rafinerije. Zavarivači su se morali pridržavati uputa propisanih u WPS i zavarivati po uputama koje su propisane. Nadzor zavarivanja bio je zadužen za kontrolu da li zavarivači zavaruju s propisanom žicom, da li se poštuju parametri propisani u uputi za zavarivanje, da li se poštuju temperature predgrijavanja i međuprolazne temperature. Nakon zavarivanja svaki zavarivač je dužan utisnuti svoj žig kraj zavara koji je zavario.

Lfd.Nr	Name	Vorname	Stempel Nr.	Werkstoff	WIG	Kombi	MAG	E-Hand	Einsatzort
1.	Chudak	Macej	WV5	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x	x	x	Kolonne
2.	Maghaes	Fernando	WV14	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Offen
3.	Viegas Fernandes	Jose Augusto	WV16	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x		x	Kolonne
4.	Da Silva Veloso	Paulo Ricardo	WV20	C-Stahl / CrNi			x	x	Offen
5.	Rozic	Alexandru-Vasile	WV34	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Offen
6.	Raskiewicz	Damian	WV35	C-Stahl / CrNi	x			x	Offen
7.	Katalinic	Ivan	WV68	C-Stahl / CrNi / warmfest	x			x	Offen
8.	Mojzis	Marian	WV87	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x	x	x	Kolonne
9.	SAFAR	VIKOSLAV	WV91	C-Stahl / CrNi / warmfest	x				Offen
10.	Ostromecki	Piotr	WV104	C-Stahl / CrNi / warmfest	x				Offen
11.	Sawicki	Erzegorz	WV114	C-Stahl / CrNi / warmfest	x				Offen
12.	Mudry	Daniel	WV152	C-Stahl / CrNi / warmfest			x	x	Kolonne
13.	Stadman	Dami	WV172	C-Stahl				x	Offen
14.	Staber	Miroslav	WV174	C-Stahl / CrNi / warmfest			x	x	Kolonne
15.	Barszcz	Stanislav	WV176	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x		x	Kolonne
16.	Bat	Stanislav	WV187	C-Stahl	x				Offen
17.	Lovakovic	Josip	WV200	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x		x	Offen
18.	Kolek	Ignacy	WV210	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Offen
19.	Wicha	Marion	WV260	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Offen
20.	Bilic	Ivan	WV267	C-Stahl			x	x	Offen
21.	Kostich	Fawel	WV308	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Offen
22.	Mihc	Artur	WV320	C-Stahl / CrNi	x				Offen
23.	Mec	Alexandro	WV322	C-Stahl / CrNi	x				Kolonne
24.	Rusto	Jeno	WV362	C-Stahl / CrNi / warmfest	x	x			Kolonne
25.	Arnauth Fernandes	Norberto	WV380	C-Stahl				x	Offen
26.	Seck	Mouhamadou	WV399	C-Stahl			x	x	Offen
27.									
28.									
29.									
30.									

WPS (Welding Procedure Specification)
WARMVERWERTUNG GmbH & Co. KG
 Projekt: SAFERNOG, Kolonne GmbH Neustadt
 Projekt Nr.: ANB 21422
 WPS: 0030-16A03-WG-01
 Dokument: Bayern-Offen-BA-101-TA2023-MOC-0040650-16
 Rev. 00 / JF 22.03.2022
 Seite: 1 von 1

Werkstoff: C-Stahl / CrNi / warmfest
Werkstoffdicke: 10 - 12mm (BW) / 10 - 12mm (BW)
Werkstoffklasse: 2 - 26,4mm (BW) 3 - 11mm (BW)
Bezeichnung des Grundwerkstoffes: Wärmeverwertung 1.2 gem. EN ISO 15608-1:2018 (1.8418)
Rufenform BW: KZ Nr. 1.3, Spalt b = 2-4mm, Spalthöhe c = 1mm, Winkel α = 60°
Wärmeverwertung: 12mm + 1 = 28mm, KZ Nr. 1.5, Spalt b = 2-5mm, Spalthöhe c = 2mm, Winkel α = 60°

Welding	Welding	Welding	Welding	Welding	Welding
Welding	Welding	Welding	Welding	Welding	Welding

Einzelheiten für die Schweißnaht

Schweißnaht	Prozess	Schweißnaht	System	Spannung	Stromart	Vorschub	Vorschub	Wärmeein-	Schutz-	Norm-
Wurzel	141	T1	20/24/30	80 - 120	13 - 15	= /	4,5 - 6,5	4,5 - 12,6	10 - 12	
Fluß	141	T1	20/24/30	110 - 180	13 - 15	= /	5,5 - 8,9	8,0 - 15,5	10 - 12	
Decklage	141	T1	20/24/30	120 - 250	13 - 17	= /	5,5 - 11,0	11,0 - 16,3	10 - 12	

Gestaltung der Verbindung

V - Naht (BW) HV - Naht (BW) K - Naht (BW) Katalin (PW)

Bemerkung: b ≤ 1mm, Katalin einseitig geschweißt α = 0,7 x t / Katalin beidseitig geschweißt α = 0,5 x t

Hersteller: WWV 48
 Geprüft: Name, Datum
 Kunde: Krenner 22.03.2022
 Prüfstelle: 1.1. BEZ. ST. 05

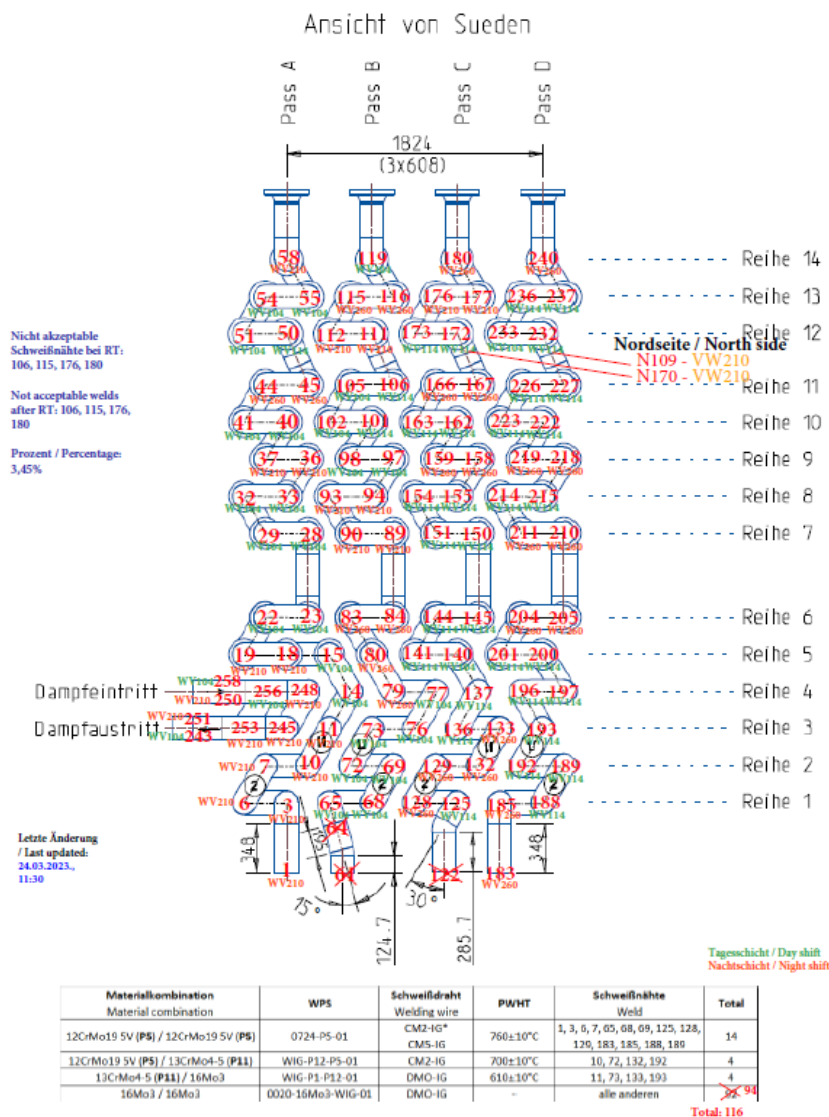
Slika 8. a) Lista zavarivača b) Uputa za zavarivanje (WPS)

Na peći BA – 101 su zavarivane sljedeće kombinacije materijala uz korištenje sljedećih dodatnih materijala za zavarivanje:

- 12CrMo19 5V (P5) / 12CrMo19 5V (P5) ; dodatni materijal: CM 2 - IG*, CM 5 - IG
- 12CrMo19 5V (P5) / 13CrMo4-5 (P11) ; dodatni materijal: CM 2 - IG
- 13CrMo4-5 (P11) / 16Mo3 ; dodatni materijal: DMO - IG
- 16Mo3 / 16Mo3 ; dodatni materijal; DMO - IG

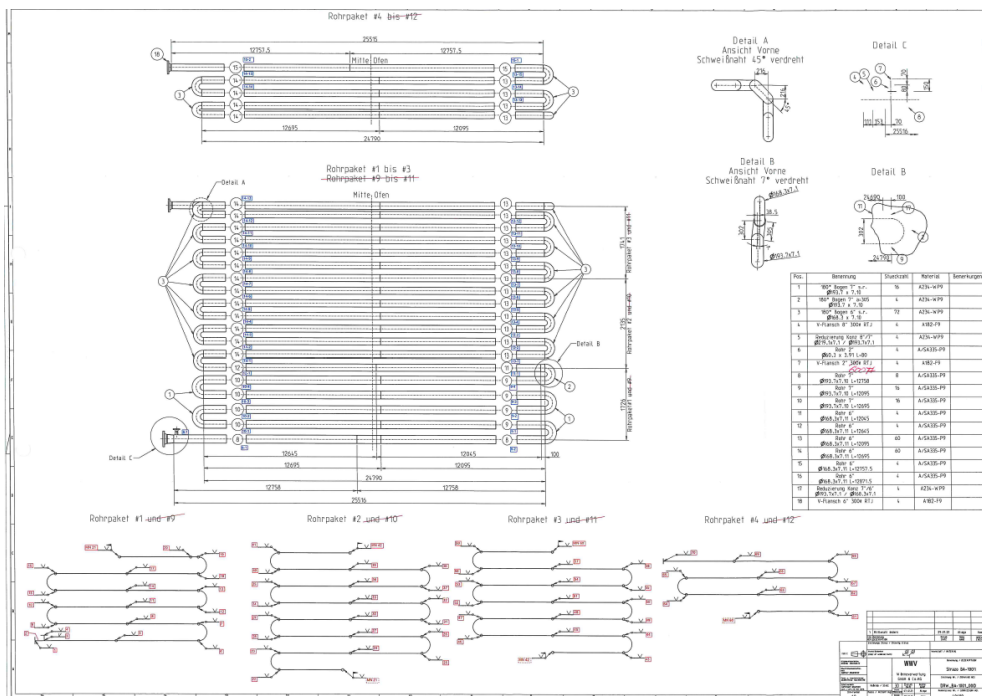
Dimenzije cijevi su bile $\varnothing 168,3 \times 7,11$. Pri zavarivanju 12CrMo19 5V (P5) / 12CrMo19 5V (P5) kombinacije materijala za zavarivanje korijena zavara koristila se CM 2 – IG žica, zbog eventualne nedovoljne zaštite da ne bi došlo do oksidacije.

Schweißnahtübersicht BA-101 / Welds overview BA-101



Slika 9. Prikaz zavara na peći BA – 101

Na peći BA – 101 ukupno je zavareno 116 zavara. Svi zavari bili su ispitani u opsegu 100 % kako je navedeno u radnom listu za ovu peć. Na peći BA – 1001 zavarivaa se kombinacija materijala X12CrMo9-1 (P9) / X12CrMo9-1 (P9) . Dimenzije cijevi su bile $\varnothing 168,3 \times 7,11$. Na ovoj peći je bilo ukupno 12 zavara. Svi zavari bili su ispitani u opsegu 100 % kako je navedeno u radnom listu za ovu peć.



Slika 10. Crtež peći BA – 1001

Zbog zahtjevnog položaja za zavarivanje ovi zavari su se izvodili zavarivanjem preko ogledala. Zavarivanje koristeći ogledalo je jedno od zahtjevnijih, stoga na listi od 26 odobrenih zavarivača samo su 5 zavarivača zavarivali ove zavare.

4. NDT ispitivanja – prije, za vrijeme zavarivanja i nakon zavarivanja

NDT ispitivanja na remontu peći su provođena od strane firme Schreiber GmbH Zerstörungsfreie Materialprüfung. Firma je bila zadužena za provođenje sljedećih ispitivanja:

- radiografsko ispitivanje
- ispitivanje tvrdoće
- penetratnsko ispitivanje
- magnetsko ispitivanje
- ultrazvučno ispitivanje
- PMI ispitivanje

Vizualni pregled zavara rađen je od strane inženjera zavarivanja iz firme Industroremont d.o.o. , od strane inspeksijske kuće te inspekcije iz rafinerije.

Za pravilni pregled ravne površine, sama površina mora biti osvijetljena svjetlošću minimalne jakosti 350 lx-a. Međutim za kvalitetan pregled ipak se preporuča osvjetljenje od 500 lx. Za izravan pregled površine, sama površina koja se kontrolira mora biti na udaljenosti unutar 600 mm od oka. Isto tako ugao promatranja same površine ne smije biti manji od 30°. [2]

Ispitivanja su provedena u opsegu 100 % te su provedena prije, za vrijeme i nakon zavarivanja. Prije samog čina zavarivanja, važno je obaviti kontrolni pregled površina koje se zavaruju dok je još moguće doprijeti do tih površina. Prilikom tog pregleda važno je uočiti sljedeće :

- Površine i dimenzije zavarujućih dijelova ovisno o postupku zavarivanja moraju biti u skladu sa specifikacijama za zadani postupak zavarivanja. [2]
- Površine koje će se zavarivati odnosno taliti prilikom zavarivanja (ZT), moraju biti očišćene nekim od postupaka koji su navedeni u specifikaciji za određeni postupak zavarivanja i vrsti materijala koji se zavaruje. [2]
- Dijelovi koji se zavaruju pravilno su fiksirani jedan u odnosu na drugog, prema zadanim nacrtima. [2]

Prije početka zavarivanja provedeno je površinsko ispitivanje površine prije zavarivanja. Površina je ispitana da bi se provjerila priprema za zavarivanje.



Slika 11. a) Ispitivanje penetrantima prije zavarivanja b) PMI ispitivanje

Nakon zavarivanja korijena zavara rađeno je ispitivanje korijena zavara površinskom metodom da bi se otklonila sumnja na moguće greške u korijenu zavara. Nakon zavarivanja rađena su ispitivanja

tvrdće i PMI ispitivanja, ispitivanja površinskom metodom (penetrantsko / magnetsko ispitivanje) te snimanje zavara radiografskim ispitivanjem. Nakon ispitivanja firma je dostavila sve gotove izvještaje koji su uvršteni u završnu dokumentaciju.

5. Toplinska obrada

Toplinska obrada provedena je od strane firme THERMOPROZESS Wärmebehandlung GmbH.

Toplinska obrada na peći BA – 101 provedena je na sljedećim kombinacijama materijala pri sljedećim temperaturama:

- 12CrMo19 5V (P5) / 12CrMo19 5V (P5) – **760 +/- 10°C**
- 12CrMo19 5V (P5) / 13CrMo4-5 (P11) – **700 +/- 10°C**
- 13CrMo4-5 (P11) / 16Mo3 – **610 +/- 10°C**

Za vrijeme zavarivanja bili su postavljeni grijači za održavanje temperature prilikom zavarivanja. Prije toplinske obrade na zavarima je napravljeno radiografsko ispitivanje.

Na peći BA – 1001 provedena je toplinska obrada na sljedećim kombinacijama materijala:

- X12CrMo9-1 (P9) / X12CrMo9-1 (P9) **760 +/- 10°C**

Za vrijeme zavarivanja bili su postavljeni grijači za održavanje temperature prilikom zavarivanja. Prije toplinske obrade na zavarima je napravljeno radiografsko ispitivanje.



Slika 12. a) Grijači za održavanje temperature b) Toplinska obrada X12CrMo9-1 (P9)

Nakon provedene toplinske obrade firma je dostavila sve izvještaje s pripadajućim dijagramima toplinske obrade koji su uvršteni u završnu dokumentaciju.

6. Primopredaja dokumentacije

Pri završetku remonta inženjeri zavarivanja iz firme Industroremont d.o.o. u suradnji s inženjerima kontrole kvalitete iz firme WWV Warmeverwertung Burghausen GmbH & Co KG radili su pregled dokumentacije za primopredaju krajnjem kupcu. Završna dokumentacija sadržavala je sve radne zadatke koji su bili ovjereni i potpisani od svih strana WWV Warmeverwertung Burghausen GmbH

& Co KG, nadzor i krajnji kupac rafinerija Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH, sve upute za zavarivanje, upute za toplinsku obradu te svi izvještaji o provedenim ispitivanjima. Dokumentacija je složena u registratore za svaki dio pojedinačno te predana krajnjem kupcu.



Slika 13. Završna dokumentacija

7. Zaključak

U radu je opisan nadzor i kontrola zavarivačkih radova na gradilištu. Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH je primjer visoko postavljene ljestvice prilikom organizacije i ustroja. Na gradilištu je u isto vrijeme boravilo oko 3000 radnika. Svako nepridržavanje dogovorenog plana i procedura od strane bilo koje firme tretirano je kao teška prekršaj prvenstveno iz razloga što se zaštita na radu stavljala u prvi plan, a takvim činom se direktno dovodilo u pitanje sigurnost svih zaposlenih na gradilištu. Smjer u kojem ide zaštita na radu je jasan. Zahtjevi su sve strožiji i osobe zadužene za nadzor zaštite na radu dobivaju sve veću ulogu i ovlasti u provođenju istih. Prilikom zavarivanja prvenstveno je važno pridržavati se uputa od poslovođa zavarivanja i inženjera zavarivanja. Sve upute i parametri napisani u uputi za zavarivanje moraju biti dostupni zavarivaču za vrijeme zavarivanja. Osoblje koje je radilo na zavarivačkim radovima pokazalo se dobro prvenstveno zbog učestalog nadzora i kontrole prilikom izvođenja svih zavarivačkih radova.

8. Literatura

[1] Lukačević, Z.: Zavarivanje, Sveučilište Josip Juraj Strossmayer, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 1998.

[2] Norma BS EN ISO 17637:2011 „Non-destructive testing of welds — Visual testing of fusion welded joints (ISO 17637:2003)

[3] Norma HRN EN ISO 9606-1: 2014 Provjera osposobljenosti zavarivača -- Zavarivanje taljenjem -- 1. dio: Čelici (ISO 9606-1:2012, uključujući Cor 1:2012; EN ISO 9606-1:2013)

[4] A.G. Olabi, R.L. Lorza, K.Y. Benyounis: Quality Control in Welding Process, Comprehensive Materials Processing Volume 6, 2014, Pages 193-212