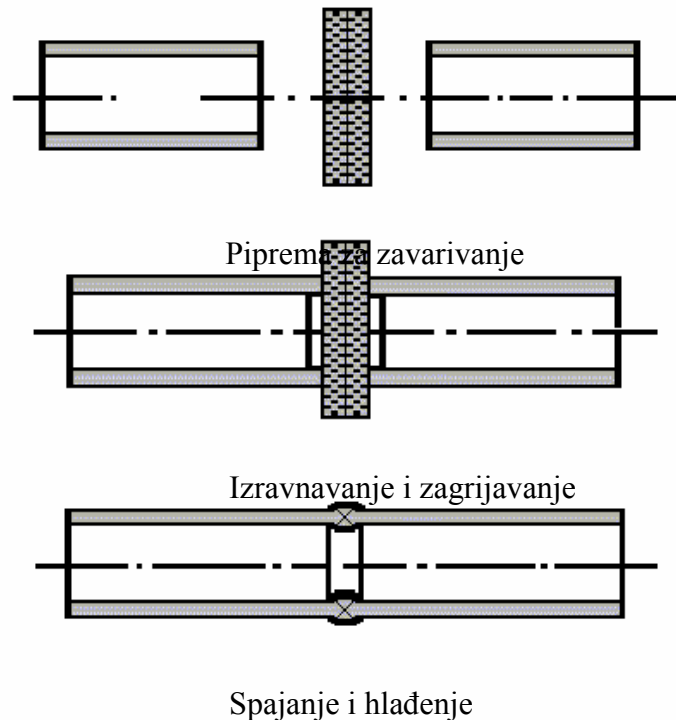


SUČEONO ZAVARIVANJE

Ovim postupkom se dva kraja cijevi spajaju na način da se čeone površine cijevi zagriju pomoću grijaće ploče te se nakon toga pod određenom silom međusobno spoje bez dodatka dodatnog materijala. Ovakvim postupkom zavarivanja mogu se spajati cijevi od PEHD, PP i PVDF materijala, a sam postupak sastoji se od nekoliko koraka:



Slika 1 – Postupak sučeonog zavarivanja

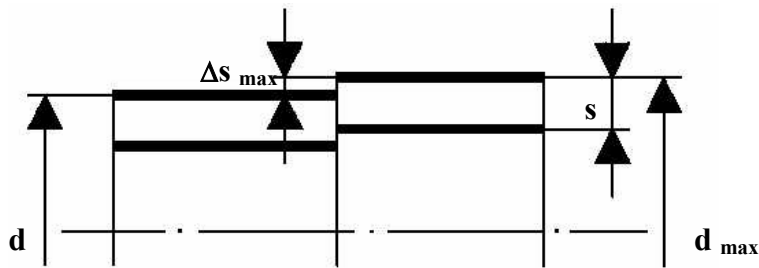
1.1. PROVJERA UVJETA ZA RAD

- provjeriti i pripremiti opremu za zavarivanje (agregat, stroj za zavarivanje, stege)
- osigurati da je radno mjesto suho. Ukoliko pada kiša radno mjesto moramo natkriti

1.2. PRIPREMA ZA ZAVARIVANJE

- umetnuti cijevi u stezne čeljusti te centrirati krajeve cijevi tako da površine koje se zavaruju stoje međusobno paralelno. Izvršiti stezanje krajeva cijevi pomoću steznih čeljusti.
- osigurati da se cijev može nesmetano pomicati u aksijalnom smjeru. Preporučljivo je staviti valjke ispod cijevi.
- izmjeriti silu povlačenja cijevi.
- površine cijevi u području zavarivanja očistiti iznutra i izvana. Za čišćenje koristiti isključivo čisti industrijski alkohol. Preporuča se upotreba maramica za jednokratnu upotrebu koje su već natopljene alkoholom.

- površine krajeva cijevi koje se zavaruju glodanjem obraditi do međusobne paralelnosti. Provjeriti međusobni razmak stjenki cijevi. Međusobni razmak stjenki cijevi ne smije biti veći od 10% debljine stjenke cijevi.



Slika 2 – Razmak cijevi kod sučeonog zavarivanja

Postupak ponavljati sve dok se ne postignu traženi zahtjevi.

- odstraniti sve zaostale strugotine iz cijevi. Odstranjivanje izvršiti pomoću papira ili krpe. Površine cijevi u području zavarivanja ne smiju se dirati rukama.
- spriječiti hlađenje mjesta zavarivanja uslijed strujanja zraka kroz cijevi. Strujanje zraka se sprječava stavljanjem poklopaca na krajeve cijevi.
- grijaču ploču držati u njenom držaču da bi se spriječila moguća oštećenja prije i u toku zavarivanja.
- prije svakog zavarivanja očistiti teflonski dio grijače ploče pomoću krpe ili papira natopljenih u čisti alkohol. Krpa i papir moraju biti od materijala koji ne ostavlja dlačice.
- provjeriti temperaturu grijače ploče (200 +/- 10 °C). Temperatura zavarivanja mora se postići najmanje 5 minuta prije početka procesa zavarivanja.
- podesiti sve parametre zavarivanja
- proces zavarivanja odvija se u fazama. Svaka faza ima svoj pritisak i vrijeme trajanja.
- prije početka procesa zavarivanja moramo izračunati slijedeće sile:
- silu spajanja - koja se sastoji od sile povlačenja i potisne sile:

$$F_{sp} = F_{pov} + F_{pot} \text{ (N)}$$

gdje su:

F_{sp} - sila spajanja (N)

F_{pov} - sila povlačenja (N)

F_{pot} - potisna sila (N)

$$F_{pot} = \frac{P_{sp} * A}{9,81} \text{ (N)}$$

P_{spec} - tlak pritiskanja cijevi na grijaću ploču. Za PEHD iznosi $0,15 \text{ (N/mm}^2\text{)}$. To je ujedno i tlak zavarivanja.

A - površina zavarivanja (mm^2).

$$A = \frac{(d_v - d_u) * \pi}{4} \quad (\text{mm}^2)$$

silu zagrijavanja:

$$F_{zag} = \frac{P_{zag} * A}{9,81} \quad (\text{N})$$

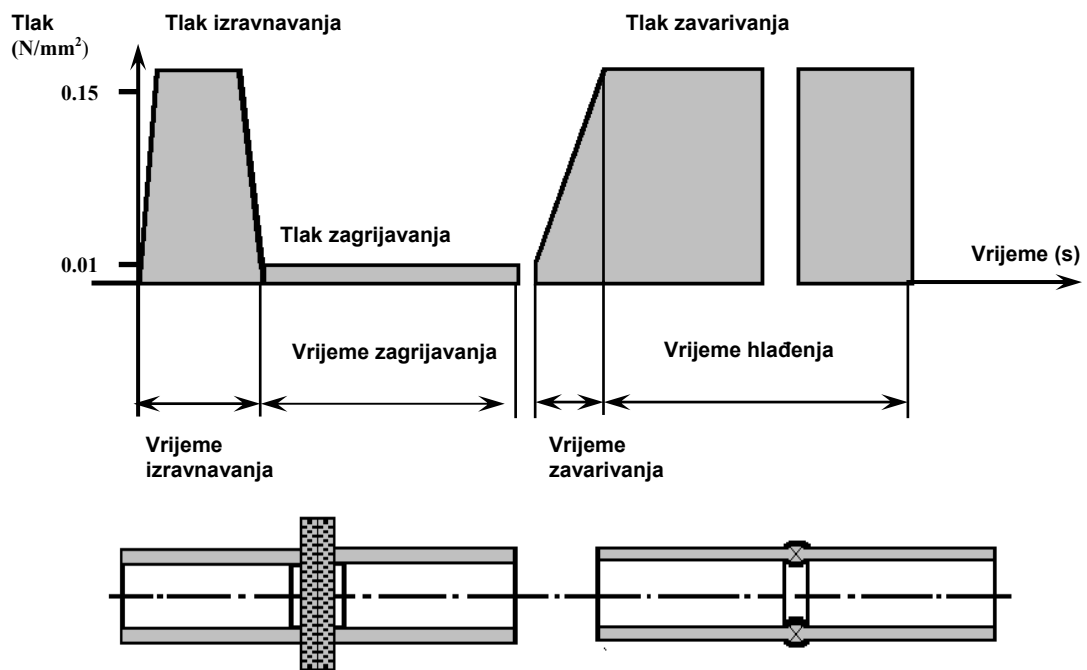
P_{zag} - tlak u procesu zagrijavanja cijevi. P_{zag} iznosi $0,01 \text{ (N / mm}^2\text{)}$

Treba napomenuti da vrijeme zagrijavanja i hlađenja zavarenog spoja ovisi o vrsti materijala koji se zavaruje, debljini stjenke, temperaturi okoline i strujanju zraka.

1.3. POSTUPAK ZAVARIVANJA

- grijaću ploču uložiti između dva već pripremljena kraja cijevi koji se zavaruju.
- zatim izvršiti pritiskanje krajeva cijevi sve dok se ne postigne sila spajanja F_{sp} . Cijevi se drže pritisnute sa silom spajanja sve dok se ne dobije odgovarajuća visina prstena taline koji se formira oko i s unutrašnje strane cijevi. Odgovarajuća visina prstena očita se iz tablice, a ovisna je od materijala, dimenzije cijevi i tlaka za koji je cijev namijenjena.
- nakon što se postigne odgovarajuća visina prstena taline sila spajanja se smanji na iznos sile zagrijavanja. Potrebno vrijeme zagrijavanja očita se iz tabele.
- nakon što istekne vrijeme zagrijavanja treba u što kraćem vremenu odmaknuti čeljusti, odstraniti grijaću ploču i spojiti površine cijevi koje se zavaruju. Ovu operaciju treba izvesti u što kraćem vremenu, kako bi izbjegli nepoželjno hlađenje površina cijevi.
- kontinuirano povećavati tlak dok se ne postigne potrebni tlak zavarivanja od $0,15 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- tlak zavarivanja treba održavati za vrijeme cijelog procesa hlađenja zavara. Vrijeme hlađenja očita se iz tabele.
- nakon isteka vremena hlađenja cijev osloboditi iz stega.

NAPOMENA - nisu dozvoljena nikakva sredstva za prisilno hlađenje zavara.



Slika 3 - Dijagram pritisak – vrijeme zavarivanja kod vanjske temperature od 20°C i umjerenog strujanja zraka

PARAMETRI VREMENA I TLAKOVA ZA SUČEONO ZAVARIVANJE CIJEVI ZA MATERIJAL PE-HD												
PN-2,5	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm			3,1	3,5	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	
	Površina zavarivanja	cm ²			11,87	15,00	19,12	24,26	30,02	37,91	46,72	
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar			4	5	6	7	9	11	14	
	Visina rastaljenog ruba	mm			0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	
	Tlak kod zagrijavanja	bar			<1	1	1	1	1	1	2	
	Vrijeme zagrijavanja	s			31	35	39	44	49	55	61	
	Vrijeme uklanjanja grijača	s			5	5	5	5	5	5	6	
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s			5	5	5	5	5	5	6	
	Vrijeme hlađenja	min			6	6	6	6	6	6	9	
PN-3,2	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm			3,5	3,9	4,4	5,0	5,6	6,2	7,0	7,8
	Površina zavarivanja	cm ²			11,70	14,83	18,73	24,33	30,67	37,73	47,92	59,32
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar			4	4	6	7	9	11	14	18
	Visina rastaljenog ruba	mm			0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5
	Tlak kod zagrijavanja	bar			<1	1	1	1	1	1	2	2
	Vrijeme zagrijavanja	s			35	39	44	50	56	62	70	78
	Vrijeme uklanjanja grijača	s			5	5	5	5	5	6	6	7
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s			5	5	5	5	5	6	6	7
	Vrijeme hlađenja	min			6	6	6	6	8	9	10	11
PN-4	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm			4,3	4,9	5,4	6,2	7	7,7	8,7	9,7
	Površina zavarivanja	cm ²			14,27	18,48	22,82	29,94	38,03	46,69	59,09	73,19
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar			4	6	7	9	11	14	17	22
	Visina rastaljenog ruba	mm			0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
	Tlak kod zagrijavanja	bar			<1	1	1	1	1	2	2	3
	Vrijeme zagrijavanja	s			43	49	54	62	70	77	87	97
	Vrijeme uklanjanja grijača	s			5	5	5	6	6	7	7	8
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s			5	5	5	6	6	7	7	8
	Vrijeme hlađenja	min			6	6	7	9	10	11	13	14
PN-6	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm	5,1	6,3	7,1	8,0	9,1	10,2	11,4	12,8	142,0	
	Površina zavarivanja	cm ²	13,60	20,51	26,28	33,16	43,12	54,38	67,51	85,29	105,14	
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar	4	6	8	10	13	16	20	25	31	
	Visina rastaljenog ruba	mm	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	
	Tlak kod zagrijavanja	bar	1	1	1	1	2	2	3	3	4	
	Vrijeme zagrijavanja	s	51	63	71	80	91	102	114	128	142	
	Vrijeme uklanjanja grijača	s	5	6	7	7	7	8	8	9	9	
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s	5	6	7	7	7	8	8	9	9	
	Vrijeme hlađenja	min	7	9	11	12	13	14	16	17	19	
PN-10	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm	8,2	10,0	11,4	12,8	14,6	16,4	18,2	20,5	22,8	
	Površina zavarivanja	cm ²	21,06	31,40	40,66	51,12	66,66	84,25	103,90	131,64	162,66	
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar	6	9	12	15	20	25	31	39	48	
	Visina rastaljenog ruba	mm	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	
	Tlak kod zagrijavanja	bar	1	1	2	2	3	3	4	5	6	
	Vrijeme zagrijavanja	s	82	100	114	128	146	164	182	205	228	
	Vrijeme uklanjanja grijača	s	7	8	8	9	9	10	10	11	12	
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s	7	8	8	9	10	10	11	12	13	
	Vrijeme hlađenja	min	12	14	16	17	19	22	24	26	29	
PN-16	Vanjski promjer cijevi	mm	90	110	125	140	160	180	200	225	250	
	Debljina stijenke	mm	12,5	15,2	17,3	19,4	22,1	24,9	27,6	31,1	34,5	
	Površina zavarivanja	cm ²	30,21	45,25	58,50	73,15	95,69	120,86	149,41	187,82	231,74	
	Tlak zagrijavanja/spajanja cijevi	bar	9	13	17	22	28	36	44	55	68	
	Visina rastaljenog ruba	mm	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	
	Tlak kod zagrijavanja	bar	1	2	2	3	4	5	6	7	9	
	Vrijeme zagrijavanja	s	125	152	173	194	221	249	276	311	345	
	Vrijeme uklanjanja grijača	s	9	9	10	11	11	12	13	14	16	
	Vrijeme postizanja punog tlaka	s	9	10	11	12	13	14	15	17	18	
	Vrijeme hlađenja	min	17	20	23	25	28	31	34	39	43	

Tabela 1 – Parametri vremena i tlakova za sučeono zavarivanje PEHD cijevi

1.4. VIZUALNA KONTROLA PROCESA SUČEONOG ZAVARIVANJA

Nakon završetka procesa zavarivanja sa unutrašnje i vanjske površine cijevi na mjestu spajanja formira se prsten od taline. Visina prstena ovisna je o materijalu i debljini stjenke cijevi koju zavarujemo. Visina prstena s obje strane cijevi mora biti jednaka. Eventualna razlika u visini prstena može nastati prilikom zavarivanja cijevi različitog indeksa tečenja.

Danas moderni tzv. CNC strojevi automatski vode postupak sučeonog zavarivanja. Potrebno je samo podesiti parametre za vrstu materijala, odabrati odgovarajući SDR i promjer cijevi te izmjeriti silu povlačenja. Stroj, nakon što se cijevi spoje jedna na drugu, automatski vodi postupak zavarivanja, osim u dijelu kod umetanja grijače ploče, koju fizički umeće operater. Na kraju se može dobiti ispis svih relevantnih parametara ostvarenih tokom procesa zavarivanja.

