



Sead Avdić

## DEMAGNETIZACIJA PLINSKOG CJEVOVODA PRI ZAVARIVANJU I MJERE ZA SIGURNOST I POUZDANOST ZAVARENE CIJEVNE KONSTRUKCIJE U EKSPLOATACIJI

### DEMAGNETISATION OF GAS PIPELINE DURING WELDING AND SAFETY MEASURES AND RELIABLE OF WELDED PIPE CONSTRUCTION IN EXPLOATATION

**Originalni naučni rad / Original scientific paper**

**UDK / UDC:**

**Rad primljen / Paper received:**

Jun 2014.

**Adresa autora / Author's address:**

*Institut za zavarivanje d.o.o. Tuzla, 75000 Tuzla, BiH*

*Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa savetovanja „ZAVARIVANJE 2014“ održanog na Borskom jezeru 4-7. Juna 2014, gde je i izlagan.*

**Ključne riječi:** magnetno polje, demagnetizacija, zavarivanje, cjevovod, parametri zavarivanja, uređaj za zavarivanje, sigurnost i pouzdanost

**Key words:** magnetic field, demagnetisation, welding, pipeline, welding parameters, welding device, safety and reliability

#### Rezime

Kod zavarivanja nekih legiranih čelika sa visokim sadržajem nikla i ugljeničnih čelika veće debljinje može doći do pojave magnetnog polja na radnom komadu. Magnetizam prouzrokuje probleme i teškoće pri uspostavi električnog luka, dovodi do otklanjanja «puhanja» luka od željenog smjera, ne topi jednoliko ivice žlijeba i prouzrokuje greške vezivanja, greške neprovarenog korijena ili čak potpuno onemogućava zavarivanje. Zbog složenosti problematike izgradnje i zavarivanja cjevovoda, te značaja sigurnosti i pouzdanosti cijelog plinovoda, propisana je tehnologija zavarivanja koja će dati najbolje osobine zavarenom spoju. Prethodno su izvršena ispitivanja zavarenog uzorka radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja. U radu je prikazano zavarivanje plinskog cjevovoda sa velikom koncentracijom magnetnih silnica. Osnovni materijal cjevovoda je ugljenični čelik postojan na niskim temperaturama A333 Gr.6, dimenzija  $\phi$  406,4 x 12,7 mm i (API) 5L X Gr. 52,  $\phi$  406,4 x 6,35 mm. Demagnetizacija cjevovoda vršena je metodom namotavanja kabla za zavarivanje oko radnog komada (cijevi). Nakon demagnetizacije i uspostavljanja električnog luka zavarivanje je rađeno po planu zavarivanja i parametrima datim u tehnološkim listama. S obzirom da plinski cjevovodi nose velike rizike za sigurnost u eksploataciji, curenjem plina može doći do iznenadne eksplozije i požara, stoga su zavareni spojevi ispitani radiografskom metodom, što i propisi nalažu.

#### Abstract

When welding some alloyed steels with high nickel and carbon steel greater thickness may occur magnetic fields on working piece. Magnetism causes problems and difficulties in establishing the arc, leading to elimination of blowing port on desired direction, does not melt uniformly edges of groove and cause lack of fusion, non penetrating roots errors or even completely prevents welding. Due to the complexity of problems of construction and welding of pipelines and the importance of safety and reliability of the entire pipeline is prescribed welding technology that will provide the best features of welded joints. Preliminary tests were made of welded samples for welding procedure qualification.

The paper presents a welding gas pipeline with a high concentration of magnetic lines of force. Base material is carbon steel resistant to low temperatures A333 Gr.6 which dimensions are  $\phi$  406,4 x 12,7 mm and (API) 5L X Gr. 52,  $\phi$  406,4 x 6,35 mm. Demagnetisation pipeline was determined by winding the cable around the workpiece (pipes). After demagnetisation and provides arc welding was done on schedule and welding parameters given in technological lists. Since gas pipelines carry a high risk to the safety in operation, leaking gas can cause sudden explosion and fire, so that the welds tested radiographic method, and the regulation require.



## 1. UVOD

U realizaciji projekta rekonstrukcije plinovoda, jedna od najznačajnijih tehnologija je tehnologija zavarivanja. Od zavarljivosti čelika od kojih su izrađene cijevi, zavisi izbor tehnologije zavarivanja. Kako je materijal cijevi definisan,

kvalitet zavarenog spoja, a time i sigurnost i pouzdanost cijelog plinovoda zavisi od izbora dodatnog materijala, tehnologije zavarivanja i kvaliteta izvedenih radova.

Cijevi plinovoda su izrađene od ugljeničnih čelika postojanih na niskim temperaturama. Nizak sadržaj ugljenika, te mikrolegirani elementi niobijum, titan i vanadijum uz odgovarajući termomehanički režim obrade daju im dobre mehaničke osobine. Moraju biti zadovoljene kombinacije visoke čvrstoće,

žilavosti, zavarljivosti kao i visoka otpornost pojavi hladnih pukotina.

Ovi materijali su skloni pojavi magnetnog polja koje otežava postupak zavarivanja čineći ga ponekad skoro nemogućim. Zbog složenosti problematike izgradnje i zavarivanja cjevovoda, te značaja sigurnosti i pouzdanosti cijelog plinovoda, propisana je tehnologija zavarivanja koja će dati najbolje osobine zavarenom spoju.

## 2. OSNOVNI I DODATNI MATERIJAL

Prema podacima iz tehničke dokumentacije osnovni materijali su ugljenični čelici postojani na niskim temperaturama (ASTM) A 333 Gr.6, dimenzija  $\phi$  406,4 x 12,7 mm i (API) 5L X Gr. X 52,  $\phi$  406,4 x 6,35 mm.

MATERIJAL	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	V [%]	Cu [%]
A 333 GR. 6	0,15	0,20	1,04÷1,15	0,015	0,004	0,05	0,015	0,06	0,0014	0,019
5LX GR. X 52	~ 0,17	-	~ 1,40	~0,045	~ 0,045	-	-	-	-	-

Tabela 1. Hemijski sastav osnovnog materijala

OZNAKA	Rp 0.2% [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>5</sub> [%]	Av [J]	Av [J]
<b>A 333 Gr. 6</b>	≥ 275	390-510	≥ 22	≥ 27 (-50°C)	-

Tabela2. Mehaničke osobine osnovnog materijala

Dodatni materijali za zavarivanje korijena su elektrode E 6010 prema AWS A5.1 ili E 42 3 C 25 prema ISO 2560-A (Fleetweld 5P+, proizvođač Lincoln Electric) i elektrode E 7018-1 (H4) prema AWS A5.1 ili E 42 4B 32 H4 prema ISO 2560-A

(Vandal; proizvođač Lincoln Electric). Dodatni materijali moraju biti propisno uskladišteni. Obavezno se prije upotrebe vrši vizuelna kontrola dodatnog materijala. Sušenje bazične elektode je 2-4 h na 350 ± 25°C.

OZNAKA	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
E 6010	0,15	0,25	0,50	-	-	-	-	-
E 70181(H4)	0,08	0,42	1,28	0,011	0,008	0,04	0,01	0,04

Tabela 3. Hemijski sastav čistog metala šava



OZNAKA	Rp 0.2% [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>5</sub> [%]	Av [J]	Av [J]
E 6010	440	520	26	70 (-20 <sup>0</sup> C)	65 (-29/-30 <sup>0</sup> C)
E 70181(H4)	499	577	24	99 (-46 <sup>0</sup> C)	-

Tabela 4. Mehaničke osobine čistog metala šava

Priprema žlijeba je vršena mašinskom obradom, a oblik žlijeba po tehnološkim listama i tehničkoj dokumentaciji. Prije početka zavarivanja površine žlijeba i cca 15 mm sa jedne i druge strane žlijeba, čišćene su do metalnog sjaja. Mjestimično pripajanje (heftanje) izvedeno je istim tehnološkim postupkom kao i zavarivanje korijena. Razmak između pripoja 90<sup>0</sup>, a dužina pripoja je 10 do 15 mm. Pripoji prije početka zavarivanja korijena su očišćeni (prebrušeni) i vizuelno pregledani. Predgrijavanje je vršeno na temperaturu 120-150<sup>0</sup>C a po završenom zavarivanju obezbjeđeno je lagano hlađenje zavara pod azbestnim dekama.

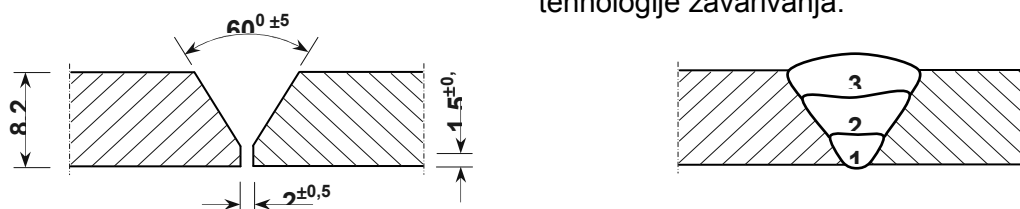
### 3. TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA

Kod zavarivanja čeličnih plinovodnih cijevi može se koristiti REL (ručno elektrolučno zavarivanje), poluautomatsko MAG (zavarivanje praškom punjenom topivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina ili plinske mješavine) i TIG (zavarivanje netopivom elektrodom pod zaštitom inertnog plina). TIG postupak se koristi rjeđe zbog povećanih troškova zavarivanja i smanjene produktivnosti, a koristi se za izvođenje korijenih prolaza uz nastavak popune REL postupkom. S obzirom na

potrebe zavarivanja u gradnji čeličnih plinovodnih mreža, REL postupak se nametnuo kao tehnološki (isplativo, pouzdano, kvalitetno, ...) rješenje, a prema vrsti i dimenzijama materijala koji se koristi za gradnju cjevovoda, obimu zavarivačkih radova, rokovima i zahtijevanom kvalitetu zavarenih spojeva, atmosferskim uslovima ovoga podneblja i dr. Zavarivanje čeličnih plinovodnih cijevi izvodi se u vertikalnom položaju, pri čemu se mogu koristiti dvije tehnike: uzlazna i silazna. Pri REL zavarivanju korijena koriste se celulozne elektrode kod kojih se dopušta relativno viši sadržaj difuzionog vodonika i bazične elektrode kod kojih nije dopušten viši sadržaj difuzionog vodonika. Bazične elektrode daju bolje mehaničke osobine i primjenjuju se kod čeličnih cijevi povišene čvrstoće.

#### 3.1. Parametri zavarivanja, plan i redosljed zavarivanja

Izbor parametara zavarivanja obavljen je prema debljini materijala, pozicijama zavarivanja, konstrukcionim elementima spoja i obliku žlijeba. Prije početka zavarivanja na terenu izvršena su ispitivanja zavarenog uzorka radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja.



Slika 1. Oblik spoja i redosljed zavarivanja

Layer(s) Prolaz(i)	Process Postupak	Filler Metal Dodatni materijal		Current Struja		Volts Volti (V)	Travel Speed Brzina zavarivanja (mm/min)	Shield Gas Zaštitni plin (l/min)	Interpass Temperat. Temperat. međusloja (°C)	Heat Input Unos topline [kJ/mm]	*Other *Ostalo
		Class Vrsta(e)	Diameter Prečnik (Ø-mm)	Type/Polarity Tip/Polaritet	Amps Amper (A)						
1	SMAW	E6010	2,50	DC / +	55-65	26-30	35,0	-	-	2,30	-
2	SMAW	E7018-1	3,25	DC / +	100-110	22-26	95,0	-	-	1,27	-
3	SMAW	E7018-1	2,50	DC / +	85-95	22-26	50,0	-	-	2,01	-

Tabela 5. Parametri zavarivanja za slučaj jednostranog zavarivanja cijevi Ø 219,1 x 8,2 mm

#### 3.2. Ispitivanje zavarenog uzorka (kvalifikacija tehnologije zavarivanja)

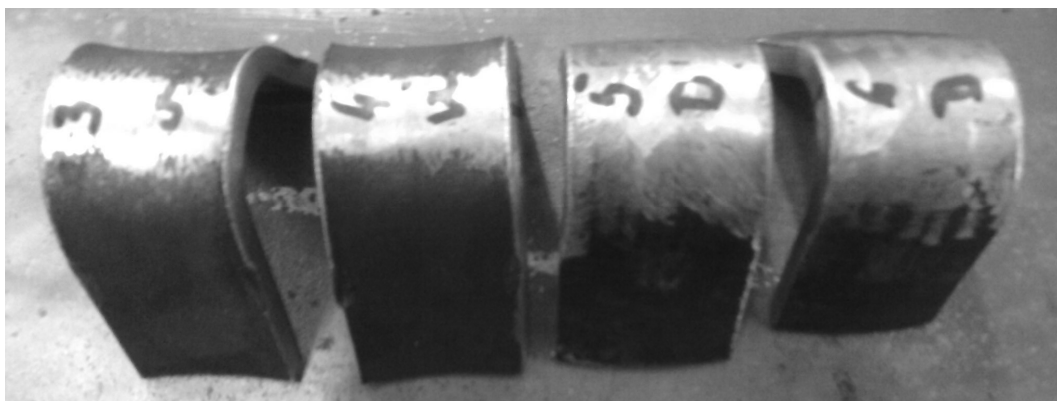
Ispitivanje zavarenih spojeva radi kvalifikacije tehnologije zavarivanja ima vrlo važan zadatak, čime se garantuje bezbjednost konstrukcionih

elemenata. Prije same primjene tehnologije zavarivanja u praksi, moraju se sprovesti višestruka ispitivanja na prethodno zavarenim uzorcima. Prije početka rezanja zavarenog uzorka radi pripreme epruveta za mehanička i metalografska ispitivanja, zavareni uzorak se

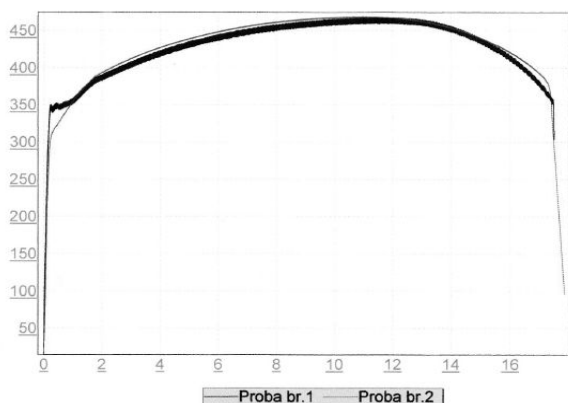


ispituje metodama bez razaranja (VT, PT ili MT i RT ili UT). Ova ispitivanja su pokazala da je zavareni uzorak bez indikacija i nedozvoljenih grešaka, nakon čega su sprovedena i ostala ispitivanja na pripremljenim epruvetama i rezultati svih ispitivanja su bili zadovoljavajući. Na slici 2

prikazani su rezultati osnovnih mehaničkih ispitivanja (savijanje na četiri epruvete i to dvije sa korijene strane zavara i dvije sa lica zavara, ispitivanje zatezne čvrstoće na dvije epruvete i ispitivanje udarne radnje loma na  $-50^{\circ}\text{C}$ ).



Name	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]
Proba br.1	343	467
Proba br.2	319	469



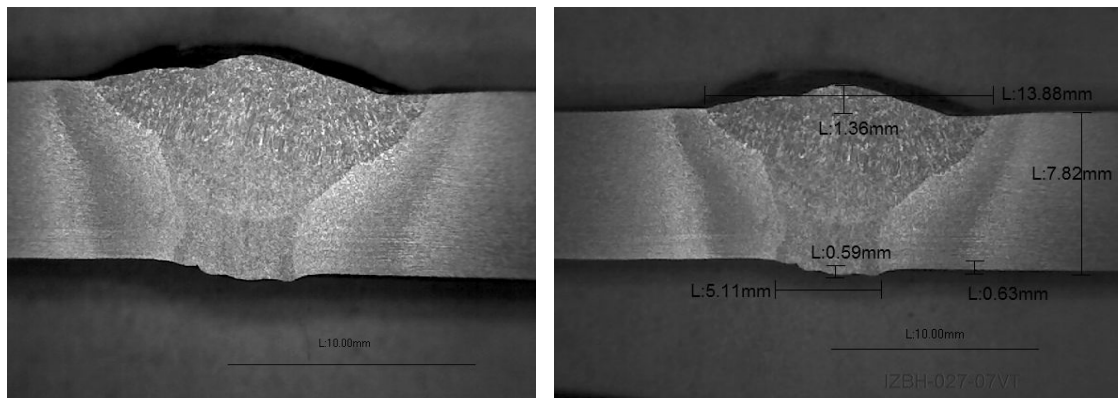
Specimen No. Uzorak br.	Pozicija Welding position	Mjesto žlijeba Notch Location	Dimenzije Dimension	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ] Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Vrijednosti [J] Values [J]	$\Sigma$ n/n
TC-KT-1	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	125	139
TC-KT-2	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	147	
TC-KT-3	H-L045	GW/OM	10 x 5 x 55	- 50	145	
TC-KT-4	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	164	139
TC-KT-5	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	139	
TC-KT-6	H-L045	WEZ/ZUT	10 x 5 x 55	- 50	115	
TC-KT-7	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	158	161
TC-KT-8	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	159	
TC-KT-9	H-L045	SG/ZAV	10 x 5 x 55	- 50	167	

Slika 2. Mehanička ispitivanja zavarenog spoja (savijanje, zatezna čvrstoća i udarna radnja loma)



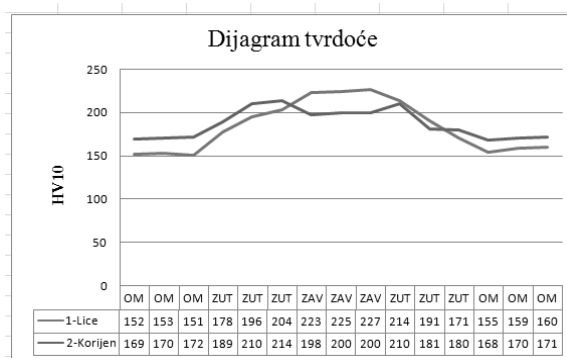
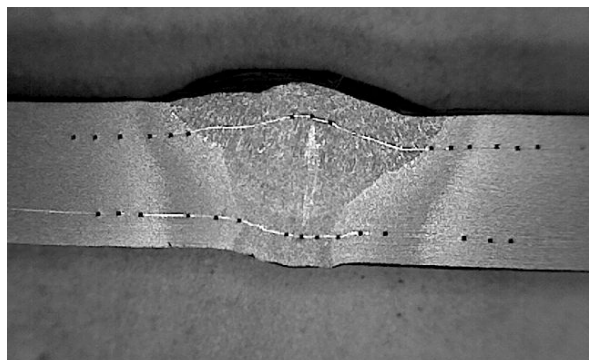
Na slici 3 prikazani su rezultati metalografskih ispitivanja (makroizbrusak i ispitivanje tvrdoće

osnovnog materijala, zone uticaja toplote i čistog metala šava).



Nagrizanje:10% $\text{HNO}_3$ ; Povećanje: 20 $\times$ ; Podjela: mm  
EN ISO 6520-1, greška-5072, Linearno smicanje cijevi - 0,63mm

Slika 3. Metalografska ispitivanja zavarenog spoja (makroizbrusak)



Slika 4. Dijagram tvrdoće sa lica i korijena zava (Mjerenje tvrdoće HV10)

#### 4. DEMAGNETIZACIJA CJEVODA NA MJERNOJ STANICI

Nakon izvršenih ispitivanja, dokazane tehnologije zavarivanja, i kada su bile završene sve organizacione pripreme za početak zavarivanja cjevovoda na terenu, uočeno je prisustvo magnetizma velikog intenziteta na pripremljenim spojevima za zavarivanje. Zavarivači uopšte nisu mogli da uspostave električni luk, a samim tim ni zavarivanje nije bilo moguće. Moralo se pristupiti demagnetizaciji, a sam postupak demagnetizacije se izvodio na način da se kabal za zavarivanje sa jednog izvora struje namota se na kraj postojeće cijevi ( 8 zavojnica ), te se kliještima za zavarivanje pritisne kraj kabla od mase. Drugi izvor struje za zavrivanje se postavi tako da pločica koja je na kabl od mase ubaci u procjep šava i elektrodom proba dali ima „puhanja luka“.

Kad su izvršene sve pripreme za demagnetizaciju (namotavanje kabla, spajanje sa izvorima struje i dr) vršeno je „šokiranje“ materijala radi demagnetizacije. Uređaj za zavarivanje je prvo podešen na 10 [A] sa zadržskom 5 [s] nakon čega se struja vrati na 0 [A]. Postupak se ponavlja sa uvećanjem struje svaki puta po 10 [A] sve do 150 [A] i kada se sa 150 [A] vrati na 0 [A] a zatim poveća na 30 [A] vrši se provjera magnetizma.

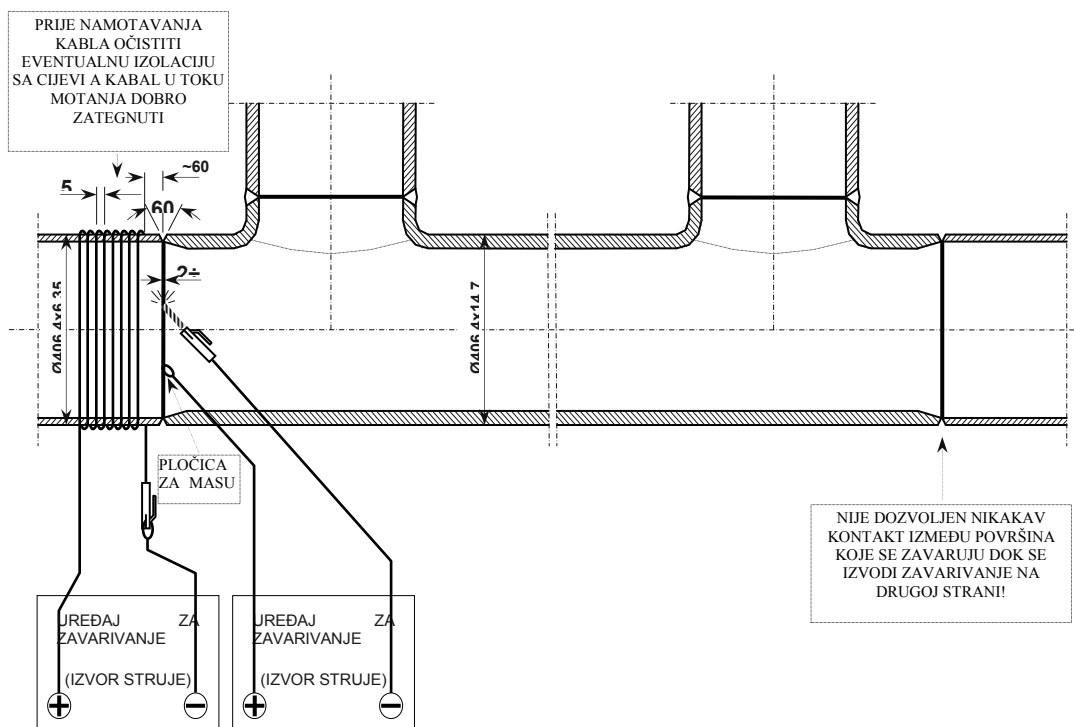
Struja se može probno povećati ili vršiti zamjena polova ili smjer namotavanja kabla. U konkretnom slučaju uspješna demagnetizacija izvršena ja sa strujom vrijednosti 140 [A].

Kada se ustanovi da nema magnetizma onda se normalno zavaruje korijen prema uputama datim u



WPS listama, te nakon zavarivanja korijena moguće je ukloniti namotaj sa cjevovoda i taj uređaj koristiti za dalje zavarivanje (popuna). Nakon

uspješno izvedenog zavarenog spoja, zavari su kontrolisani radiografskom metodom, koja nije pokazala nedozvoljene indikacije.



Slika 5. Šema namotaja kod demagnetizacije cjevovoda

## 5. ZAKLJUČAK

Zavarivanje kao proizvodna tehnologija, te nadzor i koordinacija zavarivanja pri izgradnji ili rekonstrukciji plinskih cjevovoda su vrlo složeni te integriraju niz aktivnosti potrebnih za provođenje propisane tehnologije radi osiguranja kvaliteta radova. To ima posebnu važnost zbog specifičnosti materijala koji se koriste za plinske cjevovode sa aspekta unosa toplote, odabira dodatnog materijala i tehnologije zavarivanja.

Pojava magnetnog polja na radnim komadima koji se zavaruju dodatno otežava provođenje propisane tehnologije zavarivanja, pri čemu su potrebne dodatne vještine za sprečavanje „puhanja luka“ i uspješno uspostavljanje električnog luka što je osnova dobrog zavara.

## 6. LITERATURA

- [1] M.Novosel, D.Krumes: Posebni čelici, Sveučilište u Osijeku, 1998.
- [2] Grupa autora: ITP zavarivanje, Tom 2 i 4, Rad, Beograd, 1980.
- [3] Lukačević Z.: Zavarivanje, Slavonski Brod, 1998.
- [4] Smith D.: Welding skills and technology, New York, 1984.
- [5] Juraga I., Ljubić K., Živčić M.: Pogreške u zavarenim spojevima, Zagreb, 1998.