

## *Elektrofuzijsko zavarivanje*

*Autor:  
Milan Fistić, dipl. ing.  
PTMG d.o.o.  
Gornjostupnička 27b  
10 255 Stupnik*

## 1. ELEKTROFUZIJSKO ZAVARIVANJE

Ovim postupkom se dva kraja cijevi spajaju pomoću dodatnog elementa ali u sastavljenom stanju. Energija potrebna za zavarivanje dovodi se izvana. Naime spojni elementi sadrže elektrootpornu žicu i protokom struje kroz elektrootpornu žicu dolazi do njenog zagrijavanja a time do taljenja materijala s unutrašnje površine spojnog elementa i sa vanjske površine cijevi. Stvara se tlak na spojnim površinama te dolazi do fuzije (zavarivanja) rastaljenog materijala spojnog elementa i cijevi. Postupak se odlikuje visokim stupnjem automatizacije i zbog toga se spojni element i cijev moraju nalaziti u točno određenim tolerancijama.



Slika 1 – Postupak elektrofuzijskog zavarivanja

### 1.1. PROVJERA UVJETA ZA RAD

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

### 1.2. PRIPREMA ZA ZAVARIVANJE

- cijev odrezati pod kutem od 90°. Preporuka je da se cijev odreže pomoću rotacionog noža kako bi se izbjegla mogućnost nastanka ovalnosti cijevi.
- grubom krpom u dužini duplo većoj od spojnog elementa očistiti cijev od nečistoća.
- skinuti oksidni sloj u dubini od minimalno 0,2 mm ( tabela 1). Oksidni sloj skida se sa cijevi na mjestu zavarivanja spojnog elementa. Dužina skidanja oksidnog sloja je nešto veće od dužine spojnog elementa.
- odmastiti mjesto zavarivanja. Odmaščivanje izvesti sa čistim industrijskim alkoholom natopljenim na sredstvo koje ne ostavlja dlačice. Preporuka je radi sigurnosti postupka upotrebljavati već pripremljene maramice za jednokratno odmaščivanje. Odmastiti treba sva mjesta spajanja što uključuje i spojne elemente, osim ako se spojni elementi ne stavljaju direktno iz zaštitne polietilenske vrećice. Tekućina koja se koristi za odmaščivanje mora potpuno ishlapiti prije nego započne proces zavarivanja spojnog elementa i cijevi.

- sastaviti spojni element i cijev. Očišćeni kraj cijevi se sve do graničnika ugura u spojnicu. Sedlo se pomoću obujmice i vijaka učvrsti za cijev.
- stegnuti spojni element i cijev. Stezanje se vrši pomoću odgovarajućih naprava tzv. stega i spojni element i cijev moraju ostati stegnuti za vrijeme cijelog procesa zavarivanja i hlađenja. Stegama se vrši centriranje krajeva cijevi, eliminiraju eventualne ovalnosti i spoj drži stegnutim za vrijeme cijelog procesa zavarivanja i hlađenja. Spojnice do promjera 63 mm ne trebaju stege jer već imaju ugrađene stege u obliku obujmica. Za veće promjere moramo upotrijebiti stege. Vijke na sedlu treba zatezati sve dok reper ne dođe u ravninu nosača vijaka.
- nakon što je izvršena odgovarajuća priprema spojni element priključimo na stroj za zavarivanje – elektrofuzijsku kontrolnu jedinicu.

d cijevi	najmanja debljina strugotine	najveća debljina strugotine
20 - 25 mm	0,20 mm	0,20 mm *
32 - 63 mm	0,20 mm	0,25 mm *
75 – 225 mm	0,20 mm	0,30 mm *
> 225 mm	0,20 mm	0,35 mm *

napomena: maksimalna dozvoljena ovalnost cijevi iznosi 1,5%

\* podaci se odnose na vanjski promjer cijevi unutar tzv. “+ tolerancije” ako se prosječno odstupanje promjera cijevi nalazi iznad dozvoljenog područja, cijev treba strugati sve dok promjer cijevi ne dođe unutar dozvoljenog odstupanja. U tom slučaju debljina strugotine može biti veća od navedenih debljina.

**Tabela 1 – Debljine strugotine kod skidanja oksidnog sloja**

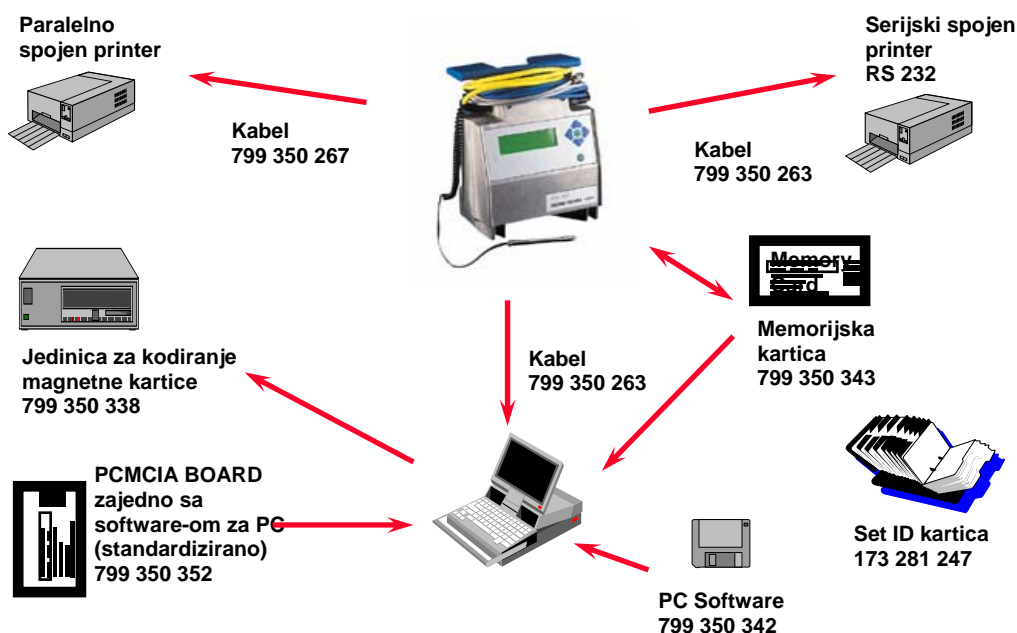
d cijevi	najmanja debljina strugotine	najmanji dozvoljeni vanjski promjer cijevi
20 mm	0,20 mm	19,6 mm
25 mm	0,20 mm	24,6 mm
32 mm	0,20 mm	31,5 mm
40 mm	0,20 mm	39,5 mm
50 mm	0,20 mm	49,5 mm
63 mm	0,20 mm	62,5 mm
75 mm	0,20 mm	74,4 mm
90 mm	0,20 mm	89,4 mm
110 mm	0,20 mm	109,4 mm
125 mm	0,20 mm	124,4 mm
160 mm	0,20 mm	159,4 mm
225 mm	0,20 mm	224,4 mm
250 mm	0,20 mm	249,3 mm
315 mm	0,20 mm	314,3 mm

**Tabela 2 – Minimalni dozvoljeni vanjski promjer cijevi nakon struganja**

### 1.3. POSTUPAK ZAVARIVANJA

- priključiti stroj za zavarivanje na odgovarajući izvor struje.
- uključiti stroj za zavarivanje
- očitati podatke o spojnom elementu. Svaki elektrofuzijski spojni element opremljen je s odgovarajućim nosačem podataka za njegov fuzijski ciklus. Podaci o elementu prenose se s tog nosača u kontrolnu jedinicu pomoću čitača štamnog koda.
- kontrolna jedinica stroja za zavarivanje upoređuje očitane vrijednosti sa stvarno izmjerenim vrijednostima spojnog elementa na mjestu spajanja. Ukoliko se podaci podudaraju tj. nalaze u odgovarajućim tolerancijama kontrolna jedinica dozvoljava početak zavarivanja. Ukoliko se podaci ne podudaraju ne možemo započeti sa procesom zavarivanja.

Kontrolna jedinica samostalno vodi i regulira proces zavarivanja. Mjereći vanjsku temperaturu i vrijednost struje napajanja određuje vrijeme zavarivanja kao i potrebno vrijeme hlađenja zavarenog spoja. Ukoliko dođe do bilo kakvog poremećaja – prekida kontakta sa spojnim elementom, pada ili porasta napona odnosno frekvencije struje te vanjske temperature izvan dozvoljenog područja – kontrolna jedinica automatski prekida proces zavarivanja i ispisuje odgovarajući broj greške. Sva događanja u procesu zavarivanja pohranjuju se na dva mjesta – na unutarnju i tzv. vanjsku memoriju. Ispis pohranjenih podataka vrši se jednostavnim priključenjem kontrolne jedinice na štampač ili kompjuter.



Slika 2 – Ispis podataka kod elektrofuzijskog zavarivanja

Ispis podataka može biti pojedinačni ili grupni. Ispis mora sadržavati:

- redni broj zavara
- broj stroja za zavarivanje
- datum i vrijeme zavarivanja
- tip, dimenziju, serijski broj i oznaku proizvođača spojnog elementa
- izmjereni otpor i napon u toku zavarivanja
- temperaturu okoline u trenutku zavarivanja
- vrijeme zavarivanja
- rezultat zavarivanja i oznaku eventualne pogreške
- datum zadnjeg servisa stroja za zavarivanje

Preporuča se da ispis sadrži i:

- osobni broj operatera
- oznaku mjesta zavarivanja

GEORG FISCHER +GF+

**MSA - ZAPISNIK ZAVARIVANJA**

Datum: 29.01.2001

2.Broj	***	Uredjaj	N	D	O	Datum	Logo	Tip	Dimenzija	T	Gres	Broj radnog naloga	Broj osobne
197		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	90mm	29	0		
198		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	90mm	29	0		
199		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	90mm	29	0		
200		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	90mm	27	0		
201		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	63mm	24	0		
202		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	90mm	25	0		
203		10249	*	P		24.07.2000	GF	5	63mm	24	0		
204		10249	*	P		25.07.2000	GF	6	63mm	31	0		
205		10249	*	P		25.07.2000	GF	1	63mm	33	0		
206		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	32mm	30	0		
207		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	32mm	26	0		
208		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	32mm	31	0		
209		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	32mm	34	0		
210		10249	*	P		25.07.2000	GF	6	63mm	31	0		
211		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	63mm	29	0		
212		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	63mm	28	0		
213		10249	*	P		25.07.2000	GF	1	63mm	28	0		
214		10249	*	P		25.07.2000	GF	5	90mm	28	0		
215		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	31	0		
216		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	30	0		
217		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	29	0		
218		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	28	0		
219		10249	*	P		26.07.2000	GF	4	63x32mm	29	0		
220		10249	*	P		26.07.2000	GF	1	63mm	37	0		
221		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	31	0		
222		10249	*	P		26.07.2000	GF	1	32mm	31	0		
223		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	90mm	38	0		
224		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	90mm	36	0		
225		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	90mm	37	0		
226		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	90mm	37	0		
227		10249	*	P		26.07.2000	GF	4	63x32mm	35	0		
228		10249	*	P		26.07.2000	GF	6	32mm	34	0		
229		10249	*	P		26.07.2000	GF	1	32mm	34	0		
230		10249	*	P		26.07.2000	GF	1	32mm	33	0		
231		10249	*	P		26.07.2000	GF	1	32mm	35	0		
232		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	30	0		
233		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	31	22		
234		10249	*	P		26.07.2000	GF	5	63mm	31	0		
235		10249	*	P		27.07.2000	GF	1	63mm	36	0		
236		10249	*	P		28.07.2000	GF	5	63mm	24	0		
237		10249	*	P		28.07.2000	GF	5	63mm	22	0		
238		10249	*	P		28.07.2000	GF	5	63mm	21	0		
239		10249	*	P		21.09.2000	GF	1	40mm	21	0		
240		10249	*	P		22.09.2000	GF	3	63mm	21	0		
241		10249	*	P		22.09.2000	GF	1	40mm	22	0		
242		10249	*	P		22.09.2000	GF	5	63mm	26	0		
243		10249	*	P		22.09.2000	GF	5	63mm	25	0		
244		10249	*	P		22.09.2000	GF	5	63mm	23	0		
245		10249	*	P		22.09.2000	GF	5	63mm	26	0		

**Legenda:**

"+": Ponovljeno zavarivanje  
T = Temperatura okoline  
t = Vrijeme zavarivanja

D = Datum  
"!": Rucni unos  
\*\*\*: Barkod umetnut  
" ": Magnetne kartice

O = Izvorni zapis  
"P": Memorija zapisa  
"S": Sigurnosna memorija  
"C": Magnetne kartice

Slika 3 – Grupni ispis

GEORG FISCHER +GF+

**MSA - ZAPISNIK ZAVARIVANJA**

Datum: 29.01.2001

**OPCENITO**

Broj radnog naloga:

Osobna kartica (odobreno/datum):

Izvodjac radova:

Datum instaliranja:

21.12.2000

Vrijeme:

13.40

Broj zavara/2. Broj zavara:

2180 /

Izvorno zavarivanje/uredjaj za zav.:

Ulica/broj :

Lokacija:

Napomena:

**PODACI O SPOJNOM ELEMENTU**

Proizvodjac:

GF

Tip spojnog elementa:

6 : T komad monofilarni

Dimenzija:

110

Sirovina:

Serijska oznaka:

200003

Programirani/izmjereni otpor:

1.27 / 1.220 Ohm

**PODACI O ZAVARIVANJU**

NOM : REAL

Napon zavarivanja:

Vrijeme zavarivanja:

157 s

Energija zavarivanja:

144.17 kJ

Temperatura okoline:

2 °C

Napon struje min/max:

212 / 230 V

Greska:

0 : Propisani proces zavarivanja

Datum:

Izvorni zapis:

P : Memorija zapisa

**PODACI O UREDJAJU ZA ZAVARIVANJE:**

Proizvodjac/broj uredjaja :

/ 2647

Tip:

MSA2000

Serv.pregled(zad/sljed):

01.05.1999

Konfiguracija uredjaja:

**PRIJENOS PODATAKA**

Spojni element:

GF 110

200003

Element 1:

Element 2:

**Legenda:**

"+": Ponovljeno zavarivanje

".": Dobar

\*\*\*: Barkod umetnut

"-": Neispravan/istekao

Slika 4 – Pojedinačni ispis

#### **1.4. POSTUPAK SPAJANJA POD TLAKOM**

- nakon hlađenja izvršiti ispitivanje na nepropusnost priključka. Ispitivanje se vrši na način da se priključak stavi pod radni tlak a spojna mjesta namažu sapunicom. Ukoliko u roku 20 minuta ne dođe do pada pritiska niti do pojave mjehurića na premazanim mjestima možemo započeti sa procesom bušenja.
- izvršiti bušenje cijevi. Nakon zavarivanja sedla, a prije nego što otpočnemo s bušenjem cijevi, mora proći minimalno 20 minuta potrebnih za hlađenje zavarenog spoja. Bušenje cijevi se vrši pomoću noža koji je ugrađen u sedlu. Nož ima lijevi navoj pa odrezani komad cijevi ostaje u nožu. Nož odvrnemo do početne pozicije i zategnemo tako da se ispupčeni dio noža ureže u gornji dio sedla. Tako ostvarujemo prvo mjesto brtvljenja. Bušenje cijevi kao i zavarivanje cijevi može se vršiti pod tlakom do 10 bar.
- zavrnutu kapu na sedlu. Kapa se zateže isključivo rukom. Tako ostvarujemo drugo mjesto brtvljenja.
- ukoliko kapa ima već ugrađenu elektrozavojnicu izvršiti postupak zavarivanja kape.

#### **1.5. VIZUALNA KONTROLA ELEKTROFUZIJSKOG PROCESA ZAVARIVANJA**

- vizualna kontrola elektrofuzijskog procesa zavarivanja vrši se pomoću indikatora taline koji se nalaze na spojnom elementu.