

# Tehnologija izrade posude pod tlakom za vodu

---

**Perčić, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:904589>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-24**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 209/PS/2015**

# **Tehnologija izrade posude pod tlakom za vodu**

**Petar Perčić, 5625/601**

Varaždin, prosinac 2016. godine





# **Sveučilište Sjever**

**Odjel za proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 209/PS/2015**

## **Tehnologija izrade posude pod tlakom za vodu**

**Student**

Petar Perčić, 5625/601

**Mentor**

Ivan Samardžić, prof.dr.sc

Varaždin, prosinac 2016. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Petar Perčić	MATIČNI BROJ	5625/601
DATUM	25.11.2016.	KOLEBU	Tehnologija III
NASLOV RADA	Tehnologija izrade posude pod tlakom za vodu		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Technology of production pressure vessels for water		
-----------------------------	---	--	--

MENTOR	prof. dr. sc. Ivan Samardžić	ZVANJE	redoviti profesor u TZ, IWE
--------	------------------------------	--------	-----------------------------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof. dr. sc. Živko Kondić, redoviti profesor		
	2. prof. dr. sc. Ivan Samardžić, redoviti profesor u TZ		
	3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač		
	4. _____		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	209/PS/2016
------	-------------

OPIS	
------	--

1. Uvod. Općenito o posudama pod tlakom.
2. Izbor reprezentanta - posuda pod tlakom za vodu. Proračun posuda pod tlakom prema prema važećim normama. Ulazne varijable potrebne za proračun. Proračun debljine stjenke plašta i podnice posude pod tlakom.
3. Tehnologije izrade posude pod tlakom za vodu. Slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti. Detalji vezano uz primjenu strojarskih tehnologija u izradi posude pod tlakom za vodu. Detaljnije obrazložiti postupke i tehnologiju zavarivanja.
4. Zaključak

ZADATAK URUČEN	02.12.2016.		<i>Samardžić</i>
----------------	-------------	---	------------------

**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, PETAR PERČIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA PRADJE POSUDE POD TLAKOM ZA VODU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Petar Perčić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti 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, PETAR PERČIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA PRADJE POSUDE POD TLAKOM ZA VODU (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Petar Perčić  
(vlastoručni potpis)

## **Predgovor**

Izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno koristeći znanja stečena na Sveučilištu Sjever, služeći se navedenom literaturom i uz stručno vodstvo mentora izv. prof. dr. sc. Ivana Samardžića. Zahvaljujem svome mentoru izv. prof. dr. sc. Ivanu Samardžiću uz čiju je stručnu pomoć i podršku nastao ovaj rad. Zahvaljujem dipl. ing. Marku Horvatu koji je svojim savjetima dao doprinos za nastanak ovog rada.

Zahvaljujem Marku Dovečaru, dipl. ing. IWE, djelatniku Centrometal d.o.o koji je omogućio, kao i svojim stručnim savjetima doprinjeo izradi rada.

Od srca zahvaljujem svojoj obitelji i djevojci Antoniji na podršci pruženoj tokom studija.

## **SAŽETAK:**

Završni rad započinje s upoznavanjem tvrtke Centrometal, u kojoj se izrađuje hidroforska posuda. Posuda se izrađuje po normi za tlačne posude.

Prema normi za tlačne posude provedena je analiza konstrukcije hidroforske posude. Kao glavni dio analize uzima se proračun debljine stijenke plašta i podnice koji je izvučen iz norme EN 13445. Nakon što je izveden proračun, objašnjeno je TIG zavarivanje kojim se zavaruje hidroforska posuda.

U nastavku je objašnjen proces izrade tlačne posude te su ukratko napomenute kontrole koje se odvijaju i atestirane WPS liste zavara koji se nalaze na hidroforskoj posudi.

Ključne riječi: hidrofor, proračun debljine stijenke, norma EN 13445, zavarivanje

## **SUMMARY:**

Final work begins with getting to know the company Centrometal, which is making pressure vessel container. The container is made according to the standard for pressure vessels.

According to the norms for pressure vessels, an analysis of the construction of the water power of the vessel is performed. The main part of analyses is considered to be calculation thickness of cylindrical shell and bottom of the pot that is pulled out of the norm EN 13445. Having implemented calculation, the TIG welding of the water pump container is explained.

Below is explained the process of making the pressure vessel with a brief list of control and tested WPS list welds that are on pressure vessel container.

Keywords: water pump, calculation of cylindrical shell thickness, EN 13445, welding



## **Popis korištenih kratica**

<b>TIG-</b>	Tungsten inert gas - elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina
<b>WPS-</b>	Welding procedure specification - Postupak specifikacija za zavarivanje
<b>Cr-</b>	Krom
<b>Ni-</b>	Nikal

# Sadržaj

1.	Uvod .....	6
2.	O proizvodu .....	7
2.1	Tehničke karakteristike .....	8
2.2	O poduzeću.....	9
2.3	Općenito o tlačnim posudama .....	10
2.4	Norma HRN EN 13445-1: 2009.....	11
2.5	Osnovni parametri za proračun čvrstoće spremnika.....	12
2.5.1	Proračunska temperatura.....	12
2.5.2	Proračunski Pd i najveći mogući tlak Ps.....	13
2.5.3	Materijali gradnje.....	13
2.5.4	Proračunska čvrstoća .....	14
2.5.5	Dodaci .....	14
2.5.6	Koeficijent zavarenog spoja .....	14
3.	Proračun tlačnih posuda.....	15
3.1	Proračun debljine stijenke cilindričnog plašta prema normi HRN EN 13445 [3].....	15
3.2	Proračun debljine stijenke podnica prema normi HRN EN 13445 [3].....	16
4.	Zavarivanje TIG postupkom.....	19
4.1	TIG postupak zavarivanja .....	19
4.1.1	Ručno TIG zavarivanje .....	20
4.1.2	Poluautomatsko TIG zavarivanje .....	21
4.1.3	Automatsko TIG zavarivanje .....	21
4.2	Parametri i materijali TIG zavarivanja.....	22
5.	Izrada tlačnih posuda.....	23
5.1	Proces izrade.....	23
5.1.1	Probijanje rupa.....	24
5.1.2	Savijanje plašta .....	25

5.1.3	Automatsko zavarivanje plašta [5] .....	26
5.1.4	Rezanje lima na laseru .....	28
5.1.5	Oblikovanje i probijanje rupa podnice.....	29
5.1.6	Skidanje viška rubova .....	30
5.1.7	Kalibriranje plašta i podnice.....	31
5.1.8	Zavarivanje plašta s podnicom .....	32
5.1.9	Zavarivanje nogu i priključaka .....	34
5.1.10	Kemijsko čišćenje zavara .....	36
5.1.11	Tlačna proba .....	37
6.	Zaključak .....	38
7.	LITERATURA: .....	39

# 1. Uvod

U ovom završnom radu govori se o posudama pod tlakom, odnosno hidroforskim posudama. Tema je odabrana zbog složenosti izrade tih posuda, posebne kontrole i normi po kojima je ta posuda rađena.

Kad bi imali kućanstvo spojeno na vodenu crpku bez hidrofora, pumpa bi konstantno morala raditi, i time bi se skratio radni vijek pumpe i potrošila bi se veća količina električne energije pa stoga u kućanstvima imamo potrebu za skladištenjem pitke vode. Hidroforske posude služe za skladištenje te vode i drže ju pod tlakom kako bi nam u svakom trenutku bila dostupna.

Hidroforske posude izrađene su od nehrđajućeg čelika zbog njihove trajnosti i otpornosti na koroziju.

Tijekom eksploatacije posuda pod tlakom dolazi do opterećenja u kompletnoj posudi. Kod puknuća ili propuštanja posude može doći do većih materijalnih šteta pa je vrlo bitna prevencija kod zavarivanja i odabira debljine stijenke. Ukoliko zavar nije pravilno izveden takve posude ne mogu podnijeti potrebna opterećenja i nisu sigurne za eksploataciju.



*Slika 1.1 3D prikaz hidroforske posude CH 300*

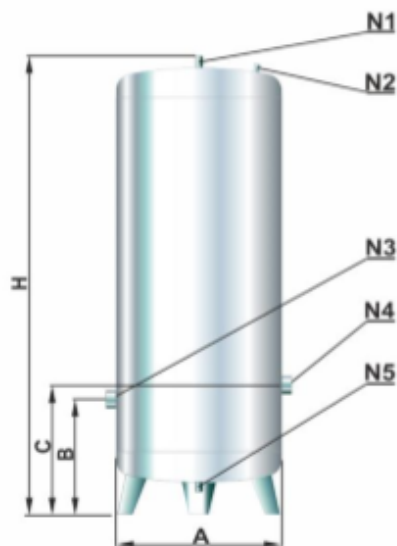
## 2. O proizvodu

Hidroforske posude **CH** volumena od 90 do 880 litara namijenjene su akumuliranju svježe pitke vode u kućanstvima, ugostiteljskim i drugim objektima gdje je potrebno imati na raspolaganju veću količinu vode pod određenim tlakom. Često se primjenjuju i za akumuliranje vode u raznim tehnološkim procesima u industriji. Izrađene su od nehrđajućeg čelika korištenjem modernih tehnologija što jamči visoke higijenske uvjete te pouzdanost u radu i dugi vijek trajanja. Za izradu takvih posuda koriste se posebne naprave i alati kao što su preša s probijačicom, roboti za zavarivanje, stroj za kalibriranje plašta, ručni TIG aparati. Proizvodni proces se odvija pod točno određenim uvjetima kako bi se održala propisana kvaliteta.

Hidroforska posuda volumena 300 litara je cilindričnog oblika sa podnicama, vanjskog promjera  $Dv=480$  mm, izveden iz inox lima W.Nr.1.4301.

smješten nadzemno, vertikalne izvedbe. Hidrofor se oslanja na 3 noge. Posuda ima 5 priključaka. Priključak za manometar, ispust, priključak za izlaz sanitarne vode, priključak za ulaz sanitarne vode, priključak za tlačnu sklopku. [1]

- 1 – Priključak za tlačnu sklopku
- 2 – Priključak za manometar
- 3 – Priključak ulaza vode
- 4 – Priključak izlaza vode
- 5 – Ispust
- 6 – Tlačna sklopka
- 7 – Manometar
- 8 – Ventil
- 9 – Ventil
- 10 – Usisna cijev
- 11 – Vodena crpka
- 12 – Cijev za opskrbu
- 13 – Hidroforska posuda CH



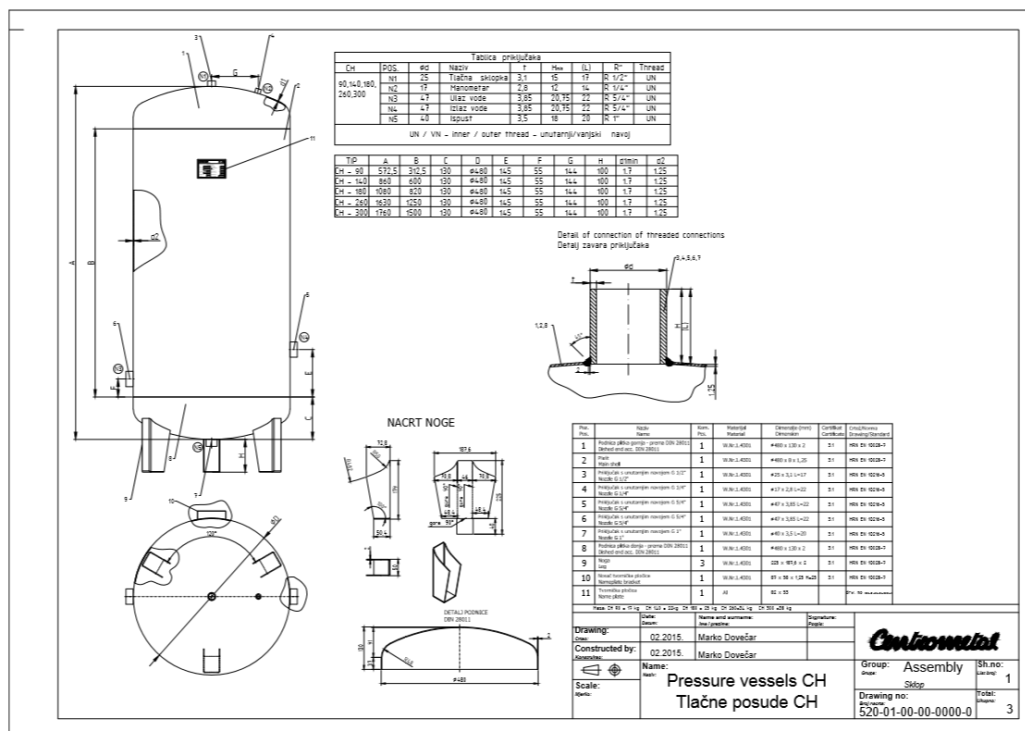
Slika 2.1 shematski prikaz hidroforske posude s priklučcima [1]

## 2.1 Tehničke karakteristike

Tablica 2.1 tehničke karakteristike hidroforskih posuda [1]

Tip		CH 90	CH 140	CH 180	CH 260	CH 300
Volumen	L	90	140	180	300	300
H Visina	mm	689,5	977	1197	1627	1877
A Promjer	mm	480	480	480	480	480
B Ulaz vode	mm	285	285	285	285	285
C Izlaz vode	mm	375	375	375	375	375
N1 Priključak, tlačna sklopka*		1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
N2 Priključak, manometar*		1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
N3 Priključak, ulaz vode*		5/4"	5/4"	5/4"	5/4"	5/4"
N4 Priključak, izlaz vode*		5/4"	5/4"	5/4"	5/4"	5/4"
N5 Priključak, ispušćak*		1"	1"	1"	1"	1"
Masa	kg	17	22	25	34	38
Max. radni tlak	bar	5	5	5	5	5

Iz priložene tablice 2.1 vidimo da se hidroforske posude razlikuju samo po visini te posude, zbog pojednostavljenja proračuna i smanjenje broja različitih pozicija.



Slika 2.2 sklopni crtež hidroforske posude [prilog 1.]

## 2.2 O poduzeću

Na samom začetku 1965. godine, g. Karlo Zidarić otvorio je obrtničku radionicu za montažu i održavanje sustava centralnog grijanja. Tim iskustvom zakoračili su u svijet razvoja i konstruiranja, koji su 1990. godine implementirali u novonastalu tvrtku Centrometal d.o.o.

Danas tvrtka Centrometal d.o.o. uporno gradi svoj put u sam vrh hrvatskih proizvođača termotehničke opreme. Naglasak kod razvoja stavljen je na opremu koja koristi obnovljive izvore energije (drvo, pelete, sječku, sunce...) čime se tvrtka aktivno uključuje u zaštitu okoliša te učinkovito iskorištenje energije.

Tradicionalna marljivost međimurskog čovjeka, svestrana suradnja sa znanstvenim institucijama, posebice Fakultetom strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, rezultirali su posljednjih godina značajnom ekspanzijom tvrtke, koja danas zapošljava preko 200 djelatnika, ima svoj vlastiti razvoj temeljen na domaćoj pameti, centar za izobrazbu, ispitnu stanicu, moderan tehnološki park i razgranatu servisnu službu.

Kvalitetu proizvoda i poslovanje tvrtke garantira i osigurava uveden sustav osiguranja kvalitete ISO 9001:2008, a plasman na mnoga tržišta Europe osiguravaju certifikati o sukladnosti izdani od ovlaštenih domaćih i međunarodnih institucija, koje posjeduje svaki proizvod tvrtke "Centrometal".[1]



slika 2. 3 djelatnici tvrtke Centrometal ispred upravne zgrade [1]

## 2.3 Općenito o tlačnim posudama

Tlačna je oprema oduvijek bila specifična po opasnosti za ljude, životinje i okoliš, pa je stoga propisana posebnim zakonskim propisima. Zakonski propisi su se mijenjali po osnivanju Europske Unije. Prije postojanja Europske Unije svaka država imala je svoj zakon o tlačnim posudama, a sad nakon osnivanja EU se osniva jedinstveno zakonodavstvo koje vrijedi po cijeloj Europskoj Uniji dokumentom koji se zove: „Novi pristup” te govori o tehničkom usklađivanju i normama kao preduvjetu za slobodno kretanje roba i usluga na teritoriju zajednice (smjernice i norme).

„Opći pristup” - govori o ocjeni sukladnosti i uporabi CE oznake (moduli za ocjenu sukladnosti). Za tlačnu opremu to bi konkretno značilo: Sve države koje su članice Europske Unije dužne su ispuniti zahtjeve za tlačnu opremu (unose zahtjeve u zakonodavstvo) .

Usklađene europske norme donesene su konsenzusom koji svaka članica mora preuzima kao nacionalne.

„Pretpostavka o sukladnosti“ – proizvod koji prolazi sve zahtjeve koji su propisani normama. Za tlačnu opremu postoje dvije smjernice koje su donesene zbog tehničkih i tradicionalnih razloga:

- Smjernica 87/404/EEC; Jednostavne tlačne posude, poznata po kratlici SPV (Simple Pressure Vessels)
- Smjernica 97/23/EC; Tlačna oprema, poznata po kratlici PED (Pressure Equipment Directive)

Svi zahtjevi se odnose na vrijeme do početka korištenja, zahtjevi se ne odnose na inspekciju tlačne opreme za vrijeme njezinog radnog vijeka.

Postoje Neložene i Ložene posude, od kojih su neložene reaktori, spremnici, izmjenjivači topline a ložene posude vodocijevni i dimocijevni kotlovi, Cjevovodi, Sigurnosni elementi, Tlačni elementi, Sklopovi pod tlakom. [2]



Tlačne posude imaju nekoliko bitnih sigurnosnih uvjeta:

1. Zahtjevi u pogledu konstrukcije i proračuna
2. Zahtjevi za proizvodnju
3. Zahtjevi za materijale gradnje
4. Posebni zahtjevi za ložene posude
5. Posebni zahtjevi za cjevovode
6. Dozvoljena naprezanja, koeficijenti zavarenog spoja, ventili sigurnosti, tlačna proba

## **2.4 Norma HRN EN 13445-1: 2009**

Ovaj dokument (EN 13445-1: 2009) pripremio je tehnički odbor CEN / TC 54 "Neložene posude pod tlakom".

Ova norma je napravljena da poprimi status nacionalne norme, bilo objavljivanjem identičnog teksta ili indosamentom, najkasnije do prosinca 2009 godine, a sukobljene nacionalne norme mora se povući najkasnije do prosinca 2009. godine.

Ova Europska norma "Neložene posude pod tlakom" se sastoji od sljedećih dijelova:

- Dio 1: Općenito
- Dio 2: Materijali
- Dio 3: Dizajn
- Dio 4: Izrada
- Dio 5: Inspekcija i ispitivanje
- Dio 6: Zahtjevi za projektiranje i proizvodnju tlačnih posuda i dijelova posuda izrađenih od nodularnog lijeva.
- CR 13445-7, Neložene posude pod tlakom - Dio 7: Smjernice za upotrebu procedure za ocjenu sukladnosti.
- Dio 8: Dodatni zahtjevi za tlačne posude od aluminija i aluminijskih legura.
- CEN / TR 13445-9, Neložene posude pod tlakom – Dio 9: Sukladnost HRN EN 13445 serije s ISO 16528.

Kod ove norme, izdvaja se dio 3: Dizajn, zbog toga jer se kod tog dijela govori o dizajniranju posude pod unutarnjim tlakom, unutra se još spominje proračun plašta i podnice koji se koristi.  
[3]

## **2.5 Osnovni parametri za proračun čvrstoće spremnika**

Ulazne vrijednosti proračuna čvrstoće definiraju se prema normi HRN EN 13445:2009.

### **2.5.1 Proračunska temperatura**

Prema točki 5.3.7 norme HRN EN 13445:2009 maksimalna proračunska temperatura bi trebala biti veća od najveće moguće postizive temperature fluida, dok bi minimalna temperatura morala biti manja od najniže moguće postizive temperature fluida.

Hidroforska posuda se nalazi u prostoriji čija temperatura ne prelazi najveću moguću vanjsku temperaturu i nikad se ne spušta ispod ledišta vode, pa stoga uzimamo temperature:

Maksimalna proračunska temperatura – 40°C

Minimalna proračunska temperatura – 5°C

### 2.5.2 Proračunski Pd i najveći mogući tlak Ps

Prema točki 5.3.5 norme HRN EN 13445:2009 proračunski tlak mora biti veći od najvećeg mogućeg.

Pumpe koje su namijenjene da pune hidroforsku posudu imaju maksimalni tlak 5 bara, pa stoga i mi uzimamo proračunsku vrijednost od 5 bara.

Prema točki 5.3.2 norme EN 13445:2009 za normalne slučajeve opterećenja, minimalni ispitni tlak mora biti 1.43 puta veći od projektog tlaka.

- Pd= 5 bar, proračunski tlak (minimalno)
- Ptest = 7,15 bar, najmanji ispitni tlak
- TS = 5/40°C i Ps= 5bar
- Referentna temperatura punjenja mjerodavna za količinu punjenja TR= 40°C

### 2.5.3 Materijali gradnje

Za izradu hidrofora koristi se nehrđajući čelik 1.4301 X5CrNi18-10 koji zadovoljava normu HRN EN 10028-7:2007.

Od nehrđajućeg čelika izrađuje se plašt, podnice, priključci, i noge.

Mehanička svojstva nehrđajućeg čelika 1.4301 X5CrNi18-10:

- Vlačna čvrstoća : Rm[MPa]= 540 N/mm<sup>2</sup>
- Granica razvlačenja Reh[MPa]= 260 N/mm<sup>2</sup>
-

#### 2.5.4 Proračunska čvrstoća

Proračunska čvrstoća određena je prema točki 6.6.2 norme HRN EN 13445:2009.

Određena je formulom prema tablici 2.2

Tablica 2.2 određivanje proračunske čvrstoće [3]

Oznake čelika	Slučajevi normalnog radnog opterećenja	Slučajevi testnog opterećenja
Ostali ne austenitni čelici A<30%	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_m/20}{2,4}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,05}\right)$
Alternativni ostali ne austenitni čelici A<30%	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_m/20}{1,875}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,05}\right)$
Austenitni čelici 30%≤A≤35%	$f_d = \left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p1,0/T_{test}}}{1,05}\right)$
Austenitni čelici A≥35%	$f_d = \max\left[\left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5}\right); \min\left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,2}; \frac{R_m/T}{3}\right)\right]$	$f_d = \max\left[\left(\frac{R_{p1,0/T_{test}}}{1,05}\right); \left(\frac{R_m/T_{test}}{2}\right)\right]$
Lijevani čelici	$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,9}; \frac{R_m/20}{3}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,33}\right)$

$$f_d = \min\left(\frac{R_{eh}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4}\right)$$

$$f_d = \min\left(\frac{260}{1,5} = 155,3 \frac{N}{mm^2}; \frac{560}{2,4} = 233,3 \frac{N}{mm^2}\right)$$

$$f_d = 155,3 \frac{N}{mm^2}$$

#### 2.5.5 Dodaci

Norma HRN EN 13445:2009 ne sadrži c<sub>2</sub> dodatak debljine stijenke zbog korozivnog djelovanja radnog medija zato jer je spremnik napravljen od nehrđajućeg čelika. Dodatak c<sub>1</sub>=0,1mm za dopušteno odstupanje dimenzija materijala.

#### 2.5.6 Koeficijent zavarenog spoja

Koeficijent zavarenog spoja obuhvaća slabljenje osnovnog materijala konstrukcije posude pod tlakom, koja nastaje uslijed spajanja elemenata (u ovom slučaju zavarivanje). Za svaki slučaj dane su vrijednosti.

Tablica 2.3 određivanje koeficijenta zavarenog spoja

Z	1	0,85	0,7
Testna grupa	1,2	3	4

- z=0,7 - koeficijent zavarenog spoja

### 3. Proračun tlačnih posuda

#### 3.1 Proračun debljine stijenke cilindričnog plašta prema normi HRN EN 13445 [3]

$D_e$  [mm] – vanjski promjer cilindričnog plašta

$P_d$  [MPa] – projektni tlak

$z$ - koeficijent zavara

$f_d$  [MPa] – nominalno projektno naprezanje u osnovnom dijelu

$e_{min}$  – minimalna debljina stijenke

$e$  [mm] – debljina stijenke uključujući dodatke

$e_n$  [mm] – usvojena debljina stijenke

$R_m$  [MPa] = 540 N/mm<sup>2</sup> – vlačna čvrstoća

$R_{eh}$  [MPa] = 260 N/mm<sup>2</sup> – granica razvlačenja

Minimalna debljina stijenke plašta:

$$e_{min} = \frac{P_d \cdot D_e}{2 \cdot f_d \cdot z + p}$$

$$e_{min} = \frac{0,5 \cdot 480}{2 \cdot 173,3 \cdot 0,7 + 0,5173} = 1,1397$$

Debljine stijenke plašta uključujući dodatke:

$$e = e_{min} + c_1 + c_2 = 1,1397 + 0,1 + 0 = 1,2397$$

Odabrana debljina stijenke plašta iznosi  $e_n = 1,25 \text{ mm}$

### 3.2 Proračun debljine stijenke podnica prema normi HRN EN 13445 [3]

$D_e$ [mm]	– vanjski promjer cilindričnog plašta
$D_i$ [mm]	– unutarnji promjer podnice
$P_d$ [MPa]	– projektni tlak
$z$	- koeficijent zavara
$f_d$ [MPa]	– nominalno projektno naprezanje u osnovnom dijelu
$f_b$ [MPa]	–projektno naprezanje za proračun deformacija
$C$	- pomoćna vrijednost
$e$ [mm]	– zahtijevana debljina stijenke podnice
$e_s$ [mm]	– minimalna debljina stijenke podnice na granično naprezanje stijenke u centralnom dijelu
$e_y$ [mm]	– minimalna debljina stijenke podnice na zakrivljenom dijelu
$e_b$ [mm]	– minimalna debljina stijenke zakrivljena radi središnjeg dijela torisferične podnice
$R$ [mm]	– unutarnji polumjer zakrivljenosti središnjeg dijela torisferične podnice
$r$ [mm]	– unutarnji radijus zakrivljenosti
$R_{pt}$ [Mpa]	– minimalna dokazano čvrstoća na projektnoj temperaturi- 242,8 N/mm <sup>2</sup>
$f_{20}$	- proračunsko naprezanje na projektnoj temperaturi-162 N/mm <sup>2</sup>

Uvjeti koji vrijede su:

- $r \geq 0,06D_i$
- $r \geq 2e$
- $e \leq 0,08D_i$
- $e_a \geq 0,001 D_e$
- $R \leq D_e$

Minimalna debljina stijenke podnice  $e$  je veća od minimalne debljine stijenke podnice na granično naprezanje stijenke u centralnom dijelu  $e_s$ , veća od minimalne debljine stijenke podnice na zakrivljenom dijelu  $e_y$ , veća od minimalne debljine stijenke zakrivljenja radi izbjegavanja deformacije  $e_b$

$$e_s = \frac{P \cdot R}{2 \cdot f_z \cdot z - 0,5 \cdot p}$$

$$e_y = \frac{\beta \cdot P(0,75R + 0,2D_i)}{f}$$

$$e_b = [0,75 \cdot R + 0,2 \cdot D_i] \cdot \left[ \frac{p}{111 \cdot f_b} \left( \frac{D_i}{r} \right)^{0,825} \right]^{\left( \frac{1}{1,5} \right)}$$

Osnovne veličine koje uzimamo za proračun debljine stijenke podnica su:

$$D_i = 476,6 \text{ mm} \rightarrow (e = 1,7 \text{ mm})$$

$$R = D_e = 480 = 480 \text{ mm}$$

$$r = 0,154 \cdot D_i = 0,154 \cdot 476,84 = 73,43 \text{ mm}$$

Projektno naprezanje za proračun deformacija iznosi:

$$f_b = \frac{R_{pt}}{1,5} \cdot 1,6 = \frac{216,75}{1,5} \cdot 1,6 = 231,2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Minimalna debljina stijenke podnice na granično naprezanje stijenke u centralnom dijelu  $e_s$  računa se prema formuli:

$$e_s = \frac{p \cdot R}{2 \cdot f_z \cdot z - 0,5 \cdot p}$$

$$e_s = \frac{0,5173 \cdot 480}{2 \cdot 155,3 \cdot 0,7 - 0,5 \cdot 0,5173} = 1,1438 \text{ mm}$$

Minimalna debljina stijenke podnice na zakrivljenom dijelu  $e_y$  računa se prema formuli:

$$e_y = \frac{C(0,75R + 0,2D_i)}{f}$$

$$Y = \min \left[ \frac{e}{R}; 0,04 \right]$$

$$Y = \frac{1,56}{480} = 0,0032$$

$$Z = \log \left( \frac{1}{Y} \right) = \log \left( \frac{1}{0,0032} \right) = 2,489$$

$$X = \frac{r}{D_i} = \frac{48}{476,89} = 0,1007$$

$$N = \left[ 1,006 - \frac{1}{6,2 + (90Y)^4} \right] = \left[ 1,006 - \frac{1}{6,2 + (90 \cdot 0,0032)^4} \right] = 0,8449$$

Za  $X=0,2$

$$c_{0,2} = \max\{[0,56 - 1,94Y - 82,5Y^2] \cdot 0,95; 0,5\}$$

$$c_{0,2} = [0,56 - 1,94 \cdot 0,0032 - 82,5 \cdot 0,0032^2] \cdot 0,95 = 0,5252$$

Za  $X=0,1$

$$c_{0,1} = [-0,1833Z^3 + 1,0383Z^2 - 1,2943Z + 0,837] \cdot N$$

$$c_{0,1} = [-0,1833 \cdot 2,489^3 + 1,0383 \cdot 2,489^2 - 1,2943 \cdot 2,489 + 0,837] \cdot 0,8449$$

$$c_{0,1} = 1,0321$$

Za  $0,1 < X < 0,2$

$$c = 10\{(0,2 - X)c_{0,1} + (X - 0,1)c_{0,2}\}$$

$$c = 10\{(0,2 - 0,1007)1,03 + (0,1007 - 0,1)0,5252\} = 1,0288$$

$$e_y = \frac{c(0,75R + 0,2D_i)}{f}$$

$$e_y = \frac{1,03(0,75 \cdot 480 + 0,2 \cdot 476,89)}{155,3} = 1,5611 \text{ mm}$$

$$\text{Odgovara} \rightarrow D_u = D_i + 2 \cdot e_y \rightarrow 480 = 476,6 + 2 \cdot 1,5611$$

Minimalna debljina stijenke zakrivljena radi izbjegavanja deformacije  $e_b$  računa se :

$$e_b = [0,75 \cdot R + 0,2 \cdot D_i] \cdot \left[ \frac{p}{111 \cdot f_b} \left( \frac{D_i}{r} \right)^{0,825} \right]^{\left( \frac{1}{1,5} \right)}$$

$$e_b = [0,75 \cdot 480 + 0,2 \cdot 476,6] \cdot \left[ \frac{0,5173}{111 \cdot 231,2} \left( \frac{476,6}{48} \right)^{0,825} \right]^{\left( \frac{1}{1,5} \right)} = 1,1884 \text{ mm}$$

Debljina stijenke podnice uključujući dodatke:  $e = e_y + c_1 + c_2 = 1,56 + 0,0 + 0 = 1,56 \text{ mm}$

Odabrana debljina stijenke podnice iznosi  $e_n = 1,7 \text{ mm}$



## 4. Zavarivanje TIG postupkom

### 4.1 TIG postupak zavarivanja

TIG postupak zavarivanja se svrstava u postupke zavarivanja s netaljivom elektrodom pod zaštitom inertnog plina. To je elektrolučni postupak kod kojeg električni luk uspostavlja između netaljive volframove elektrode i osnovnog materijala, pri čemu dolazi do taljenja osnovnog materijala.

Zavarivanje se može izvoditi sa i bez dodatnog materijala. Dodatni materijal (žica promjera 0,5-8 mm i duljine 1m ili trake lima) dodaje se ispred taline ( pod kutom od 10-20° u odnosu na osnovni materijal.)

Da bi zaštitili električni luk od utjecaja okoline najčešće se koristi argon, ponekad dušik ili helij.

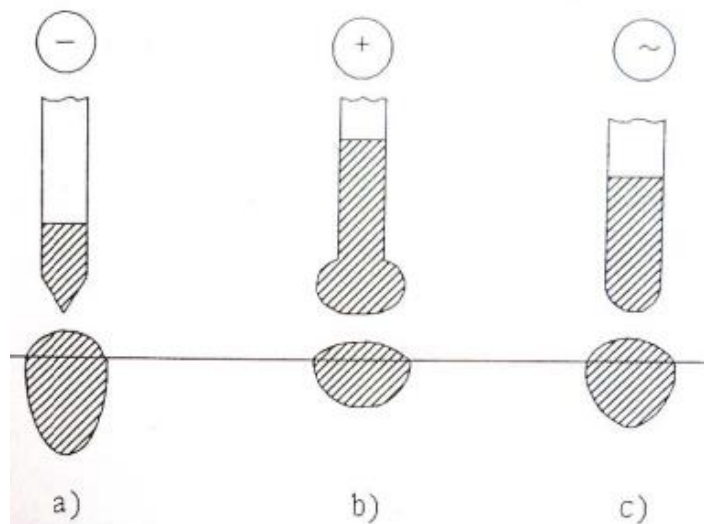
Vrh elektrode prije zavarivanja se priprema brušenjem na zadani oblik elektrode koji ovisi o vrsti i jakosti struje. [4]

Tablica 4.1 ovisnost vrste struje o materijalima [4]

Vrsta struje	Zavarivani materijali	Napomena
Istosmjerna struja Elektroda „-“ pol	Svi materijali osim Al i Mg te njihovih legura	Moguće je najveće opterećenje elektrode
Izmjenična ili impulsna struja	Al, Mg i njihove legure	Moguće je uklanjanje oksida s površine osnovnog materijala
Istosmjerna struja Elektroda „+“ pol	Posebni slučajevi	Vrlo malo dopušteno opterećenje elektrode



Slika 4.1 aparat za TIG zavarivanje [5]



Slika 4.2 oblik vrha elektrode i veličina zagrijanosti vrha ovisno o vrsti struje [4]

W- elektroda je netaljiva, no ona se ipak troši ( lomi) zbog nehotičnog kontakta s osnovnim materijalom i erozije. Prosječna trajnost elektrode duljine 170mm je oko 30 sati rada. Ako se pravilno koristi trajanje elektrode se produljuje i smanjuje onečišćenje zavara volframom. Elektroda od čistog volframa može se opteretiti strujom jakosti 50 A po milimetru promjera elektrode, a elektroda s dodatkom 1-3% Th-oksida sa 60-80 A po mm promjera elektrode.

TIG postupak koristi se kao ručni, no može biti poluautomatski ii automatski. [4]

#### 4.1.1 Ručno TIG zavarivanje

Pritiskom na gumb koji se nalazi na pištolju počinje teći zaštitni plin i sredstvo za hlađenje pištolja, Pištolj se približi mjestu zavarivanja na određeni razmak. Uspostavlja se električni luk koji tali osnovni materijal. Zavarivač povremeno dodaje žicu koja se tali u prednji rub taline osnovnog materijala i zajedno s talinom pomiče pištolj i dodatni materijal određenom brzinom po pripremljenom spoju i uz određenu tehniku rada zavaruje. Nakon prestanka pritiska na gumb pištolja, prekida se električni luk, a zaštitni plin još neko vrijeme istječe i štiti talinu i vrh elektrode. Za to vrijeme zavarivač ne odmiče pištolj s mjesta zavarivanja. [4]

#### 4.1.2 Poluautomatsko TIG zavarivanje

Princip rada poluautomatskog TIG zavarivanja je isti kao i kod ručnog s tim da se pritiskom na gumb pištolju još uključuje i elektromotorni sustav žice koja se nalazi u upravljačkom ormaru. [4]



*Slika 4.3 pištolj za poluautomatsko TIG zavarivanje [6]*

#### 4.1.3 Automatsko TIG zavarivanje

Zavarivanje TIG postupkom moguće je automatizirati. S time se dobije veća točnost i kvaliteta, a samim time i brzina. Kod automatskog postupka nema ljudskih utjecaja na zavar, pa je pogodno za velike serije[4]

## 4.2 Parametri i materijali TIG zavarivanja

Priprema spoja za zavarivanje i jakost struje ovisi o vrsti i debljini osnovnog materijala. S TIG postupkom se zavaruje s jakosti struje od 40-400 A. Npr. Za sučeoni spoj u vodoravnom položaju za nehrđajući čelik struja zavarivanja je 30 A po mm debljine lima. Orijentacijski parametri zavarivanja navedeni su u priručnicima.

TIG postupak se većinom koristi za zavarivanje tankih limova (0,5-6mm debljine) od kojih se za debljine lima 1-1.5mm koristi spoj s povinutim rubom koji se pretaljuje bez dodatnog materijala, za 2-4 mm koristi se I-spoj, za 4-6 mm može se koristiti I-spoj s većim razmakom u grlu žlijeba ili V- spoj.

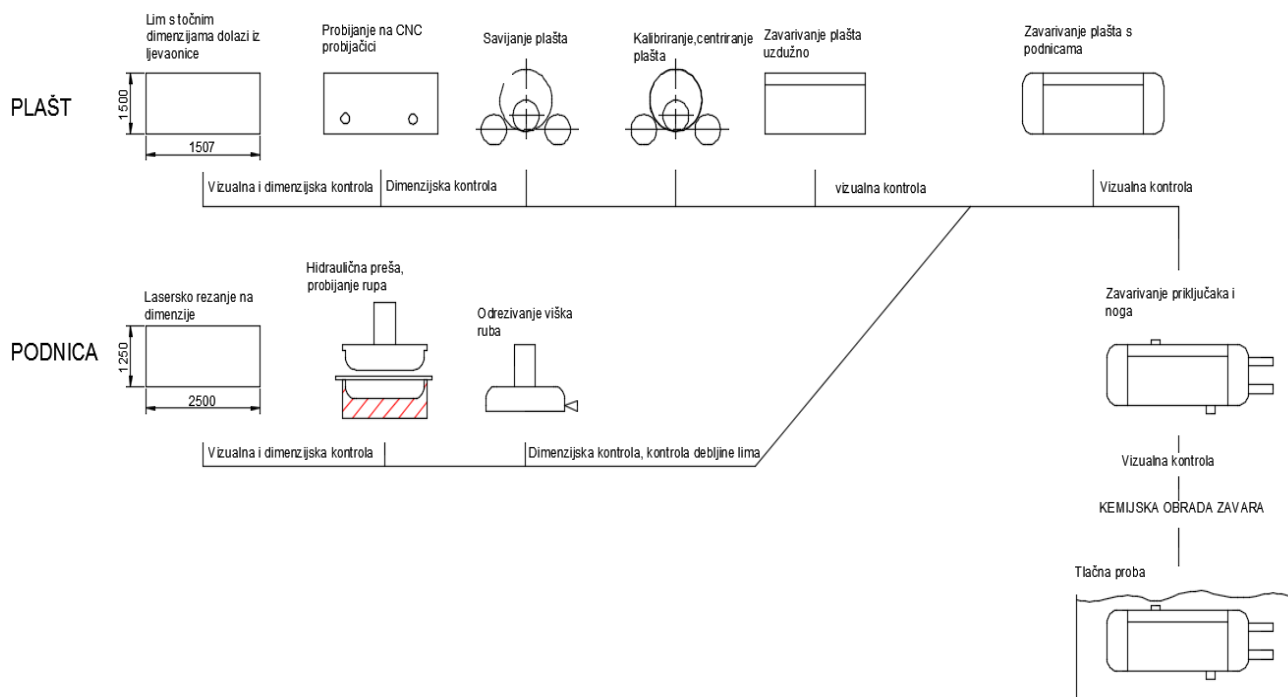
Veoma je bitan početak i prekid zavarivanja. Prije zavarivanja preporuča se provjera parametara na pomoćnoj Cu- pločici. Kada se uspostavi električni luk, početno se mjesto prije dodavanja žice dobro pretali.

TIG zavarivanje ostvaruje vrlo kvalitetne zavare. Budući da je to skup način zavarivanja, većinom se koristi za visokolegirane čelike manjih debljina. [4]

## 5. Izrada tlačnih posuda

### 5.1 Proces izrade

Proces izrade tlačne posude odvija se prema shemi na slici 5.1



Slika 5.1 shema izrade hidroforske posude

Iz sheme vidimo logički posloženi proces izrade posude koji je dobiven iskustvom tehnologa.

### 5.1.1 Probiranje rupa

Prvi korak je naručivanje lima za plašt s točnim dimenzijama koji dolazi iz ljevaonice.

Nakon vizualne i dimenzijske kontrole, lim se stavlja na CNC probijačicu na kojoj se probijaju rupe za priključke.



*Slika 5.2 alat za probiranje rupa*

### 5.1.2 Savijanje plašta

Lim sa probijenim rupama se savija na stroju za kružno savijanje, te se stavlja na kalibriranje da bi se dobio pravilan kružni oblik.




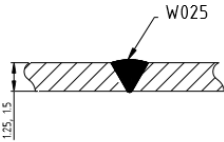
*Slika 5.3 stroj za kružno savijanje*

### 5.1.3 Automatsko zavarivanje plašta [5]

Nakon što je plašt kalibriran, stavlja se u prihvat za automatsko zavarivanje te se kreće na automatsko zavarivanje podnice sa TIG postupkom. Nakon što je plašt pravilno stegnut i pozicioniran kreće automatsko zavarivanje.

Parametri zavarivanja za TIG postupak definirani su s WPS lista (prilog 2.). Za zavarivanje se koristi:

- Vrsta struje: (-) pol kao što možemo iščitati iz tablice 5.1,
- jakost struje: 110-140 [A]
- protok zaštitnog plina (argona): 12 [l/min]
- brzina zavarivanja: 50-65 [cm/min]
- promjer i vrsta Wolframove elektrode: 3,2 mm (1 % Th)

		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1					WPS No. SPZ br. 025		
Supporting PQR No's Atest postupka broj		-		<b>Base metals</b> <b>Osnovni materijal</b>					
Welding Process Postupak zavarivanja		TIG welding (141)		Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)		
Welding position Položaj zavarivanja		Horizontal (PA) Horizontalan (PA)		W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-1,5			
Joint type Vrsta spoja		Butt weld (BW) Sul. eljeni spoj		-					
<b>Joint Design/Oblik spoja</b>									
									
<b>Welding parameters</b> <b>Parametri zavarivanja</b>									
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos topline (KJ/cm)
1	141		110-140		- pol	12	50-65		
<b>Filler metal</b> <b>Dodatni materijal</b>					Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja				
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač					Preheat temperature Temperatura predgrijavanja				
Classification Klasifikacija					Interpass temperature Medjuslojna temperatura				
Coat type / Tip obloge					Max. layer width Max. širina-njihanje				
Flux composition Sastav praha					Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje				
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode		3,2 mm (1 % Th)			Other/Ostalo				
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena		Argon Ar (99,999%)			Automatizirano zavarivanje bez dodatnog materijala/Automatic welding without filler metal				
Prepared by Izradio	Marko Dovečar, IWE			Approved by Odobrio	Marko Dovečar, IWE			Revisions	

Slika 5.4 WPS lista za zavarivanje plašta [7]





*Slika 5.5 stroj za zavarivanje plašta*

#### 5.1.4 Rezanje lima na laseru

U međuvremenu se izrađuje podnica.

Prvi proces kod izrade je rezanje lima na zadane dimenzije. Zaposlenik stavlja ploču lima na prihvat na laseru, i laser kreće u automatsko rezanje.



*Slika 5.6 laser za rezanje podnice*

### 5.1.5 Oblikovanje i probijanje rupa podnice

Nakon rezanja na laseru, slijedi prešanje lima za dobivanje oblika podnice i probijanje rupa.



*Slika 5.7 hidraulična preša za podnice*

### 5.1.6 Skidanje viška rubova

Slijedi skidanje viška rubova s podnice.

U stroj za skidanje rubova se stavlja prešana podnica s rupama, stroj ima graničnike po kojima reže rubove na podnici.



*Slika 5.8 stroj za skidanje rubova*



### 5.1.7 Kalibriranje plašta i podnice

Obradili smo plašt i podnicu, te slijedi spajanje istih, ali prije spajanja treba proširiti rubove plašta da bi bolje odgovarali podnici. U stroj se stavlja zavareni plašt koji na svakom kraju ima konus u koji sjeda. Zatim hidraulični cilindri pritisnu oba kraja, i plaštu rašire krajeve.



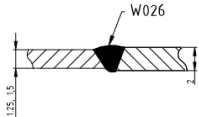
*Slika 5.9 stroj za proširivanje rubova podnice*

### 5.1.8 Zavarivanje plašta s podnicom

Stroj za automatsko zavarivanje plašta i podnice ima 3 prihvata. Prvo se stavljaju podnice u prihvat za podnice, te se stavlja plašt u prihvat za plašt. Stroj sadrži 2 pištolja za zavarivanje podnica, iz razloga da se mogu obje strane zavarivati istodobno. Pištolj stoji fiksno, a okreću se podnica i plašt zadanom brzinom.

Parametri zavarivanja plašta s podnicom definirani su preko WPS liste (prilog 2.).

- Vrsta struje: (-) pol kao što možemo iščitati iz tablice 5.1,
- jakost struje: 155-185 [A]
- protok zaštitnog plina (argona): 8-9 [l/min]
- brzina zavarivanja: 55-60 [cm/min]
- promjer i vrsta Wolframove elektrode: 2,4 mm (1 % Th)

Supporting PQR No's Atest postupka broj		Welding Procedure Specification (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1				WPS No. SPZ br. 026			
-		<b>Base metals</b> <b>Osnovni materijal</b>							
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)				
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)	W Nr. 1.4301	8.1	1.25-2					
Joint type Vrsta spoja	Butt weld (BW) Suljčeni spoj								
Joint Design/Oblik spoja									
									
<b>Welding parameters</b> <b>Parametri zavarivanja</b>									
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (lit/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos toplote (KJ/cm)
1	141		155-185		- pol	8-9	55-60		
<b>Filler metal</b> <b>Dodatni materijal</b>				Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja					
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač				Preheat temperature Temperatura predzavarivanja					
Classification Klasifikacija				Interpass temperature Medjuslojna temperatura					
Coat type / Tip obloge				Max. layer width Max. širina-njihanje					
Flux composition Sastav praha				Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje					
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode				Other/Ostalo					
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena				Automatizirano zavarivanje bez dodatnog materijala/Automatic welding without filler metal					
Prepared by Izradio		Marko Dovečar, IWE		Approved by Odobrio		Marko Dovečar, IWE		Revisions Revizija	
Date/Datum		15.02.2012.		Date/Datum		15.02.2012.			

Slika 5.10 WPS lista za zavarivanje plašta s podnicom [7]



*Slika 5.11 automatsko zavarivanje podnice s plaštom*

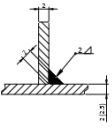
### 5.1.9 Zavarivanje nogu i priključaka

Noge i priključci se zavaruju ručnim TIG postupkom. Zaposlenik dobiva gotove pozicije nogu i zavareni plašt s podnicama, te zavaruje priključke i noge na za to predviđena mjesta.

Parametri za zavarivanje nogu i priključaka su definirani s WPS liste ( prilog 2.).

Parametri za zavarivanje nogu:

- Vrsta struje: (-) pol kao što možemo iščitati iz tablice 5.1,
- jakost struje: 80-90 [A]
- protok zaštitnog plina (argona): 8-10 [l/min]
- promjer dodatnog materijala: 0,8 [mm]

Cimrometal POSREDOVANJE U PROMETU		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1				WPS No. SPZ br. 027			
Supporting PQR No's Atest postupka broj		-		<b>Base metals</b> <b>Osnovni materijal</b>					
Welding Process Postupak zavarivanja		TIG welding (141)		Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)		
Welding position Položaj zavarivanja		Horizontal (PA) Horizontalan (PA)		W.Nr. 1.4301	8.1	2			
Joint type Vrsta spoja		Fillet weld (FW) Kutni spoj							
<b>Joint Design/Oblik spoja</b>									
									
<b>Welding parameters</b> <b>Parametri zavarivanja</b>									
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos topline (KJ/cm)
1	141	0,8	80-90		(-)	8-10			
<b>Filler metal</b> <b>Dodatni materijal</b>				<b>Postweld heat treatment</b> Toplinska obrada poslije zavarivanja					
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač		Elektroda Zagreb, E2 TIG 316 Lsi		Preheat temperature Temperatura predjavanja					
Classification Klasifikacija		G 19 12 3 L Si		Interpass temperature Medjuslojna temperatura					
Coat type / Tip obloge				Max. layer width Max. širina-njihanje					
Flux composition Sastav praha				Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje					
Size and type W electrode Promjer i vrsta W elektrode				Other/Ostalo					
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštitna korijena		Argon Ar (99,999%) 10 l/min							
Prepared by Izradio		Marko Dovečar, IWE		Approved by Odobrio		Marko Dovečar, IWE		Revisions Revizija	
Date/Datum		15.02.2012.		Date/Datum		15.02.2012.			

Slika 5.12 WPS lista za zavarivanje podnice s nogama [7]



Parametri za zavarivanje priključaka:

Vrsta struje: (-) pol kao što možemo iščitati iz tablice 5.1,

- jakost struje: 115-125 [A]
- protok zaštitnog plina (argona): 9-11 [l/min]
- promjer dodatnog materijala: 2 [mm]
- promjer i vrsta Wolframove elektrode: 2,4 mm (1 % Th)

Carnimetal		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)			WPS No. SPZ br.				
D		EN ISO 15614-1:PED			D42				
Supporting PQR No's Ažurirani postupak broj				Base metals					
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)				
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PB) Horizontalan (PB)	1.4301	8.1	6	180				
Joint type Vrsta spoja	Filler weld (FVW) Kutni spoj	1.4301	8.1	3	118				
Joint Design/Oblik spoja									
Welding parameters									
Parametri zavarivanja									
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos toplina (KJ/cm)
1	141	2.0	115-125		DC (-)	9-11			
Filler metal							Postweld heat treatment		
Dodatni materijal							Toplinska obrada poslije zavarivanja		
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač			Elektroda Zagreb		Preheat temperature Temperatura predgrijavanja				
Classification Klasifikacija			W 18 12 3 L Si		Interpass temperature Meduslojna temperatura				
Coat type / Tip obloge					Max. layer width Max. širina-njihanje				
Flux composition Sastav praha					Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje				
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode			2,4 mm WT 20		Other/Drugo				
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena			I1						
Prepared by Izradio			Dino Bramirović		Approved by Odobrio			Marko Dovečar, NWE	
Date/Datum			18.03.2015.		Date/Datum			18.03.2015.	
					Revisions Revidirano				

Slika 5.13 WPS lista za zavarivanje priključaka [7]



Slika 5.14 zavarivanje nogu i priključaka

### 5.1.10 Kemijsko čišćenje zavara

Kemijsko čišćenje zavara provodi se u posebnoj prostoriji koja je odvojena od proizvodnog procesa. Kemijsko čišćenje se provodi tako da se kiselina nanese na sve zavare, pričekava 10 minuta i zatim se kiselina skida sa vodom pod visokim tlakom. Vrlo je bitno da zaposlenik nosi zaštitnu opremu koja ga štiti od nagrizanja i ulaska kiseline u dišne sustave.



*Slika 5.15 sredstvo za čišćenje zavara*



*Slika 5.16 kemijsko čišćenje zavara*

### 5.1.11 Tlačna proba

Na tlačnoj probi, stavljaju se brtve na otvore, i montira se priključak za ozračivanje, kroz koji se upuhuje komprimirani zrak na tlaku kojega smo proračunali. Tlačna posuda pod tlakom se uranja u bazen u kojem se nalazi voda, te se ostavlja unutra 20 minuta. Ukoliko se primijete mjehurići u vodi, ili je došlo do pada tlaka, tlačna posuda je neispravna i vraća se na remont.



*Slika 5.17 bazen za tlačnu probu*

## 6. Zaključak

U završnom radu izrađen je proračun tlačnog spremnika za vodu od nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10. Spremnik je konstruiran prema normi EN 13445:2009 u skladu s pravilnikom o tlačnim posudama. Tvrtka Centrometal. d.o.o treba garantirati kako standardi i norme upotrijebljene u konstrukciji i dizajnu ove posude osiguravaju pouzdanu upotrebu opreme.

Spremnik se sastoji od cilindričnog plašta i podnice, koji su oslonjeni na noge. Na spremniku se još nalaze priključci za izlaz sanitarne vode, priključak za ulaz sanitarne vode, priključak za tlačnu sklopku.

U radu je izrađeni proračun debljine stijenke prema normi EN 13445:2009 te je moguće zaključiti da je spremnik dobro dizajniran i da debljina stijenke odgovara normi. Izrađena je shema po kojoj se odvija čitavi proizvodni proces i kontrola.

Može se zaključiti da kod postojeće konstrukcije nisu potrebne promjene, te da spremnik služi svojoj svrsi.

## 7. LITERATURA:

- [1] [www.centrometal.hr](http://www.centrometal.hr) , srpanj 2016
- [2] Pravilnik o tlačnoj opremi// Narodne novine.br.158/2003 ,kategorizacija i izbor modula posuda pod tlakom.
- [3] EN 13445-2:2009, Neložene posude pod tlakom
- [4] M. Gojić: Tehnike spajanja i razdvajanja materijala. sveučilišni udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, 2003.
- [5][http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-1D04AA75-6A5423EC/fronius\\_international/hs.xsl/79\\_5487\\_ENG\\_HTML.htm#.V-rNmPmLSM8](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-1D04AA75-6A5423EC/fronius_international/hs.xsl/79_5487_ENG_HTML.htm#.V-rNmPmLSM8), rujan 2016
- [6] <https://www.1stopweldingshop.com/Catalogue/Welding-Supplies/TIG-torches-spares/Replacement-TIG-Torches/Masterweld-TIG-Torches-with-Autofeed>, rujan 2016.
- [7] Dokumentacija procesa zavarivanja i kontrole kvalitete, Centrometal d.o.o., 2016.

## **Popis tablica:**

Tablica 2.1 tehničke karakteristike hidroforskih posuda [1] .....	8
Tablica 2.2 određivanje proračunske čvrstoće [3] .....	14
Tablica 2.3 određivanje koeficijenta zavarenog spoja .....	14
Tablica 4.1 ovisnost vrste struje o materijalima [4].....	19


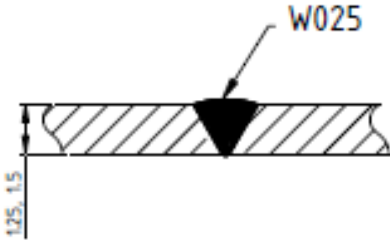
## Popis slika:

Slika 1.1 3D prikaz hidroforske posude CH 300.....	6
Slika 2.1 shematski prikaz hidroforske posude s priključcima [1] .....	7
Slika 2.2 sklopni crtež hidroforske posude [prilog 1.].....	8
Slika 4.1 aparat za TIG zavarivanje [5] .....	19
Slika 4.2 oblik vrha elektrode i veličina zagrijanosti vrha ovisno o vrsti struje [4] .....	20
Slika 4.3 pištolj za poluautomatsko TIG zavarivanje [6].....	21
Slika 5.1 shema izrade hidroforske posude .....	23
Slika 5.2 alat za probijanje rupa .....	24
Slika 5.3 stroj za kružno savijanje .....	25
Slika 5.4 WPS lista za zavarivanje plašta [7] .....	26
Slika 5.5 stroj za zavarivanje plašta.....	27
Slika 5.6 laser za rezanje podnice .....	28
Slika 5.7 hidraulična preša za podnice.....	29
Slika 5.8 stroj za skidanje rubova .....	30
Slika 5.9 stroj za proširivanje rubova podnice .....	31
Slika 5.10 WPS lista za zavarivanje plašta s podnicom [7] .....	32
Slika 5.11 automatsko zavarivanje podnice s plaštom.....	33
Slika 5.12 WPS lista za zavarivanje podnice s nogama [7] .....	34
Slika 5.13 WPS lista za zavarivanje priključaka [7].....	35
Slika 5.14 zavarivanje nogu i priključaka .....	35
Slika 5.15 sredstvo za čišćenje zavara .....	36
Slika 5.16 kemijsko čišćenje zavara .....	36
Slika 5.17 bazen za tlačnu probu .....	37



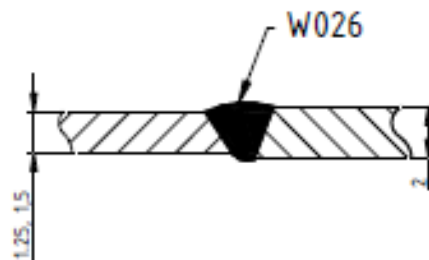


Prilog 2: WPS liste za izvedbu zavora

		<b>WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)</b> <b>SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)</b> EN ISO 15614-1				WPS No. SPZ br. 025			
Supporting PQR No's Atest postupka broj		-		Base metals Osnovni materijal					
Welding Process Postupak zavarivanja		TIG welding (141)		Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)		
Welding position Položaj zavarivanja		Horizontal (PA) Horizontalan (PA)		W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-1,5			
Joint type Vrsta spoja		Butt weld (BW) Sučeljeni spoj							
Joint Design/Oblik spoja									
									
Welding parameters Parametri zavarivanja									
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat Input Unos topline (KJ/cm)
1	141		110-140		- pol	12	50-65		
Filler metal Dodatni materijal					Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja				
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač					Preheat temperature Temperatura predgrijavanja				
Classification Klasifikacija					Interpass temperature Međuslojna temperatura				
Coat type / Tip obloge					Max. layer width Max. širina-njihanje				
Flux composition Sastav prahe					Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje				
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode					3,2 mm (1 % Th)				
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena					Argon Ar (99,999%)			Other/Ostalo    Automatizirano zavarivanje bez dodatnog materijala/Automatic welding without filler metal	
Prepared by Izradio		Marko Dovečar, IWE		Approved by Odobrio		Marko Dovečar, IWE		Revisions Revizija	
Date/Datum		15.02.2012.		Date/Datum		15.02.2012.			

Supporting PQR No's Atest postupka broj	-	<b>Base metals Osnovni materijal</b>			
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)	W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-2	
Joint type Vrsta spoja	Butt weld (BW) Sučeljeni spoj	-			

**Joint Design/Oblik spoja**



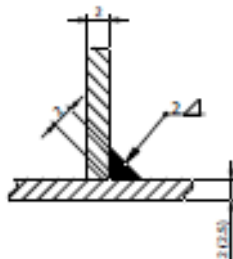
**Welding parameters  
Parametri zavarivanja**

Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat Input Unos toplina (KJ/cm)
1	141		155-185		- pol	8-9	55-60		

Filler metal Dodatni materijal		Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač		Preheat temperature Temperatura predgrijevanja
Classification Klasifikacija		Interpass temperature Medjuslojna temperatura
Coat type / Tip obloge		Max. layer width Max. širina-njihanje
Flux composition Sastav praha		Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm (1% Th)	Other/Ostalo Automatzirano zavarivanje bez dodatnog materijala/Automatic welding without filler metal
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%)/N4,6	

Prepared by Izradio	Marko Dovečar, IWE	Approved by Odobrio	Marko Dovečar, IWE	Revisions Revizija
Date/Datum	15.02.2012.	Date/Datum	15.02.2012.	

Supporting PQR No's Atest postupka broj	-	<b>Base metals</b> <b>Osnovni materijal</b>			
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Diameter (mm) Promjer (mm)
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)	W.Nr. 1.4301	6.1	2	
Joint type Vrsta spoja	Fillet weld (FW) Kutni spoj	-			

**Joint Design/Oblik spoja**

**Welding parameters**  
**Parametri zavarivanja**

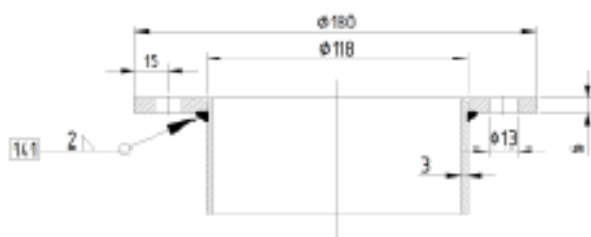
Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos toplina (KJ/cm)
1	141	0,8	80-90		(-)	8-10			

**Filler metal**  
**Dodatni materijal**

Designation and manufacturer Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb, EZ TIG 316 Lsi	Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Classification Klasifikacija	GI 19 12 3 L Si	Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Coat type / Tip obloge		Interpass temperature Medjuslojna temperatura	
Flux composition Sastav praha		Max. layer width Max. širina-njlhanje	
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode		Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%) 10 l/min	Other/Ostalo	
Prepared by Izradio	Marko Dovečar, IWE	Approved by Odobrio	Marko Dovečar, IWE
Date/Datum	15.02.2012.	Date/Datum	15.02.2012.
		Revisions Revizija	

Supporting PQR No's Atest postupka broj	0	<b>Base metals Osnovni materijal</b>			
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	<b>Mark Oznaka</b>	<b>Group Grupa</b>	<b>Thickness (mm) Debljina (mm)</b>	<b>Diameter (mm) Promjer (mm)</b>
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PB) Horizontalan (PB)	1.4301	8.1	6	180
Joint type Vrsta spoja	Filet weld (FW) Kutni spoj	1.4301	8.1	3	118

**Joint Design/Oblik spoja**



**Welding parameters  
Parametri zavarivanja**

Pass No. Prolaz br.	Process Postupak	Size of filler Promjer DM (mm)	Current Jakost struje (A)	Voltage Napon (V)	Type/polarity Vrsta/polaritet	Gas flow rate Protok plina (l/min)	Travel speed Brzina zavarivanja (cm/min)	Wire speed Brzina zice (m/min)	Heat input Unos toplina (KJ/cm)
1	141	2,0	115-125		DC (-)	9-11			

**Filler metal  
Dodatni materijal**

Designation and manufacturer Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb	Postweld heat treatment Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Classification Klasifikacija	W 19 12 3 L Si	Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Coat type / Tip obloge		Interpass temperature Medjuslojna temperatura	
Flux composition Sastav praha		Max. layer width Max. širina-njihanje	
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm WT 20	Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena	I1	Other/Ostalo	

Prepared by Izradio	Dino Branilović	Approved by Odobrio	Marko Dovečar, IWE	Revisions Revizija
Date/Datum	18.03.2015.	Date/Datum	18.03.2015.	