Utjecaj parametara zavarivanja na propusnost spoja polipropilenske cijevi

Janež, Andrejas

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:719890

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 147/PS/2015

Utjecaj parametara zavarivanja na propusnost spoja polietilenske cijevi

Andrejas Janež, 2086/601

Varaždin, srpanj 2017. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 147/PS/2015

Utjecaj parametara zavarivanja na propusnost spoja polietilenske cijevi

Student

Andrejas Janež, 2086/601

Mentor

Božo Bujanić, dipl.ing.

Varaždin, srpanj 2017. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za proizvodno strojarstvo		
PRISTUPNIK	Andrejas Janež	MATIČNI BROJ	2086/601
DATUM	10.07.2015.		
KOLEGIJ	Tehnologija II		
NASLOV RADA	Utjecaj parametara zavarivanja na propusnost spoja polipropilenske cijevi		
MENTOR	Božo Bujanić, dipl. ing.	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. dr. sc. Živko Kondić, dipl. ing. 2. Božo Bujanić, dipl. ing. 3. Marko Horvat, dipl. ing.		

VŽ KC

Zadatak završnog rada

MMI

BROJ 147/PS/2015

OPIS

Na nekoliko uzoraka polipropilenskih cijevi za vodu koje su prethodno spojene zavarivanjem uz uporabu elektrospojnica potrebno je simurilati različite parametre zavarivanja odnosno utjecaj mogućih pogrešaka koje se mogu javiti prilikom zavarivanja na propusnost spoja. Prilikom ispitivanja potrebno je simulirati prekid struje na aparatu za zavarivanje i to u 2 do 3 različita vremenska perioda (npr. zavarivati 5 s pa simulirati prekid struje, drugi uzorak zavarivati 10 s pa simulirati prekid struje itd.). Isto tako potrebno je ispitati utjecaj vanjske temperature na zavareni spoj simulacijom pogrešnog unošenja vrijednosti vanjske temperature u uređaj za zavarivanje. Nakon toga tlačnim ispitivanjem potrebno je ispitati propusnost zavarenog spoja i analizirati i objasniti dobivene rezultate. Rad treba sadržavati:

1. teorijski dio:
   - osnove o polipropilenskim cijevima,
   - postupak ispitivanja propusnosti zavarenog spoja pri polipropilenskim cijevima za vodu,
2. praktični dio:
   - opis postupka i opreme,
   - prikaz dobivenih podataka,
   - tumačenje dobivenih rezultata.

SVEUČILIŠTE SJEVER
KC/VŽ MMI
№ 4
UNIVERSITY NORTH

ZADATAK URUČEN	21. 07. 2015	POTPIS MENTORA	

SVEUČILIŠTE SJEVER

Sažetak

U ovom radu prikazano je elektrofuzijsko zavarivanje polietilenske elektrospojnice na pet pripremljenih uzoraka. Polietilenska elektrospojnica koja se nalazi na sredini svakog pripremljenog uzorka je elektrofuzijski zavarena, ali svaka pod različitim uvjetima zavarivanja.

Tako je prvi uzorak zavaren prema pravilu struke tj. prema uputama proizvođača opreme za elektrofuzijsko zavarivanje te prema uputama proizvođača cijevi i elektrofitinga. Kod drugog i trećeg uzorak simulirani je prekid struje kod različitog vremena trajanja zavarivanja. Četvrti uzorak je pothlađen na -12°C, a peti uzorak zagrijan na 100°C te se na taj način simuliralo pogrešno unošenje vanjske temperature u uređaj za zavarivanje.

Nakon elektrofuzijskog zavarivanja svakog uzoraka pod različitim uvjetima napravljeno je tlačno ispitivanje svakog pojedinog uzorka, vodom kao medijem kako bi se ispitala nepropusnost zavarenog spoja.

S obzirom da je tlačno ispitivanje pokazalo da kod nekih uzoraka dolazi do propuštanja na zavarenom spoju napravljena je analiza svakog zavarenog spoja kako bi se vidjelo i utvrdilo što se dogodilo sa svakim od njih.

Ključne riječi: elektrofuzijsko zavarivanje, polietilenska cijev, uzorak, polietilenska elektrospojnica, elektrofiting, tlačno ispitivanje, prekid struje, analiza

Summary

This research paper presents the electrofusion welding of the polyethylene electric-welding pipe fitting on the five prepared samples. The polyethylene electric-welding pipe fitting which is placed in the middle of each prepared sample has been welded using electrofusion, but all of them are welded under different welding conditions.

Therefore, the first sample is welded in a way that it is consistent with common practice, i.e. according to the instructions of the manufacturer's equipment for electrofusion welding, and according to the instructions of the manufacturer of pipes and electrical fittings. The second and the third sample show a simulated power outage with different durations of welding. The fourth sample is cooled down to -12°C, and the fifth one is heated to 100°C, and in this way the incorrect intake of the outdoor air temperature into the welding device is simulated.

After the electrofusion welding of each sample under different conditions, the pressure test of each sample was performed using water as a medium with the purpose of testing the tightness of the welding joint.

Since the pressure testing has proven that some samples show leakage of the welding joint, the analysis of each welding joint was performed in order to see and determine what happened to each of them.

Keywords: electrofusion welding, polyethylene pipe, sample, polyethylene electric welding pipe, electrical fitting, pressure test, power outage, analysis

1. Uvod 1
2. Osnove o polietilenskim cijevnim sustavima za vodoopskrbu 3
2.1. Polietilen 3
2.1.1. Polietilen visoke gustoće (PE-HD) 5
2.1.2. Postupci proizvodnje polietilena visoke gustoće (PE-HD) 6
2.1.3. Ekstrudiranje 7
2.2. Polietilenske (PE) vodovodne cijevi i spojni komadi 8
2.2.1. Polietilenske (PE) cijevi 8
2.2.2. Polietilenski (PE) spojni komadi 10
2.2.3. MRS klase čvrstoće PE cijevi 11
2.2.4. Koeficijent sigurnosti 12
2.2.5. Fizikalna svojstva polietilena PE 80 i PE 100 13
2.2.6. Prednosti polietilenskih (PE) cijevi za vodoopskrbu 15
2.3. Tehnike spajanja polietilenskih (PE) cijevi 18
2.3.1. Rastavljivi spojevi 18
2.3.2. Nerastavljivi spojevi 20
2.4. Ispitivanje nepropusnosti PE tlačnog cjevovoda – tlačna proba 25
3. Praktični dio – elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi sa elektrospojnicama uz simulaciju različitih parametara zavarivanja 27
3.1. Materijal za elektrofuzijsko zavarivanje 27
3.2. Pripremanje uzoraka 29
3.3. Oprema za zavarivanje 34
3.4. Elektrofuzijsko zavarivanje elektrspojnica uz simulaciju različitih parametara 38
3.5. Tlačno ispitivanje zavarenih spojeva na uzorcima 47
4. Analiza zavarenih uzoraka 53
4.1. Analiza uzorka br.1 53
4.2. Analiza uzorka br.2 54
4.3. Analiza uzorka br.3 57
4.4. Analiza uzorka br. 4 58
4.5. Analiza uzorka br. 5 59
5. Zaključak 61
6. Literatura 62

Popis korištenih kratica

PE	Polietilen (engl. polyethylene)
PE-LD	Polietilen niske gustoće (engl. low density polyethylene)
PE-LLD	Linearni polietilen niske gustoće (engl. linear low density polyethylene)
PE-HD	Polietilen visoke gustoće (eng. high density polyethylene)
MRS	Minimalna zahtijevana čvrstoća (eng. minimum required strength)
PE-MD	Polietilen srednje gustoće (engl. medium density polyethylene)
PE-VLD	Polietilen vrlo niske gustoće (engl. very low density polyethylene)
PE-UHMW	Polietilen ultra visoke molekulske mase (engl. ultra high molecular weight polyethylene)
PE-X	Umreženi polietilen (engl. crosslinked polyethylene)
SDR	Standardni omjer dimenzija (engl. standard dimension ratio)
MDP	Maksimalni proračunati tlak (engl. maximum design pressure)
GF	Proizvođač aparata za elektrofuzijsko zavarivanje „Georg Fischer“

1. Uvod

U suvremenoj tehnologiji proizvodnje cijevnih sustava iz polimernih materijala svakako najveću primjenu kao sirovina ima polietilen (PE). U usporedbi s drugim plastičnim masama polietilen se zbog svojih svojstava pokazao kao najpogodnija sirovina za proizvodnju sustava za vodoopskrbu. Osim kod sustava vodoopskrbe polietilenski cijevni sustavi koriste se još i kod opskrbe plinom, u odvodnji, kod industrijskih vodova, transportnih vodova, odlagališta otpada, pripreme umjetnog snijega na skijalištima i raznim podmorskim vodovima.

Polietilen u odnosu na druge plastične mase pokazuje izvanrednu otpornost na difuziju pa je stoga prikladan za dugogodišnji vijek korištenja pri transportu vode ili plina.

Polietilen zbog svojih vrlo dobrih organoleptičkih svojstava pripada materijalima dopuštenim za korištenje kod prehrambenih proizvoda i pitke vode. Polietilen se ubraja u tzv. široko primjenjive plastomere s godišnjom potrošnjom preko 70 miljuna tona [4].

Stalnim razvitkom polietilena kao sirovine posljednih godina došlo je do znatno veće primjene polietilenskih tlačnih sustava. Ovome su doprinijele i nove međunarodne norme ISO 9080, EN 1555, EN 12201 kojima se dopuštaju veći radni tlakovi [3].

Danas se kod sustava za vodoopskrbu u najvećoj mjeri koriste PE100 vodovodne cijevi i spojni elementi.

Polietilenski tlačni cijevni sustav u vodoopskrbi sastoji se od mnogo međusobno spojenih segmenata (cijevi, spojnih elemenata, armatura), stoga je za samu funkcionalnost sustava jako bitna nepropusnost spojenih dijelova jednog takvog sustava. S obzirom da postoji više načina spajanja cijevi i spojnih elemenata u ovom radu će se prikazati jedan od njih, a to će biti elektrofuzijsko spajanje pomoću elektrospojnica kao jedan o najčešćih načina. Budući da su kod većih profila spojni elementi skupi tada se spojevi izvode i drugim postupcima.

Da bi se postigla nepropusnost spoja potrebno se pridržavati uputa proizvođača cijevi, spojnih elemenata i naravno proizvođača opreme za elektrofuzijsko zavarivanje. U njihovim uputama točno se navodi o čemu sve treba voditi brigu kod pripreme materijala za spajanje te o čemu treba voditi brigu kod samog elektrofuzijskog zavarivanja. Treba naglasiti da najčešće cijevi i spojni elementi nisu od istog proizvođača, ali su od istog materijala.

Kod elektrufuzijskog načina spajanja posebno je potrebno voditi brigu oko pripreme cijevi za zavarivanje, brigu oko čistoće, stalnom naponu prilikom zavarivanja i ostalim elementima prema preporuci proizvođača.

Na privremenim gradilištima često nema stabilnog napona i tada dolazi do čestih prekida u opskrbi električnom energijom pa se stoga zna desiti da dođe do prekida baš u trenutku kada smo u postupku zavarivanja.

Stoga će se u radu na dva uzorka simulirati prekid napona i to u različitim vremenskim razdobljima i onda će se analizirati što se događa sa takvim spojevima.

Isto tako će se na dva uzorka simulirati pogrešno unošenje vrijednosti vanjske temperature u uređaj za zavarivanje i to na način da će se jedan uzorak pothladiti prije samog zavarivanje dok će se drugi uzorak dodatno zagrijati prije samog zavarivanja.

Također na jednom od uzoraka će se prikazali i kako izgleda elektrofuzijsko zavarivanje koje se obavlja prema uputama proizvođača opreme, cijevi i proizvođača elektrofitinga tj. elektrofuzijsko zavarivanje sa normalnim uvjetima zavarivanja.

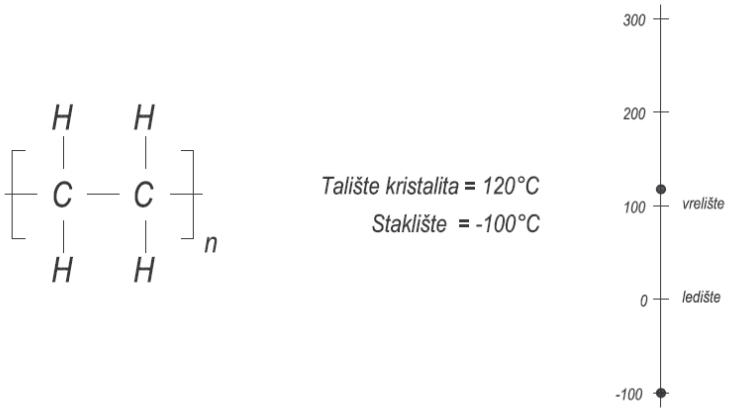
Nepropusnost spojeva svakog pojedinog uzorka će se ispitati tlačnom probom. Nakon tlačnog ispitivanja napraviti će se analiza zavarenog spoja na svim uzorcima.

2. Osnove o polietilenskim cijevnim sustavima za vodoopskrbu

2.1. Polietilen

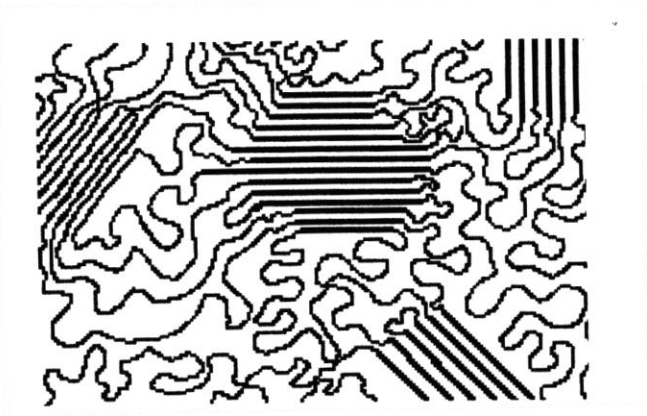
Polietilen je kristalasti plastomer koji se industrijski proizvodi polimerizacijom etilena -CH2-CH2- (derivata sirove nafte) i jedan je od najpoznatijih polimera današnjice [1].

Svojstva politilena ovise o njegovoj strukturi i aditivima koji se dodaju tokom proizvodnje.



Slika 2.1. Formula polietilena i karakteristične temperature [1]

Parametri koji utječu na svojstva polietilena su: stupanj kristalnosti, prosječna molekulna masa i raspodjela molekulnih masa. Ponavljane jedinice plietilena su $–CH_2-CH_2-$ (slika 2.1) koje vrlo lako omogućuju njegovu kristalizaciju. Polietilen kristalizira iz otopine ili taljevine u uvjetima ortorombonskom jediničnom ćelijom s planarnom, izduženom cik-cak, trans-konformacijom presavijajučih makromolekula, a o stupnju kristalne odnosno amorfne faze ovise i temeljna svojstva materijala. U komercijalnom polietilenu izmjenjuju se kristalna i amorfna područja (slika 2.2.) izgrađujući, među ostalim, različite morfološke tvorevine, najčešće sferolite [2].



Slika 2.2. Shematski prikaz kristalnih i amorfnih područja u polietilenu [3]

Stupanj kristalnosti ovisi o građi samih molekula te je izravno proporcionalan gustoći polietilena [2]. S obzirom da se gustoća može jednostavno mjeriti, svojstva polietilena se upravo zbog toga i ocjenjuju prema gustoći.

S porastom gustoće povećava se talište i poboljšava većina mehaničkih svojstava, kao što su tvrdoća, vlačna čvrstoća, prekidno istezanje, otpor prema puzanju, krutost i kemijska postojanost. Također se smanjuje i propusnost kapljevina i plinova. Povećanje gustoće za posljedicu ima i smanjenje savitljivosti, prozirnosti, žilavosti i otpornost prema nastajanju napuklina od naprezanja. Sposobnost prerade polietilena ovisi o prosječnoj molekulskoj masi pa se zbog toga polietilen s većom molekulskom masom teže prerađuje.

Ovisno o razlici u gustoći, odnosno prosječnoj molekulnoj masi, polietilen se kao tehnički materijal svrstava u nekoliko tipova [2]:

1. Polietilen niske gustoće (PE-LD, low density polyethylene)
2. Linearni polietilen niske gustoće (PE-LLD, linear low density polyethylene)
3. Polietilen visoke gustoće (PE-HD, high density polyethylene)
4. Polietilen srednje gustoće (PE-MD, medium density polyethylene)
5. Polietilen vrlo niske gustoće (PE-VLD, very low density polyethylene)
6. Polietilen ultra visoke molekulske mase (PE-UHMW, ultra high molecular weight polyethylene)
7. Umreženi polietilen (PE-X, crosslinked polyethylene)

Od gore navedenih komercijalno su najvažniji materijali PE-LD, PE-LLD i PE-HD te se proizvode u velikim količinama dok se ostali proizvode u manjim količinama.

OSOBINE		POLIETILEN NISKE GUSTOĆE	POLIETILEN VISOKE GUSTOĆE
Gustoća	g/cm^3	0,91···0,935	0,94···0,97
Vlačna čvrstoća	N/mm^2	4,15···14,8	18,7···33
Produljenje pri raskidu	%	90···800	20···130
Tlačna čvrstoća	N/mm^2	-	19···25
Zarezna udarna žilavost (Izod)	J/m	-	25···1000
Modul elastičnosti	N/mm^2	100···265	415···1250
Modul smicanja	N/mm^2	150…350	-
Tvdoća (Shore)		D 40···51	D 60···70
Index loma		1,51	1,54
Specifični toplinski kapacitet	$JK^{-1} g^{-1}$	2,3	2,3
Toplinska provodnost	$WK^{-1} cm^{-1}$	$33 \cdot 10^{-4}$	$(46···50) \cdot 10^{-4}$
Koeficijet toplinskog rastezanja	K^{-1}	$(10···22) \cdot 10^{-5}$	$(11···13) \cdot 10^{-5}$
Temperatura stalne upotrebe	°C	80	120
Temperatura mekšanja ili taljenja	°C	110···120	130···140

Tablica 2.1. Fizikalna i mehanička svojstva polietilena niske i visoke gustoće [5]

U tablici 2.1. prikazana su fizikalna i mehanička svojstva polietilena niske gustoće PE-LD i polietilen visoke gustoće PE-HD.

Zbog dobrih mehaničkih svojstava, kemijskoj postojanosti, nepropusnosti za vodu i druge neagresivne kapljevine polietilen je u odnosu na druge materijale vrlo cijenjen tehnički materijal koji ima veliku i raznoliku primjenu (tablica 2.2). Također je bitno naglasiti da je polietilen kao tehnički materijal i vrlo ekonomičan.

VRSTA	PRIMJENA
LDPE	- filmovi za kaširanje papira, aluminija i tekstila - folije za ambalažni materijal, za zaštitu i izolaciju materijala i građevina u gradnji - kutije i posude za pakiranje industrijskih proizvoda - ručne vrećice i omotnice - izrada plastenika - u elektrotehnici za izolaciju kablova
LLDPE	- postepeno zamjenjuje LDPE, posebno u ambalažiranju - zbog veće čvrstoće omogućuje izradu tanjih filmova a puhani filmovi za proizvodnju trgovačkih vrećica jeftiniji su od natron papira
HDPE	- industrijske i kućne posude većeg volumena - košare, posude i boce za ambalažiranje prehrambenih, farmaceutskih i hemijskih proizvoda - ojačan staklenim vlaknima služi za izradu čamaca i sportskih brodova - benzinski rezervoari za automobile
UHMWPE	- teško se prerađuje i proizvodi se uglavnom dobijaju tlačnim lijevanjem - najviše služi za izradu predmeta od kojih se zahtjeva veća hemijska postojanost, postojanost prema abraziji i umoru materijala kao što su vreće za hemijske proizvode, djelovi mašina i uređaja, postolja, vodilice, mjenjači i djelovi sportske opreme - velike transportne posude za ugalj, rude, žito i dr. poljoprivredne proizvode - unutrašnje oblaganje teretnih brodova za prijevoz uglja, rude i nafte

Tablica 2.2. Primjena LDPE, LLDPE, HDPE i UHMWPE [5]

Polietilen se može prerađivati svim glavnim postupcima prerade plastomera. Najviše se primjenjuje ekstrudiranje, puhanje, injekcijsko prešanje i rotacijsko lijevanje. Temperatura prerade polietilena obično je u rasponu od 180 do 280 °C. Kad je izložen ultraljubičastom zračenju, polietilen je podložan procesima razgradnje, kemijskoj ili toplinskoj oksidaciji naročito kod povišenih temperatura. Postojanost prema ultraljubičastom zračenju postiže se dodatkom UV stabilizatora, derivata hidroksibenztriazola ili posebne vrste čađe u količini od 2%. Toplinska razgradnja se gotovo potpuno sprječava dodavanjem do 1% antioksindansa kao što su supstituirani fenoli i aromatski amini [3].

2.1.1. Polietilen visoke gustoće (PE-HD)

Polietilen visoke gustoće ima makromolekule uglavnom linearne strukture i vrlo male razgranatosti pa zato ima veliki udjel kristalne faze i veću gustoću. Njegova gustoća iznosi od 0,94 do 0,97 g/cm³. Talište PE-HD je od 127 do 135 °C, a razgrađuje se pri temperaturama od 290 do 300 °C [2].

PE-HD je žilav materijal, velikog modula elastičnosti, voskastog izgleda i nepotpune prozirnosti [2]. Dobar je izolator te se često se koristi u kabelskoj industriji. U potpunosti je nepropustan za vodu i anorganske plinove.

Nije topljiv niti u jednom organskom otapalu pri sobnoj temperaturi iako u nekim otapalima bubri (npr. kiselini). Međutim, otapa se pri temperaturama iznad 80 °C u alifatskim i aromatskim ugljikovodicima (toluenu, ksilenu, tetralinu, dekalinu itd.). Naročito je postojan prema alkalijama, prema otopinama soli te prema oksidacijskim spojevima [3].

2.1.2. Postupci proizvodnje polietilena visoke gustoće (PE-HD)

PE-HD je prvi put dobiven 1890. Godine iz diazometana, a njegova komercijalna proizvodnja je počela 1956 godine u tvrtci Philips Petroleum Co [3].

Za dobivanje PE-HD-a koriste se sljedeći postupci:

1. Polimerizacija u otopini
2. Suspenzijska polimerizacija
3. Polimerizacija u plinskoj fazi

Polimerizacijom u otopini dobiva se PE-HD niske molekulne mase. Prednost polimerizacije u otopini je kratko vrijeme reakcije i mogućnost upotrebe malih reaktora. Negativna strana ovog tipa proizvodnje je stalan rast viskoznosti zbog porasta molekularnih masa, pa je jako viskoznim sistemima otežano miješanje, a time i održavanje homogenost [3].

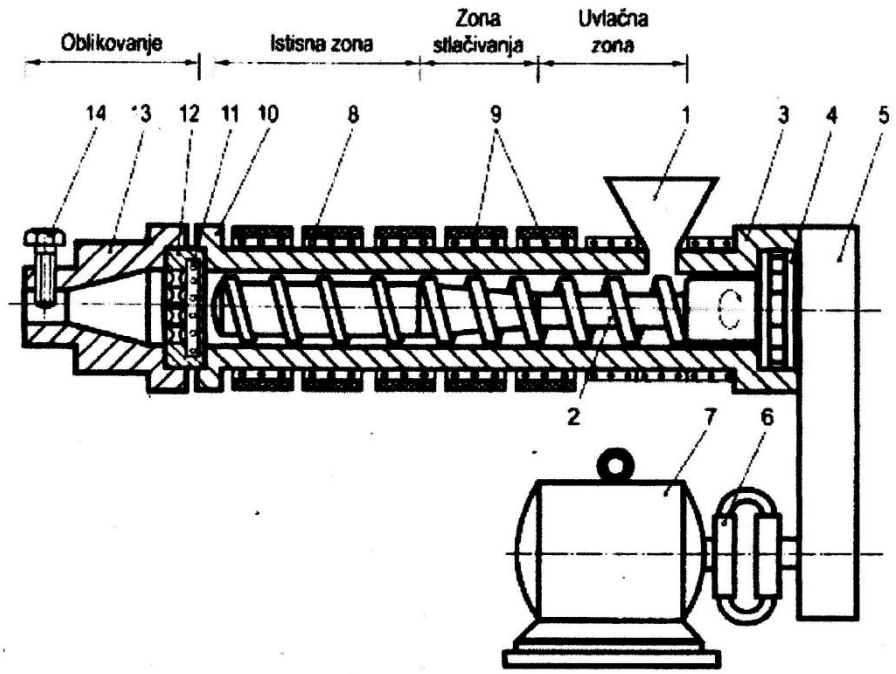
Suspenzijska polimerizacija najstarija je i najraširenija metoda dobivanja PE-HD-a. Razvila ju je tvrtka Philips Petroleum Co. 1961. godine. Za razliku od polimerizacije u otopini suspenzijskom je polimerizacijom moguće dobiti PE-HD i niskih i vrlo visokih molekularnih masa [3].

Polimerizacija u plinskoj fazi je proces dobivanja PE-HD-a koji je najkasnije uveden, a započeo je 1968 godine u tvrtci Union Carbide. Proces nije zahtjevan i iziskuje niske troškove jer se izvodi pod relativno niskim tlakom [3].

2.1.3. Ekstrudiranje

Ekstrudiranje se definira kao kontinuirani proces praoblikovanja potiskivanjem kapljevitog polimera kroz mlaznicu. Istisnuti očvršćuje u ekstrudat, geliranjem ili hlađenjem, odnosno polimerizacijom i/ili umrežavanjem [1]. Ekstrudiranje je najzastupljeniji postupak praoblikovanja polimera pa se tako ekstrudiranjem izrađuju tzv. beskonačni proizvodi ili poluproizvodi (ekstrudati). To su cijevi, štapovi, filmovi, folije i ploče, puni i šuplji profili, vlakna, izolacije kabela.

Osnovni dio linije za ekstrudiranje je ekstruder, koji se u osnovi sastoji od lijevka, cilindra pužnog vijka i glave (slika 2.3.)



Slika 2.3. Presjek jednopužnog ekstrudera; 1-lijevak, 2 pužni vijak, 3-cilindar za taljenje, 4-tlačni ležaj, 5-namjestivi prigon, 6-spojka, 7-pogonski motor, 8-grijala, 9-hladila, 10-prirubnica, 11-sita, 12-cjedilo, 13-glava ekstrudera-mlaznica, 14-prigušnica. [1]

Postupak ekstrudiranja se vrši na način da čvrsti polimer u obliku granula ili praha ulazi u ekstruder kroz lijevak. Polimer upada u cilindar i tada ga zahvaća rotirajući pužni vijak pri čemu mu se smanjuje obujam, a također se zagrijava. Ako zagrijavanje polimera uzrokovano trenjem nije dovoljno, cilindar ekstrudera zagrijava se izvana grijalima, a pužni vijak održava pri propisanoj temperaturi. Prolaskom kroz cilindar omekšani se polimer može vrlo dobro izmiješati, te toplinski i mehanički homogenizirati.

2.2. Polietilenske (PE) vodovodne cijevi i spojni komadi

2.2.1. Polietilenske (PE) cijevi

Tlačne vodovodne cijevi izrađene su iz PE 80 i PE 100 materijala. Zavisno od vanjskog promjera isporučuju se u kolutima dužine 100 m ili palicama dužine 12 m.

Tlačne cijevi za vodu su crne boje sa uzdužnim plavim crtama i to:

- crna boja, RAL 9005
- svijetloplava boja za PE 80, RAL 5012
- modroplava boja za PE 100, RAL 5005

Cijevi su na svojim krajevima zatvoren plastičnim poklopcima ili čepovima.

Slika 2.4. PE cijevi u kolutu i palici proizvođača PIPE LIFE d.o.o. [6]

Na svakom dužnom metru ispisani su određeni podaci. S obzirom da u praktičnom djelu koriste PE cijevi proizvođača PIPE LIFE d.o.o. navesti će se koje su to oznake na njihovim cijevima.

Tako su na njihovim cijevima ispisani podaci kao npr.:

- PIPELIFE PE 100 EN12201 110×10 SDR11 PN 16 2010-10-10

Odnosno sljedeći podaci:

- Oznaka proizvođača: PIPE LIFE
- Materijal (sirovina): PE 100
- Norma: EN 12201
- Dimenzija: 110×10

- SDR serija: SDR 11
- Nominalni tlak: PN 16
- Datum proizvodnje: 2010-10-10

Cijevi se proizvode u profilima od Ø 20 do Ø 500 te za tlakove do 25 bara sve ovisno o zahtjevu projekta za koji su namijenjene.

Oznaka	Kolut	Kod	Duljina m	Vanjski promjer mm	Nazivni promjer zoll	Debljina stijenke mm	Masa kg/m	Promjer koluta cm
PE100A20-16/100		XC	100	20	1/2	2,0	0,112	90
PE100A25-16/100		XC	100	25	3/4	2,3	0,171	100
PE100A32-16/100		XC	100	32	1	3,0	0,272	110
PE100A40-16/100		XC	100	40	5/4	3,7	0,430	135
PE100A50-16/100		XC	100	50	6/4	4,6	0,666	160
PE100A63-16/100		XC	100	63	2	5,8	1,050	170
PE100A75-16/100		XG	100	75	2 1/2	6,8	1,47	210
PE100A90-16/100		XG	100	90	3	8,2	2,12	280
PE100A110-16/100		XG	100	110	3 1/2	10,0	3,14	300

Oznaka	Palica	Kod	Duljina m	Vanjski promjer mm	Unutarnji promjer mm	Debljina stijenke mm	Masa kg/m	Ukupno u paleti m
PE100A90-16/12		XG	12	90	73,6	8,2	2,12	864
PE100A110-16/12		XG	12	110	90,0	10,0	3,14	576
PE100A125-16/12		XG	12	125	102,2	11,4	4,08	408
PE100A140-16/12		XG	12	140	114,6	12,7	5,08	360
PE100A160-16/12		XG	12	160	130,8	14,6	6,67	240
PE100A180-16/12		XG	12	180	147,2	16,4	8,42	204
PE100A200-16/12		XG	12	200	163,6	18,2	10,40	180
PE100A225-16/12		XG	12	225	184,0	20,5	13,1	108
PE100A250-16/12		XG	12	250	204,6	22,7	16,2	96
PE100A280-16/12		XG	12	280	229,2	25,4	20,3	84
PE100A315-16/12		XG	12	315	257,8	28,6	25,6	72
PE100A355-16/12		XG	12	355	290,6	32,2	32,5	12
PE100A400-16/12		XG	12	400	327,4	36,3	41,3	12
PE100A450-16/12		XG	12	450	368,2	40,9	52,3	12
PE100A500-16/12		XG	12	500	409,2	45,4	64,5	12

Tablica 2.3. Proizvodni program sa tehničkim karakteristikama cijevi PE100, SDR 11 (ISO S5),HRN EN 12001-2, NP16 bara (C=1,25) proizvođača PIPE LIFE d.o.o. [4]

2.2.2. Polietilenski (PE) spojni komadi

Polietilenski fazonski komadi izrađeni su najčešće iz PE 100 materijala kao i elektrofitinzi. Oni su crne boje RAL 9005. Pakiraju se najčešće u kartonske kutije a elektrofitinzi se pakiraju još dodatno u polietilenske vrećice u kojima se nalazi magnetska kartica (Prilog 1) [4].

Spojne komade možemo podijeliti u dvije osnovne grupe:

- Elektrofitinzi
- Fazonski komadi

Elektrofitinzi su spojni komadi za elektrofuzijsko zavarivanje koji unutar sebe imaju elektrootpornu žicu.

Slika 2.5. Elektrofitinzi PE 100 SDR 11 (el. koljeno, el. spojnica, el. T komad) [7]

Fazonski komadi su spojni komadi koji se spajaju pomoću elektrofitinga ili sučeonim zavarivanjem.

Slika 2.6. Fazonski komadi PE 100 SDR 11 (koljeno, T komad, redukcija) [7]

2.2.3. MRS klase čvrstoće PE cijevi

Sukladno međunarodnom normama ISO9080, EN 1555, EN 12201 prema kojima se dopuštaju veći radni tlakovi, polietilen se više ne određuje na osnovi gustoće (PE-LD, PE-MD, PE-HD) nego se definira svojom MRS-klasom čvrstoće (MRS - Minimalna tražena čvrstoća).

MRS 8 = PE 80 = 8 N/mm2
MRS 10 = PE 100 = 10 N/mm2

Polietileni MRS 10 imaju veću gustoću, poboljšana mehanička svojstva-tvrdoću i krutost. Također i čvrstoću na unutarnje naprezanje i čvrstoću na širenje pukotine. Ova svojstva omogućuju da se, u odnosu na dosadašnje tipove PE 80, mogu upotrebljavati manje debljine stjenke za iste tlakove. Stoga se preporučuje da se za cijevi uvijek navode vanjski promjer cijevi, debljina stjenke te serija S ili SDR [4].

$$SDR = \frac{d_v}{s} \qquad (1)$$

SDR – standardni omjer dimenzija – Standard Dimension Ratio
d_v – vanjski promjer cijevi
s – debljina stijenke cijevi

$$S = \frac{SDR-1}{2} \qquad (2)$$

S – serija cijevi
Dopušteno naprezanje uz uvjet koeficijenta sigurnosti C_{min} = 1,25

PE 80: σ_{dop} =6,4 N/mm2
PE 100: σ_{dop} =8,0 N/mm2

σ_{dop} - dopušteno naprezanje [N/mm2]
NP – nazivni tlak [bar] – (kod vode/20°C/50 godina)

$$SDR = \frac{20 \cdot \sigma_{dop}}{NP+1} \qquad (3)$$

$$s = \frac{NP \cdot d_v}{20 \cdot \sigma_{dop} + NP} \quad (4)$$

$$NP = \frac{20\sigma_{dop}}{SDR-1} \quad (5)$$

NP (BAR)			
SDR	S	PE 80	PE100
41	20	3,2	4
33	16	4	5
26	12,5	5	6
21	10	6	8
17,6	8,3	7,5	-
17	8	8	10
13,6	6,3	10	12,5
11	5	12,5	16
9	4	16	20
7,4	3,2	20	25
6	2,5	25	-

Tablica 2.4. Tablica tlakova u odnosu na SDR – vrijednosti, odnosno S vrijednosti medija vode pri C_{min} = 1,25 [4]

2.2.4. Koeficijent sigurnosti

Koeficijent sigurnosti izračunava se iz odnosa minimalne čvrstoće prema dopuštenom naprezanju. Sukladno ISO 12162 normi postavljen je za sve polietilene najmanji dopušteni koeficijent od 1,25 koji je kod PE 80 još uvijek uzet kao rezerva. Pri smanjenju koeficijenta sigurnosti s 1,6 na 1,25 proizašli su za PE 80 dopušteni tlakovi [4]:

$$C = \frac{MRS}{\sigma_{dop}} \quad (6)$$

C_{min} = 1,25

C – koeficijent sigurnosti

C_{min} – najmani koficijent sigurnosti (prema iSO 12162)

Dopušteni radni tlakovi za PE 80				
temperatura [°C]	radni vijek [godina]	SDR 17	SDR 11	SDR 7,5
10	5	10,1	15,8	25,3
	10	9,9	15,5	24,8
	25	9,7	15,1	24,2
	50	9,5	14,8	23,8
	100	9,3	14,6	23,3
20	5	8,5	13,2	21,2
	10	8,3	13,0	20,8
	25	8,1	12,7	20,3
	50	**8,0**	**12,5**	**20,0**
	100	7,8	12,2	19,6

Dopušteni radni tlakovi za PE 100			
temperatura [°C]	radni vijek [godina]	SDR 17	SDR 11
10	5	12,6	20,2
	10	12,4	19,8
	25	12,1	19,3
	50	11,9	19,0
	100	11,6	18,7
20	5	10,6	16,9
	10	10,4	16,6
	25	10,1	16,2
	50	**10,0**	**16,0**
	100	9,8	15,7

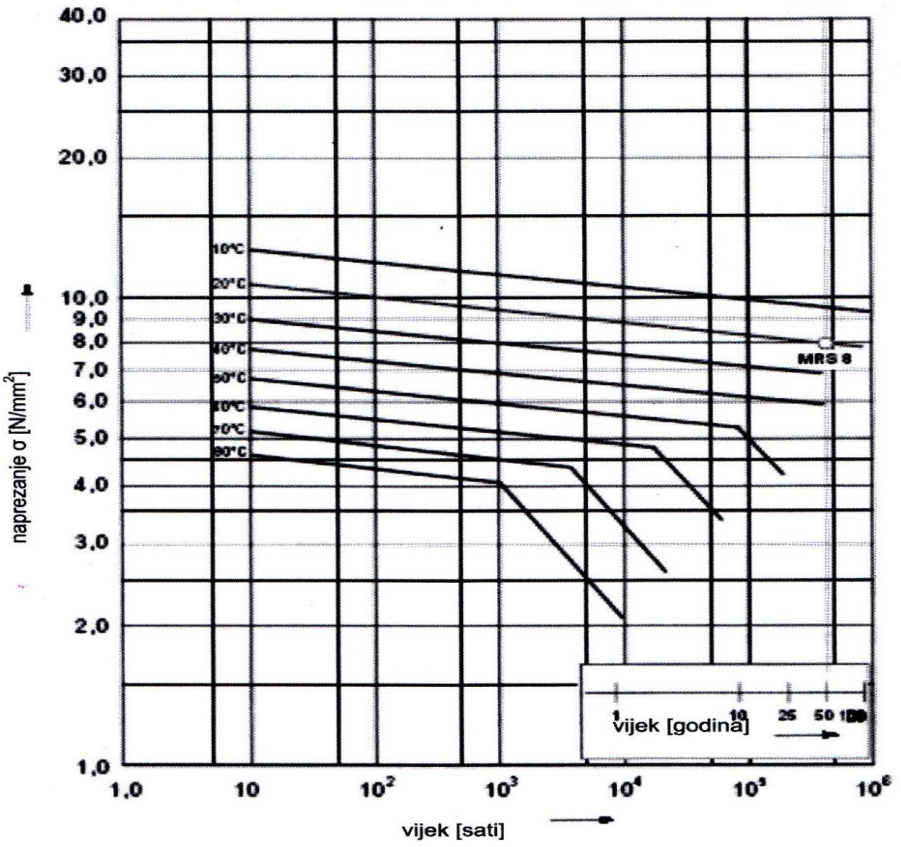
Tablica 2.5. Dopušteni radni tlakovi za vodu uz C_{min} = 1,25 očitani iz krivulja tijekom radnog vijeka [4]

2.2.5. Fizikalna svojstva polietilena PE 80 i PE 100

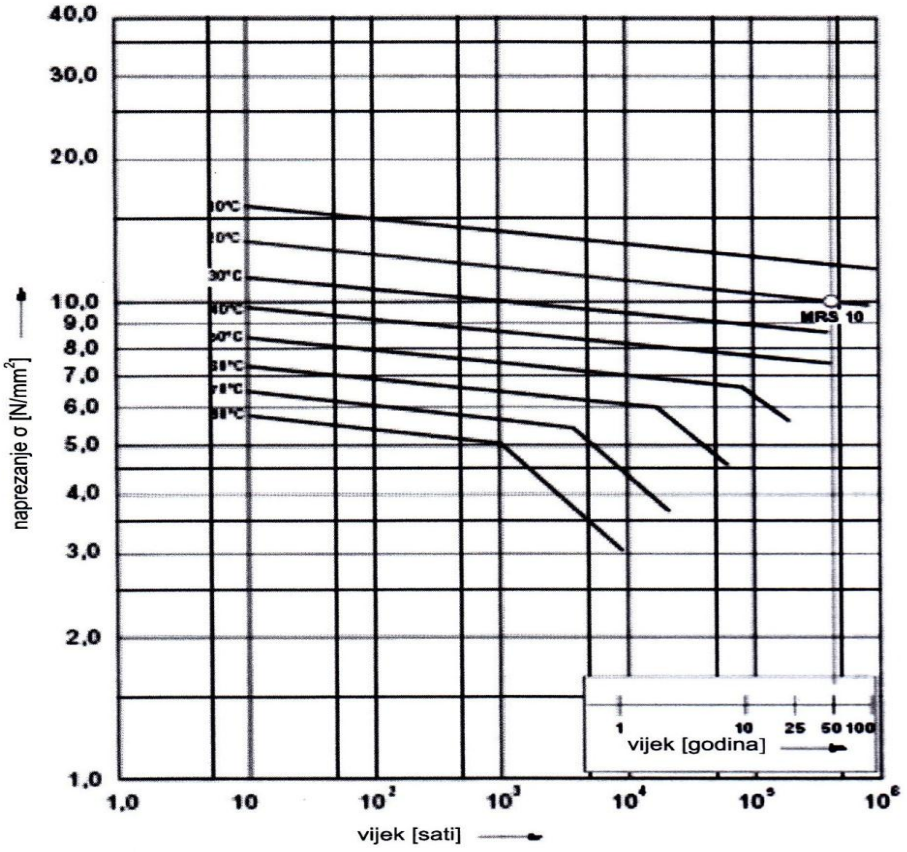
Polietilen se kao i svi plastični materijali, ubraja u gorive materijale. Prema DIN 4102/dio 1 i EN 13501-1 uvršten je u klasu gorivosti B2. To znači da se pod djelovanjem plamena zapali, nakon uklanjanja izvora plamena nastavlja gorjeti slabim blijedim plamenom i pri tom kaplje a kao produkti izgaranja nastaju CO, CO_2 i voda. Temperatura samozapaljenja polietilena iznosi 350 °C [4].

Svojstvo	Norma	Mjerna jedinica	PE 80	PE 100
Gustoća pri 23°C	ISO 1183-1	g/cm³	0,93	0,95
Maseni protok taljevine 190/5	ISO 1133	g/10 min	ca.0,45	ca.0,45
MFI grupa			T005	T005
Prekidna čvrstoća	ISO 527	N/mm²	23	25
Otpornost na paranje	ISO 527	N/mm²	-	38
Modul elastičnosti	ISO 178	N/mm²	1000	1300
Koeficijent linearnog istezanja	DIN 53 752	mm/m°K	0,18	0,18
Točka omekšanja po Vicat-u	ISO 306	°C	72	77
Toplinska vodljivost pri 20°C	DIN 53 612	W/m°K	0,4	0,38
Površinski otpor	DIN/IEC60167	Ω	$>10^{14}$	$>10^{14}$

Tablica 2.6. Tablica fizikalnih svojstva polietilena PE 80 i PE 100 [4]



Slika 2.7. Dijagram dugotrajnog naprezanja PE 80 cijevi prema DIN 8075 [4]



Slika 2.8. Dijagram dugotrajnog naprezanja PE 100 cijevi prema DIN 8075 [4]

2.2.6. Prednosti polietilenskih (PE) cijevi za vodoopskrbu

Fleksibilnost

Zbog velike fleksibilnosti PE cijevi mogu se proizvoditi i transportirati u kolutima, čime se značajno smanjuje broj potrebnih spojeva. Nelinearne dionice cjevovoda na neravnom terenu mogu se instalirati bez posebnih spojnica, što nije slučaj kod tradicionalnih, krutih materijala. Time se, osim uštede na spojnicama, eliminira rizik od propuštanja na spojevima. Zbog svoje prilagodljivosti terenu PE cijevi su idealno rješenje i za područja gdje su česti potresi i slijeganja tla [8].

PE	DUKTIL	ČELIK
može se namotavati	ne može se namotavati	
potrebno malo spojeva	potrebno više spojeva	
postojan pri gibanju tla	nepostojan pri gibanju tla	
ne zahtijeva pravocrtno instaliranje	zahtijeva specijalne spojnice	
može se savijati	ne može se savijati	

Tablica 2.7. Fleksibilnost PE materijala u odnosu na duktil i čelik [8]

Kemijska postojanost

Polietilenske cijevi su otporne prema svim uobičajenom organskim otapalima, kiselinama, alkalijama i alkoholima. Primjerice, uzorci polietilenskih cijevi uronjeni u vodene otopine dušićne kiseline i kaustične sode na 1000 °C nakon 1 h nisu pokazali promjene svojstava. Samo vrlo jaki oksidansi, kao peroksidi, kiseline u velikim koncentracijama i halogeni u stalnom i dugotrajnom kontaktu uzrokuju degradaciju polietilena [8].

Postojanost prema utjecajima okoline

Polietilenu se tijekom proizvodnje dodaju čađa (crni materijali) i stabilizatori koji sprečavaju UV, oksidativno i eventualno toplinsko starenje materijala. Polietilenske cijevi crne boje mogu se dugo vremena skladištiti na otvorenom bez ikakve promjene svojstava. Cijevi u ostalim bojama postojane su prema djelovanju sunčevog zračenja do ukupne količine od 3,5 GJ/m^2, nakon čega se moraju ponovno ispitati njihova fizička i mehanička svojstva (postojanost prema unutrašnjem tlaku, vlačna čvrstoća i vrijeme do početka oksidacije). Nakon što su ukopane, cijevi nisu podložne degradaciji izazvanoj utjecajima okolnog tla; njihova svojstva ostaju očuvana cijeli vijek trajanja [8].

Velika glatkoća unutarnjih i vanjskih površina

Zbog velike glatkoće unutarnjih površina polietilenskih cijevi ne dolazi do habanje tijekom dugogodišnjeg vijeka korištenja cjevovoda. Također je ona razlog da se na unutarnjim površinama ne stvaraju nikakve naslage ni inkrustacije, koje bi tijekom godina smanjile unutarnji promjer cijevi a ujedno bi bile podloga za stvaranje mikrobioloških kultura [4]. Zahvaljujući vrlo malom faktoru trenja u usporedbi s drugim materijalima u polietilenskim se cjevovodima postižu najveće brzine protoka na istom presjeku cijevi.

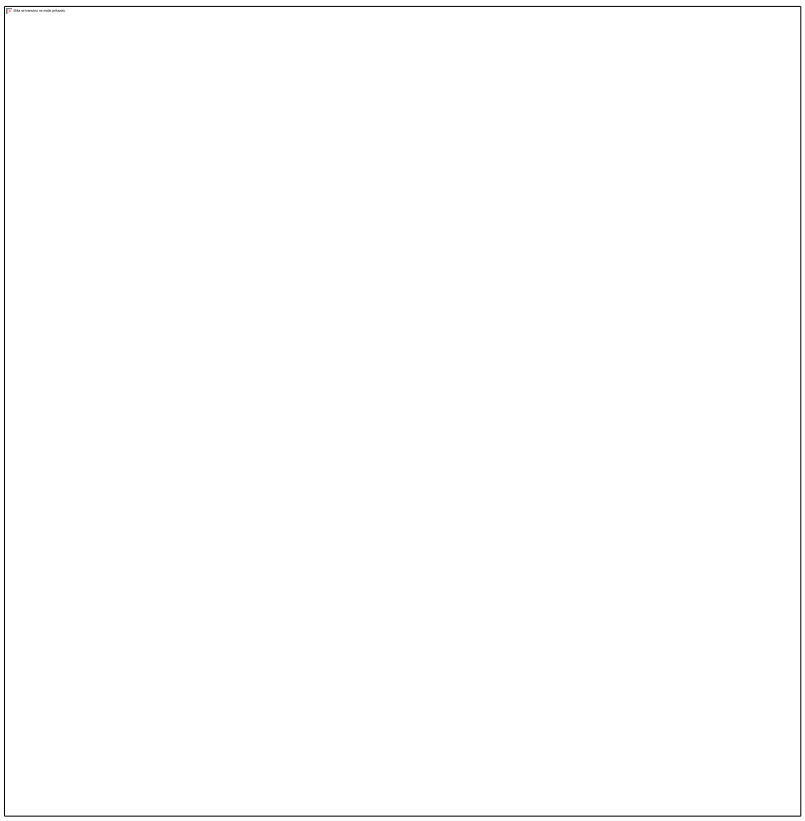
Materijal	Apsolutna hrapavost k/mm
PE	0,007
Staklom ojačana plastika	0,01
Duktil (stare cijevi)	1,5-3
Duktil, korodirani	1-1,5
Duktil, novi bez obloge	0,5-1
Duktil, novi s oblogom	0,03
Duktil, stari s oblogom	0,1
Komercijalni čelik	0,05
Galvanizirani čelik	0,15

Tablica 2.8. Faktor trenja različitih kod različitih materijala [8]

Postojanost prema abraziji

Polietilenske cijevi iznimno su postojane prema eroziji uzrokovanoj trenjem s abrazivnim materijalima.

Mala hrapavost materijala smanjuje faktor trenja, a time i abraziju površine. Rezultati ispitivanja provedena s mješavinom vode i pijeska koji na velikim brzinama cirkuliraju u polietilenskim cijevima pokazuju mnogo manje efekte abrazije nego što je to slučaj kod ostalih materijala [8].



Slika 2.9. Prikazuje smanjenje debljine stjenke uslijed abrazije [8]

Ekološka opravdanost

Polietilenske PE cijevi i materijali za vodoopskrbu ne kontaminiraju pitku vodu. Ne sadrže punila ni omekšavala, pa ne postoji mogućnost migracije štetnih tvari. Sustavi su potpuno nepropusni, pa ne dolazi do gubitka protočnog medija, ali ni do zagađivanja pitke vode izvana. Sav proizvodni otpad, kao i iskorištene cijevi mogu se reciklirati [8].

Sposobnost zavarivanja

Zbog nepolarnosti polietilenske PE cijevi posjeduju izvanredno svojstvo zataljivanja što se koristi za lako spajanje cijevi [4].

Osim gore navedenih prednosti PE cijevi u odnosu na druge vrste cijevi naročito u vodoopskrbi imaju još niz prednosti te baš zbog toga imaju široku primjenu i sve više se koriste ne samo u vodoopskrbi već i u mnoge druge namjene.

2.3. Tehnike spajanja polietilenskih (PE) cijevi

Kod PE cijevnih sustava koriste se dva osnovna načina spajanja:

- Rastavljivi spojevi
- Nerastavljivi spojevi

2.3.1. Rastavljivi spojevi

Kod rastavljivih spojeva je specifično da se takvi spojevi ukoliko se za to ukaže potreba mogu u dogledno vrijeme na jednostavan način rastaviti. Kod rastavljivih spojeva postoje tri osnovna načina spajanja [4]:

- Stezno spajanje (otporno na izvlačenje)
- Spajanje pomoću Hawle System 2000 spojnog komada
- Spajanje prirubnicom

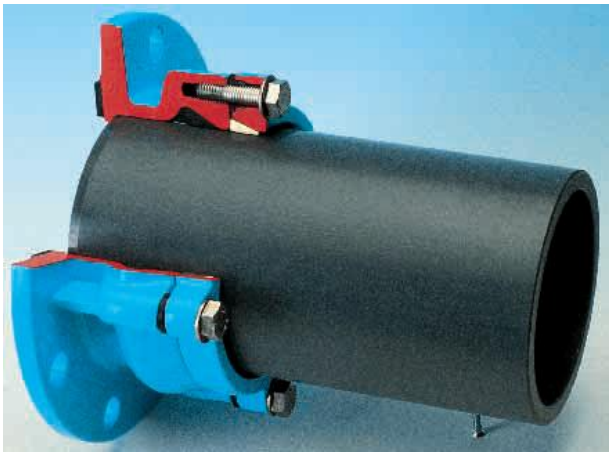
Stezno spajanje (otporno na izvlačenje)

Ovdje se koriste plastični fitinzi kao Plasson-fitinzi, GF- Polyrac fitinzi ili GF-Polyfast fitinzi i dr. promjera d_v 20-125 mm i za tlačno područje do 16 bara. Ovakvo spajanje primjenjuje se uglavnom pri postavljanju kućnih priključaka.

Slika 2.10 Rastavljivi fiting GF-Polyfast [9]

Spajanje pomoću Hawle System 2000 spojnog komada

Fazonski komadi s promjerom D_v 63 do 355 mm su sigurni na izvlačenje a moguće ih je postavljati pri bilo kakvim vremenskim uvjetima pa se primjenjuju najčešće pri popravcima. Često se koristi kod spajanje PE cijevi na armaturu, zasun ili sl..



Slika 2.11. Hawle System 2000 spojni komad [10]

Spajanje prirubnicom

Za ovaj način spajanja prvo na cijev navariti prirubnički tuljak nataknutom slobodnom prirubnicom. Brtvene površine i brtvila potrebno je očistiti prije postavljanja. Brtvene površine moraju se namjestiti da budu međusobno planparalelne i da međusobno tijesno naliježu na brtvila. Vlačno naprezanje, koje se javlja pri pritezanju, mora se izbjegnuti na svaki način. Spojni vijci moraju se jednakomjerno pritezati pomoću moment-ključa. Pritezanjem vijaka do položaja „ne ide više“ došlo bi do preopterećenja spoja. Nakon jednog sata potrebno je vijke još jednom pritegnuti [4].

a) b) c)

Slika 2.12. Spajanje prirubnicom a) prirubnički spoj, b) prirubnica, c) tuljak [4],[7]

2.3.2. Nerastavljivi spojevi

Nerastavljivi spojevi su spojevi koji se nakon zavarivanja postaju jedna homogena cjelina koja se ne može više rastaviti ukoliko se za to ukaže potreba. Ukoliko je to potrebno da se taj spoj mora prerezati i vrši se ponovno zavarivanje.

Proizvođači cijevi i spojnih komada naglašavaju da zavarivanje smije obavljati samo školovano osoblje. Također je potrebno voditi veliku brigu o pripremnim radovima prije takvih zavarivanja. Koji su to pripremni radovi o tome će se više reći u praktičnom djelu ovog rada.

Kod nerastavljivih spojeva postoje dva glavna zavarivanja:

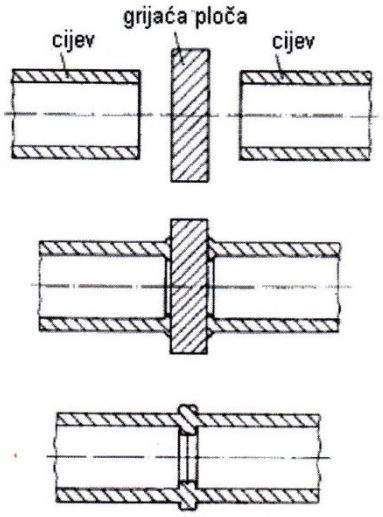
- Sučeono zavarivanje
- Elektrofuzijsko zavarivanje elektrofitinzima

Sučeono zavarivanje

Sučeonim zavarivanjem se spajaju dva kraja cijevi (ili cijevi i fazonskih komada) na način da se čelne površine prvo zagriju pomoću grijaće ploče a zatim sa određenom silom međusobno spoje bez dodatka dodatnog materijala [4].

Ovakvo zavarivanje izvodi se pomoću uređaja za zavarivanje, koji se sastoji od kontrolne jedinice, stege s dva para čeljusti te grijaće ploče. Suvremeni CNC- uređaji vode postupak zavarivanja.

Prije početka rada potrebno je provjeriti vanjske uvjete, u slučaju padavina potrebno je natkriti radno mjesto. Samo zavarivanje dopušteno je izvoditi do temperature okoliša 0 °C. kod nižih temperatura moguće je zavarivati ispod zagrijanog šatora. Dopušteno je zavarivati samo dijelove istih tlačnih klasa kao i debljina stjenke [4].



Slika 2.13. Postupak sučeonog zavarivanja [4]

Priprema kod sučeonog zavarivanja

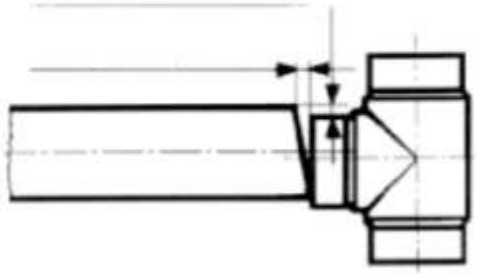
Planparalelno blanjanje i kontrola

Cijevi odnosno fazonske komade treba umetnuti u stezne čeljusti, centrirati tako da površine, koje se zavaruju, stoje međusobno paralelno te ih na kraju pritegnuti.

Uzdužno neometano pomicane cijevi omogućuje se podmetanjem kotrljajućih stalaka, valjaka ispod krajeva cijevi. Ovako stegnuti krajevi su sada spremni za daljnju obradu. Zatim se površine očiste od strugotina čistim kistom ili krpom bez dodirivanja prstima. Ukoliko ipak dođe do dodirivanja obvezatno je čišćenje na pr. GP- REINIGER alkoholnim maramicama za jednokratnu upotrebu.

Površine koje se zavaruju, moraju se blanjati do međusobne paralelnosti uz stalnu provjeru. Njihov međusobni razmak po obodu ne smije biti veći od 10% debljine stjenke a dozvoljena pukotina ne veća od 0,5 mm.

Obrada spojnih površina mora se obaviti neposredno prije zavarivanja [4].



Slika 2.14. Max. pomak kod blanjanja dvaju površina koja se zavaruju [4]

Grijaća ploča

Prije svakog zavarivanja treba provjeriti temperaturu koja mora biti 210°C ±10°C. To se obavlja pomoću ugrađenog termometra ili dodirnog termometra. Sa zagrijavanjem se smije započeti tek 5 minuta nakon što je postignuta potrebna temperatura. Kako bi se spriječilo hlađenje mjesta zavarivanja zbog strujanja zraka kroz cijevi, potrebno je na krajeve staviti poklopce. Da bi se spriječilo moguće oštećenje kao i moguće prljanje, grijaću ploču treba i prije i nakon zavarivanja držati u držaču. Prije svakog zavarivanja potrebno je ploču očisti suhim i čistim papirom koji ne ostavlja dlačice [4].

Tlakovi zavarivanja

Postupak zavarivanja odvija se u fazama pri čemu svaka ima svoj tlak i vrijeme trajanja. Prije početka samog zavarivanja mora se izračunati sila pritiska F_{uk}.

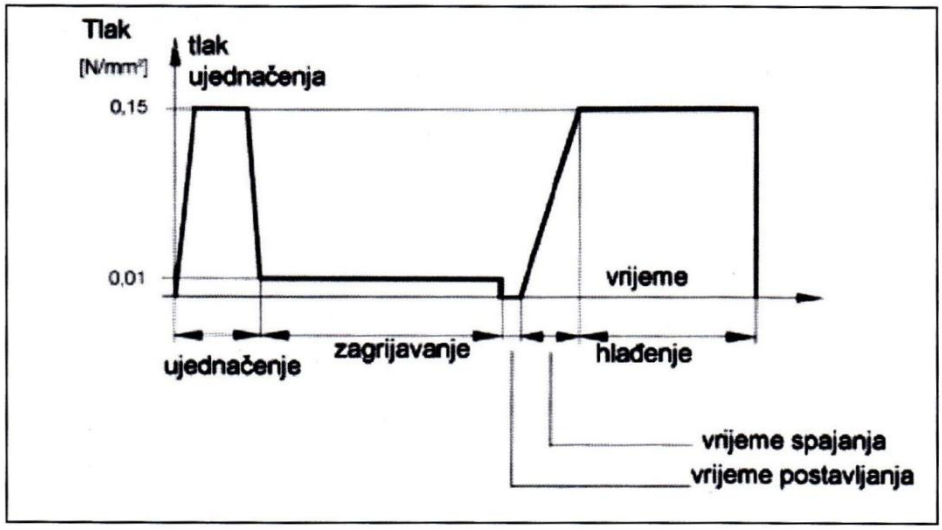
$$F_{uk} = F_a + F_b \qquad (7)$$

Ona je zbroj sile ujednačavanja F_a i potisne sile F_b. sila ujednačavanja se dobije kao umnožak površine zavarivanja A i specifičnog tlaka p koji za PE iznosi 0,15 N/mm^2. Ona je najčešće navedena u tablici na samom uređaju za zavarivanje. Potisnu silu F_b mjerimo pri pomicanju cijevi, pribrajamo je sili F_a i dobivenu ukupnu vrijednost podesimo na uređaju za zavarivanje.

Kod većih duljina cijevi treba što je moguće više smanjiti otpor, a što se postiže podmetanjem kotrljajućih stalaka. Sila F_b ne smije biti veća od sile F_a [4].

Tijek zavarivanja

Nakon što je postignuta potrebna temperatura, grijača ploča uloži se između dva pripremljena kraja cijevi. Krajevi cijevi se pritišću na ploču sve dok se ne postigne ranije određena sila pritiskanja F_{uk} i drže tako dugo pritisnutim dok se po cijelom obodu ne dobije prsten taljevine čija visina zavisi od materijala, promjera cijevi i debljine njezine stjenke, a što se očita iz slike 2.15. [3].



Slika 2.15. Dijagram vrijednosti tlakova tijekom sučeonog zavarivanja [4]

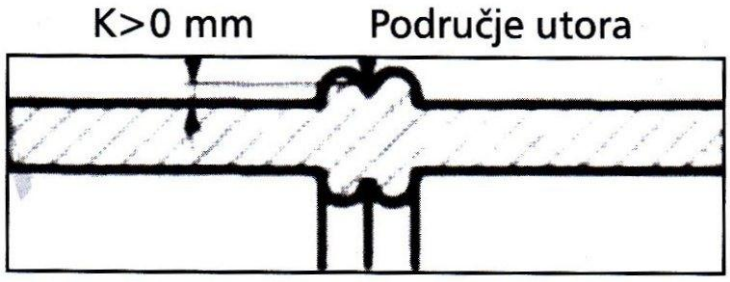
Kad se postigne prsten treba silu pritiskanja smanjiti gotovo na nulu (otprilike 0,01 N/mm2) i nastaviti grijanje, čije trajanje se određuje također iz dijagrama.

Po isteku vremena grijanja odmaknu se čeljusti stege, grijaća ploča se izvlači pažljivo kako ne bi došlo do oštećenja zagrijanih površina a zagrijani krajevi cijevi se brzo spoje. Ovaj korak se mora izvesti čim brže kako bi se izbjeglo nepoželjno hlađenje.

Ovdje je važno da se rastaljeni krajevi međusobno spoje vrlo malom brzinom, blizu nule. Zatim treba povećavati tlak sve dok ne postigne vrijednosti od 0,15 N/mm^2 te ga treba održavati stalnim tijekom cijelog vremena hlađenja.

Ukoliko je potrebno mora ga se podesiti. Nije dopušteno brzo hlađenje zavara prisilnim načinom. Otpuštanje spoja smije se učiniti tek nakon isteka vremena hlađenja, navedenog u slici 2.15. [4].

Nakon završenog postupka zavarivanja po cijelom opsegu cijevi na vanjskoj i unutarnjoj površini, dobije se prsten u obliku nabora. Njegova visina mora biti jednaka po cijelom obodu, a do mogućih razlika može doći zbog različitog tečenja taljevine materijala [4].



Slika 2.16. Prsten nakon završetka postupka zavarivanja [4]

Ukoliko bi bilo potrebno ukloniti nabor, to se mora učiniti pomoću odgovarajuće naprave i uz pažnju, kako se ne bi oštetilo završeno posljednje zavarivanje, uključivši i vrijeme hlađenja.

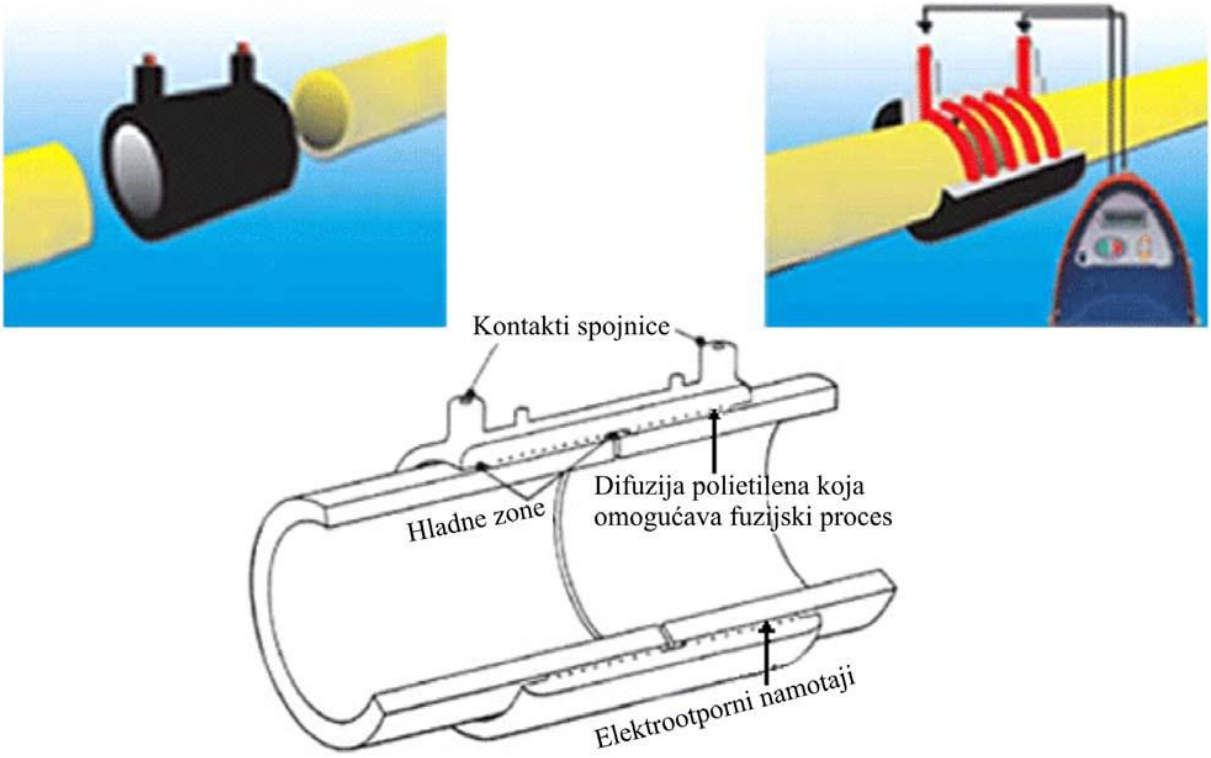
Debljina stijenke	Ujednačenje p=0,15N/mm²	Zagrijavanje p=0,01N/mm²	Postavljanje i zavarivanje	Spajanje p=0,15N/mm²	
	Visina nabora K prije početka zagrijavanja	Vrijeme zagrijavanja	Najduže vrijeme postavljanja	Vrijeme postizanja tlaka	Vrijeme hlađenja
mm	mm	s	s	s	s
do 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5-7	1,0	45-70	5-6	5-6	6-10
7-12	1,5	70-120	6-8	6-8	10-16
12-19	2,0	120-190	8-10	8-11	16-24
19-26	2,5	190-260	10-12	11-14	24-32
26-37	3,0	260-370	12-16	14-19	32-45
37-50	3,5	370-500	16-20	19-25	45-60
50-70	4,0	500-700	20-25	25-35	60-80

Tablica 2.9. Orijentacijske vrijednosti parametara sučeonog zavarivanja PIPELIFE cijevi pri 20°C uz umjereni vjetar [4]

Elektrofuzijsko zavarivanje elektrofitinzima

Elektrofuzijsko zavarivanje je postupak zavarivanja kod kojega se dva kraja PE spajaju pomoću standardnog spojnog elementa, uz djelovanje toplinske energije koju daje izvor struje za zavarivanje (slika 2.17.). Izvor struje priključuje se na električnu struju gradske mreže ili na agregat (u slučaju kada nije dostupna električna struja iz gradske mreže). U spojnom elementu nalaze se zavoji elektrootporne žice kroz koju protječe električna struja u određenom vremenu i koja se tijekom procesa zavarivanja zagrijava i daje toplinsku energiju potrebnu za elektrofuzijsko zavarivanje [11].

Proces zavarivanja je potpuno automatiziran i vođen upravljačkom jedinicom u sklopu izvora struje za zavarivanje. Parametri zavarivanja su unaprijed programirani i odabiru se ovisno o karakteristikama spojnog elementa. Podaci zavarivanja očitavaju se sa barkoda koji se nalazi na magnetskoj kartici, a koja je upakirana zajedno sa elektrofitingom ili sa barkoda koji se nalazi zalijepljen na elektrofitingu. U slučaju bilo kakovih odstupanja u pogledu provedbe parametara zavarivanja tijekom zavarivanja (npr. oscilacija ulaznih vrijednosti struje), proces zavarivanja se prekida i uređaj prijavljuje odgovarajuću pogrešku [11].



Slika 2.17. Shematski prikaz elektrofuzijskog zavarivanja PE cijevi [11]

Sve ostalo o elektrofuzijskom zavarivanju PE cijevi će se detaljno obraditi u praktičnom djelu rada.

2.4. Ispitivanje nepropusnosti PE tlačnog cjevovoda – tlačna proba

Svaki položeni cjevovod u njegovom konačnom položaju potrebno je prije konačnog zatrpavanja i nabijanja provjeriti na nepropusnost tj. napraviti tlačnu probu.

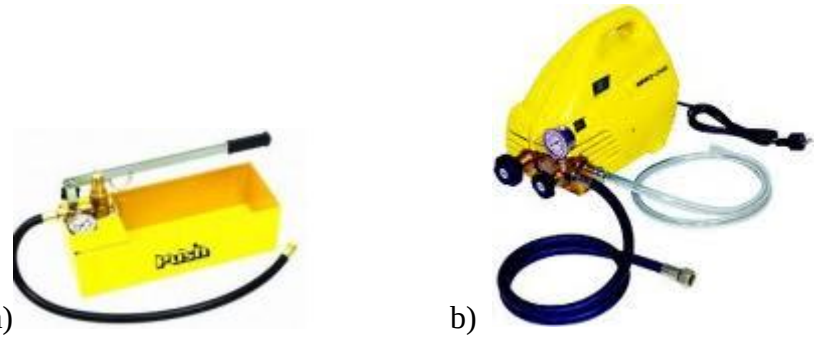
Cjevovod se ispituje kao cjelina, ili, gdje je potrebno, podijeljen u nekoliko ispitnih dionica. Ispitne dionice moraju se odabrati tako da:

- se može postići ispitni tlak na najnižoj točki svake ispitne dionice
- se može postići najmanje MDP (maksimalni proračunati tlak) na najvišoj točki svake ispitne dionice, ukoliko drugačije ne odredi projektant
- se bez poteškoća može dovesti i ukloniti voda potrebna za ispitivanje.

Prije početka ispitivanja potrebno je onemogućiti pomicanje cjevovoda kako ispitni tlak ne bi uzrokovao oštećenja uslijed temperaturom uzrokovanih promjena duljine i na taj način smanjiti temperaturni utjecaj na rezultate samog ispitivanja [4]. Također prije samog provođenja ispitivanje potrebno je poštivati potrebno vrijeme čekanja tj. hlađenja nakon obavljenog zavarivanja.

Prije ispitivanja moraju se iz cjevovoda ukloniti svi ostaci i strane tvari. Ispitna dionica se puni vodom i odzračuje. Punjenje cjevovoda se izvodi polako s, ako je moguće, najniže točke cjevovoda i na takav način da se spriječi povratno tečenje i tako da zrak izlazi kroz adekvatno dimenzioniranu opremu za odzračivanje.

Tlačno ispitivanje se vrši tlačnim pumpama a to za male promjene cjevovoda može biti i ručna pumpa dok se kod većih profila tlačno ispitivanje vrši električnim tlačnim pumpama.



a) b)

Slika 2.18. REMS tlačne pumpe a) ručna, b) električna tlačna pumpa [12]

Kod tlačnog ispitivanja PE cjevovoda ispitni tlak je u pravilu radni tlak cjevovoda × 1,5. Znači npr. kada je radni tlak u cjevovodu 4 bara takav cjevovod se ispituje na tlak od 6 bara.

Ukoliko su zahtjevi projektanta drugačiji takvi zahtjevi se posebno navode u projektnoj dokumentaciji.

Proizvođači cijevi naglašavaju da ispitni tlak ni u kojem slučaju ne smije biti veći od 1,5 nazivnog tlaka cjevovoda koji se ispituje.

Nakon što se postigne ispitni tlak potrebno ga je održati na tom nivou najmanje 12 sati [4]. Ukoliko za to vrijeme padne tlak, treba ga podesiti svaka dva sata i istovremeno provjeriti stanje cjevovoda. Stvarno ispitno vrijeme u pravilu traje 1 sat. Nakon što se obavi tlačna proba popunjava se zapisnik o tlačnoj probi cjevovoda (Prilog 2 – Zapisnik o tlačnoj probi poduzeća AQUA-INSTALACIJE d.o.o.). Zapisnik u pravilo potpisuju radnik koji je izvodio tlačnu probu i nadzorni inženjer ili predstavnik Naručitelja radova koji je kontrolirao tlačnu probu.

3. Praktični dio – elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi sa elektrospojnicama uz simulaciju različitih parametara zavarivanja

U praktičnom djelu ovog rada će se obaviti elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi sa elektrospojnicama i to ukupno pet uzoraka gdje će se na dva uzorka simulirati prekid napona prilikom zavarivanja dok će se na dva uzorka simulirati pogrešno unošenje vrijednosti vanjske temperature u uređaj za zavarivanje i to na način da će se jedan uzorak pothladiti prije samog zavarivanje dok će se drugi uzorak dodatno zagrijati prije samog zavarivanja. Jedan će uzorak biti zavaren normalno prema preporuci proizvođača cijevi, spojnih elemenata i proizvođača opreme za zavarivanje.

3.1. Materijal za elektrofuzijsko zavarivanje

Za ovaj rad korišteni su cijevi od proizvođača PIPE LIFE d.o.o. dok je spojni materijal od proizvođača Georg Fischer (GF).

Tako je korišteno sljedeće:

- Cijevi Pipe Life PE 100, SDR 13,6, PN 12,5 d 20
- Elektrofitinzi Georg Fischer (GF)
  - elektrospojnice PE 100, SDR 11 d 20
  - elektrokapa PE 100, SDR 11 d 20
- Prijelazni komad Georg Fischer (GF) PE/Mesing PE100 SDR 11 d 20 – ½“ VN

a) b)

Slika 3.1. Materijal pripremljen za praktični rad a) cijev PE 100 d20, b) elektrospojnica GF PE 100 d 20 u originalnom pakiranju [13]

a) b)

Slika 3.2. Materijal pripremljen za praktični rad a) elektrokapa PE 100 d 20 b) prijelazni komad PE 100 d 20 – ½“ u originalnom pakiranju [13]

Slika 3.3. Materijal pripremljen za praktični rad, cijevi i elektrofitinzi [13]

Treba napomenuti da su se samo za potrebe ovog rada zbog fotografiranja izvadili svi elektrofitinzi iz pvc pakiranja. Zbog toga su stavljeni na čisti stol. U praksi se elektrofiting vadi iz pakiranja neposredno prije samog zavarivanja.

3.2. Pripremanje uzoraka

Rezanje cijevi

Kao što je rečeno u uvodu za elektrofuzijsko spajanje i kasnije za ispitivanje potrebno je pripremiti 5 uzoraka. Uzorci se pripremaju na način da se iz cijevi u kolutu izreže pet komada dužine 60 cm.

a) b)

Slika 3.4. Priprema uzoraka a) označavanje mjesta rezanje cijevi b) rezanje cijevi sa rezačem cijevi na 60 cm [13]

Kod pripreme za rezanje cijevi i samo rezanje cijevi korišten je sljedeći alat:

- drveni metar
- flomaster
- rezač cijevi

a) b)

Slika 3.5. Alat i pribor kod rezanje cijevi a) alat i pribor kod rezanja cijevi b) alat, pribor i pripremljeni izrezani uzorci sa spojnim komadima [13]

Cijevi se režu pomoću cijevnog rezača tako da rez bude okomit na uzdužnu os cijevi i da se zadrži ovalnost cijevi.

Nakon što je izrezano pet uzoraka dužine 60 cm, potrebno je još svaki uzorak prerezati na pola znači na 30 cm.

a) b)

Slika 3.6. Priprema uzoraka a) rezanje cijevi na dužinu od 30 cm b) pripremljeni uzorci sa spojnim materijalom [13]

Čišćenje i mehanička obrada cijevi

Cijev se mora najprije očistiti od grubih mehaničkih nečistoća suhom krpom po cijeloj površini zavarivanja. Kako bi se zadovoljilo propisano zavarivanje i postigla dobra kvaliteta potrebno je ukloniti površinski oksidirani sloj krajeva cijevi koji se zavaruju. To se obavlja struganjem cijele površine zavarivanja pomoću rotacijskih strugača ili ručnih strugača povlačenjem aksijalno na cijev uz uklanjanje nastalih strugotina [4]. U radu se koristi cijev malog promjera d 20 mm pa je stoga korišten ručni strugač cijevi.

a) b)

Slika 3.7. Priprema cijevi a) čišćenje cijevi od mehaničkih nečistoća b) ručno struganje krajeva cijevi [13]

Odmašćivanje površine zavarivanja

Nakon što je skinuti oksidirajući sloj sa krajeva cijevi koji se zavaruju potrebno je taj dio cijevi i odmastiti pritom upotrebljavajući prikladno sredstvo. Za odmašćivanje krajeva cijevi mogu se koristiti specijalne maramice za odmašćivanje kao npr. GP-REINDOSE ili se može mjesto zavarivanja odmastiti sa krpom koja ne pušta dlačice i alkoholom. U praktičnom djelu rada za odmašćivanje je upotrijebljena krpa i medicinski alkohol.

a) b)

Slika 3.8. Priprema cijevi a) odmašćivanje cijevi krpom b) medicinski alkohol [13]

Usađivanje cijevi u elektrofiting i pričvršćenje elektrofitinga

Prije samog usađivanja cijevi, elektrofiting se izvadi iz folije pazeći pri tom da se prstima ne dodirnu unutarnje površine i zatim se navlači na cijev do dosjeda odnosno do oznake. Prilikom tog postupak potrebno je voditi računa da se na cijevi, ni s unutarnje niti s vanjske strane, ne nađu ostaci sredstva za čišćenje ili vode [4].

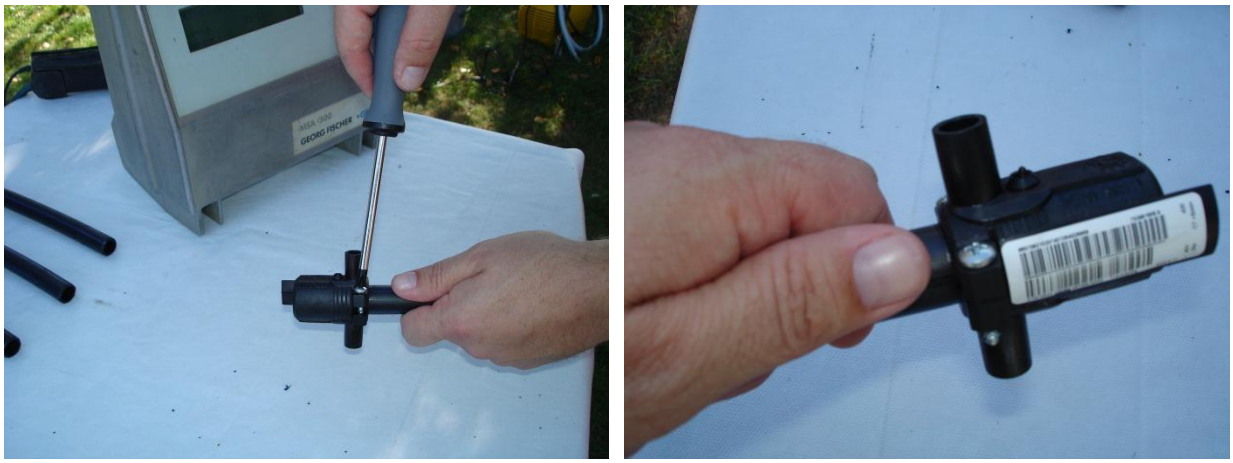
a) b)

Slika 3.9. Priprema uzoraka za zavarivanje a) usađivanje cijevi u elektrokapu b) usađivanje cijevi u elektrospojnicu i označavanje flomasterom [13]

Slika 3.10. Prikaz dosjeda u elektrofitingu nakon umetanja cijevi [13]

Nakon što se cijev umetne u elektrofiting do graničnika potrebno je s vanjske strane označiti mjesto do kuda je navučen elektrofiting kako bi se nakon elektrofuzijskog zavarivanja ili nakon tlačne probe mogli provjeriti da li je elektrofiting ostao na svom mjestu ili se eventualno pomaknuo. Ako se to desi potrebno je odrezati neispravan spoj i ponoviti sa novim elektrofitingom.

Svi GF elektrofitinzi do promjera $d_v = 63$ pritežu se na cijev pomoću dvaju ugrađenih vijaka. S obzirom da su u radu korištene cijevi i elektrofitinzi promjera d 20 svaki elektrofiting u ovom radu se trebao dodatno pričvrstiti sa dva vijka.



a) b)

Slika 3.11. Priprema uzoraka za zavarivanje a) pričvršćenje elektrokape sa vijcima b) elektrokapa nakon pritezanja vijkom [13]

Kao što je u uvodu napomenuto u ovom radu bilo je potrebno pripremiti pet uzoraka na kojima će se kasnije izvoditi elektrofuzijska zavarivanja pod različitim uvjetima. Stoga je bilo potrebno ponoviti sve ranije navedene pripremne radnje i to kod montaže elektrokapa, elektrospojnica i kod montaže prijelaznih komada.

U ovom radu pripremljeno je pet uzoraka gdje su na jednom kraju uzorka montirane i kasnije elektrofuzijski zavarene elektrokape d 20 dok su sa druge strane montirani prijelazni komadi sa vanjskim navojem d 20 -1/2“ koji su sa elektrospojnicom pričvršćeni na komad cijevi. Prijelazni komad će kasnije služiti da se uzorak može tlačno ispitati. Dva kraja uzorka će se u sredini spojiti elektrospojnicom d 20 i baš na središnjoj elektrospojnici će se vršiti elektrofuzijsko zavarivanje pod pet različitih uvjeta. Elektrofuzijsko zavarivanje elektrokapa i prijelaznih komada je elektrofuzijski zavareno prema uputama proizvođača.

3.3. Oprema za zavarivanje

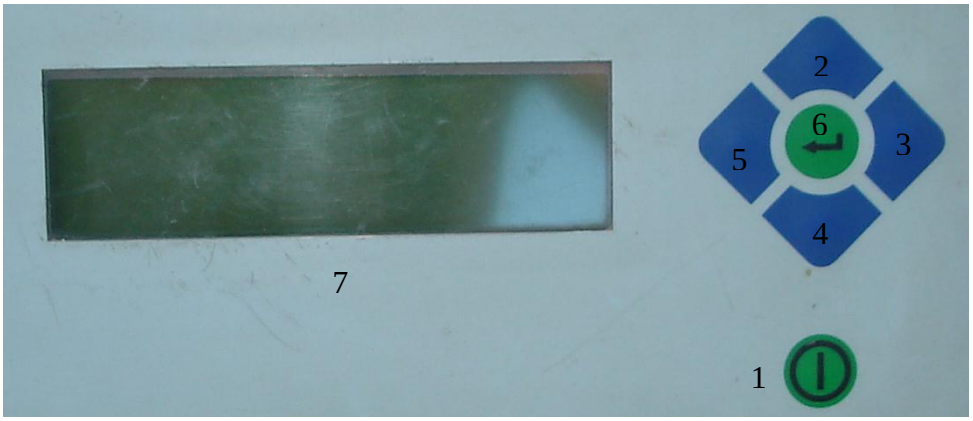
Za elektrofuzijsko zavarivanje elektrofitinga u ovom radu korišten je aparat za elektrofuzijsko zavarivanje Georg Fischer +GF+ MSA 300.

Slika 3.12. Aparat za elektrofuzijsko zavarivanje GEORG FISCHER + GF+ MSA 300 [13]

Aparat MSA 300 ima razne mogućnosti podešavanja, prikazuje sve podatke o zavarivanju na LCD zaslonu, ali nema mogućnost snimanja i automatskog ispisa podataka o zavarivanju, kao ni mogućnost njegove kasnije nadogradnje [14].

Tehnički podaci:

- temperatura okoline: -10 do + 45 °C
- ulazni napon / frekvencija: 180 – 264 V/ 45-65 Hz
- izlazni napon: 8-42 V
- max. struja/ snaga: 80 A / 3780 W
- težina (s kablovima): 11,5 kg
- jezici: 22 jezika



Slika 3.13. Upravljačka ploča aparata za elektrofuzijsko zavarivanje GEORG FISCHER + GF+ MSA 300 [13]

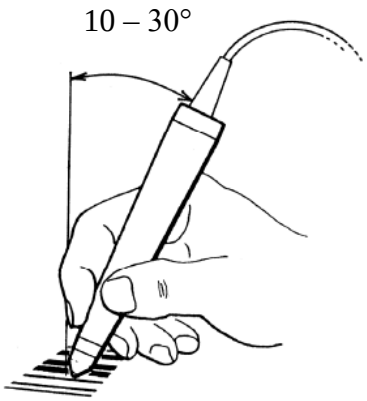
Upravljačka ploča od aparata za elektrufuzijsko zavarivanje MSA 300 sastoji se od:

- navigacijskih tipki (slika 3.13):
  - (1) START/STOP
  - (2) GORE
  - (3) DESNO
  - (4) DOLE
  - (5) LIJEVO
  - (6) ENTER
- zaslona (7) (Display)

Na zaslonu se prikazuju informacije kao što su tip aparata za zavarivanje, vanjska temperatura, datum i vrijeme, spremnost zavarivanja, podaci zavarivanja, vrijeme zavarivanja, vrijeme hlađenja, greška kod zavarivanja i sl.

Nakon što se upali pokazivač spremnosti, početak zavarivanja može uslijediti tek pritiskom na start prekidač. Budući da svaki uređaj ima svoje posebnosti potrebno je koristiti upute za korištenje aparata.

Uz aparat osim kablova za priključak na struju, kablova za zavarivanje sa priključkom na fiting dolazi i barkod čitač (reader pen). Barkod čitač „reader pen“ se prilikom čitanja bar koda drži pod kutom 10 – 30° te se lagano pritisnut povlači od početka do kraja bar koda (slika 3.14).



Slika 3.14. Barkod čitač „reader pen“ i kut držanja [4]

Slika 3.15. Čitanje barkoda čitačem sa magnetske kartice [13]

Magnetska kartica sa barkodom

Sa svakim elektrofitingom dolazi magnetska kartica (prilog 1),(slika 3.16.) ili naljepnica sa barkodom. Pomoću barkod čitača aparat očita podatke sa kartice i prema tim podacima odradi elektrofuzijski postupak zavarivanja.

Na samoj magnetskoj kartici nalaze podaci kao što su:

- naziv proizvođača fitinga, vrsta elektrofitinga i promjer elektrofitinga
- tablica sa naznačenim vanjskim temperaturama i vremenima trajanja samog postupka zavarivanja ovisno o vanjskoj temperaturi
- barkod
- serijski broj proizvoda
- oznaka SDR –a
- minimalno vrijeme hlađenja

Slika 3.16. Magnetska kartica sa barkodom za elektrospojnicu d 20 [13]

Uz aparat za elktrofuzijsko zavarivanje dolaze i kablovi za elektrofuzijsko zavarivanje (slika 3.17). Oni na krajevima imaju prikladni adapter za spoj na elektrofiting. Nakon što se umetnu u utor elektrofitinga, očita se barkod sa magnetne kartice i postupak zavarivanja može početi.

Slika 3.17. Kablovi za zavarivanje sa adapterima za priključak na elektrofiting [13]

3.4. Elektrofuzijsko zavarivanje elektrospojnica uz simulaciju različitih parametara

Kao što je ranije navedeno pripremljeno je pet uzoraka koji će se elektrofuzijski zavarivati uz simuliranje različitih uvjeta.

Slika 3.18. Pripremljeni uzorci i oprema za elektrofuzijsko zavarivanje [13]

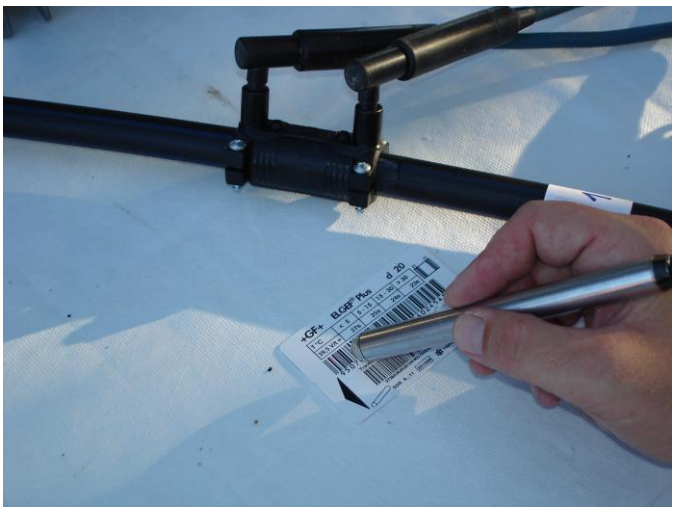
Kao što je prije navedeno a vidljivo je i na slici 3.18., kod svakog uzorka se najprije s jedne strane elektrofuzijski zavarila elektrokapa dok s druge strane navojni prelazni komad, a u sredini svakog uzorka je pripremljena elektrospojnica na kojoj će simulirati različiti uvjeti elektrofuzijskog zavarivanja. Svaki uzorak je označen naljepnicom od broja 1 do broja 5 zbog lakšeg praćenja svakog pojedinog uzorka.

Pripremljeni uzorci će se elektrufuzijski zavarivati na sljedeće načine:

- **Uzorak br. 1** - Normalno elektrofuzijsko zavarivanje prema uputama proizvođača
- **Uzorak br. 2** - Elektrofuzijsko zavarivanje uz simuliranje prekida struje nakon 5 sekundi
- **Uzorak br. 3** - Elektrufuzijsko zavarivanje uz simuliranje prekida struje nakon 12 sekundi
- **Uzorak br.4** - Elektrofuzijsko zavarivanje uz simuliranje vanjske temperature - pothlađivanje uzorka
- **Uzorak br. 5** – Elektrufuzijsko zavarivanje uz simuliranje vanjske temperature – zagrijavanje uzorka

Uzorak br. 1 – Normalno elektrofuzijsko zavarivanje prema uputama proizvođača

Kod prvog uzorka napravljeno je normalno elektrofuzijsko zavarivanje središnje elektrospojnice tj. onako kako nalaže proizvođač cijevi, elektrofitinga i opreme za zavarivanje. Oba kraja cijevi su ostrugana, očišćena alkoholom sve onako kako je u prijašnjem poglavlju prikazano. Tako pripremljeni krajevi cijevi umeću se u elektrospojnicu. Nakon što su krajevi cijevi umetnuti u elektrospojnicu potrebno je pritegnuti oba vijka na elektrospojnici.



Slika 3.19. Očitanje barkoda sa magnetske kartice kod zavarivanja prvog uzorka [13]

Nakon što se priključni kabel se sa svojim adapterima spojio na elektrofiting na aparatu za zavarivanje tj. na LCD zaslonu se pojavio natpis „PODACI ZAVARIVANJA “ (slika 3.20. a)) te se nakon toga moglo početi sa očitavanjem barkoda sa barkod čitačem. Sa zaslona se također moglo iščitati da je trenutna dnevna temperatura prilikom zavarivanja prvog uzorka bila 31°C. Nakon očitanja barkoda aparat je imao sve potrebne informacija sa magnetske kartice i pritiskom na tipku start započeti je postupak elektrofuzijskog zavarivanja.

a) b)

Slika 3.20. Prikaz podataka na zaslonu aparata kod elektrofuzijskog zavarivanja 1 uzorka a) prikaz podataka prije početka zavarivanja b) prikaz podataka u toku zavarivanja [13]

Na zaslonu (slika 3.20 b)) se vidi da je u postupku elektrofuzijsko zavarivanje elektrospojnice 20 mm da je N 14, da elektrofuzijski postupak traje 23 sekunde, da je energija zavarivanja 4,72 KJ. Osim navedenih podataka na zaslonu su prikazani podaci o tipu aparata, datum i vrijeme.

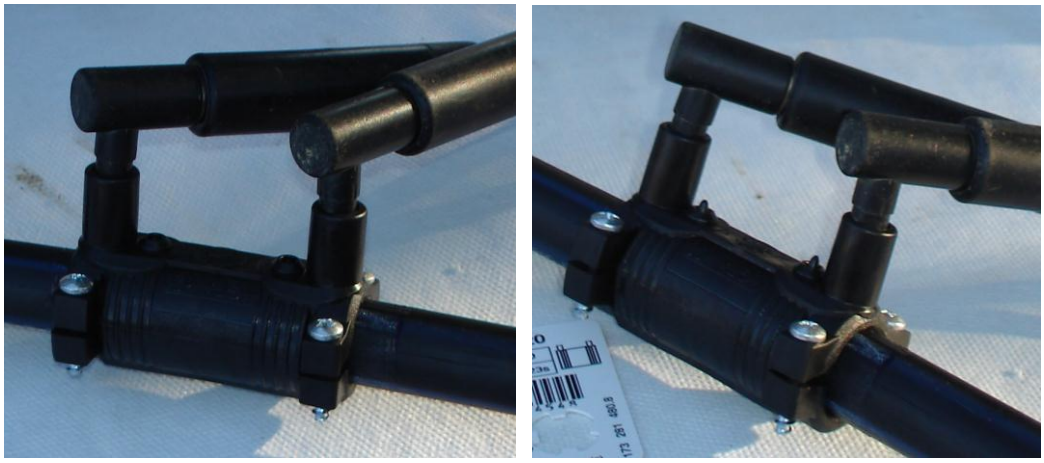
Trajanje zavarivanja određeno je otporom namotaja, naponom mreže i vanjskom temperaturom. Time se mogu protumačiti moguća stvarna različita vremena trajanja za iste ili slične fitinge [4].

Nakon što je prošao postupak elektrofuzijskog zavarivanja na zaslonu se prikazuje natpis „PROCES ZAVARIVANJA ZAVRŠEN“ (Slika 3.21. a)), a nakon toga se na zaslonu prikazuje natpis „HLAĐENJE“ (slika 3.21. b)) koje u našem slučaju iznosilo 10 minuta. Tek nakon što je proteklo propisano vrijeme hlađenja mogu se maknuti priključni kabeli sa adapterima.

a) b)

Slika 3.21. Prikaz podataka na zaslonu aparata kod elektrofuzijskog zavarivanja 1 uzorka a) prikaz podataka nakon završetka zavarivanja b) prikaz podataka u toku hlađenja [13]

Uklanjanje priključnog kabela sa adapterima od elektrofitinga je obavljeno nakon što je završilo predviđeno vrijeme hlađenja. Budući da su kod zavarene elektrospojnice izašla oba indikatora zavara tj. indikatori taline, zavareni spoj bio trebao biti ispravan.



a) b)

Slika 3.22. Indikator zavarivanja na elektrofitingu a) prije, b) poslije zavarivanja [13]

Uzorak br. 2 - Elektrofuzijsko zavarivanje uz simuliranje prekida struje nakon 5 sekundi

Budući da na gradilištima gdje se postavljaju PE vodovodne cijevi i obavlja elektrofuzijsko zavarivanje elektrofitinga često postoji nestabilna struja te zbog toga dolazi do prekida struje upravo zbog toga će se kod uzoraka br. 2 i br. 3 simulirati prekid struje nakon 5 i nakon 12 sekundi nakon što je započeo postupak elektrufuzijskog zavarivanja elektrospojnice. Kasnijim ispitivanjem i analizom vidjeti će se što se dogodilo kod tako zavarenog spoja.

Prije elektrofuzijskog zavarivanja uzorka br. 2 napravljene su iste predradnje pripreme cijevi i elektrospojnica kao i kod uzorka br. 1. Nakon pripreme cijevi i elektrospojnice, na elektrospojnicu se adapterima spajanju kablovi za zavarivanje, barkodom se očita magnetna kartica i pritiskom na tipku start na aparatu započinje postupak elektrofuzijskog zavarivanja.

a) b)

Slika 3.23. Zavarivanje uzorka br. 2 a) spajanje na kablove za zavarivanje b) prikaz podatka na zaslonu aparata očitanih sa magnetske kartice [13]

Kod uzorka br. 2 nije pušteno da aparat odradi postupak zavarivanja do kraja već je napravljen prekid struje u napajanju aparat za zavarivanje nakon što je prošlo tek pet sekundi od početka postupka elektrofuzijskog zavarivanja.

a) b)

Slika 3.24. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme prekida struje b) nakon ponovnog uključenja [13]

Nakon uključenja aparata za elektrofuzijskog zavarivanje na zaslonu piše „PREKID KOD ZAD. ZAVARIV.“ (slika 3.24. b)). Na tako zavarenoj elektrospojnici indikatori zavarivanja ostali su uvučeni.

Uzorak br. 3 - Elektrofuzijsko zavarivanje uz simuliranje prekida struje nakon 12 sekundi

Kod trećeg uzorka ponovljen je postupak kao i kod uzorka br. 2 samo što je postupak zavarivanja trajao nešto duže i to 12 sekundi.

a) b)

Slika 3.25. Zavarivanje uzorka br. 2 a) spajanje na kablove za zavarivanje b) prikaz podatka na zaslonu aparata očitanih sa magnetske kartice [13]

a) b)

Slika 3.26. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) nakon ponovnog uključenja [13]

Nakon 12 sekundi odrađenog postupka elektrufuzijskog zavarivanje elektrospojnice opet je napravljen prekid struje u napajanju aparata za zavarivanje. Na zaslonu aparata nakon što je ponovno uključen stoji natpis „PREKID KOD ZAD. ZAVARIV.“ (slika 3.26. b)).

Na zavarenoj elektrospojnici uzorka br. 3 jedan indikator zavarivanja je djelomično izvučen dok je drugi ostao neizvučen.

Uzorak br. 4 - Elektrofuzijsko zavarivanje uz simuliranje vanjske temperature - pothlađivanje uzorka

Kao što je slučaj kod čestih prekida struje na gradilištu isto tako se događa da su cijevi uskladištene na otvorenim prostorima ispred gradilišta i tako uskladištene cijevi su pod utjecajem vremenskih prilika. U našim krajevima zimi idu temperature i do -20°C dok ljeti preko 35°C a same cijevi ako su izložene direktnom utjecaju sunca mogu biti zagrijane i na više temperature.

Kako bi se mogla simulirati pothlađenost cijevi i elektrofitinga koje se elektrofuzijski zavaruje uzorak br. 4 je stavljen u ledenicu i ohlađen na – 12°C (slika 3.27. a)).

a) b)

Slika 3.27. Priprema uzorka br. 4 za zavarivanje a) pothlađivanje u ledenici b) spajanje pothlađenog uzorka na kablove za zavarivanje [13]

Tako pothlađeni uzorak je izvađen iz ledenice, spojen na kablove za zavarivanje (slika 3.27. b)) i odmah nakon toga započeti je postupak elektrofuzijskog zavarivanja.

a) b)

Slika 3.28. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) za vrijeme postupka hlađenja [13]

Sam postupak elektrofuzijskog zavarivanja napravljen je kao i kod uzorka br. 1 tj. prema uputama proizvođača cijevi i elektrofitinga. Nakon što je završio postupak zavarivanja pričekalo se da završi postupak hlađenja od 10 minuta. Na zavarenom elektrofitingu oba indikatora su se izvukla pa na prvi pogled izgleda da je elektrufuzijsko zavarivanje bilo uspješno.

Uzorak br. 5 – Elektrufuzijsko zavarivanje uz simuliranje vanjske temperature – zagrijavanje uzorka

Za razliku od uzorka br. 4 kod uzorka br. 5 napravljen je obrnuti postupak tj. cijev i elektrofiting su stavljeni u pećnicu i zagrijani na 100°C (slika 3.29 a), b)). Nakon što se pećnica zagrijala na 100°C uzorak br. 5 je izvađen iz pećnice, priključen na kablove za zavarivanje i započeti je postupak elektrofuzijskog zavarivanja. Treba naglasiti da je od trenutka vađenja uzorka iz pećnice i početka zavarivanja prošlo približno 45 sekundi tako da se vjerojatno uzorak malo i ohladio ali to se nije moglo izbjeći.

a) b)

Slika 3.29. Priprema uzorka br. 5 za zavarivanje a) stavljanje uzorka u pećnicu i podešavanje pećnice na 100 °C b) zagrijavanje uzorka u pećnici [13]

Slika 3.30. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) za vrijeme postupka hlađenja [13]

Kod postupka zavarivanja uzorka br. 5 prema isto kao i kod postupka zavarivanja uzorka br. 4 sve je napravljeno prema uputama proizvođača cijevi i elektrofitinga. Nakon što je završio postupak zavarivanja isto tako se trebalo pričekati da završi postupak hlađenja od 10 minuta te su se na zavarenom elektrofitingu oba indikatora izvukla pa na prvi pogled i ovdje izgleda da je elektrufuzijsko zavarivanje bilo uspješno.

Pothlađivanjem uzorka br. 4 i zagrijavanjem uzorka br. 5 simulirano je pogrešno unošenje vanjske temperature u aparat za zavarivanje. Dnevna temperatura zavarivanja iznosila je više od 30 °C, a sukladno tome prema magnetskoj kartici vrijeme zavarivanja je 23 sekundi. Uzorci nisu bili pod utjecajem dnevne temperature, a aparat to nije mogao znati niti je zbog toga prilagodio vrijeme zavarivanja jer je već ranije navedeno da trajanje elektrofuzijskog zavarivanja ovisi o dnevnoj temperaturi na kojoj se obavlja zavarivanje. Kod pothlađenog uzorka vrijeme zavarivanja je trebalo biti duže prema tabeli na magnetskoj kartici tj. 27 sekundi. Kod zagrijanog uzorka vrijeme trajanja zavarivanja je prema tabeli na magnetskoj kartici trebalo biti 23 sekundi, toliko je stvarno i bilo, ali uzorak je bio zagrijan na temperaturu i više nego duplo od one koja se navodi na magnetskoj kartici pa je prema tome vrijeme zagrijavanja trebalo biti kraće od 23 sekundi. S obzirom da je uzorak br. 5 bio pod utjecajem visoke temperature došlo je i do omekšavanja materijala što će također možda utjecati na kvalitetu zavara.

Da bi mogli točno utvrditi kvalitetu zavarenih spojeva potrebno je izvršiti tlačno ispitivanje.

3.5. Tlačno ispitivanje zavarenih spojeva na uzorcima

Nakon što je obavljeno elektrofuzijsko zavarivanje elektrospojnica na svih pet uzoraka i to pod različitim uvjetima potrebno je izvršiti tlačno ispitivanje istih kao bi se moglo vidjeti da li su spojevi nepropusni tj. ispravni. Tlačno ispitivanje je obavljeno vodom kao medijem za ispitivanje. Osim vode može se koristiti i zrak kao medij. Budući da se većina kućnih instalacija ispituje na tlak od približno 6 bara to je bila prva granica na koji se tlačio uzorak. Kasnije se uzorak natlačio na tlak od 18 - 23 bara tj. dodatno se opteretio uzorak da bi se vidjelo kako se ponaša zavareni spoj kod višestruko većeg tlaka od radnog tlaka. S obzirom da se koristila električna tlačna pumpa a uzorak je male dužine nije se uvijek mogao zatvoriti leptirasti ventil na istom tlaku, zato će kod svakog uzorka biti različiti tlak kod kojeg je leptirasti ventil zatvoren.

Za obavljanje tlačne probe korištena je sljedeća oprema i pribor:

- tlačna pumpa za tlačenje vodom REMS E-Pusch 2 sa PVC cijevima
- kanta za vodu
- pocinčani T-komad ½“
- manometar ½“ 0 do 25 bara
- ispusna slavina – leptir ½“

a) b)

Slika 3.31. Oprema i pribor za tlačno ispitivanje uzoraka a) tlačna pumpa REMS b) tlačna pumpa i ostali pribor [13]

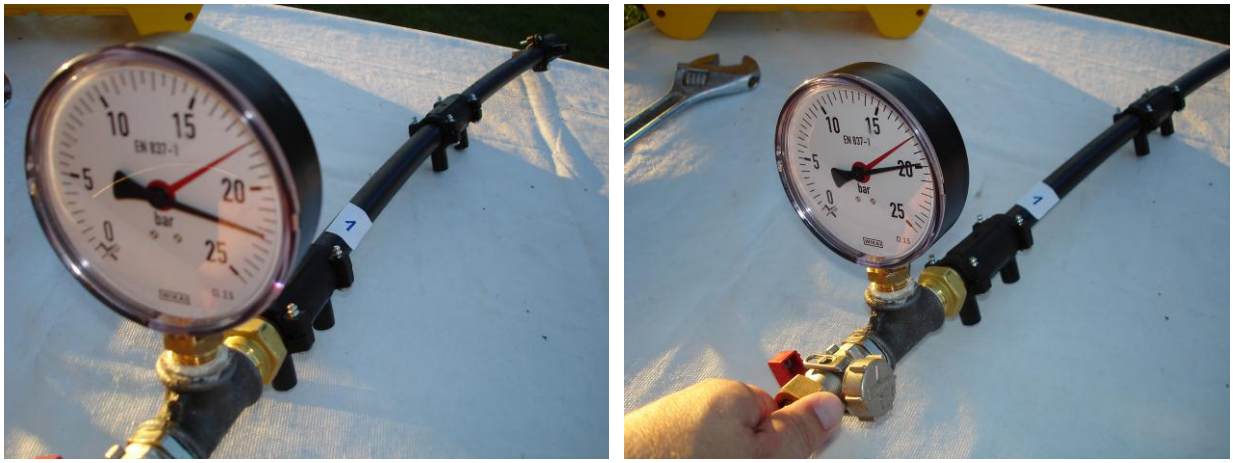
Tlačno ispitivanje uzorka br. 1

Da bi se izgurao zrak iz uzorka prije početka tlačnog ispitivanja, uzorak se polako napunio vodom iz slavine. Nakon što se uzorak ispunio vodom isti se spojio na cijev tlačne pumpe. Nakon što se uzorak br. 1 spojio na spojnu cijev tlačne pumpe, tlačna pumpa se uključuje i uzorak se polako tlači vodom.

Nakon što se postigao tlak od približno 6 bara (slika 3.32.), zatvoren je leptirasti ventil a uzorak je ostavljen nekoliko minuta da vidi što se događa se zavarenom elektrospojnicom.

Slika 3.32. Tlačenje uzorka br. 1 na tlak od 6 bara [16]

Nakon što je bilo vidljivo da je zavareni spoj drži, da ne propušta nastavlja se tlačenje uzorka br. 1. Polako se podiže tlak i pritom se postignuo tlak viši od 20 bara. Na tako visokom tlaku cijev se počela širiti „napuhavati“, ali zavareni spoj je još uvijek držao. Nakon što se zatvorio leptirasti ventil na 23 bara (slika 3.33.a)) tlak je odmah pao na 20 bara zbog širenja cijevi (slika 3.33 b))



Slika 3.33. Tlačenje uzorka br. 1 a) na tlak viši od 20 bara b) opadanje tlaka na 20 bara nakon zatvaranja ventila zbog širenja cijevi [13]

Zavareni spoj elektrospjnicom na uzorku br. 1 nakon što je duže od dva sata ostavljen natlačen na 20 bara ostao je nepropustan tj. i nakon dva sata manometar je pokazivao 20 bara i nije bilo tragova propuštanja.

Nakon što je tlačna proba prošla ispunjava se Zapisnik o tlačnoj probi (prilog 3) kojim se konstatira da je instalacija, a u ovom slučaju uzorak br. 1 nepropustan i ispravan. U ovom radu Zapisnik je ispunjen na veću ispitnu vrijednost tj. 20 bara.

Tlačno ispitivanje uzorka br. 2

Za razliku od uzorka br. 1 kod uzoraka br. 2 i br. 3 prilikom elektrofuzijskog zavarivanja elektrospojnice simulirani je prekid dovoda struje pa će biti zanimljivo vidjeti što će pokazati tlačno ispitivanje.

Kao i kod uzorka 1. i uzorak br. 2 nakon što se napunio vodom iz slavine zbog odzračivanja spojen je na cijev tlačne pumpe, upaljena je tlačna pumpa i polako se podiže ispitni tlak. Već nakon 1,5 bara na zavarenom spoju počela je izlaziti voda (slika 3.34. b)) i nije se nikako mogao postignuti veći tlak u uzorku.

Slika 3.34. Tlačno ispitivanje uzorka br. 2 a) prikaz tlaka kod kojeg dolazi do propuštanja spoja b) istjecanje vode na zavarenom spoju [13]

Na slici 3.34. vidi se da je mjesto propuštanja vode na zavarenoj elektrospojnici na sredini uzorka. S obzirom da je već na 1,5 bara počela na zavarenom spoju izlaziti voda za pretpostaviti je da je spoj jako slabo zavaren tj. da zbog prekida kod postupka elektrofuzijskog zavarivanja nije uspjelo doći do fuzije materijala.

Tlačno ispitivanje uzorka br. 3

Za razliku od uzorka br. 2, zavarivanje uzorka br. 3 trajalo je nešto duže, ali niti na tom uzorku nije bio do kraja završen postupak zavarivanja s obzirom da se i na ovom uzorku simulirao prekid struje.

Nakon punjenja uzorka vodom iz slavine, spajanja uzorka na tlačnu pumpu i paljenja tlačne pumpe započeti je postupak tlačnog ispitivanja uzorka br. 3.

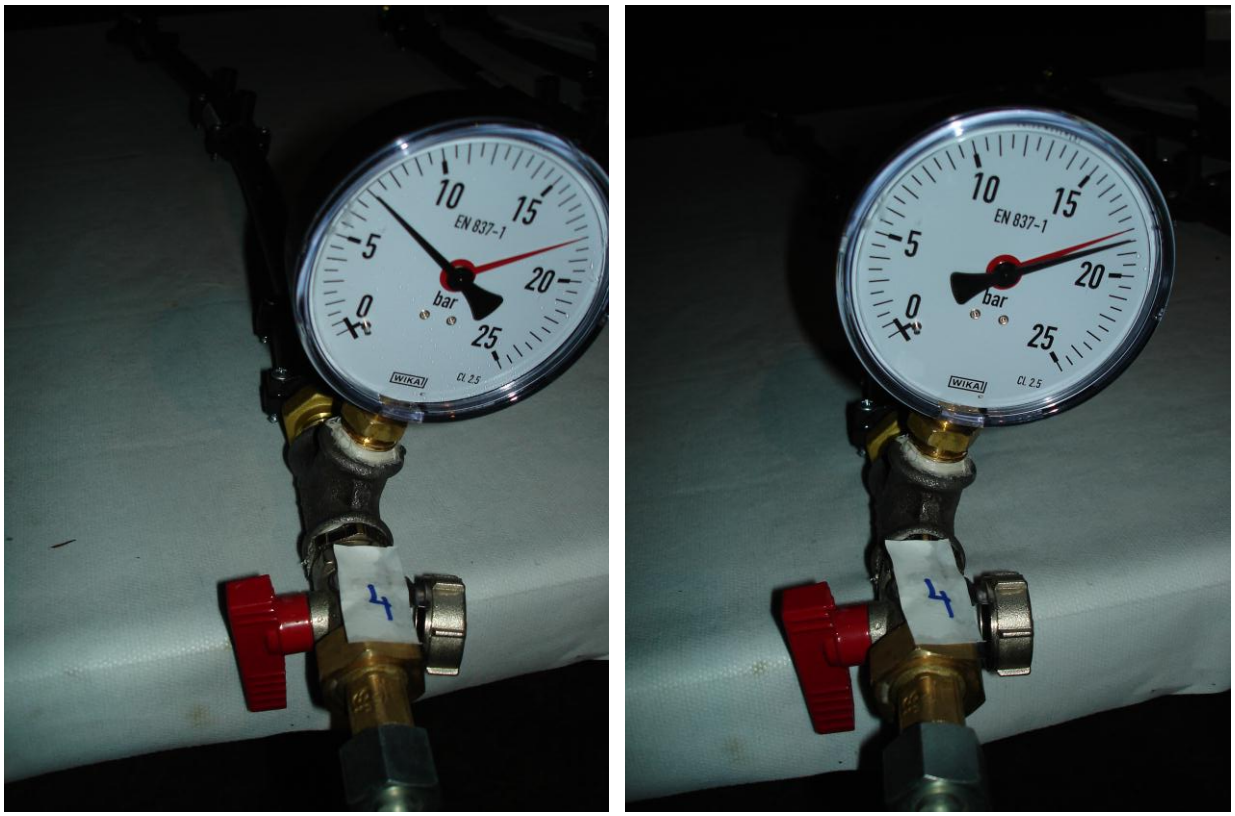
Tijekom tlačnog ispitivanja već nakon tri bara počela je izlaziti voda na središnjoj zavarenoj elektrospojnici (slika 3.35). Nastavljamo tlačno ispitivanje i uzorak se uspio natlačiti samo do četiri bara a tu je već voda tako počela izlaziti kod zavarene elektrospojnice da se nije uspio dobiti već tlak na manometru.

Slika 3.35. Tlačno ispitivanje uzorka br. 3 - prikaz tlaka kod kojeg dolazi do propuštanja zavarenog spoja [13]

Kod tlačnog ispitivanja uzorka br. 3 zavareni spoj je izdržao nešto duže tj. tek na nešto višem tlaku je počelo puštati kod zavarene elektrospojnice. Tako da se i kod ovog uzorka vidi da elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno.

Tlačno ispitivanje uzorka br. 4

Postupak tlačnog ispitivanja uzorka br. 4 napravljen je na isti način kao i kod prijašnjih uzoraka. Kod uzorka br. 4 napravljen je normalan postupak elektrofuzijskog zavarivanja sve prema pravilima struke, ali treba naglasiti da je uzorak prethodno bio pothlađen u zamrzivaču na -12°C. Tijekom tlačnog ispitivanja prvo je uzorak natlačen na tlak od oko 7 bara i kod tog tlaka je zatvoren leptirasti ventil, a uzorak tako ostavljen nekoliko minuta. Kazaljka manometra je nakon nekoliko minuta čekanja ostala na mjestu, spoj je ostao suhi tako da je nastavljeno tlačenje uzorka na viši tlak. Uzorak se natlačio na tlak veći od 20 bara a leptirasti ventil je zatvoren kod 18 bara. Tako natlačen uzorak ostavljen je duže od sat vremena.



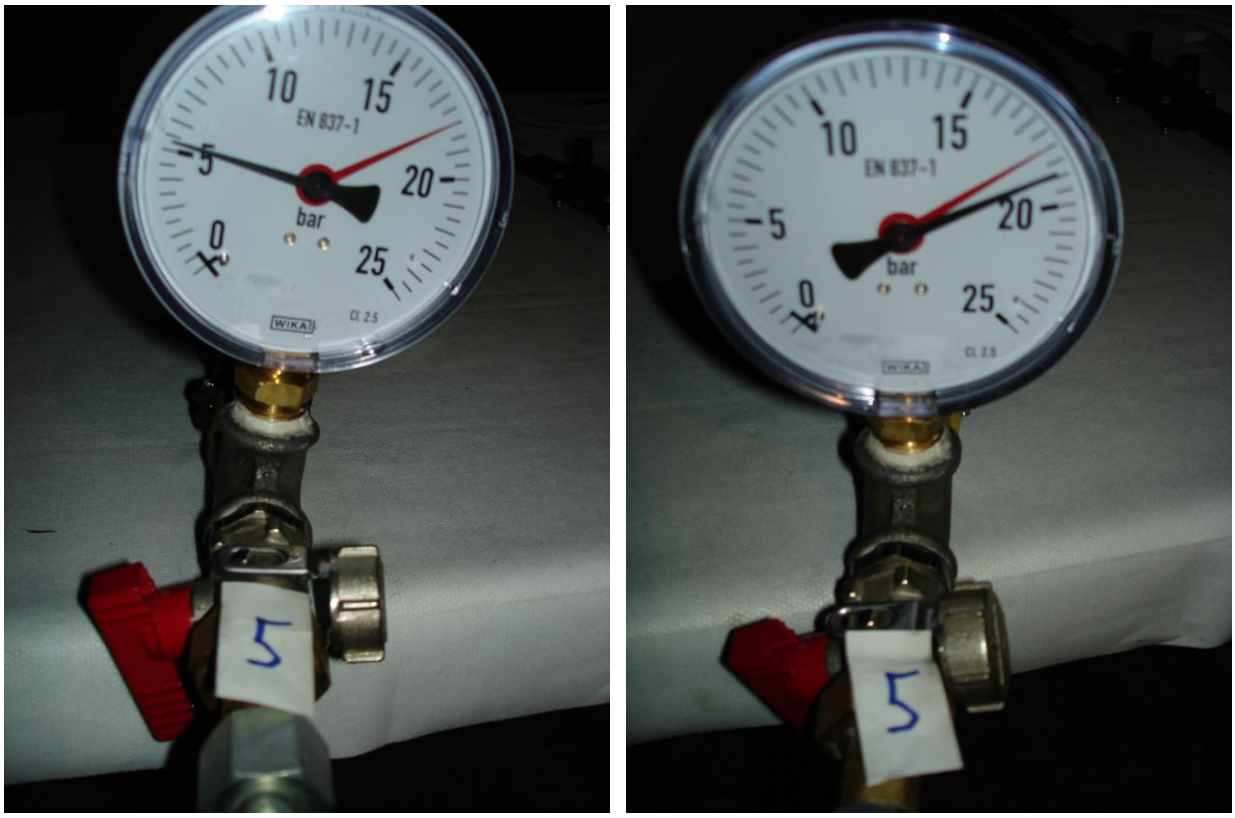
Slika 3.36. Tlačno ispitivanje uzorka br. 4 a) tlačno ispitivanje na 7 bara b) tlačno ispitivanje na 18 bara [13]

Manometar na uzorku br. 4 i nakon sat vremena je pokazivao 18 bara, nije bilo znakova propuštanja na elektrospojnici tako da kod ovog uzorka je za pretpostaviti da je elektrofuzijsko

zavarivanje bilo uspješno. Nakon uspješne tlačne probe popunjava se Zapisnik o tlačnoj probi (prilog 4).

Tlačno ispitivanje uzorka br. 5

Kao i kod svih ranijih uzoraka tlačno ispitivanje uzorka napravljeno je na isti način. Nakon što je uzorak br. 5 ispunjen vodom iz slavine, spojen na crpku za tlačenje započeti je postupak tlačnog ispitivanja. Prvo je uzorak natlačen na tlak od 5,5 bara (slika 3.37 a)). Tako natlačen uzorak je ostavljen nekoliko minuta. Budući da je manometar i dalje pokazivao isti tlak i nije bilo znakova propuštanja na samom spoju upaljena je tlačna pumpa i nastavljeno je sa tlačenjem na viši tlak. Nakon što se uzorak natlačio na tlak od oko 19 bara slika 3.37. b)) zatvoren je leptirasti ventil. Uzorak je tako ostavljen 60 minuta.



Slika 3.37. Tlačno ispitivanje uzorka br. 5 a) tlačno ispitivanje na 5 bara b) tlačno ispitivanje na 19 bara [13]

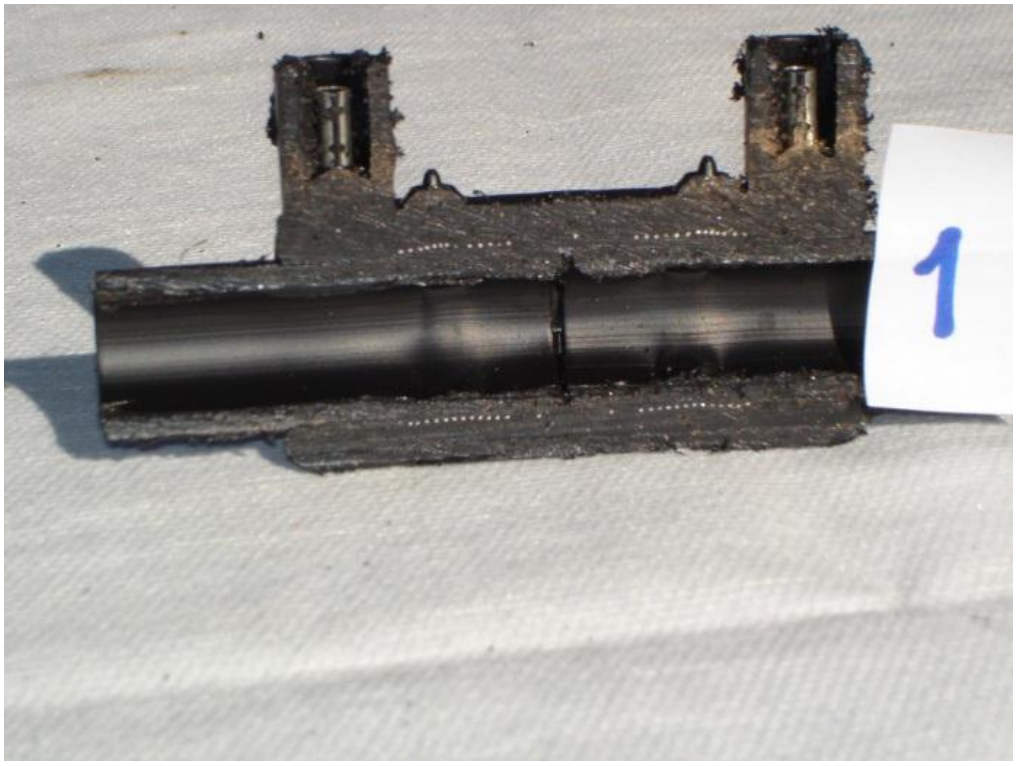
Nakon sat vremena manometar je pokazivao na 19 bara. Vizualno je pregledani uzorak, spoj na uzorku je i dalje bio suh tj. zavarena elektrospojnica je bila uspješno zavarena. Nakon uspješne tlačne probe popunjava se Zapisnik o tlačnoj probi (prilog 5).

4. Analiza zavarenih uzoraka

Već u toku samog postupka tlačnog ispitivanja vidljivo je da su pojedini uzorci prošli tlačnu probu, a neki nisu. Stoga će se svaki uzorak probati podrobnije analizirati i vidjeti što se dogodilo kod samog postupka elektrofuzijskog zavarivanje elektrospojnice, pritom uzeti u obzir uvjete pod kojima se svaki pojedini uzorak zavarivao.

4.1. Analiza uzorka br.1

Elektrofuzijsko zavarivanje uzorka br. 1 napravljeno prema pravilima struke, preporukama proizvođača cijevi, elektrofitinga i proizvođača aparata za zavarivanje, kod kojeg su poštovani zadani parametri zavarivanja očitani sa magnetske kartice, pokazalo se tlačnim ispitivanjem uspješno. Zavareni spoj je držao ne samo na uobičajenom tlaku ispitivanja od 6 bara već i na mnogo većem tlaku tj. od oko 20 bara.



Slika 4.1. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br.1 [13]

Da bi mogli detaljnije vidjeti kako izgleda zavareni spoj kod uspješno obavljenog elektrofuzijskog zavarivanja napravljeni je presjek zavarene elektrospojnice i cijevi. Iz presjeka

se vidi da je spoj između cijevi i elektrospojnice postao jedna cjelina, da je došlo do fuzije dva materijala, vidi se da nije došlo do uzdužnog pomaka cijevi unutar spojnice i to unatoč tlačenju na tlak veći od nazivnog tlaka za koji su deklarirane cijevi 12,5 bara, elektrospojnica 16 bara. Iz presjeka se također vidi da su oba indikatora zavarivanja izvučena do kraja tako da je i to jedan od znakova da je elektrofuzijsko zavarivanje bilo dobro napravljeno i uspješno.

4.2. Analiza uzorka br.2

Za razliku od uzorka br. 1 kod uzorka br. 2 tlačno ispitivanje je pokazalo da elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno. Već kod minimalnog tlaka na mjestu zavarenog spoja počela je izlaziti voda, tlak je počeo odmah padati, a to znači da elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno. Pokazalo se da zbog prekida struje već na samom početku postupka zavarivanja nije došlo do dovoljnog zagrijavanja materijala koji se zavaruje tj. nije došlo do fuzije dva materijala koji se zavaruju. Prije samog tlačnog ispitivanja bilo je za pretpostaviti da elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno budući da indikatori zavarivanja nisu bili izvučeni. S obzirom da je predviđeno vrijeme trajanja elektrofuzijskog zavarivanja 23 sekunde, a simulirali prekid struje je bio nakon 5 sekundi teško je bilo za vjerovati da će zavarivanje biti uspješno.

Budući da proizvođač dopušta mogućnost da ukoliko je došlo do prekida struje da se može nakon otprilike nakon 1,5 sata ponoviti postupak zavarivanja u ovom radu kod uzorka br. 2 ponovno je napravljeno elektrofuzijsko zavarivanje elektrospojnice (slika 4.2.), (slika 4.3), (slika 4.4)., kako bi se vidjelo da li će nakon što se drugi puta zavari ista spojnica elektrofuzijsko zavarivanje biti uspješno kako navodi proizvođač cijevi. Ovaj put postupak elektrofuzijskog zavarivanja odrađeni je prema pravilu struke i uputama proizvođača.

Slika 4.2. Ponovno zavarivanje uzorka br. 2 [13]

a) b)

Slika 4.3. Ponovljeno zavarivanje uzorka br. 2 - prikaz podataka na zaslonu a) za vrijeme zavarivanja b) nakon završetka zavarivanja [13]

Slika 4.4. Ponovljeno zavarivanje uzorka br. 2. - prikaz podataka na zaslonu aparata za vrijeme hlađenja [13]

Nakon završetka ponovljenog postupka elektrofuzijskog zavarivanja da bi se vidjelo da li je postupak obavljen kako treba tj. da bi se ispitala nepropusnost takvog spoja trebalo je ponoviti tlačno ispitivanje (slika 4.5.).

Slika 4.5. Ponovljeno tlačno ispitivanje uzorka br. 2. [13]

Tlačno ispitivanje izvršeno kao i sva prethodna. Prvo se uzorak napunio vodom i na taj način odzračio. Odmah nakon što se uključila tlačna pumpa tj. započeo postupak tlačne probe na jednom kraju elektrospojnice već minimalni pritisak je izbacio cijev iz elektrospojnice (slika 4.5). Tako i ponovljeni postupak elektrofizijskog zavarivanja nije uspio. Kao i kod uzorka br. 1 da bi se probalo podrobnije vidjeli što se desilo sa zavarenim spojem napravljen je presjek elektrospojnice i cijevi.

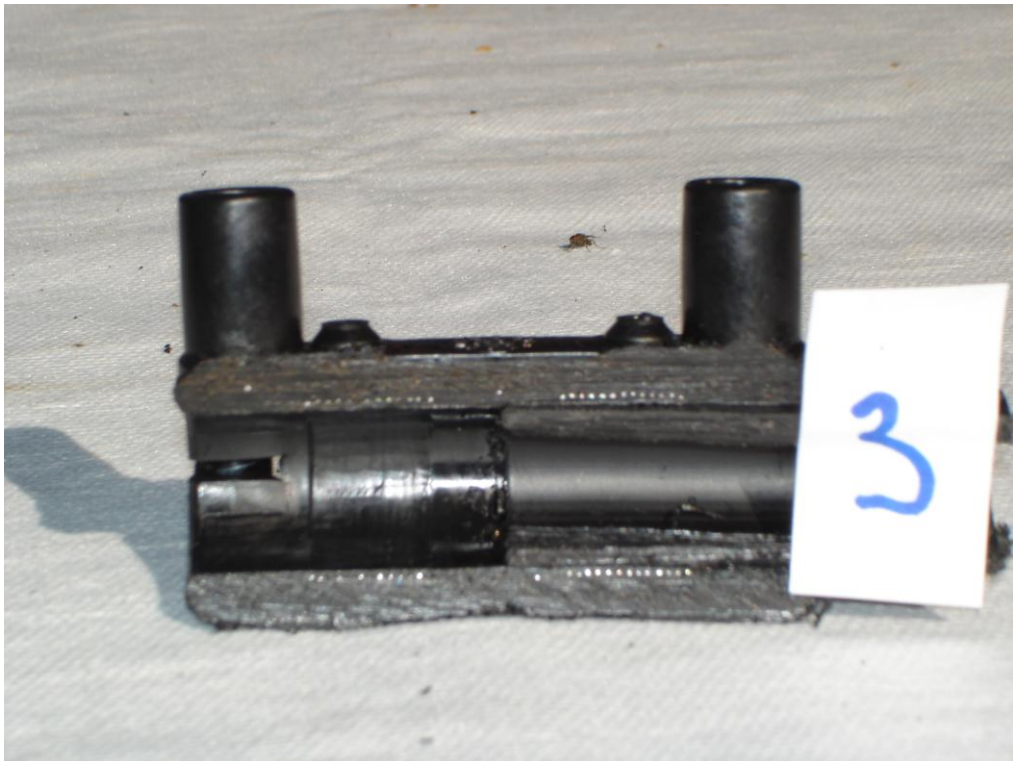
Slika 4.6. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br.2 [13]

Na presjeku elektrospojnice vidi se da je na jednoj strani uspjelo ponovljeno elektrofuzijsko zavarivanje. Cijev i elektrospojnica su jedan homogeni spoj, jedino što se cijev uzdužno pomaknula vjerojatno kod prve tlačne probe. Isto tako i indikator zavarivanja je izvučen što se vidi i na slici 4.6. S druge strane elektrospojnice zavarivanje nije uspjelo. Na tom djelu vidi se da je došlo do djelomičnog zagrijavanja unutrašnjosti elektrospojnice, ali to nije bilo dovoljno niti da se cijev zavari bar toliko da cijev ne ispadne prilikom tlačnog ispitivanja. Ranije tlačno ispitivanje prouzročilo je vjerojatno i s ove strane uzdužno pomicanje cijevi unutar elektrospojnice pa je i to vjerojatno pridonijelo neuspješnosti zavarivanja. Naravno s obzirom da je zavarivanje bilo neuspješno indikator zavarivanja nije izvučen.

4.3. Analiza uzorka br. 3

Kao i kod uzorka br. 2 isto tako i kod uzorka br. 3 simulirani je prekid struje samo je postupak zavarivanje trajao za 7 sekundi duže nego kod uzorka br. 2. Tlačno ispitivanje uzorka pokazalo je da je spoj izdržao nešto viši tlak od uzorka br. 2 tj. tlak oko 3 bara, ali i za taj uzorak treba reći da elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno.

To što je postupak elektrofuzijskog zavarivanja trajao duplo duže kao kod uzorka br. 2 nije značilo ništa s obzirom da se nije dogodilo elektrofuzijsko spajanje cijevi i elektrofitinga.



Slika 4.7. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 3 [13]

I na presjeku (slika 4.7.) se tek u tragovima vidi da na unutrašnjosti elektrospojnice ima malo rastaljenog materijala što znači da je postupak elektrofuzijskog zavarivanja prerano prekinut. Također se vidi da su oba indikatora zavarivanja ostala uvučena u elektrospojnici.

4.4. Analiza uzorka br. 4

Postupci zavarivanja kod uzoraka br. 4 i br. 5 za razliku kao kod prethodna dva uzoraka odrađeni su u potpunosti prema pravilu struke tj. isto kao i kod uzorka br. 1, ali uz razliku što se uzorak br. 4 pothladio u zamrzivaču na -12 °C a uzorak br. 5 dodatno zagrijao u pećnici na 100 °C, a time se simulirala različita temperatura materijala koji se zavaruju u odnosu na temperaturu zraka u vrijeme zavarivanja. To znači da materijal koji se zavarivao nije bio na dnevnoj temperaturi na kojoj se obavljalo zavarivanje. Na neki način tako se simuliralo pogrešno unošenje vrijednosti vanjske temperature u uređaj za zavarivanje.

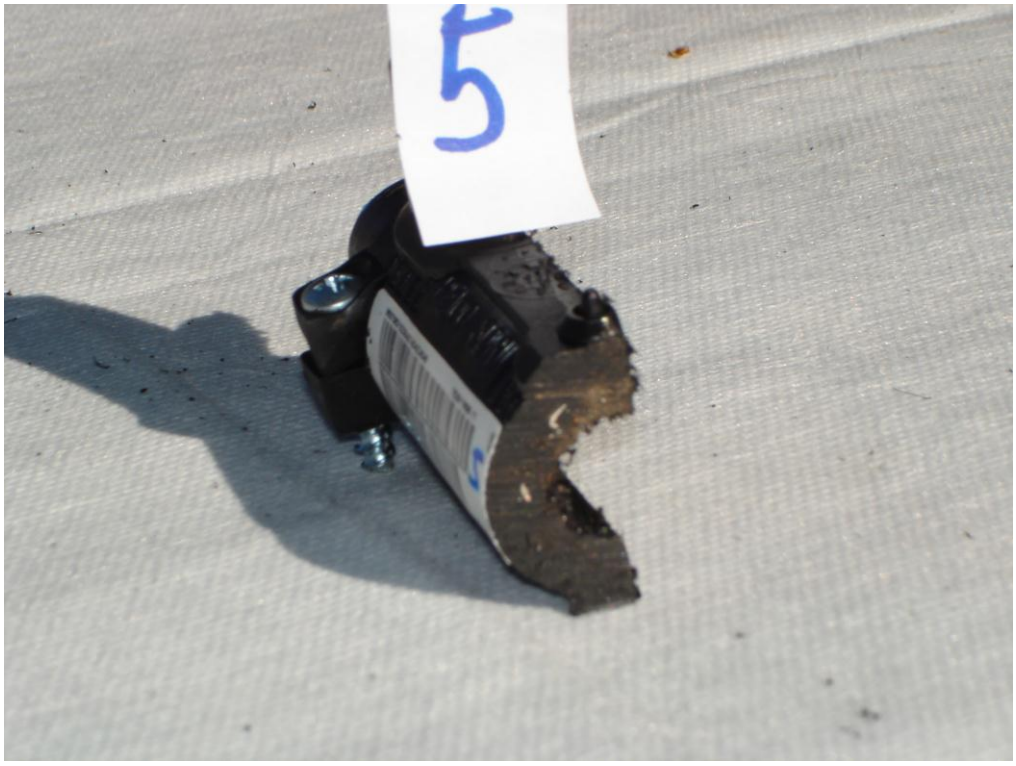
Budući da se uzorak br. 4 natlačio na 18 bara i nakon sat vremena nije bilo pada tlaka, niti drugih znakova propuštanja može se reći da je elektrofuzijsko zavarivanje uzorka br. 4 bilo uspješno.

Može se reći da nakon što se uzorak pothladio na mnogo manju temperaturu od one dnevne koja je bila u vrijeme zavarivanje to nije utjecalo na kvalitetu zavarenog spoja. Prema tome može se zaključiti da ukoliko su cijevi i elektrofitizi a to zna biti često na gradilištu pogotovo u zimsko vrijeme pod utjecajem niske temperature tj. temperature oko -12°C prije samog postupka zavarivanja to ne bi trebalo utjecati na kvalitetu zavarenog spoja.

4.5. Analiza uzorka br. 5

Tlačno ispitivanje uzorka br. 5 je također kao i kod uzorka br. 4 bilo uspješno i to bez obzira što se uzorak stavio pod jaki utjecaj temperature u peći i to čak na oko 100°C. Tlačno ispitivanje pokazalo je da zavareni spoj drži i na tlaku od 5,5 bara kao i na mnogo većem tlaku tj. tlaku od oko 19 bara. I na presjeku zavarenog spoja se vidi da je spoj cijevi i elektroftinga jedan homogeni spoj kod kojeg je došlo do potpunog elektrofuzijskog zavarivanja cijevi i fitinga. Cijev je nakon tlačnog ispitivanja ostala na mjestu skroz do graničnika, znači nije došlo do pomicanja cijevi unutar spojnice. Također se i na poprečnom presjeku (slika 4.9) vidi homogenost spoja. Naravno da s obzirom da je elektrofuzijsko zavarivanje bilo uspješno da su oba indikatora zavara izvučena što se vidi i na slici 4.8.

Slika 4.8. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 5 [13]



Slika 4.9. Poprečni presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 5 [13]

Stoga se može zaključiti da ukoliko su cijevi i elektrofitizi na gradilištu pod utjecajem jakog direktnog sunca ili su blizu drugog izvora topline to neće utjecati na kvalitetu zavarenog spoja.

5. Zaključak

Analiza i tlačno ispitivanje svih pet uzoraka pokazala je da ukoliko na gradilištu na kojem se montiraju polietilenski tlačni sustavi za vodu ako prilikom elektrofuzijskog zavarivanja elektrofitinga dođe do određenih poremećaja da će takvi poremećaji utjecati na kvalitetu zavarenog spoja.

Elektrofuzijsko zavarivanje kao što je slučaj kod prvog uzorka kada u toku samog postupka zavarivanja ne dođe do nikakvih poremećaja, kada se zavarivanje obavlja prema uputama proizvođača opreme kojom se zavaruje i prema uputama proizvođača cijevi i spojnih komada tada će elektrofuzijsko zavarivanje biti uspješno, a takav spoj nepropustan.

Tlačno ispitivanje i kasnija analiza uzoraka br. 2 i uzorka br. 3 kod kojih se simulirao prekid struje kod samog postupka elektrofuzijskog zavarivanja pokazala je da kod oba uzorka elektrofuzijsko zavarivanje nije bilo uspješno i to bez obzira da li se prekid struje dogodio nakon 5 sekundi ili nakon 12 sekundi zavarivanja.

Bez obzira što proizvođač cijevi navodi da ukoliko dođe do prekida struje u toku elektrofuzijskog zavarivanja da se nakon 1,5 sati može ponoviti postupak zavarivanja na istom spoju, tlačno ispitivanje ponovljenog postupka elektrofuzijskog zavarivanja uzorka br. 2 pokazalo je da je zavareni spoj i dalje neispravan, propušta i kao takvo ponovljeno zavarivanje nije uspjelo. Naravno vjerojatno je neuspjelom ponovnom zavarivanju pridonijelo to što je uzorak ranije bio ispitivan vodom i pod utjecajem određenog tlaka. U praksi kada dođe do prekida struje, pripremljeni spoj se ne dira, pričeka se 1,5 sati i onda se ponovi zavarivanje.

Kod uzorka br. 4 i uzorka br. 5 tlačno ispitivanje je pokazalo da bez obzira što su uzorci bili pod utjecajem prethodnog hlađenja na -12 °C odnosno zagrijavanja na 100 °C, a sam postupak elektrofuzijskog zavarivanja napravljen prema uputama proizvođača opreme za zavarivanja i proizvođača cijevi i elektrofitinga da je elektrofuzijsko zavarivanje bilo uspješno. Iz toga možemo zaključiti ukoliko se polietilenske cijevi i spojni materijal prije samog zavarivanja nalazi pod utjecajem jakog sunca ili drugog izvora topline tj. utjecajem jake hladnoće, a samo zavarivanje se obavlja u normalnim uvjetima to ne bi trebalo utjecati na kvalitetu zavarenog spoja.

U Varaždinu 21.07.2017 Student: Andrejas Janež

6. Literatura

[1] A. Rogić, I. Čatić, D. Godec: Polimeri i polimerne tvorevine, Biblioteka polimertsvo – serija zelena, Zagreb, 2008

[2] Z. Janović, Polimerizacije i polimeri, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa, Zagreb, 1997

[3] L. Minić: Utjecaj ekstrudiranja na toplinske karakteristike polietilena visoke gustoće, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2010

[4] Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb

[5] https://de.scribd.com/document/55660643/Seminarski-Jovic, dostupno 08.09.2015

[6] http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/2015/PE100-VODA.pdf, dostupno 07.09.2015

[7] http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Niskogradnja%202014.pdf dostupno 01.09.2015

[8] http://www.heplast-pipe.hr/wp-content/uploads/Heplast-PPR-HR-2010-niskogradnja.pdf dostupno 02.10.2010

[9] http://www.georgfischer.hr/proizvodi/voda, dostupno 10.09.2015

[10] http://anik.hr/attachments/article/3/G%20-%20FAZONSKI%20KOMADI.pdf ,dostupno 12.09.2015

[11] https://bib.irb.hr/datoteka/261701.2_2_Samardzic.pdf, dostupno 11.09.2015

[12] http://www.google.hr/search?q=REMS+tlačna+pumpa, dostupno 15.09.2015

[13] Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015

[14] http://www.georgfischer.hr/proizvodi/voda-strojevi-za-elektrofuzijsko-zavarivanje, dostupno 10.09.2015

Popis slika

Slika 2.1. Formula polietilena i karakteristične temperature Izvor: A. Rogić, I. Čatić, D. Godec: Polimeri i polimerne tvorevine, Biblioteka polimertsvo – serija zelena, Zagreb, 2008.....3
Slika 2.2. Shematski prikaz kristalnih i amorfnih područja u polietilenu Izvor: L. Minić: Utjecaj ekstrudiranja na toplinske karakteristike polietilena visoke gustoće, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2010.....3
Slika 2.3. Presjek jednopužnog ekstrudera; 1-lijevak, 2 pužni vijak, 3-cilindar za taljenje, 4-tlačni ležaj, 5-namjestivi pogon, 6-spojka, 7-pogonski motor, 8-grijala, 9-hladila, 10-prirubnica, 11-sita, 12-cjedilo, 13 glava ekstrudera-mlaznica, 14 prigušnica Izvor: A. Rogić, I. Čatić, D. Godec: Polimeri i polimerne tvorevine, Biblioteka polimertsvo – serija zelena, Zagreb, 2008.....7
Slika 2.4. PE cijevi u kolutu i palici proizvođača PIPE LIFE d.o.o. Izvor: http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/2015/PE100-VODA.pdf, dostupno 07.09.2015.....8
Slika 2.5. Elektrofitinzi PE 100 SDR 11 (el. koljeno, el. spojnica, el. T komad) Izvor: http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Niskogradnja%202014.pdf dostupno 01.09.2015.....10
Slika 2.6. Fazonski komadi PE 100 SDR 11 (koljeno, T komad, redukcija) Izvor: http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Niskogradnja%202014.pdf dostupno 01.09.2015.....10
Slika 2.7. Dijagram dugotrajnog naprezanja PE 80 cijevi prema DIN 8075 Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....14
Slika 2.8. Dijagram dugotrajnog naprezanja PE 100 cijevi prema DIN 8075 [3] Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....14
Slika 2.9. Prikazuje smanjenje debljine stjenke uslijed abrazije Izvor: http://www.heplast-pipe.hr/wp-content/uploads/Heplast-PPR-HR-2010-niskogradnja.pdf dostupno 02.10.2010.....17
Slika 2.10. Rastavljivi fiting GF-Polyfas Izvor: http://www.georgfischer.hr/proizvodi/voda, dostupno 10.09.2015.....18

Slika 2.11. Hawle System 2000 spojni komad Izvor: http://anik.hr/attachments/article/3/G%20-%20FAZONSKI%20KOMADI.pdf ,dostupno 12.09.2015.....19
Slika 2.12. Spajanje prirubnicom a) prirubnički spoj, b) prirubnica, c) tuljak Izvor 1: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o. Zagreb, Izvor 2: http://www.pipelife.hr/hr/media/pdfs/Niskogradnja%202014.pdf dostupno 01.09.2015.....19
Slika 2.13. Postupak sučeonog zavarivanja Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....20
Slika 2.14. Max. pomak kod blanjanja dvaju površina koja se zavaruju Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o. Zagreb.....21
Slika 2.15. Dijagram vrijednosti tlakova tijekom sučeonog zavarivanja Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o. Zagreb.....22
Slika 2.16. Prsten nakon završetka postupka zavarivanja Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o. Zagreb.....23
Slika 2.17. Shematski prikaz elektrofuzijskog zavarivanja PE cijevi Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/261701.2_2_Samardzic.pdf, dostupno 11.09.2015.....24
Slika 2.18. REMS tlačne pumpe a) ručna, b) električna tlačna pumpa [15] Izvor: http://www.google.hr/search?q=REMS+tlačna+pumpa.....25
Slika 3.1. Materijal pripremljen za praktični rad a) cijev PE 100 d20, b) elektrospojnica PE 100 d 20 u originalnom pakiranju Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....27
Slika 3.2. Materijal pripremljen za praktični rad a) elektrokapa PE 100 d 20 b) prijelazni komad PE 100 d 20 – ½“ u originalnom pakiranju Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....28
Slika 3.3. Materijal pripremljen za praktični rad, cijevi i elektrofitinzi Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....28
Slika 3.4. Priprema uzoraka a) označavanje mjesta rezanje cijevi b) rezanje cijevi sa rezačem cijevi na 60 cm Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....29

Slika 3.5. Alat i pribor kod rezanje cijevi a) alat i pribor kod rezanja cijevi b) alat, pribor i pripremljeni izrezani uzorci sa spojnim komadima Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....29

Slika 3.6. Priprema uzoraka a) Rezanje cijevi na dužinu od 30 cm b) pripremljeni uzorci sa spojnim materijalom Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....30

Slika 3.7. Priprema cijevi a) čišćenje cijevi od mehaničkih nečistoća b) ručno struganje krajeva cijevi Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....30

Slika 3.8. Priprema cijevi a) odmašćivanje cijevi krpom b) medicinski alkohol Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....31

Slika 3.9. Priprema uzoraka za zavarivanje a) usađivanje cijevi u elektrokapu b) usađivanje cijevi u elektrospojnicu i označavanje flomasterom Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....31

Slika 3.10. Prikaz dosjeda u elektrofitingu nakon umetanja cijevi Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....32

Slika 3.11. Priprema uzoraka za zavarivanje a) pričvršćenje elektrokape sa vijcima b) elektrokapa nakon pritezanja vijkom Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....32

Slika 3.12. Aparat za elektrofuzijsko zavarivanje GEORG FISCHER + GF+ MSA 300 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....34

Slika 3.13. Upravljačka ploča aparata za elektrofuzijsko zavarivanje GEORG FISCHER + GF+ MSA 300 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....35

Slika 3.14. Barkod čitač „reader pen“ i kut držanja Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o. Zagreb.....36

Slika 3.15. Čitanje barkoda čitačem sa magnetske kartice Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....36

Slika 3.16. Magnetska kartica sa barkodom za elektrospojnicu d 20 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....37

Slika 3.17. Kablovi za zavarivanje sa adpterima za priključak na elektrofiting Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....37

Slika 3.18. Pripremljeni uzorci i oprema za elektrofuzijsko zavarivanje Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....38

Slika 3.19. Očitanje barkoda sa magnetske kartice kod zavarivanja prvog uzorka Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....39

Slika 3.20. Prikaz podataka na zaslonu aparata kod elektrofuzijskog zavarivanja 1 uzorka a) prikaz podataka prije početka zavarivanja b) prikaz podataka u toku zavarivanja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....40

Slika 3.21. Prikaz podataka na zaslonu aparata kod elektrofuzijskog zavarivanja 1 uzorka a) prikaz podataka nakon završetka zavarivanja b) prikaz podataka u toku hlađenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....40

Slika 3.22. Indikator zavarivanja na elektrofitingu a) prije, b) poslije zavarivanja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....41

Slika 3.23. Zavarivanje uzorka br. 2 a) spajanje na kablove za zavarivanje b) prikaz podatka na zaslonu aparata očitanih sa magnetske kartice Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec, 2015.....42

Slika 3.24. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme prekida struje b) nakon ponovnog uključenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....42

Slika 3.25. Zavarivanje uzorka br. 2 a) spajanje na kablove za zavarivanje b) prikaz podatka na zaslonu aparata očitanih sa magnetske kartice Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....43

Slika 3.26. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) nakon ponovnog uključenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....43

Slika 3.27. Priprema uzorka br. 4 za zavarivanje a) pothlađivanje u ledenici b) spajanje pothlađenog uzorka na kablove za zavarivanje Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....44

Slika 3.28. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) za vrijeme postupka hlađenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....44

Slika 3.29. Priprema uzorka br. 5 za zavarivanje a) stavljanje uzorka u pećnicu i podešavanje pećnice na 100 °C b) zagrijavanje uzorka u pećnici Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....45

Slika 3.30. Prikaz podataka na zaslonu aparata a) za vrijeme zavarivanja b) za vrijeme postupka hlađenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....46

Slika 3.31. Oprema i pribor za tlačno ispitivanje uzoraka a) tlačna pumpa REMS b) tlačna pumpa i ostala pribor Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....47

Slika 3.32. Tlačenje uzorka br. 1 na tlak od 6 bara Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....48

Slika 3.33. Tlačenje uzorka br. 1 a) na tlak viši od 20 bara b) opadanje tlaka na 20 bara nakon zatvaranja ventila zbog širenja cijevi Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....48

Slika 3.34. Tlačno ispitivanje uzorka br. 2 a) prikaz tlaka kod kojeg dolazi do propuštanja spoja b) istjecanje vode na zavarenom spoju Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....49

Slika 3.35. Tlačno ispitivanje uzorka br. 3 - prikaz tlaka kod kojeg dolazi do propuštanja zavarenog spoja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....50

Slika 3.36. Tlačno ispitivanje uzorka br. 4 a) tlačno ispitivanje na 7 bara b) tlačno ispitivanje na 18 bara Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....51

Slika 3.37. Tlačno ispitivanje uzorka br. 5 a) tlačno ispitivanje na 5 bara b) tlačno ispitivanje na 19 bara Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....52

Slika 4.1. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br.1 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....53

Slika 4.2. Ponovno zavarivanje uzorka br. 2 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....54

Slika 4.3. Ponovljeno zavarivanje uzorka br. 2 - prikaz podataka na zaslonu a) za vrijeme zavarivanja b) nakon završetka zavarivanja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....55

Slika 4.4. Ponovljeno zavarivanje uzorka br. 2. - prikaz podataka na zaslonu aparata za vrijeme hlađenja Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....55

Slika 4.5. Ponovljeno tlačno ispitivanje uzorka br. 2 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....56

Slika 4.6. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br.2 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....57

Slika 4.7. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 3 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....58

Slika 4.8. Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 5 Presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 3 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....59

Slika 4.9. Poprečni presjek cijevi i elektrospojnice kod uzorka br. 5 3 Izvor: Andrejas Janež: vlastite fotografije, Vukanovec.....60

Popis tablica

Tablica 2.1. Fizikalna i mehanička svojstva polietilena niske i visoke gustoće Izvor: https://de.scribd.com/document/55660643/Seminarski-Jovic, dostupno 08.09.2015.....4

Tablica 2.2. Primjena LDPE, LLDPE, HDPE i UHMWPE Izvor: https://de.scribd.com/document/55660643/Seminarski-Jovic, dostupno 08.09.2015.....5

Tablica 2.3. Proizvodni program sa tehničkim karakteristikama cijevi PE100, SDR 11 (ISO S5),HRN EN 12001-2, NP16 bara (C=1,25) proizvođača PIPE LIFE d.o.o. Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....9

Tablica 2.4. Tablica tlakova u odnosu na SDR – vrijednosti, odnosno S vrijednosti medija vode pri Cmin = 1,25 Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....12

Tablica 2.5. Dopušteni radni tlakovi za vodu uz Cmin = 1,25 očitani iz krivulja tijekom radnog vijeka Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....13

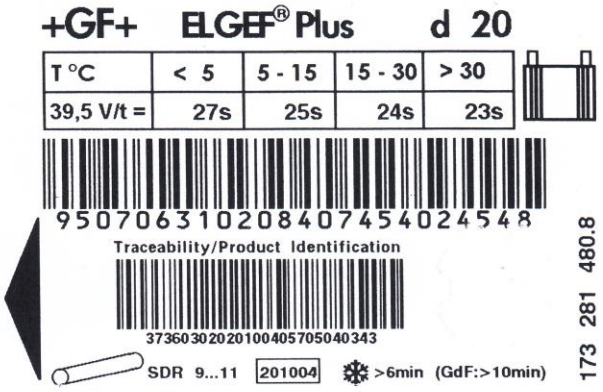
Tablica 2.6. Tablica fizikalnih svojstva polietilena PE 80 i PE 100 Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....13

Tablica 2.7. Fleksibilnost PE materijala u odnosu na duktil i čelik Izvor: http://www.heplast-pipe.hr/wp-content/uploads/Heplast-PPR-HR-2010-niskogradnja.pdf dostupno 02.10.2010.....15

Tablica 2.8. Faktor trenja različitih kod različitih materijala Izvor: http://www.heplast-pipe.hr/wp-content/uploads/Heplast-PPR-HR-2010-niskogradnja.pdf dostupno 02.10.2010.....16

Tablica 2.9. Orijentacijske vrijednosti parametara sučeonog zavarivanja PIPELIFE cijevi pri 20°C uz umjereni vjetar Izvor: Polietilenski tlačni sustavi u vodoopskrbi i plinoopskrbi.: Katalog tehničkih informacija: Pipelife HRVATSKA cijevni sustavi d.o.o, Zagreb.....23

Prilog 1


+GF+ ELGEF® Plus d 20
T °C | < 5 | 5 - 15 | 15 - 30 | > 30
39,5 V/t = | 27s | 25s | 24s | 23s
9507063102084074540245 48
Traceability/Product Identification
37360302020100405705040343
SDR 9...11
201004
>6min (GdF:>10min)
173 281 480.8

Prilog 2.

AQUA-INSTALACIJE d.o.o.
grijanje • klima
vodovod

Aqua-instalacije d.o.o. - Industrijska ulica 28 - Pribislavec - 40 000 Čakovec

ZAPISNIK

o izvršenoj tlačnoj probi
Br: _____

Dana_____ na građevini_____

u _____ izvršena je tlačna proba instalacije:

_____

u trajanju od _____ ispitnim tlakom od _____ bara.

Za vrijeme tlačne probe cjelokupna instalacija je u više navrata pregledana, te je ustanovljeno da je ista nepropusna i ispravna.

U _____

Za izvođača: **Nadzorni inženjer:**

Prilog 3

ZAPISNIK

o izvršenoj tlačnoj probi

Br: 1/2015

Dana 29.08.2015 **na građevini** /

u VUKANOVCU **izvršena je tlačna proba instalacije:**

UZORAK BR. 1

u trajanju od 60 min **ispitnim tlakom od** 20 **bara.**

Za vrijeme tlačne probe cjelokupna instalacija je u više navrata pregledana, te je ustanovljeno da je ista nepropusna i ispravna.

U VUKANOVCU 29.08.2015

Za izvođača:

Nadzorni inženjer:

Prilog 4

ZAPISNIK

o izvršenoj tlačnoj probi

Br: 2/2015

Dana 29.08.2015 **na građevini** /

u VUJANOVCU **izvršena je tlačna proba instalacije:**

UZORAK BR. 4

u trajanju od 60 min **ispitnim tlakom od** 18 **bara.**

Za vrijeme tlačne probe cjelokupna instalacija je u više navrata pregledana, te je ustanovljeno da je ista nepropusna i ispravna.

U VUJANOVCU 29.08.2015

Za izvođača:

Nadzorni inženjer:

Prilog 5

ZAPISNIK

o izvršenoj tlačnoj probi

Br: 3/2015

Dana 29.08.2015 na građevini /

u VOLANOVCU izvršena je tlačna proba instalacije:

UZORAK BR. 5

u trajanju od 60 ispitnim tlakom od 19 bara.

Za vrijeme tlačne probe cjelokupna instalacija je u više navrata pregledana, te je ustanovljeno da je ista nepropusna i ispravna.

U VOLANOVU 29.08.2015

Za izvođača:

Nadzorni inženjer:

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANDREJAS JANEŽ _____ *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom UTJECAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA NA PROZNOST SPOJA POLIETILENSKE CIJEVI _____ *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Andrejas Janež
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANDREJAS JANEŽ _____ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom UTJECAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA NA PROZNOST SPOJA POLIETILENSKE CIJEVI *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Andrejas Janež
(vlastoručni potpis)