



ZAVARIVANJE SPREMNIKA SIROVE NAFTE

WELDING OF CRUDE OIL STORAGE TANKS

Damir LOVREKOVIĆ¹⁾

Ključne riječi: zavarivanje, elektroplynsko zavarivanje, nadzemni spremnik, plašt spremnika, horizontalni sučeljeni spojevi, vertikalni sučeljeni spojevi

Key words: welding, electrogas welding, aboveground storage tank, shell plate, horizontal butt joints, vertical butt joints

Sažetak: Nafta je uz ugljen i prirodni plin, jedan od svjetski glavnih izvora energije. Nafta je prije rafiniranja spremjena u specijaliziranim spremnicima. Nadzemni spremnici sirove nafte, sukladno dizajnu krova, mogu biti klasificirani u slijedeća tri tipa: spremnici sa plutajućim krovom, spremnici sa natkrivenim plutajućim krovom i spremnici sa fiksnim krovom. Spremnici sirove nafte velikog kapaciteta koji su predmet ovog rada spadaju u tip plutajućeg krova. Konstrukcija spremnika sirove nafte velikog kapaciteta najčešće je od niskolegiranog čelika i 550-610 MPa čelika povišene čvrstoće. Zavisno od zahtjeva za kvalitetom zavara i produktivnosti zavarivanja, koriste se razni postupci zavarivanja uključivo elektrolučno pod praškom (EPP-SAW), elektroplynsko lučno zavarivanje (EPZ-EGW), MAG zavarivanje i ručno elektrolučno zavarivanje (REL). Svaki postupak zavarivanja zahtijeva posebno razmatranje za postizanje uspješnih rezultata. Ovaj rad razmatra kako odabrati dodatne materijale za zavarivanje spremnika sirove nafte te kontrolu postupaka zavarivanja na samom gradilištu spremnika.

Abstract: Oil is one of the world's major energy sources together with coal and natural gas. Oil is stored in specialized tanks prior to refining and for stockpiling. Aboveground oil storage tanks can be classified into the following three types according to the design of their roofs: floating-roof tanks, covered floating-roof tanks, and fixed-roof tanks. Large capacity storage tanks for crude oil, the subject of this article, fall into the floating-roof type. Large capacity storage tanks for crude oil are commonly constructed from mild steel and 550-610 MPa high tensile strength steel. Depending on requirements for weld quality and efficiency, a variety of welding processes are used, including submerged arc welding (SAW), electrogas arc welding (EGW), gas metal arc welding (GMAW), and shielded metal arc welding (SMAW). Each welding process requires special consideration and handling to obtain successful results. This article discusses how to select filler metals for welding of crude oil storage tanks and welding procedure controls at the construction site.

¹⁾ A. M. I. Lovreković d.o.o, Maksimirska 100, Zagreb

1. ZAVARIVANJE SPREMNIKA SIROVE NAFTE

Nafta je uz ugljen i prirodni plin, jedan od svjetski glavnih izvora energije. Nafta je prije rafiniranja spremljena u specijaliziranim spremnicima.

Nadzemni spremnici sirove nafte, sukladno dizajnu krova, mogu biti klasificirani u slijedeća tri tipa:

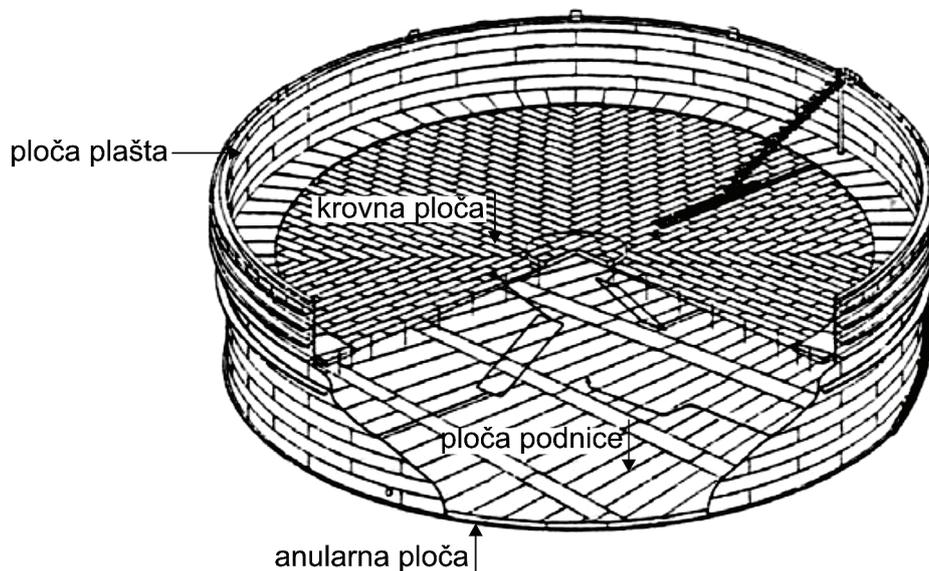
spremnici sa plutajućim krovom, spremnici sa natkrivenim plutajućim krovom i spremnici sa fiksnim krovom. Spremnici sirove nafte velikog kapaciteta koji su predmet ovog rada spadaju u tip plutajućeg krova.

Konstrukcija spremnika sirove nafte velikog kapaciteta najčešće je od niskolegiriranog čelika i 550-610 MPa čelika povišene čvrstoće. Zavisno od zahtjeva za kvalitetom zavara i produktivnosti zavarivanja, koriste se razni postupci zavarivanja uključivo elektrolučno pod praškom (EPP-SAW), elektrolučno lučno zavarivanje (EPZ-EGW), MAG zavarivanje i ručno elektrolučno zavarivanje (REL). Svaki postupak zavarivanja zahtijeva posebno razmatranje za postizanje uspješnih rezultata.

Ovaj rad razmatra kako odabrati dodatne materijale za zavarivanje spremnika sirove nafte te kontrolu postupaka zavarivanja na samom gradilištu spremnika.

1.1 Struktura spremnika sa plutajućim krovom i odgovarajuće procedure zavarivanja

Slika 1 prikazuje trodimenzionalni pogled na spremnik s plutajućim krovom, koji se sastoji od ravnog krova, cilindričnog ovoja i ravne podnice. Krov pluta na površini tekućine i može biti podignut ili spušten kada nivo tekućine raste ili pada. Obzirom da nema prostora između krova i proizvoda, gubitak uslijed evaporacije može biti minimiziran.



Slika 1: Spremnik s plutajućim krovom

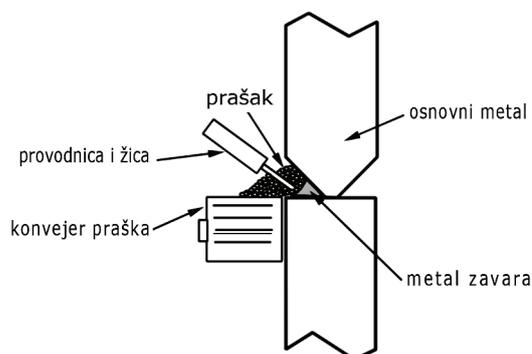
Konstrukcija velikih cilindričnih spremnika zahtijeva automatske postupke zavarivanja kao što su EPP zavarivanje za horizontalne spojeve, te elektrolučno lučno zavarivanje ili automatsko vertikalno zavarivanje praškom punjenim ili samozaštitnim žicama za vertikalne spojeve. Odabrati se mogu i REL i poluautomatsko MAG zavarivanje u zavisnosti od dostupnosti i primjenjivosti pozicije zavarivanja i ciljane iskoristivosti za individualne zavarene

spojeve. Tablica 1 prikazuje tipične zavarene spojeve spremnika sirove nafte, primjenjive postupke i pozicije zavarivanja, te odgovarajuće KOBELCO dodatne materijale za zavarivanje.

Tablica 1: Glavni spojevi za cilindrične spremnike i odgovarajuće procedure zavarivanja

Glavni spoj	Pozicija zavarivanja	Konfiguracija spoja	Postupak zavarivanja	Vrsta čelika	Dodatni materijal
Spoj krovne ploče	Horizontalno kutno		REL	Konstr. čelik	L B-47, LB-52, LBM-52
Spoj ploče plašta	Horizontalno		EPP	Konstr. čelik	M F-33H/US-36
				HT čelik	M F-33H/US-49
	Vertikalno		REL	Konstr. čelik	LB-47, LB-52, LBM-52
				HT čelik	LB-62, LB-62UL
Spoj ploče plašta na anularnu ploču	Horizontalno kutno		EPP	Konstr. čelik	M F-300/US-36
				HT čelik	M F-300/US-40
			REL	Konstr. čelik	LB-47, LB-52, LBM-52
				HT čelik	LB-62, LB-62UL
Spoj anularne ploče	Položeno		EPP	Konstr. čelik	M F-300/US-36
				HT čelik	M F-300/US-40
			REL	Konstr. čelik	LB-47, LB-52, LBM-52
				HT čelik	LB-62, LB-62UL
Spoj anularne ploče na podnicu	Položeno		EPP	Konstr. čelik ili raznorodni (2)	MF-300/US-36
			REL	Konstr. čelik ili raznorodni (2)	LB-47, LB-52, LBM-52
Spoj podnice	Horizontalno kutno i položeno		EPP	Konstr. čelik	M F-300/US-36
			REL	Konstr. čelik	LB-47, LB-52, LBM-52
Spojevi na periferiji	Horizontalno kutno i položeno		REL	Konstr. čelik	LB-47, LB-52, LBM-52
				HT čelik	LB-62, LB-62UL
			MAG	Konstr. čelik	M G-50
				HT čelik	M G-60
EPP	Konstr. čelik	M F-300/US-36			
	HT čelik	M F-300/US-40			

(1) HT čelik: 550-610 MPa HT čelik (2) raznorodni: konstr. čelik i 550-610 MPa HT čelik



2. PLAŠT SPREMNIKA – HORIZONTALNI SUČELJENI SPOJEVI

Plast spremnika – horizontalni sučeljeni spojevi čine oko 90 posto od ukupne dužine zavarivanja plašta, a debljina ploče spojeva je od 12–40 mm. Zbog toga iskoristivost (korisnost) zavarivanja ima značajan utjecaj na ukupnu cijenu konstrukcije. Za postizanje visoke zavarivačke iskoristivosti koristi se EPP postupak zavarivanja uz korištenje specijalne opreme za horizontalno zavarivanje. Slika 2 prikazuje ovaj postupak gdje se žica za zavarivanje dobavlja pod određenim kutom u granularni prašak koji je zadržan konvejskom trakom uzduž donjeg dijela dvostrukog žlijeba. Slika 3 prikazuje aplikaciju ovog postupka na samoj konstrukciji, gdje oprema za EPP putuje uzduž plašta. Ovaj specifičan horizontalni EPP postupak koristi poseban prašak i žicu promjera Ø3,2mm. Kobelco preporučuje kombinaciju prašak-žica MF-33H/US-36 (AWS A5.17 F7A6-EH14) za standardni konstrukcijski čelik i MF-33H/US-49 (AWS A5.23 F8A6-EG-A4) za 550–610 MPa čelik povišene čvrstoće. Ova kombinacija prašak-žica ima sljedeće karakteristike sa DC+ strujama:

- Izuzetno dobro odstranjivanje troske i izgled zavara
- Izuzetne karakteristike žilavosti (udarna karakteristika) metala zavara
- Odlična otpornost na poroznost
- Velika otpornost na koroziju (hrđu)
- Prvoklasna rendgenska prolaznost

Dok je EPP glavni postupak zavarivanja za horizontalno zavarivanje plašta kod cilindričnih spremnika velikog kapaciteta, REL je postupak zavarivanja koji je isto tako nezamjenjiv. Obzirom da se za pripojno zavarivanje koriste nisko vodične elektrode, preventiva protiv hladnih pukotina je smanjivanje difuznog vodika u metalu zavara. Kobelco preporučuje LB-47 (AWS A5.1 E7016), LB-52 (E7016) i LBM-52 (E7016) za konstrukcijski čelik i LB-62 (AWS A5.5 E9016-G) i LB-62UL (E9016-G) za 550–610 MPa čelik povišene čvrstoće.

Metal zavara sa LB-47 sadrži manje mangana čime se smanjuje ekvivalent ugljika a time i njegova osjetljivost na hladne pukotine. LBM-52 je ekstra nisko vodična elektroda koja daje malu količinu difuznog vodika u metalu zavara u usporedbi sa LB-47 i LB-52. LB-62 je vlažno otporna, ekstra nisko vodična elektroda koja prikuplja vlagu pri mnogo nižim omjerima kao što se vidi iz slike 4.

LB-62UL je vlažno otporna, ultra nisko vodična elektroda, sa kojom temperatura predgrijavanja može biti smanjena za 25 °C u odnosu na LB-62.

Za zavarivanje horizontalnih sučeljenih spojeva limova plašta spremnika najučinkovitiji je horizontalni automatski EPP postupak. Horizontalni automatski EPP zahtijeva međutim mnogo strožu kontrolu procedure u usporedbi s položenim i horizontalnim kutnim EPP-om. U ovom se dijelu razmatraju greške zavara koje se tipično mogu pojaviti u horizontalnom automatskom EPP-u, mjerama prevencije, te savjetima i preporukama za bolju kontrolu procedure zavarivanja.

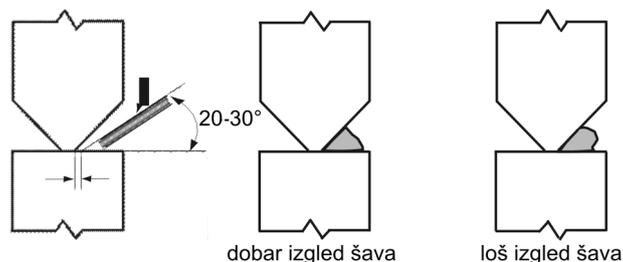
1) UKLJUČCI TROSKE

Kod horizontalnog EPP-a mogu se pojaviti mali uključci troske na gornjem dijelu zavarenog žlijeba naslonjeni na liniju protaljivanja (fuzije). Uključci troske često su uzrokovani malim unosom topline čime imamo malu količinu depozita metala što rezultira većim brzinama hlađenja, te se time priječi odstranjivanje troske sa kupke zavara tijekom procesa solidifikacije.

Odabir odgovarajuće kombinacije prašak-žica kao i dolje navedene preventivne mjere mogu spriječiti uključke troske:

- Očistiti žlijeb zavarivanja prije samog zavarivanja, a poslije svakog prolaza zavarivanja trosku temeljito odstraniti.

- Smanjiti dobavu praška na minimum na mjestima gdje električni luk nije vidljiv.
- Održavati specificirani položaj kretanja žice i radni kut posebno za vrijeme prvog prolaza kako bi se dobio potreban šav zavara kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2: Položaj vođenja i radni kut žice

- Koristiti adekvatnu struju zavarivanja (min. 460A za žicu Ø3,2mm) za agitaciju kupke zavara čime se postiže pomicanje rastaljene troske na površinu kupke zavara.

2) VRUĆE PUKOTINE

Korijenski prolaz zavara horizontalnog EPP-a u poprečnom presjeku često ima oblik (formu) kruške. Šav zavara oblika kruške ima veliki omjer visine/širine (V/Š) i vrlo lako može imati vruće pukotine po središnjoj (centralnoj) liniji metala zavara. Iste su vjerojatno uzrokovane segregacijom nečistoća kao što su fosfor i sumpor te koncentracijom napetosti stezanja tijekom procesa solidifikacije rastaljenog metala.

Ova je tip vruće pukotine također poznat kao "kruškolika šavna pukotina".

Dokazano je da se porastom struje i brzine zavarivanja povećava mogućnost pojavljivanja kruškolike šavne pukotine. Kritični se omjer V/Š povezan sa pukotinama smanjuje kako se brzina zavarivanja povećava. Stoga se kod zavarivanja korijenskog prolaza prekomjerno visoke struje i brzine zavarivanja trebaju izbjegavati.

3) POROZNOST

Kišnica, hrđa, ulje, zaštitna boja protiv hrđe na površinama šava zavarivanja mogu uzrokovati poroznost u metalu zavara. Zbog toga se ovi kontaminati moraju odstraniti zagrijavanjem žlijeba plinskim gorionikom i četkanjem žičanom četkom prije zavarivanja. Obzirom da kontaminati na korijenskoj strani ozbiljno utječu na poroznost, potrebno ih je vrlo pažljivo odstraniti.

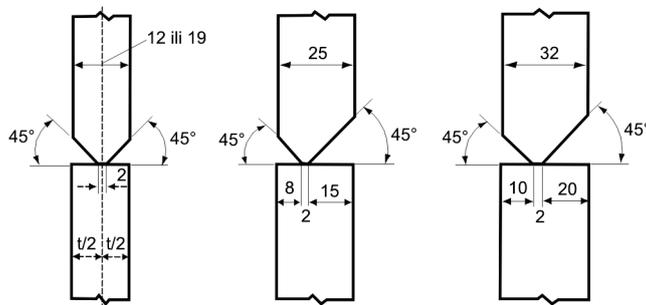
4) ŽLJEBLJENJE

Obzirom da EPP daje dublju penetraciju, žljebljenje se općenito ne primjenjuje za standardne spremnike nafte. U ovom slučaju bolje je podesiti penetraciju spoja na stražnjoj strani korijenskog prolaza i na završnoj strani korijenskog prolaza za prevenciju pukotina kruškolikog oblika. Žljebljenje je međutim potrebno izvoditi za 25 mm ili deblje limove u svrhu osiguravanja dovoljne penetracije spoja.

5) PRIPOJNO ZAVARIVANJE

Za pripojno zavarivanje ploča plašta, uobičajeno se koristi REL zavarivanje sa Ø3,2 ili Ø4,0 mm nisko vodičnim obloženim elektrodama. Općenito, dužina šava pripojnih zavara trebala bi biti od 50 mm do 100 mm, a razmak između pripoja od 300 – 500 mm, ovisno o debljini ploče i dužini linije zavarivanja, u svrhu čvrstog fiksiranja zavarenog spoja. Šav pripojnog zavara položen je većinom na stražnju stranu – ne na završnu stranu. To je zbog toga što se zahtijeva fini kontakt između završne strane lica žlijeba i bakrene podloge koja se stavlja na završnu

stranu za prevenciju prekomjernog protaljivanja stražnjeg zavara.

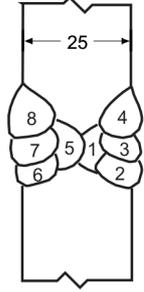


Slika 3: Tipične pripreme horizontalnog žlijeba

6) PRIPREMA ŽLJEBA

Oblik žlijeba utječe na penetraciju, fuziju i izgled šava zavara. Slika 3 prikazuje tipične pripreme horizontalnog žlijeba za debljine ploča koje se uobičajeno koriste za spremnike. Ploče 12 mm i 19 mm koriste simetrične žljebove na stražnjoj i završnoj strani. Nasuprot tome ploče 25 mm ili deblje koriste asimetrične žljebove na stražnjim i završnim stranama uzimajući u obzir površinu žlijebljenja na završnoj strani.

Tablica 2: Tipična struja zavarivanja, napon luka, brzina kretanja, unos topline, sekvenca prolaza za EPP zavarivanje 25 mm debelih ploča (limova)

Prolaz br.	Struja zavarivanja (A)	Napon luka (V)	Brzina kretanja (cm/min)	Unos topline (kJ/mm)
1	470-490	27-30	30	2.7
2	470-490	27-30	30	2.7
3	470-490	27-30	35	2.4
4	470-490	27-30	55	1.5
5	470-490	27-30	30	2.7
6	470-490	27-30	40	2.1
7	470-490	27-30	45	1.8
8	470-490	27-30	60	1.4
Polarite struje	DC-EP	sekvenca prolaza 		
Predgrij. temp. (°C)	50-100			
Prijelazna temp. (°C)	149-177			
Radni kut žice	23° uzlazno			
Stražnje žlijeblj.	da			

7) UVJETI ZAVARIVANJA

Tipična struja zavarivanja, napon luka, brzina kretanja, unos topline, sekvenca prolaza za EPP zavarivanje 25 mm debelih ploča (limova) prikazani su u tablici 2. U svrhu osiguranja dovoljnih mehaničkih karakteristika metala zavara, unos topline treba biti kontroliran sve do 3,0 kJ/mm. Slika 4 prikazuje tipičnu makrostrukturu zavara s MF-33H/US-49 (AWS F8A6-EG-A4).



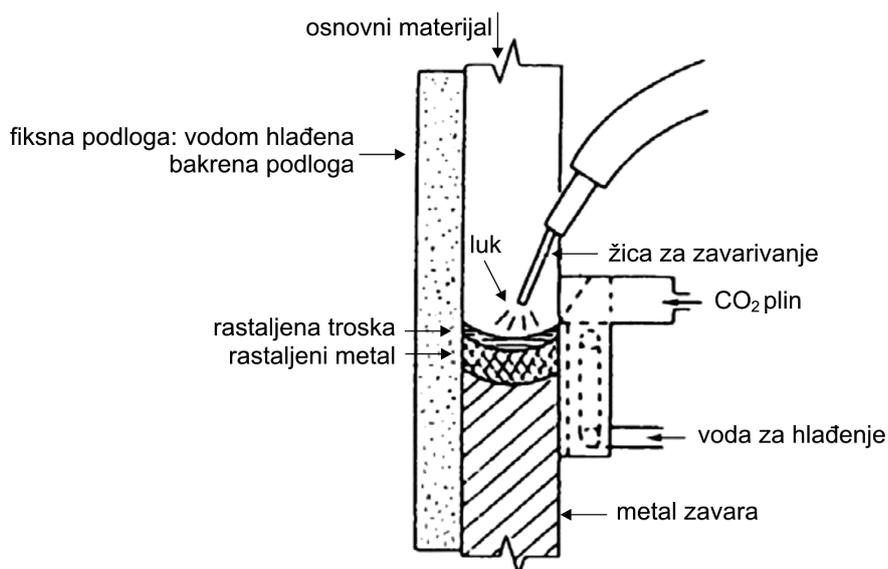
Slika 4: Tipična makrostruktura zavara s MF-33H/US-49 (AWS F8A6-EG-A4)

3. PLAŠT SPREMNIKA – VERTIKALNI SUČELJENI SPOJEVI

Vertikalni sučeljeni spoj plašta spremnika velikog kapaciteta uobičajeno je zavaren koristeći automatsko vertikalno MAG zavarivanje praškom punjenim žicama sa ili bez zaštitnog plina i visokoučinskim elektroplinskim postupkom. U ovom se radu dalje razmatra visokoučinski elektroplinski postupak zavarivanja.

Kobe Steel preporučuje postupak SEGARC, portabilan, jednostavan za rukovanje elektroplinski postupak koji je pogodan za takve kratke dužine zavarivačke linije kao što su vertikalni sučeljeni spojevi plašta spremnika. U daljnjem tekstu razmatra se SEGARC postupak zavarivanja kao i savjeti za bolje rezultate zavarivanja istim.

SEGARC postupak karakterizira oprema koja je jednostavna za rukovanje (SEGARC 2-Z), a koristi praškom punjenu žicu promjera $\varnothing 1,6$ mm, žicu DWS-43G za standardne konstrukcijske čelike i žicu DWS-60G za 550-610 MPa čelike povišene čvrstoće. Kao što je prikazano na slici 5 zavarivanje napreduje (progresivno) dok je kupka zavara zaštićena CO₂ plinom i zaštićena prema gore (brana) vodom hlađenom tzv. bakrenom cipelom na prednjoj strani i refraktornom podlogom (KL-4) ili vodom hlađenom bakrenom podlogom na stražnjoj strani zavarenog spoja. Glava za zavarivanje putuje tijekom zavarivanja na vodilici priključenoj pomoću magneta na površinu osnovnog materijala kao što je prikazano na slici 6.



Slika 5: SEGARC postupak-jednoprolazno vertikalno sučeljeno zavarivanje



Slika 6: SEGARC postupak – portabilni elektroplinski postupak za vertikalno zavarivanje

SEGARC se postupak široko koristi za gradnju spremnika zbog sljedećih izuzetnih karakteristika iskoristivosti i operabilnosti:

- Visoki omjeri depozita (npr. 180 g/min pri 380 A) osiguravaju veliku zavarivačku iskoristivost.
- Lagana kompaktna oprema – lako podešavanje.
- Postoji konstantna kontrola ekstenzije žice u različitim uvjetima zavarivanja.
- Linija zavarivanja može biti smještena na lijevu stranu (standardno) ili desnu stranu tračnice za vođenje.
- Sa oscilatorom (opcijski) jednoprolazno završno zavarivanje može se izvoditi na čeličnim pločama debljine do maks. 32 mm.
- Oprema se može odspojiti od vodilice na bilo kojem mjestu.

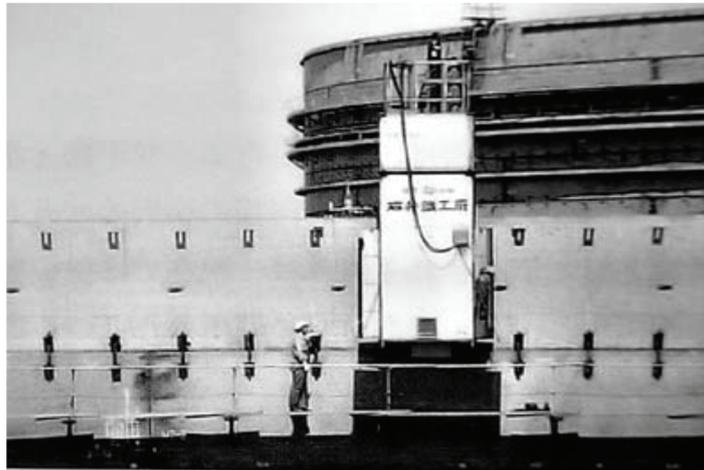
1) ZAŠTITA PLINOM

Sa SEGARC postupkom kupka zavara zaštićena je plinom CO₂ zbog prevencije ulaska dušika i kisika iz zraka u metal zavara. Zbog toga su kontrola nad protokom plina, zatim ekstenzija žice, te zaštita od vjetra osnovne kontrolne procedure koje osiguravaju propisnu zaštitu plinom. Tamo gdje je brzina vjetra 2 m/s ili veća, površina zavarivanja mora biti zaštićena. Ako se gradilište spremnika nalazi blizu mora, brzina vjetra može biti tako velika da su potrebni vjetrobrani. Slika 7 prikazuje kako se zaštita od vjetra može izvesti na gradilištu. U ovom je slučaju oprema za elektroplinski postupak u kabini koja pruža zaštitu od strujanja vjetra koji bi mogao raspršiti zaštitni plin.

2) UNOS TOPLINE

SEGARC postupak koristi velike struje za postizanje omjera velikog depozita i iskoristivosti. Brzine kretanja su međutim manje od konvencionalnog elektrolučnog zavarivanja za popunu spoja žlijeba u jednom prolazu. Konzekventno unos topline može doseći i do 5–8 kJ/mm. Visoki unos topline vodi do omjera sporog hlađenja koji može uzrokovati omekšavanje i krtost u zoni utjecaja topline osnovnog materijala zbog ogrubljanja zrna. Zbog toga sva predviđena procedura zavarivanja mora biti testirana prije nego se primijeni u stvarnom radu.

Za prevenciju prekomjernog unosa topline u osnovni materijal, čelične ploče debljine 25 mm ili manje mogu biti završene jednoprolaznim elektropločnim postupkom. Čelične ploče koje su deblje od 25 mm zahtijevaju dva prolaza; što znači jedan prolaz na prednjoj strani žlijeba a drugi prolaz na stražnjoj strani.



Slika 7: Izvođenje zaštita od vjetra na gradilištu

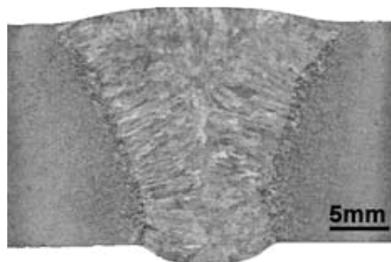
Tablica 3: Tipične konfiguracije žljeba i parametri zavarivanja za vertikalne sučeljene spojeve

Debljina ploče	19 mm	30 mm
Konfiguracija žljeba		
Čelična ploča	SPV490 (610MPa HT)	SPV490 (610MPa HT)
Žica za zavarivanje	DWS-60G (1.6Ø)	DWS-60G (1.6Ø)
Prolaz broj	①	① ②
Ekstenzija žice	35-40 mm	35-40 mm
DC-EP struja	380-400A	380-400A
Napon luka	40-42V	39-41V
Brzina kretanja	12-15 cpm	13-16 cpm
Unos topline	6.1-7.6 kJ/mm	5.9-7.2 kJ/mm
Zaštitni plin	CO ₂ : 30 lit/min.	CO ₂ : 30 lit/min.
Materijal podloge	Vod.hlađena bakr. cipela	Staklena traka plus v. hlad. bakrena cipela
Širina žljeba prednje strane bakrene cipele	24 mm	28 mm

3) UVJETI ZAVARIVANJA

SEGARC postupak koristi jednostruke V-žljebove za 25 mm ili tanje ploče ili dvostruke V-žljebove za ploče deblje od 25 mm. Tablica 3 prikazuje tipične konfiguracije spoja i parametre

zavarivanja pogodne za vertikalne sučeljene spojeve plašta spremnika. Slika 8 prikazuje tipičnu makrostrukturu zavara sa DWS-60G urađenog sukladno proceduri zavarivanja prikazanoj u tablici 3.



Slika 8: Makrostruktura zavara sa DWS-60G

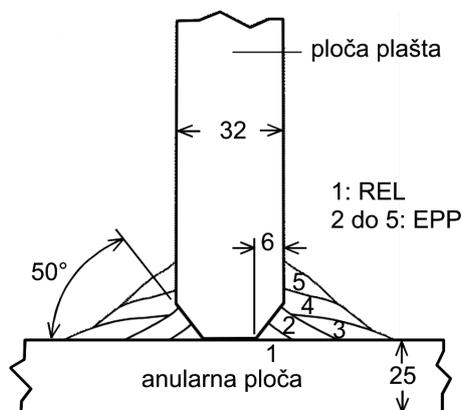
4. SPOJEVI PLAŠTA NA ANULARNU PLOČU

Spojevi plašta na anularnu ploču moraju izdržati za cijelog vijeka trajanja spremnika velike napetosti savijanja uzrokovane čestim utovarom i istovarom tekućine i neravnim temeljima ispod spremnika. Stoga ovi spojevi moraju biti adekvatno zavareni u svrhu prevencije poroznosti, korijenskih pukotina, preklapanja i zajeda koji se vrlo vjerojatno mogu pojaviti.

Zavari korijenskog prolaza mogu lako sadržavati poroznost i pukotine. Za prevenciju ovih grešaka, preporuča se REL postupak za korijenski prolaz na stražnjoj i završnoj strani zbog toga što isti ima otpornost na ove poteškoće u tako kritičnom zavarivačkom okruženju. Kobe Steel preporučuje obložene elektrode LB-47, LB-52 i LBM-52 za standardni konstrukcijski čelik, te LB-62 i LB-62UL za 550-610 MPa čelik povišene čvrstoće.

Za prolaze popune i završne kape, EPP postupak pruža najveću iskoristivost. Obzirom na teško zavarivačko okruženje, najbolja prašak-žica kombinacija za ovaj spoj treba imati naglašenu otpornost na poroznost. Kobe Steel preporučuje kombinaciju prašak-žica MF-300/US-36 za standardni konstrukcijski čelik i MF-300/US-40 za 550-610 MPa čelik povišene čvrstoće. Ova EPP prašak-žica kombinacija pruža sljedeće karakteristike:

- Izvrsno odvajanje (odstranjivanje) troske u žlijebu
- Veća otpornost na hrđu i prljavštinu
- Odlična otpornost na poroznost
- Prvoklasna rendgenska prolaznost
- Superiorne mehaničke karakteristike.



Slika 9: Tipična sekvenca prolaza zavara kod spoja ploče plašta i anularne ploče

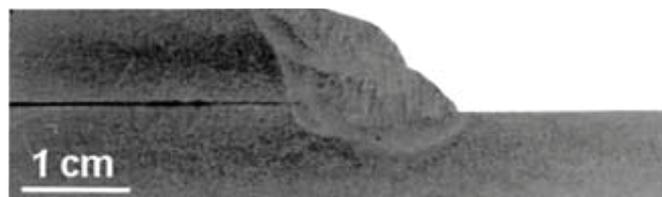
S ovim kombinacijama praška-žice, DC+ polaritet će proizvesti bolji izgled zavara kod jednostranog EPP-a u odnosu na AC polaritet. Slika 9 prikazuje tipičnu sekvencu prolaza zavara za ovaj spoj, kombinirajući REL za korijenski prolaz i jednostrani EPP za popunu i završni prolaz.

5. SPOJEVI PODNICE

Korišteni su preklopni spojevi i sučeljeni spojevi sa čeličnom podlogom sukladno kapacitetu spremnika. S obzirom da se ploče podnice polažu direktno na temelj, ključna je prevencija poroznosti koja je uzrokovana hrđom, prljavštinom, kišnicom. U svrhu prevencije poroznosti, koristi se REL postupak zavarivanja za korijenski prolaz, a zatim slijedi EPP za popunu i završne prolaze. Tablica 4 prikazuje tipičnu sekvencu prolaza, odgovarajuće parametre zavarivanja i odgovarajuću lokaciju za vođenje žice kod preklopnog spoja. Slika 10 prikazuje tipičnu makrostrukturu zavara.

Tablica 4: Tipična sekvencu prolaza, odgovarajući parametri zavarivanja i odgovarajuća lokacija za vođenje žice kod preklopnog spoja

Osnovni metal	SS 400 (Mild steel)			
Prašak i žica	MF-300/US-36 (AWS F7A6-EH-14)			
Seqvenca prolaza				
Prolaz br.	DC-EP amp. A	Napon luka V	Brzina c/m	Unos topline kJ/mm
1	REL s LB-47 (AWS E7016 Ø4,0mm) 170 -175A			
2	400-420	28-30	40	1,8
3	350-370	26-28	60	1,0



Slika 10: Makrostruktura zavara MF-300/US-36 sukladno uvjetima zavarivanja iz tablice 4



6. LITERATURA

- [1] Kobelco Welding Today, Volume 9, No. 1, 2006, "Welding of Crude Oil Storage Tanks" – Part 1.
- [2] Kobelco Welding Today, Volume 9, No. 2, 2006, "Welding of Crude Oil Storage Tanks" – Part 2.
- [3] S. Saburi. Kobe Steel Technical Guide, Nos. 241 thru 244, 1990.
- [4] KHK, Safety & Tomorrow, March 2000.
- [5] Philip E. Myers, "Above Ground Storage Tanks", April 1, 1997.
- [6] API Standard 650, Eleventh Edition, June 2007, "Welded Steel Tanks for Oil Storage".
- [7] BS EN 14015:2004 – "Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above".