

# KVALIFIKACIJA ZAVARIVAČA U SKLADU S INDIAN BOILER REGULATIONS

## WELDERS QUALIFICATION IN ACCORDANCE WITH INDIAN BOILER REGULATIONS

**Tihomir Marsenić<sup>1</sup>, Krešimir Lesan<sup>1</sup>, Božo Despotović<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja, Dr. Mile Budaka 1, Slavonski Brod, R. Hrvatska

<sup>2</sup> DTZSB, Slavonski Brod, R. Hrvatska

*Ključne riječi: kvalifikacija zavarivača, Indian Boiler Regulations*

*Key words: welder's qualification, Indian Boiler Regulations*

Sažetak:

Prije početka izrade kotlovske komponente; rosta kotla u tvornici Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja (ĐĐTEP) provedena je kvalifikacija zavarivača prema Indian Boiler Regulations 1950 sve do i uključujući nadopunu 1 iz 2017 (IBR). U radu su opisani osnovni zahtjevi i specifičnosti koji se odnose na kvalifikaciju zavarivača, a koji se razlikuju od zahtjeva specificiranim u EN12952-6, EN ISO 9606-1:2017 i ASME BPVC Section IX ed.2017.

Abstract:

Before starting the boiler component production; GRATE PRESSURE PART PANEL at the Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja (ĐĐTEP), it has completed the qualification of welders according to the IBR 1950 up to and including Amendment No. 1 of 2017 (IBR). This paper describes the basic requirements and specificities related to the qualification of the welder, which differ from the requirements specified in EN 12952-6:2011, ISO 9606-1: 2017 and ASME BPVC Section I and IX ed.2017.

## 1 UVOD

Đuro Đaković TEP je ugovorio izradu tlačnih komponenti; rosta kotla i spojnih cijevi za naručitelja BWSC. Kotao je na biomasu i koristi rižinu slamu kao osnovno gorivo za proizvodnju

električne energije. Kapacitet kotla je 75TPH i biti će instaliran u Indiji u gradu Kaithal blizu Dehli. Izraditi će se takve dvije jedinice u skladu sa sljedećim zahtjevima [1];

- Design-projektiranje; IBR
- Osnovni materijal; ASME / IBR
- Zavarivanje; IBR + ASME
- Ispitivanja bez razaranja (NDE): IBR + ASME
- 

Za projektiranje, odnosno „design“ kotlovskog postrojenja i naručivanje osnovnog materijala odgovoran je BWSC, dok je za usklađivanje tehničke dokumentacije prema mogućnostima ĐĐTEP-a, izradu i ispitivanje kotlovskih komponenti odgovoran ĐĐTEP. Prije početka izrade, kupcu je bilo potrebno dostaviti zavarivačku dokumentaciju; WPS-ove, PQR-ove, planove zavarivanja i ispitivanja i kvalifikacije zavarivača na pregled i odobrenje. Svakako sva dokumentacije se treba odobriti od IBR kompetentne osobe, a na ovom projektu „competent - inspecting authority“ je g. Zvonko Janković. Ovo je prvi puta da se u ĐĐTEP-u izrađuje kotlovska tlačna oprema prema IBR-u. U komunikacija s kupcem primjećeno je da i oni nemaju veliko iskustva s IBR-om. Nakon nekoliko diskusija po pitanju zavarivanja zaključeno je sljedeće;

Izrada WPS-ova, kvalifikacija novih postupaka zavarivanja i operatera zavarivanja biti će u skladu s ASME BPVC Sekcija IX edicija 2017.

Kvalifikacija zavarivača biti će provedena u skladu s IBR-om.

U IBR-u postoji posebno poglavlje XIII koje se odnosi na kvalifikaciju zavarivača, gdje su opisani uvjeti, zahtjevi i područje važenja kvalifikacije zavarivača. Tijekom pisanja ovog rada izrada tlačnih komponenti još nije završena.

## **2 ANALIZA ZAHTJEVA I DEFINIRANJE KAPACITETA ZA ZAVARIVANJE**

Na temelju dostavljene dokumentacije; crteža, planova zavarivanja i kupčeve specifikacije za izradu pristupilo se razradi dokumentacije. Tijekom tehnološke obrade dokumentacije utvrđeni su; broj postupaka zavarivanja koje je potrebno kvalificirati, neophodan broj zavarivača i operatera za izvođenje zavarivačkih radova u skladu s terminskim planom isporuke i minimalne količine dodatnog materija za zavarivanje. Zbog kompleksnosti kvalifikacije zavarivača, broj primjenjenih postupaka zavarivanja je ograničen; pa tako strojno EPP zavarivanje se primjenjuje za zavarivanje membranskih zidova, a strojno MIG- navarivanje za pojedinačne cijevi. Ručno TIG zavarivanje se primjenjuje za

zavarivanje tlačno nosivih zavarenih spojeva, a MAG zavarivanje za netlačne dijelove zavarene na tlačne komponente. Što se tiče kvalifikacija postupaka zavarivanja provedene su četiri kvalifikacije;

- Ručno TIG sučeljeno zavarivanje s toplinskom obradom (SA-335 P11; Ø88,9x11,13 mm)
- Strojno EPP membransko zavarivanje (SA-213 T11; Ø38,1x6,7 mm // SA-387 Gr.11; 6x27 mm)
- Strojno MIG navarivanje pojedinačnih cijevi (SA-335 Gr.P11; Ø60,3x5,54 mm) legurom ER NiCrMo-3
- Ručno TIG navarivanje pojedinačnih cijevi (SA-335 Gr.P11; Ø60,3x5,54 mm) legurom ER NiCrMo-3

Prema provedenoj analizi određen je potreban broj zavarivača i operatera za kvalifikaciju;

- Deset TIG zavarivača
- Šest MAG zavarivača
- Dva EPP operatera
- Dva MIG operatera za navarivanje pojedinačnih cijevi.

Shodno broju zavarivača pristupilo se specificiranju potreba osnovnog materijala za kvalifikaciju zavarivača. Dio je pronađen na skladištu ĐĐTEP, dok je dio posebno naručen, npr. lim u kvaliteti SA-387 Gr. 11 cl.2, debljine 16 mm. Sav osnovni materijal za kvalifikaciju zavarivača je bio u skladu s ASME BPVC Section II-A ed. 2017.

### **3 OSNOVNI PREDUVJETI ZA KVALIFIKACIJU ZAVARIVAČA**

Prije početka kvalifikacije zavarivača potrebno je obavijestiti Competent Authority koji je zadužen za ocjenu kvalifikacije zavarivača i izdavanje certifikata. Nakon primitka zamolbe, kvalifikacija se može provesti unutar trideset dana. Da bi se pristupilo kvalifikaciji, zavarivač treba ispuniti sljedeće uvjete [2];

- zavarivač ne smije imati manje od 18 godina
- treba imati jednu godinu edukacije ili stažiranja u priznatoj ustanovi za provođenje treninga ili
- jednu godinu edukacije u institutu imenovanom od strane „republičke“ ili centralne vlade ili

- treba biti zaposlen kao zavarivač jednu godinu na poslovima zavarivanja u industriji

Da bi dokazali da zavarivač ispunjava uvjete vezane za starost, edukaciju i zavarivačko iskustvo, prije kvalifikacije prikupljeni su sljedeći dokumente kao dokaz o ispunjavanju uvjeta;

- Osobna iskaznica ili putovnica
- Svjedodžba ili uvjerenje o osposobljavanju za zavarivača
- Potvrdu ĐĐTEP-a (Work Experience Verification) pomoću koje se može utvrditi da zavarivač radi na poslovima zavarivanja minimalno godinu dana

## **4 INICIJALNI ISPITI ZA KVALIFIKACIJU ZAVARIVAČA PREMA IBR-U**

Prilikom pripreme za kvalifikaciju zavarivača vodila se briga o području pokrivanja bitnih varijabli kvalifikacije;

- Postupku zavarivanja
- Zavarivanje s podlogom ili bez podloge (backing strip)
- klasi elektrode (dodatnog materijala)
- kvaliteti osnovnog materijala
- vrsti struje zavarivanja; istosmjerna / izmjenična
- položaju zavarivanja
- osposobljenosti zavarivača za kvalifikaciju
- kontinuiranosti zavarivanja, prema IBR-u zavarivači ne smiju imati prekid duži od tri mjeseca

Na osnovu ovih varijabli pripremani su teorijski i praktični testovi za kvalifikaciju zavarivača ovisno o postupku zavarivanja koji će kvalificirati.

### **4.1 Teorijski ispit za kvalifikaciju zavarivača**

U skladu s paragrafom 609 iz poglavlja XIII IBR-a svaki zavarivač koji se želi kvalificirati treba proći teorijski i praktični ispit. U ĐĐTEP- u zavarivači i operateri su imali pismeni teorijski ispit, pripremljen od Competent Authority. Ispit je sadržavao 25 pitanja + jedno pomoćno pitanje. Pitanja su bila koncipirana na način da se 70% pitanja odnosilo na specifičnosti zavarivanja na objektu

u praksi, dok je 30% pitanja bilo općeg karaktera za postupak koji se kvalificirala. Pitanja za elektrolučne zavarivače bila su u skladu sa smjernicama IBR-a, a obuhvaćala su:

- detalje vezane za pripremu spoja,
- elementarna znanja o opremi za zavarivanje, i svojstvima materijala,
- zatim spoznaje o strujno naponskim principima,
- greškama u zavarenim spojevima i kako ih izbjeći i
- dodatnom materijalu za zavarivanje i njihovoj primjenjivosti ovisno o kvaliteti osnovnog materijala i položaju zavarivanja.

Pri koncepciji pitanja ispita sudjelovali su i predstavnici ĐĐTEP-a, ali ih nisu imali na uvid. Za svaki postupak zavarivanja pripremljen je poseban ispit. Ispit je ocjenjen od Competent Person (Authority), a uvjet za prolazak je 60% točnih odgovora, odnosno minimalno petnaest točnih odgovora.

## 4.2 Praktični ispit za kvalifikaciju zavarivača

### 4.2.1 Kvalifikacija zavarivača na limovima

Praktični ispit se provodi nakon što zavarivači prođu teorijski ispit. Prema IBR-u praktični ispit za kvalifikaciju zavarivača se provodi na limovima ili cijevima, ovisno o obliku, dimenzijama i kvaliteti osnovnog materijala objekta koji se zavaruje. Na limovima su se kvalificirali GMAW (MAG) zavarivači. Uzorak za zavarivanje je specificiran IBR-om i treba imati minimalne dimenzije ploča 16x381x229mm. Zavarivanje je izvođeno u vertikalnom položaju izvlačenjem gusjenice prema gore (3G, ASME Sec. IX ed.2017), jer vertikalni spoj pokriva sve ostale položaje, osim nadglavnog. Kvaliteta osnovnog materijala (SA-387 Gr.11 cl.2) i dodatog materijala odgovara materijalu koji će se primjenjivati na objektu, odnosno pripada istom P broju (P-No.4). Detalj pripreme spoja je prikazan na slici 1, a pokazuje sučeljeni spoj koji je potrebno zavariti obostrano.

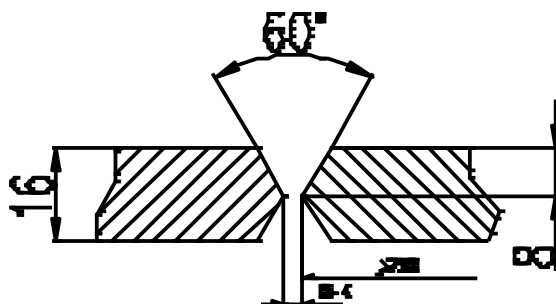


Figure 1. Detalj spoja za GMAW sučeljeno obostrano zavarivanje lima

Sučeljeno zavaren spoj pokriva i kutni spoj tako da kutni spoj na limovima nije zavarivan.

#### 4.2.2 Kvalifikacija zavarivača na cijevima

Zavarivači koji zavaruju cijevi prema zahtjevima IBR-a trebaju zavariti tri tipa spoja; dva sučeljena (IBR1 i IBR2) na cijevima (tube i pipe) i jedan spoj priključka (NW-branch) za koji su specificirani minimalni zahtjevi; osnovna cijev treba imati minimalnu vanjski promjer 127 mm i minimalnu debljinu stijenke cijevi 10 mm, a dimenzije priključka minimalni vanjski promjer 89 mm (3 1/2 inch) i minimalnu debljinu stijenke cijevi 6 mm. U Tablici 1 se mogu vidjeti uzorci koji su zavarivani od strane GTAW zavarivača. Zavarivači su zavarili sve navedene uzorke u specificiranim položajima.

Table 1. Pregled uzoraka za kvalifikaciju zavarivača

Welding process	Test coupon form	Designation of test coupon	Dimension (mm)	Grade	Type of joint	Welding Position	Quantity for qualific.	WPS	Tests	Figure IBR-chap. XIII
<b>Welders</b>										
GTAW	IBR1	5997AZ	Ø88,9x11,13	SA-335 Gr.P11	BW	2G	1	01-P4-BW-005-H-E17	VT; FBx2 RBx2 Mac.x2	XIII/3
		5998AZ				5G-uphill	1			
	IBR2	5999AZ	Ø38,1x6,7	SA-213 Gr.T11	BW	2G	2	01-P4-BW-004-E17	VT; FBx2 RBx2 Mac.x2	XIII/3
		6000AZ				5G-uphill	2			
	IBR3	6001AZ	Ø88,9x7,62 Ø323,8x12,7	SA-335 Gr.P11	NW	2G	1	01-P4-NW-001-H-E17	VT; Mac.x4	XIII/4
	GMAW	IBR4	6058AZ	16x230x381	SA-387 Gr.11	BW	3G	1	08-P4-BW-001-E17	VT;RT Mac/Mic 2x FB/RB
<b>Welding operators</b>										
SAW	TC244	6060AZ	Ø38,1x6,1(6,7) / 6x27	SA-213 Gr.T11 / SA-387 Gr.11	FW	2F	1	p03-P4-MW-001-E17	1x Fract, 1x Mac.	ASME Sec. IX Ed.17
GMAW-overlay welding (CRO)	TC246	6054AZ	Ø60,3x5,54	SA-335 Gr.P11	CRO	special	1	p13-P4-CDT-001-E17	2x side bend	ASME Sec. IX Ed.17
Legend: BW-butt weld                      FW- fillet weld NW - nozzle (branch) to tube weld                      CRO - corrosion resistant overlay welding										

Zavarivači na cijevima zavarili su sučeljene uzorke u dva položaja; vertikalno fiksiran (2G) i horizontalno fiksiran spoj (5G). Spoj priključka zavaren je u položaju koji će se primjenjivati na objektu (2G).

Zahtjevi za kvalifikaciju zavarivača na cijevima su strožiji u odnosu na zahtjeve propisane drugim normama; EN ISO 9606-1 ili ASME BPVC Section IX edicija 2017 zbog obaveznih tipova spojeva koje zavarivač treba zavariti da bi izvodio zavarivanje prema IBR-u.

## 5 ISPITIVANJE ZAVARENIH SPOJEVA PREMA IBR-U

Ispitivanje zavarenih spojeva su provedena u ovlaštenom laboratoriju za ispitivanje. Ovisno o tipu zavarenog spoja provedena su zahtjevana ispitivanja prema IBR-u.

### 5.1 Ispitivanje zavarenih spojeva na limovima

Nakon zavarivanja limova, provedena je vizualna kontrola zavarenih spojeva. Osim jednog svi ostali zavari su prošli vizualnu kontrolu. Zatim je provedena radiografska kontrola (RT) zavarenih spojeva prema zahtjevu IBR-a, odredba 265(b). Radiografska kontrola je neophodna za zavarene spojeve koji će se na objektu radiografski ispitivati. Na objektu se neće provoditi RT, ali bez obzira na to zavari su ispitani RT. Također za zavare limova neophodno je provesti dva savijanja prva strana (lice); dva savijanja suprotna strana (korijen), te po jedano makro i mikro ispitivanje. Ispitivanje savijanja se izvodi u skladu s odredbama 611, 261 i 262 IBR-a. Palice za savijanje iz lima, uzorak IBR4 se izrezuju na mjestima koji se definirani slikom XIII/1 IBR-a. Na slici 2 i u Tablici 2 je prikazana dimenzija palica za savijanje s uvjetima savijanja. Kako se radi o legiranom čeliku „alloy steel“ palica treba imati minimalni kut savijanja  $120^\circ$ , slika 2. Na slici 3 je zabilježen postupak savijanja palica uzorka IBR 4

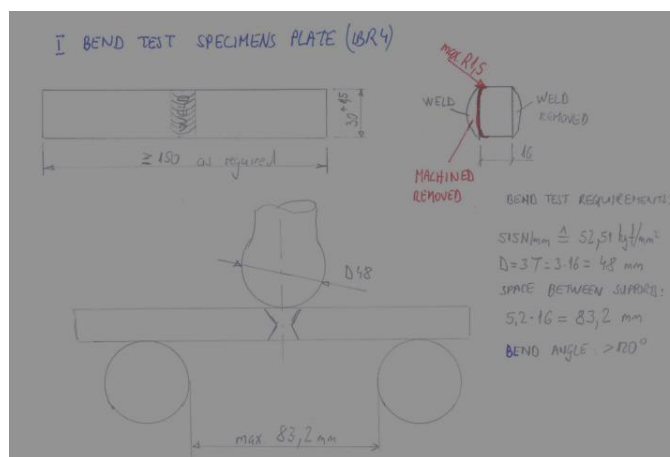


Figure 2. Zahtjevi za savijanje kupona IBR4 sa slikom o provedenom savijanju



Figure 3. Savijanje palica uzork IBR 4

## 5.2 Ispitivanje zavarenih spojeva na cijevima (tube i pipe)

Nakon zavarivanja cijevi provedena je vizualna kontrola. Kako se radi o uzorcima iz legiranom čeliku „alloy steel“ prema paragrafu 151 IBR-a, za uzorak IBR1 provedena je toplinska obrada nakon zavarivanja. Za te uvjete toplinska obrada će biti provedena i na objektu. Iz uzorka IBR1 pripremljene su 4 palice za savijanje i 2 palice za makro ispitivanje. Prema IBR-u za uzorak IBR2 pripremljena je jedna palica za savijanje na korijen. Uzorak TC 246 primjenio se za kvalifikaciju operatera navarivanja prema ASME Sekciji IX, ediciji 2017, kako kvalifikacija operatera nije zahtjevana IBR-om.

U Tablici 2 su specificirane dimenzije palica i uvjeti savijanja za limove i cijevi, odnosno za uzorke oznaka IBR1, IBR2, IBR4 i TC246.

Table 2. Zahtjevi za savijanje i dimenzije palica

Welding process	Test coupon form	Dimension (mm)	Grade	Type of joint	Welding Position	Bend test specimens number	Bend test specimens (Dimension mm)	Former diameter (mm)	Roller distance (mm)	Bend angle (°)
GTAW	IBR1	Ø88,9x11,13	SA-335 Gr.P11	BW	2G	4 (2xroot) (2xface)	11,13x34x≥210	44,5	not specified	≥90
					5G-uphill	4 (2xroot) (2xface)				
	IBR2	Ø38,1x6,1 (6,7)	SA-213 Gr.T11	BW	2G	1xroot	6,7x20,1x≥210	27	not specified	≥90
					5G-uphill	1xroot				
GMAW	IBR4	16x230x381	SA-387 Gr.11	BW	3G	4 (2xdirect; 2xreverse)	16x30x≥150	48	83	≥120
GMAW-overlay welding (CRO)	TC246	Ø60,3x5,54	SA-335 Gr.P11	CRO	special	4 side bends	8x8x≥210	32	51,2	180

Palice za ispitivanje uzorka IBR1 su rezane prema slici 4. Ovakih zavarenih uzoraka je bilo dvadeset.



Test coupon IBR 1 (Fig. XIII/3)

ø88,9x11,13 SA-335 P11

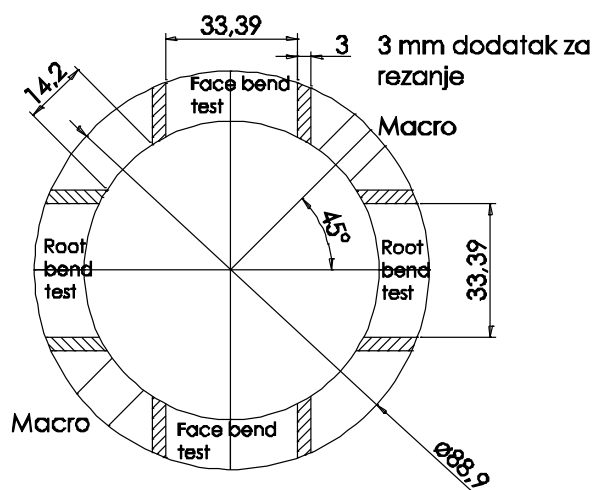


Figure 4. Rezanja palica za ispitivanje iz uzorka

Iz uzorka IBR3, zavarivanog priključka na cijev, koji je trebao zavariti svaki TIG zavarivač pripremljene su 4 palice za makro ispitivanje u 3, 6, 9 i 12 sati. Osim toga provedena je vizualna kontrola zavarenog spoja.

## 6 REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati ispitivanja su pripremljeni od strane predstavnika ĐĐCIR-a, ali krajnju ocjenu rezultata ispitivanja odredio je „Competent Authority“. Kriteriji prihvatljivosti ispitivanja su definirani u IBR-u. Rezultati ispitivanja za GTAW i MAG zavarivače su prikazani u Tablici 3. Tako za ispitivanje savijanjem legiranih čelika osnovni zahtjev je da se ispitna palica savije minimalno 90° (120° limovi) i da ne postoje vidljivi znakovi grešaka. Blage nepravilnosti npr. kao što su otvoreni diskontinuiteti na rubovima palica ne smatraju se greškama uz uvjet da nema širenja nepravilnosti s bilo koje strane palice.

Table 3. Rezultati ispitivanja

Welding process	Test coupon form	Dimension (mm)	Grade	Type of joint	Welding Position	Welders for qualification	Testing results														Test results total welders passability		
							VT			Macro			Bending			Micro			RT				
							Cupon number	A	NA	Specimens number	A	NA	Specimens number	A	NA	Specimens number	A	NA	Specimens number	A	NA	Cupon number	A
Welders																							
GTAW	IBR1	Ø88,9x11,13	SA-335 Gr.P11	BW	2G	10	10	10	-	20	19	1	36	76	-	0	-	0	-	9	1		
					5G-uphill	10	10	10	-	21	20	1	36	76	-	0	-	0	-	10	1		
	IBR2	Ø38,1x6,7	SA-213 Gr.T11	BW	2G	10	10	10	-	0	-	-	9	10	-	0	-	0	-	10	-		
					5G-uphill	10	10	10	-	0	-	-	9	10	-	0	-	0	-	10	-		
	IBR3	Ø88,9x7,62//Ø323,8x12,7	SA-335 Gr.P11	NW	2G	10	10	10	-	44	42	2	0	-	-	0	-	0	-	9	1		
					3G	6	9	8	1	5	4	1	20	-	-	5	4	1	8	5	3	4	2
GMAW	IBR4	16x230x381	SA-387 Gr.11	BW	3G	6	9	8	1	5	4	1	20	-	-	5	4	1	8	5	3	4	2
Napomena		A-prihvatljivo		NA-neprihvatljivo																			

Osim savijanja, prema IBR-u provodi se ispitivanje makro uzoraka. Za zavareni spoj priključka uzorak IBR3 propisani su kriteriji prihvatljivosti koji se primjenjuje i za ostale tipove spojeva. Zavareni spoj treba pokazati:

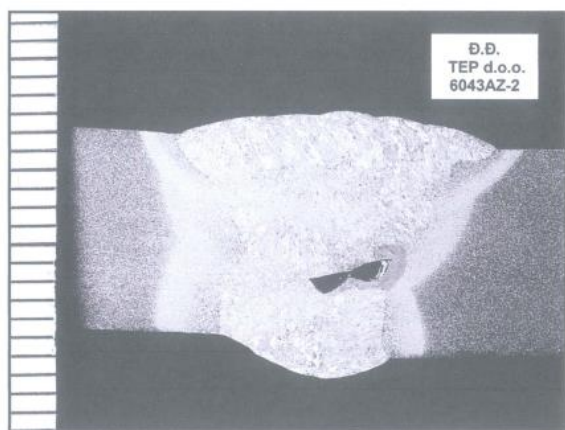
- dobro vezivanje
- dobru penetraciju u korijenu spoja
- prihvatljivu kvalitetu zavarenog spoja
- odsustvo nemetalnih uključaka
- odsustvo pukotina
- odsustvo bilo kakvih minornih grešaka s korijene strane

Kriterij prihvatljivosti za vizualnu kontrolu uključuju sljedeće, posebno kod spoja priključka [2]:

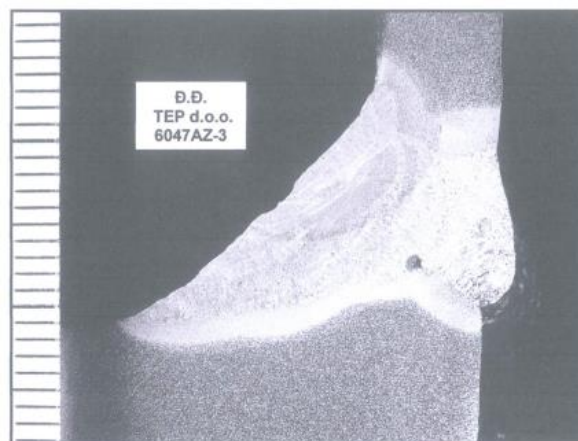
- penetracija u korijenu zavara treba biti potpuna
- uz zavareni spoj ne treba biti zajedno
- pravilno slaganje gusjenica
- jednolikost površine zavara
- prihvatljivost oblika profila zavara
- blagi prijelazi zavara na osnovni materijal
- zavar treba biti bez poroznosti i uključaka

- dimenzije zavora prihvatljive
- metal zavora treba biti kvalitetan; bez pukotina, pregrijavanja, spužvaste površine

Što se tiče radiografskog ispitivanja ono je provedeno kako je opisano u IBR-u paragraf 266. Ako se sumiraju rezultati prolaznosti GTAW zavarivača prikazanih u Tablici 3, može se zaključiti da je od deset zavarivača koji su pristupili kvalifikaciji prošlo devet zavarivača. Jedan zavarivač nije zadovoljio kriteriji prihvatljivosti za makro ispitivanje na uzorku IBR1, položaj zavarivanja 2G, slika 5 i makro ispitivanje na uzorku IBR3, položaj zavarivanja 2G, slika 6. Taj zavarivač nije prošao praktični test i nije bio nagrađen certifikatom zavarivanja prema IBR-u, a radi se o mlađem zavarivaču.



*Figure 5. Neprihvatljiva greška vezivanja u sučeonom spoju uzorak IBR 1, položaj zavarivanja 2G*



*Figure 6.. Neprihvatljive greške poroznosti u korijenom prolazu u spoju priključka uzorak IBR 3, položaj zavarivanja 2G*

Kod drugog zavarivača pronađena je neprihvatljivo odstupanje na makro ispitanoj palici uzorka IBR1, položaj zavarivanja 5G- uphill progression, slika 7. Kako bi zadovoljio kriterije prihvatljivosti iz zavarenog uzorka izrezana je jedna nova palica za makro ispitivanje što je dozvoljeno IBR-om paragraf 611(e). Nova palica za makro ispitivanje je ispunila zahtjeve IBR-a. Ako se bolje pogleda slika 7 makro palice može se uočiti da su možda primjenjeni vrlo strogi kriteriji prihvatljivosti, posebno ako se greška tretirala kao greška zajedno. Treba imati na umu da je slika uvećana 3,31 puta. Za istog zavarivača preostalih sedam makro uzoraka za dva položaja zavarivanja su bili prihvatljivi.

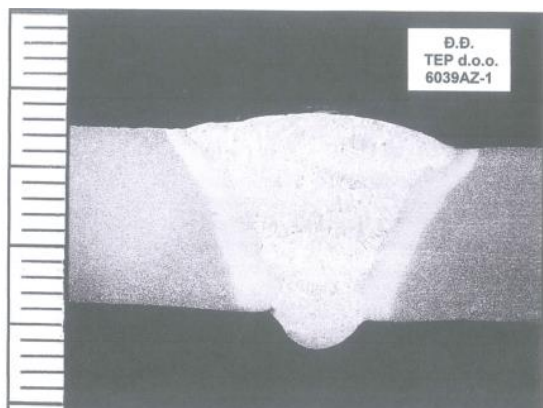


Figure 7. Neprihvatljiva greška zajedno u korijenu zavarivanja, uzorak IBR 1, položaj zavarivanja 5G

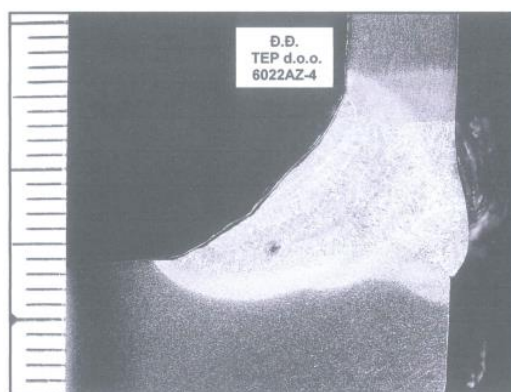


Figure 8. Neprihvatljive greške poroznosti u popuni spoja priključka uzorak IBR 3, položaj zavarivanja 2G

Kod trećeg GTAW zavarivača pronađene su greške poroznosti na makro ispitnoj palici uzorka IBR3 položaj zavarivanje 2G, slika 8. Taj zavarivač je ponovo zavario spoj priključka iz kojeg su pripremljene nove četiri makro ispitne palice. Sve četiri ispitne palice su ispunile kriterije prihvatljivosti za makro ispitivanje, tako da su zavarivači dva i tri uz ostalih sedam GTAW zavarivača nagrađeni certifikatom zavarivača prema IBR-u.

Od šest GMAW zavarivača koji su pristupili kvalifikaciji dva zavarivača nisu ispunila kriteriji prihvatljivosti. Prvi koji nije ispunio kriterije nije zadovoljio makro i mikro ispitivanje na uzorku IBR4, položaj zavarivanja 3G „uphill progression“, slika 9. Zanimljivo da je prije toga prošao RT. Prilikom zavarivanja novog uzorka nije prošao VT ispitivanje zbog grešaka zajedno, tako da nije nagrađen certifikatom GMAW zavarivača prema IBR-u.

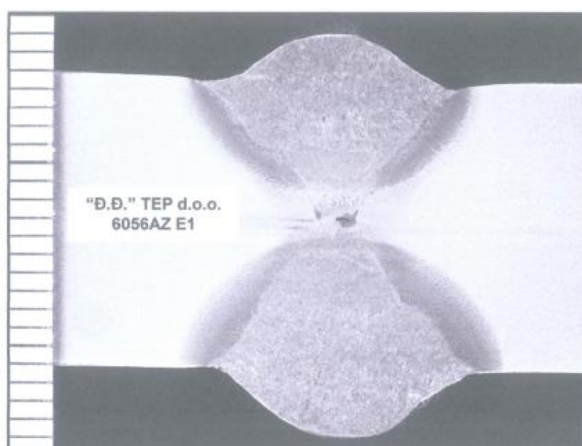


Figure 9. Makro presjek neprihvatljiva greška vezivanja u korijenu zavarivanja, uzorak IBR 4, položaj zavarivanja 3G, prema gore - uphill progresion

Drugi zavarivač koji nije prošao praktični ispit oba puta nije prošao radiografsko ispitivanje. Treći zavarivač koji je imao neprihvatljive greške naljepljivanja otkrivene RT, prilikom zavarivanja novog uzorka je ispunio kriterije prihvatljivosti tako da je s preostalom trojicom nagrađen certifikatom GMAW zavarivača prema IBR-u.

Operateri zavarivanja, dvojica EPP za zavarivanje membranskih zidova i dvojica GMAW za navarivanje korozijski postojanog sloja, uzorak TC246, kvalificirani su tijekom kvalifikacije postupaka zavarivanja. Kako zahtjevi za kvalifikaciju operatera zavarivanja nisu specificirani u IBR-u, kupac je zahtjevao da se kvalificiraju u skladu s ASME BPVC Sekcija IX edicija 2017.

## 7 ZAKLJUČAK

IBR je karakterističan po tome da se za kvalifikaciju zavarivača na cijevima zahtjeva minimalno zavarivanje tri uzorka; sučeoni spojevi na „tube“ i „pipe“, zatim spoj priključka. Također IBR je specifičan po načinu ispitivanja zavarenih uzoraka za kvalifikaciju zavarivača, gdje se obavezno zahtjevaju ispitivanja s razaranjem. Prilikom realizacije ugovorenih projekata potrebno je obratiti pažnju na ispunjavanje ugovorenih obaveza, kao što su norme, vrijeme isporuke, zahtjevi za kvalitetom. Na ovom projektu ĐĐTEP se prvi put susreo s IBR-om i zahtjevima za kvalifikacijom zavarivača, te je dosta vremena utrošeno na proučavanje norme i definiranje uzoraka za zavarivanje. Vrijeme definiranja uzoraka za kvalifikaciju zavarivača; dimenzija i kvaliteta osnovnih materijala, zatim vrijeme nabave osnovnog materijala i vrijeme pripreme uzoraka za zavarivanja je bilo vrlo dugačko i trajalo je oko 45 dana. Zatim vrijeme za zavarivanje i ispitivanje uzoraka prema IBR-u trajalo je oko 40 dana. Definiranje metoda i opsega ispitivanja, zatim izrada palica za ispitivanje su uzrok ovako dugačkog vremena ispitivanja. Svi zavareni uzorci su podvrgnuti ispitivanju s razaranjem što je zahtjevalo dugo vrijeme izrade palica za ispitivanje. Kvantitativno gledano ispitan je sljedeći broj palica s razaranjem; savijanje -110 palica, makro -90 palica i mikro -5 palica. Osim toga nekoliko dana je utrošeno na pripremu zavarivača za teorijski ispit. Ove aktivnosti vezane za kvalifikaciju zavarivača se navode jer vrijeme potrebno za ispunjavanje uvjeta za početak izrade je duže nego vrijeme za izradu komponenti i obuhvatilo je period od 85 dana.

Prilikom primjene drugih normi koje se rijetko primjenjuju, a gdje je obavezna kvalifikacija zavarivača, preporuka je da se uvijek odaberu iskusni zavarivači kako bi se postigla visoka prolaznost na teorijskom i praktičnom ispitu, a samim tim osigurao dovoljan kapacitet zavarivača tijekom proizvodnje tlačnih komponenti. U ĐĐTEP-u od 10 GTAW zavarivača 9 zavarivača je prošlo teorijski i praktični ispit, dok od 6 GMAW zavarivača 4 su prošla ispite i nagrađena certifikatom.

Osim ispita iz teorije, svi operateri zavarivanja su prošli praktični ispit u skladu s ASME BPVC Sekcija IX edicija 2017. Na temelju gore navedenog prilikom primjene novih normi kao što je u ovom slučaju IBR, potrebno je predvidjeti dovoljno dugačko vrijeme za pripremne aktivnosti kao što je kvalifikacija zavarivača kako se ne bi ugrozili rokovi isporuke.

## **8 LITERATURA**

- [1] Purchase Technical Specification for Manufacturing of Grate PP including Attached Headers and Flex tubes; Doc. NO.: BWSC 16010-2300001; Gurli Pelvang; Feb. 2019
- [2] Akalank's Indian Boiler Regulations 1950 up to and including Amendment No. 1 of 2017, Eighteenth edition, Reprint 2019