

## TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA MAGISTRALNOG CJEVOVODA HIROMJEŠAVINE U TERMoeLEKTRANI

## WELDING TECHNOLOGY SLURRY LONG DISTANCE PIPELINE IN THERMAL POWER PLANT

Halima HADŽIAHMETOVIĆ <sup>1)</sup>, Ivica Kladarić <sup>2)</sup>, Štefanija Klarić <sup>2)</sup>,  
Raza Sunulahpašić <sup>3)</sup>

**Ključne riječi:** hidraulički transport, magistralni cjevovod, tehnologija zavarivanja, inspekcija i ispitivanje, zaštita od korozije

**Key words:** hydraulic transport, slurry long distance pipeline, welding technology, inspection and testing, protection from corrosion

**Sažetak:** Odabir tehnologije zavarivanja ima značajnu ulogu pri izgradnji cjevovoda, a posebice zbog utjecaja na brzinu izgradnje i kvalitetu sigurnosti u eksploataciji. Magistralni cjevovod u termoelektrani služi za transport guste hidromješavine na odlagalište. Osnovni materijal magistralnog cjevovoda je čelik za valjane cijevi St 37.4 dimenzija  $\varnothing 273 \times 8$  (DN250). U radu je opisana primjena tehnologije zavarivanja pri izgradnji magistralnog cjevovoda u termoelektrani. Postupci zavarivanja cjevovoda tijekom prefabrikacije i montaže su plinsko, ručno elektrolučno zavarivanje i TIG postupak. Tehnologije zavarivanja i kontrole kvaliteta se izvode po Evropskim normama (EN 29 692, EN 22 553 i EN 25 817), dok se inspekcija i ispitivanje cjevovoda provodi u skladu EN13480-dio 5.

**Abstract:** Selection of welding technology has an important part in the construction of pipelines, especially the impact on the speed of construction and quality and safety in exploitation. Slurry long distance pipeline is used to transport the dense slurry to disposal area. Basic material slurry long distance pipeline is steel for rolled pipes St 37.4 dimension  $\varnothing 273 \times 8$  (DN250). This paper describes the application of welding technology in the construction of slurry long distance pipeline in thermal power plant. Welding of pipelines during prefabrication and assembly is to be carried out according to GAS, REL and TIG procedures. Welding technology and quality control are performed by European norms (EN 29 692, EN 22 553 and EN 25 817), while the inspection and testing of pipelines is carried out in accordance EN13480-part 5th.

---

<sup>1)</sup> Energoinvest d.d. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

<sup>2)</sup> Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod

<sup>3)</sup> Fakultet za metalurgiju i materijale Zenica, Zenica, Bosna i Hercegovina

## 1. UVOD

Višegodišnja eksploatacijska iskustva na postojećim odlagalištima sa hidrauličkim transportom i odlaganjem pepela ukazuju na prisutnost problema zagađivanja okoline raznošenjem čestica pepela uslijed djelovanja vjetra. Dosadašnjim, najčešće korištenim transportom i odlaganjem pepela i vode u omjeru 1:15 stvara se veliki višak vode, koji se cijedi u podzemlje i miješa sa podzemnim vodama, te dolazi do zagađenja voda. Navedeni ekološki problemi i nedostaci raspoložive vode su razlog za provođenje rekonstrukcije postojećeg sustava zamjenom novom tehnologijom "guste" hidromješavine u odnosu (pepeo: voda - 1:1). Osnovna karakteristika ove tehnologije je da se voda miješa sa pepelom i šljakom u navedenom omjeru te se u vidu guste hidromješavine, pomoću pumpi visokog pritiska, cjevovodima transportira na odlagalište. Pri izgradnji cjevovoda tehnologija zavarivanja i kontrole kvaliteta zavarivačkih radova izvodi se po Evropskim normama (EN 29 692, EN 22 553 i EN 25 817) i drugim tehničkim propisima za ovu vrstu radova. U nastavku rada opisana je primjena tehnologije zavarivanja pri izgradnji magistralnog cjevovoda u termoelektrani, koji služi za transport guste hidromješavine na odlagalište (slika 1).



Slika 1. Magistralni cjevovod hidromješavine

## 2. TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA

Odabir tehnologije zavarivanja ima značajnu ulogu pri izgradnji cjevovoda, a posebice zbog utjecaja na brzinu izgradnje i kvalitetu sigurnosti u eksploataciji [1]. Osnovni čimbenici koji utječu na odabir tehnologije zavarivanja pri izgradnji cjevovoda su:

1. duljina cjevovoda
2. rok izvedbe
3. vrsta materijala,
4. promjer i debljina stijenke cijevi
5. konfiguracija terena
6. klimatski uvjeti
7. uvježbani zavarivači.

Osnovni materijal magistralnog cjevovoda koji se koristi za hidraulički transport pepela i šljake je čelik za valjane cijevi St 37.4 dimenzija  $\varnothing 273 \times 8$  (DN250). Za osnovni materijal potrebno je obezbjediti odgovarajuće ateste. Kemijski sastav osnovnog materijala St 37.4 prikazan je u tablici 1., dok mehanička svojstva osnovnog materijala St 37.4 dana su u tablici 2.

Tablica 1. Kemijski sastav osnovnog materijala cijevi

	<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
St 37.4	0,17	-	0,35	0,35	-	-	0,04	0,04

Tablica 2. Mehanička svojstva osnovnog materijala cijevi

	<b><math>R_{eH}</math>, MPa</b>	<b><math>R_m</math>, MPa</b>	<b><math>A_5</math>, % (min.)</b>
St 37.4	215÷235	350÷480	25

Odabrani postupci zavarivanja cjevovoda tijekom prefabrikacije i montaže su plinsko, ručno elektrolučno zavarivanje i TIG postupak, te su pri tome odabrani odgovarajući dodatni materijali: za plinsko zavarivanje žice oznake VP 42 ("Elektrode" Jesenice), obložene elektrode za REL postupak EZ – 5 KSP (proizvođač "Elektroda" Zagreb), EVB 50 (proizvođač "Elektrode" Jesenice) i EZ – 50 B (proizvođač "Elektroda" Zagreb) te dodatni materijal (žica) za 141 TIG postupak TIG Mo ("Elektrode" Jesenice). U tablici 3. prikazani su kemijski sastav navedenih dodatnih materijala, a u tablici 4. data su mehanička svojstva dodatnih materijala.

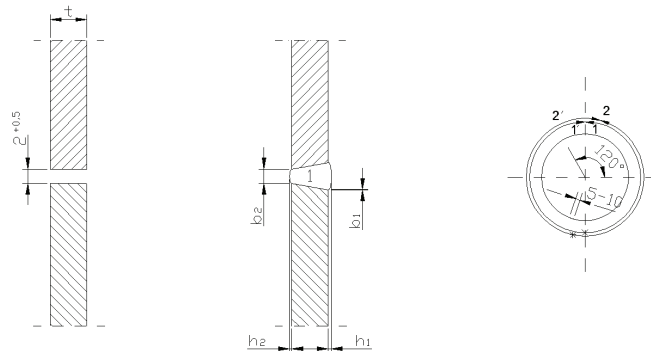
Tablica 3. Kemijski sastav dodatnog materijala za odgovarajuće postupke zavarivanja

	<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
VP 42	0,13	-	0,90	0,25	0,70	0,23	-	-
EZ-5KSP	0,08	-	0,50	0,25	-	-	-	-
EZ-50B	0,08	-	1,00	0,50	-	-	-	-
EVB-50	0,08	-	1,00	0,60	-	-	-	-
TIG Mo	0,10	-	1,10	0,60	-	0,50	-	-

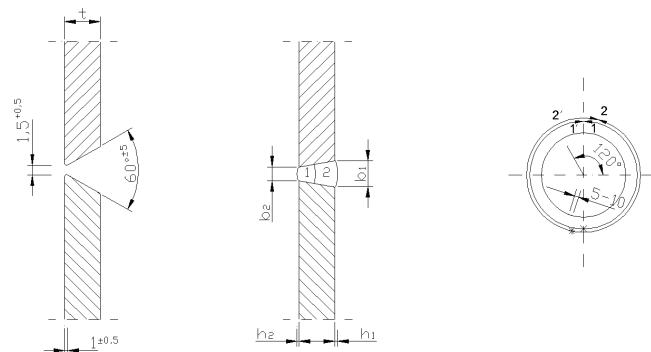
Tablica 4. Mehanička svojstva dodatnog materijala

	<b><math>R_{eH}</math>, MPa</b>	<b><math>R_m</math>, MPa</b>	<b><math>A_5</math>, %</b>
VP 42		410÷470	16÷22
EZ-5KSP	> 360	450÷550	> 22
EZ-50B	> 440	510÷610	> 26
EVB-50	> 440	510÷610	> 24
TIG Mo	480÷580	580÷675	> 22

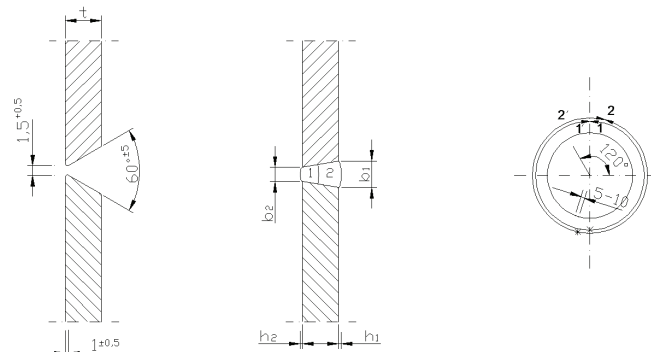
I za dodatne materijale potrebno je obezbjediti ateste proizvođača. Dodatni materijali moraju biti propisno uskladišteni. Elektrode za REL postupak se suše u namjenskim pećima na temperaturi po preporuci proizvođača (2 h / 300 °C), a pri izvođenju zavarivanja elektrodu koriste se neposredno iz tobočca. Prije zavarivanja vrši se vizualna kontrola dodatnog materijala i kontrola uređaja za zavarivanje (uređaji koji se koriste moraju imati odgovarajući atest).



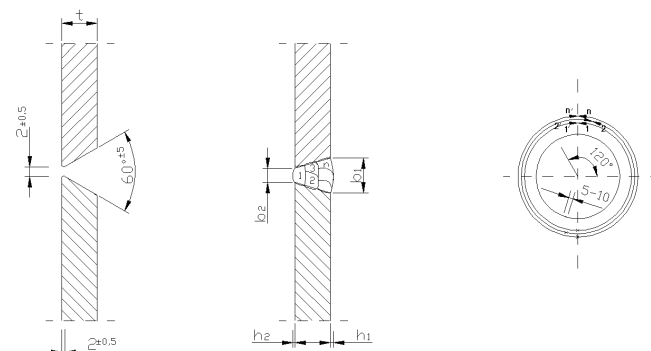
a) Plinsko zavarivanje



b) TIG postupak



c) Korijen TIG i popuna REL postupkom



d) REL postupak

Slika 2. Priprema žlijeba i redosljed zavarivanja

Zavarivanje i mjestimične pripoje (heftove) smiju izvoditi samo atestirani zavarivači prema EN 287-1 za traženi postupak i grupu materijala. Zavarivače prije početka zavarivanja treba upoznati sa ovom tehnologijom, a ne smiju imati prekid u zavarivanju duži od šest mjeseci.

Priprema žlijeba vršena je plinskim rezačem i brusilicom, a oblik žlijeba radi se prema tehničkoj dokumentaciji i EN 29 692. Na slici 2 prikazani su oblici žlijeba i redoslijed zavarivanja za navedene postupke zavarivanja [2].

Prije početka zavarivanja površine žlijeba (cca 15 mm sa jedne i druge strane žlijeba) čiste se do metalnog sjaja brušenjem ili drugim tehnološkim postupkom. Mjestimično pripajanje (heftanje) izvodi se istim tehnološkim postupkom kao i zavarivanje. Razmak između pripoja je 120°, a dužina pripoja treba biti 10 do 15 mm. Ne izvode se predgrijavanje i toplinska obrada zavarenog spoja.

Zavarivanje se izvodi sa jednim, a po potrebi i sa dva zavarivača, dijametralno i suprotno. Svaki početak novog prolaza promjera se u odnosu na prethodni za 15 do 20 mm. Kontrolu zavarivanja vrši se prije početka zavarivanja, u toku zavarivanja i nakon završenog zavarivanja. (Kao što je u radu već navedeno, prije početka zavarivanja vrši se vizualna i dimenzionalna kontrola pripreme zavarenog spoja, kontrola uređaja i opreme za zavarivanje, kontrola dodatnog materijala i druge kontrole.)

Nakon zavarivanja vrši se kontrola geometrije zavara, visine lica zavarenog spoja, postojanja površinskih grešaka (pora, kratera, zajeda i sl.). Nakon završene vizualne kontrole vrši se radiografska kontrola zavarenih spojeva.

### **3. INSPEKCIJA I ISPITIVANJE**

Inspekcija i ispitivanje cjevovoda izvodi se u skladu sa evropskim normama EN13480- dio 5. Kao što je u prethodnom poglavlju opisano, montažni zavari na cjevovodima se kontroliraju vizualno i radiografski.

#### **3.1 Tlačna proba**

Nakon završene montaže svi cjevovodi se temeljito pregledavaju. Odušci, drenaže, ležaji, čvrste tačke, zavješnja i spojevi moraju biti pravilno smješteni i izvedeni. Svi prirubnički, navojni i zavareni spojevi biće neizolirani i nebojeni, odnosno pristupačni za inspekciju. Cjevovod ili sustav cjevovoda, koji se želi podvrgnuti tlačnom ispitivanju, mora biti zatvoren ugradnjom slijepih ploča u prirubničke spojeve ili slijepim prirubnicama blindiran [3].

Prije nego što se započne tlačna proba cjevovodi moraju biti odzračeni. Pri ispitivanju, sustav treba biti zadržan pod punim ispitnim tlakom sve dok svi spojevi ne budu pažljivo pregledani (strogo se zabranjuje odstranjivanje nedostatka za vrijeme dok se cjevovod nalazi pod tlakom). Ispitivanje se vrši pod tlakom koji je u principu 50 % veći od radnog uz tlačenjem vodom.

Antikorozivna zaštita izvodi se prema DIN 55 928- dio 4. Sve oštre ivice i zakošenja i zavari trebaju zarubiti ili ublažiti brušenjem. Slojevi tvrde površine (nastali npr. rezanjem plamenikom) se uklanjaju brušenjem prije pjeskarenja. Sve površine prije pjeskarenja treba oprati čistom vodom. Stupanj čistoće površine koja se čisti, treba biti pjeskarena mlazom skoro do bijelog metalnog sjaja. Podrazumijeva se da se ovim postupkom uklanja skoro sav oksidni sloj nastao tokom izrade cijevi, hrđa, boja i sve nečistoće. Svaki premaz boje se nanosi tako da pokriva jednako čitavu površinu koja se štiti od korozije.





#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je opisan postupak zavarivanja koji se koristi u izgradnji čeličnog magistralnog cjevovoda za transport guste hidromješavine. Valja napomenuti da je cjevovod sklon stvaranju inkrustacije na unutrašnjim zidovima cijevi (posebno prvih 600 m cjevovoda), te su u svrhu kontrole cjevovoda predviđeni revizijski otvori DN80 svakih  $\approx 100$  m, cijelom dužinom cjevovoda. U određenim situacijama potrebno je nakon ispiranja cjevovoda izvršiti pražnjenje istog zbog opasnosti od smrzavanja vode, neophodnog održavanja cjevovoda, havarijskih situacija i sl. U tu svrhu predviđen je odgovarajući broj drenažnih mjesta. Drenažna mjesta se nalaze na najnižim tačkama cjevovoda i opremljena su sa odgovarajućim fazonskim komadima tj. T-komadima sa slijepim pribubicama. Također, u svrhu redovnog čišćenja cjevovoda predviđen je odgovarajući "PIG" sistem. Lansirna rampa se nalazi u ventilskoj stanici, a prijemna rampa na kraju magistralnog čeličnog cjevovoda.

Osnovni materijal za izradu cjevovoda je čelik za valjane cijevi St 37.4. Odabrani postupci zavarivanja cjevovoda tijekom prefabrikacije i montaže su plinsko, ručno elektrolučno zavarivanje i TIG postupak. Zavarivanje i mjestimične pripoje (heftove) izvode atestirani zavarivači prema EN 287-1 za traženi postupak i grupu materijala. Za vrijeme izvođenja radova obavezno je prisustvo tehničke kontrole koja treba pratiti kompletan tehnološki proces zavarivanja i kontrole zavarenih spojeva. Tehnologija zavarivanja može se mijenjati na zahtjev naručioca no uz suglasnost izvođača, s tim što se izmjene moraju uskladiti sa tehničkom dokumentacijom, Evropskim normama EN 29 692, EN 22 553, EN 25 817 i drugim važećim tehničkim propisima.

#### 5. LITERATURA

- [1] Slobodan Kralj, Zoran Kožuh, Ivica Garašić. Moderni sustavi za automatsko zavarivanje magistralnih cjevovoda, 4. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tehnologična primjena postupaka zavarivanja i zavarivanju srodnih tehnika u izradi zavarenih konstrukcija i proizvoda, Slavonski Brod, 14. – 16. studeni 2007.
- [2] Halima Hadžiahmetović. Optimizacija hidrauličkog transporta pepela i šljake u obliku guste hidromješavine/magistarski rad, Mašinski fakultet u Sarajevu, oktobar 2008.
- [3] Šašić Mane. Transport fluida i čvrstih materijala cevima, Naučna knjiga, Beograd, 1990.