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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:904589

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-08**

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

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

HARDM ALIGNMENT

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: Petar Perčić | MATIČNI BROJ: 5625/601

DATUM: 25.11.2016. | KOLEGIJ: 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. Tehnologija 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

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 02.12.2016. | POTPIS MENTORA: Samardžić

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, 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 IZRADE 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 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, PETAR PERČIĆ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~na~~ s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom TEHNOLOGIJA IZRADE 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

TIG- Tungsten inert gas - elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina

WPS- Welding procedure specification - Postupak specifikacija za zavarivanje

Cr- Krom

Ni- 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

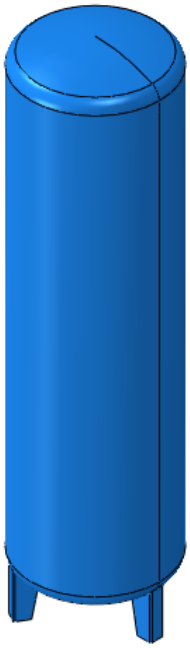
1. Uvod

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

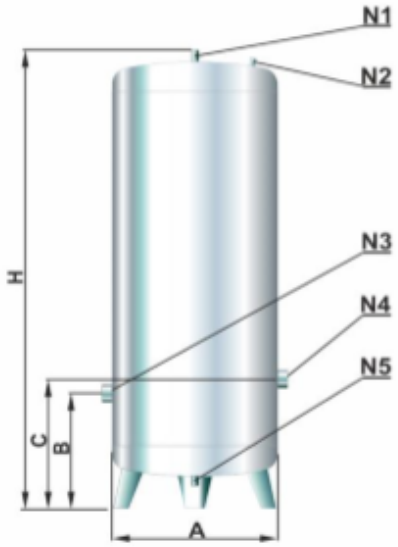
Hidroforske posude **CH** volumena od 90 do 880 litara namijenjene su akumuliranju svježe pitke vode u kućanstvima, ugostiteljskim i drugim objektima gdje je potrebno imati na raspolaganju veću količinu vode pod određenim tlakom. Često se primjenjuju i za akumuliranje vode u raznim tehnološkim procesima 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



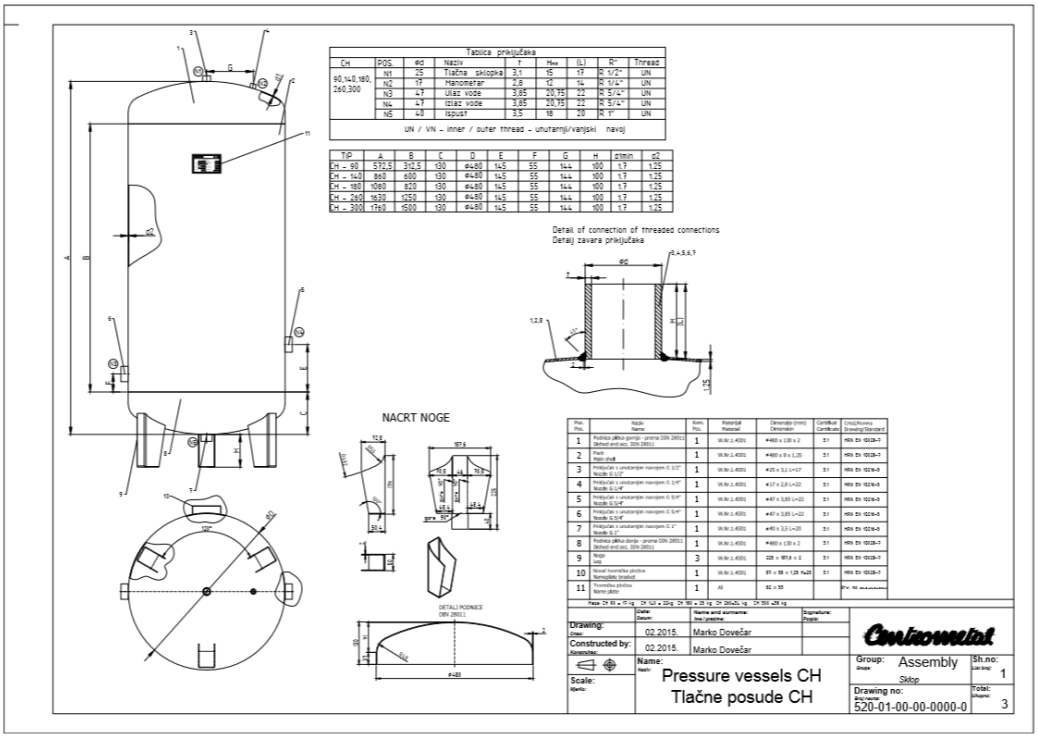
Slika 2.1 shematski prikaz hidroforske posude s priključcima [1]

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, ispust*	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 kratici SPV (Simple Pressure Vessels)
- Smjernica 97/23/EC; Tlačna oprema, poznata po kratici 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 projektnog 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^2
- Granica razvlačenja Reh[MPa]= 260 N/mm^2
-

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	$f_d = min\left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,9}; \frac{R_m/20}{3}\right)$	$f_{test} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{test}}}{1,33}\right)$

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

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

$$f_d = 155,3\ N/mm^2$$

2.5.5 Dodaci

Norma HRN EN 13445:2009 ne sadrži c_2 dodatak debljine stijenke zbog korozivnog djelovanja radnog medija zato jer je spremnik napravljen od nehrđajućeg čelika. Dodatak c_1=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^2 – vlačna čvrstoća

R_{eh}[MPa] = 260N/mm^2 – 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 $e_n = 1{,}25\ mm$

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

Rpt [Mpa] – minimalna dokazano čvrstoća na projektnoj temperaturi- 242,8 N/mm^2

f20 - proračunsko naprezanje na projektnoj temperaturi-162 N/mm^2

Uvjeti koji vrijede su:

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

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:

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

$$R = D_e = 480 = 480\ mm$$

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

Projektno naprezanje za proračun deformacija iznosi:

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

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

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

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

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

$$c = 10\{(0{,}2 - X)c_{0.1} + (X - 0{,}1)c_{0.2}\}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.)

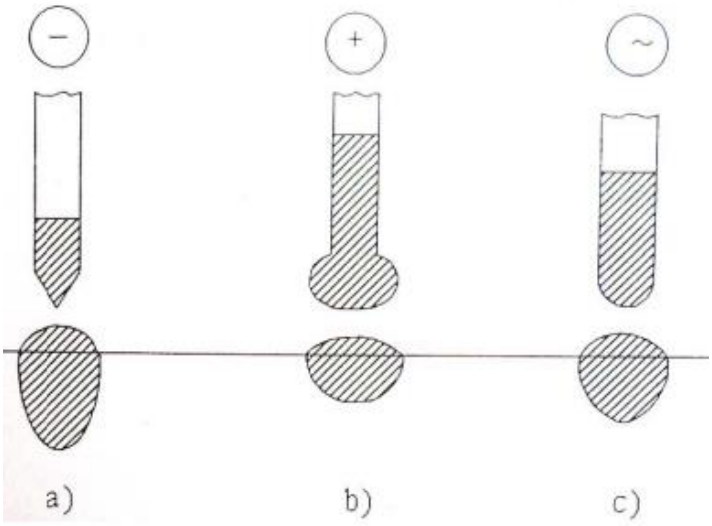
Da bi zaštitili električni luk od utjecaja okoline najčešće se koristi argon, ponekad dušik ili helij.

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.

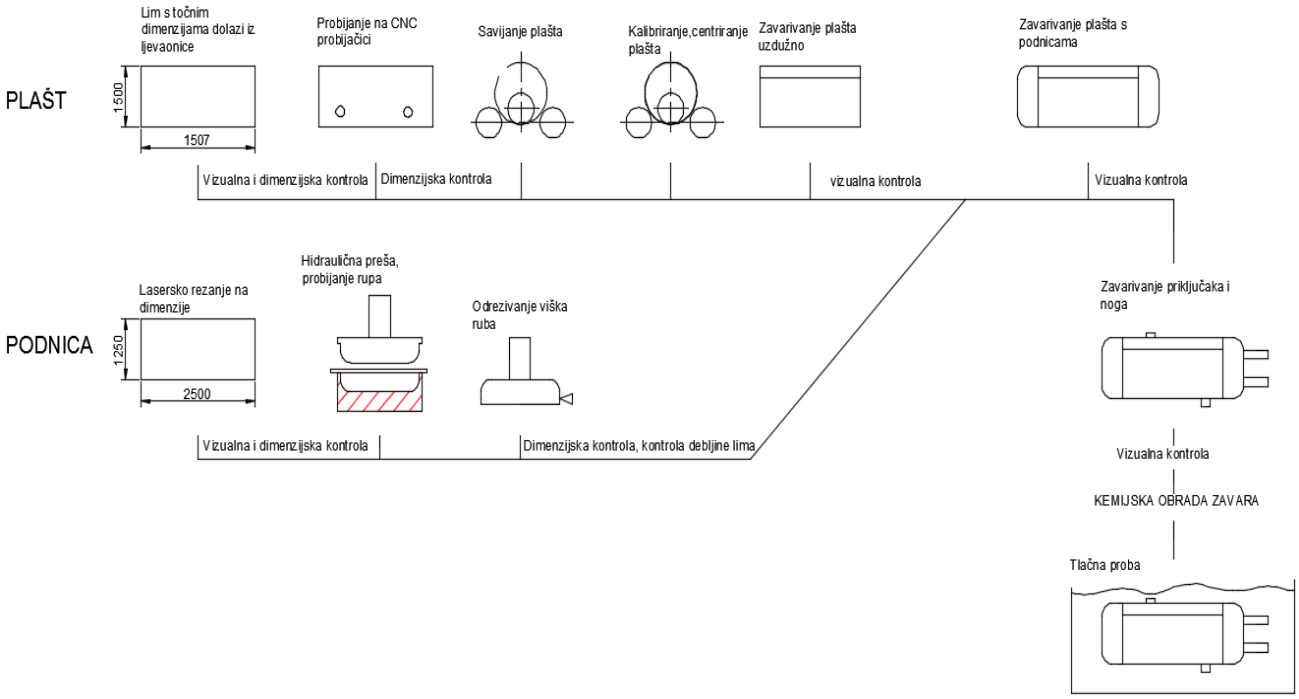
Veoma je bitan početak i prekid zavarivanja. Prije zavarivanja preporuča se provjera parametara na pomoćnoj Cu- pločici. Kada se uspostavi električni luk, početno se mjesto prije dodavanja žice dobro pretali.

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 Probijanje 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 probijanje 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 5.3stroj za kružno savijanje

5.1.3 Automatsko zavarivanje plašta [5]

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

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

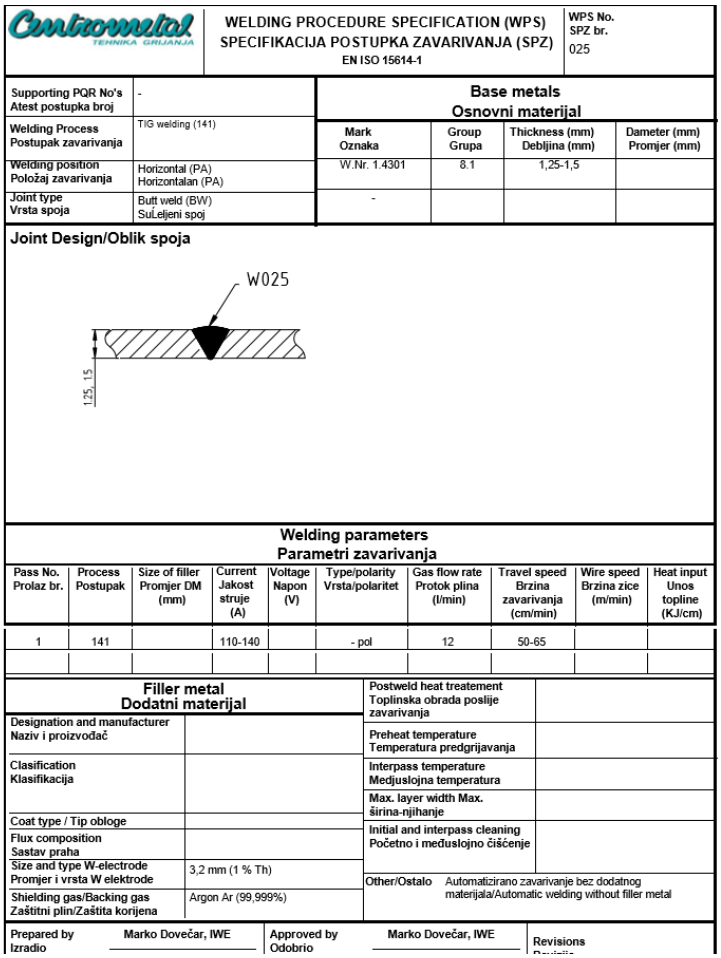
- Vrsta struje: (-) pol kao što možemo iščitati iz tablice 5.1,

- 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)



Centrometal TEHNIKA GRIJANJA	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1	WPS No. SPZ br. 025

		Base metals Osnovni materijal			
Supporting PQR No's Atest postupka broj	-	Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Dameter (mm) Promjer (mm)
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)	W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-1,5	
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)				
Joint type Vrsta spoja	Butt weld (BW) SučeIjeni 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 treatement Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Designation and manufacturer Naziv i proizvođač		Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Clasification Klasifikacija		Interpass temperature Medjuslojna temperatura	
		Max. layer width Max. širina-njihanje	
Coat type / Tip obloge		Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	
Flux composition Sastav praha			
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

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 kreče 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 raširе 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 fiksan, 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)

Centrometal TEHNIKA GRIJANJA

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)
EN ISO 15614-1

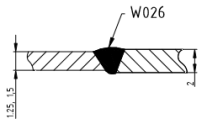
WPS No. / SPZ br.: 026

Supporting PQR No's / Atest postupka broj	-
Welding Process / Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position / Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) / Horizontalan (PA)
Joint type / Vrsta spoja	Butt weld (BW) / SuLeljeni spoj

Base metals / Osnovni materijal

Mark / Oznaka	Group / Grupa	Thickness (mm) / Debljina (mm)	Dameter (mm) / Promjer (mm)
W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-2	
-			

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		155-185		- pol	8-9	55-60		

Filler metal / Dodatni materijal

Designation and manufacturer / Naziv i proizvođač	
Clasification / Klasifikacija	
Coat type / Tip obloge	
Flux composition / Sastav praha	
Size and type W-electrode / Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm (1% Th)
Shielding gas/Backing gas / Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%)/N4.6

Postweld heat treatement / Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature / Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature / Medjuslojna temperatura	
Max. layer width Max. / širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning / Početno i međuslojno čišćenje	
Other/Ostalo	Automatiziranо 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]

Centrometal TEHNIKA GRIJANJA

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)
EN ISO 15614-1

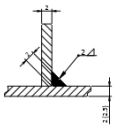
WPS No. / SPZ br.: 027

Supporting PQR No's / Atest postupka broj	-
Welding Process / Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position / Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)
Joint type / Vrsta spoja	Fillet weld (FW) Kutni spoj

Base metals / Osnovni materijal

Mark / Oznaka	Group / Grupa	Thickness (mm) / Debljina (mm)	Dameter (mm) / Promjer (mm)
W.Nr. 1.4301	8.1	2	
-			

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	0,8	80-90		(-)	8-10			

Filler metal / Dodatni materijal

Designation and manufacturer / Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb, EZ TIG 316 Lsi
Clasification / Klasifikacija	G 19 12 3 L Si
Coat type / Tip obloge	
Flux composition / Sastav praha	
Size and type W-electrode / Promjer i vrsta W elektrode	
Shielding gas/Backing gas / Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%) 10 l/min

Postweld heat treatement / Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature / Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature / Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. / širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning / Početno i međuslojno čišćenje	
Other/Ostalo	

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)

Centrometal TEHNIKA GRIJANJA

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)
EN ISO 15614-1/PED

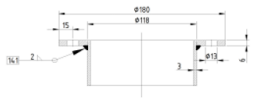
WPS No. / SPZ br.: 042

Supporting PQR No's / Atest postupka broj	0
Welding Process / Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position / Položaj zavarivanja	Horizontal (PB) Horizontalan (PB)
Joint type / Vrsta spoja	Fillet weld (FW) Kutni spoj

Base metals / Osnovni materijal

Mark / Oznaka	Group / Grupa	Thickness (mm) / Debljina (mm)	Dameter (mm) / Promjer (mm)
1.4301	8.1	6	180
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 topline (KJ/cm)
1	141	2,0	115-125		DC (-)	9-11			

Filler metal / Dodatni materijal

Designation and manufacturer / Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb
Clasification / Klasifikacija	W 19 12 3 L Si
Coat type / Tip obloge	
Flux composition / Sastav praha	
Size and type W-electrode / Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm WT 20
Shielding gas/Backing gas / Zaštitni plin/Zaštita korijena	I1

Postweld heat treatement / Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature / Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature / Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. / širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning / Početno i međuslojno čišćenje	
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.	

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, pričeka 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 vrača 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 upotrjebljene 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 , 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, 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:

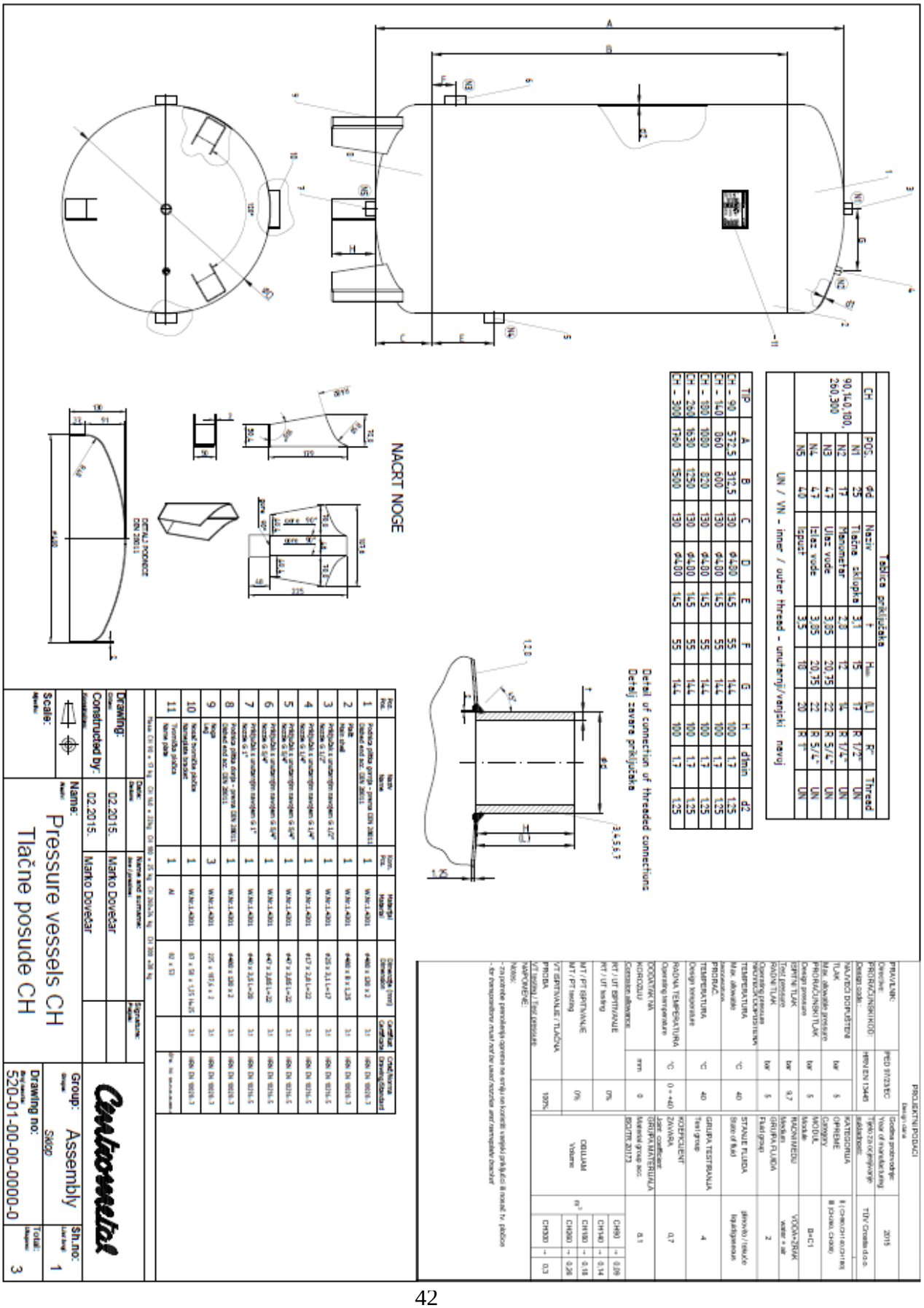
Tablica 2.1 tehničke karakteristike hidroforskih posuda [1] 8
Tablica 2.2 određivanje proračunske čvrstoće [3] 14
Tablica 2.3 određivanje koeficijenta zavarenog spoja 14
Tablica 4.1 ovisnost vrste struje o materijalima [4] 19

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 5.3stroj 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

Prilozi:

Prilog 1: sklopni nacrt hidroforske posude



Prilog 2: WPS liste za izvedbu zavara

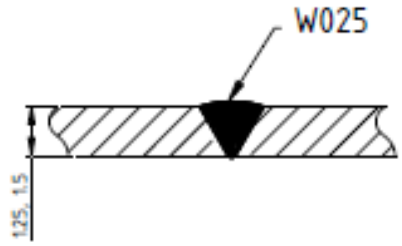
Continental TEHNIKA GRIJANJA	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1	WPS No. SPZ br. 025

Supporting PQR No's Atest postupka broj	-
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)
Joint type Vrsta spoja	Butt weld (BW) Sučeljeni spoj

Base metals
Osnovni materijal

Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Dameter (mm) Promjer (mm)
W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-1,5	
-			

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

Designation and manufacturer Naziv i proizvođač	
Clasification Klasifikacija	
Coat type / Tip obloge	
Flux composition Sastav praha	
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%)

Postweld heat treatement Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	
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.	

Centromtal TEHNIKA GRIJANJA

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)

EN ISO 15614-1

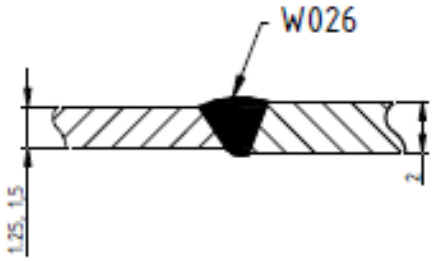
WPS No.
SPZ br.
026

Supporting PQR No's Atest postupka broj	-
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) Horizontalan (PA)
Joint type Vrsta spoja	Butt weld (BW) Sučeljeni spoj

Base metals
Osnovni materijal

Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Dameter (mm) Promjer (mm)
W.Nr. 1.4301	8.1	1,25-2	
-			

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		155-185		- pol	8-9	55-60		

Filler metal
Dodatni materijal

Designation and manufacturer Naziv i proizvođač	
Clasification Klasifikacija	
Coat type / Tip obloge	
Flux composition Sastav praha	
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm (1% Th)
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%)/N4.6

Postweld heat treatement Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	

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.	

Centrometal TEHNIKA GRIJANJA

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ)

EN ISO 15614-1

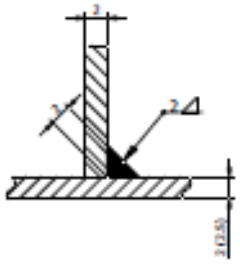
WPS No. / SPZ br.: 027

Supporting PQR No's / Atest postupka broj	-
Welding Process / Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position / Položaj zavarivanja	Horizontal (PA) / Horizontalan (PA)
Joint type / Vrsta spoja	Fillet weld (FW) / Kutni spoj

Base metals / Osnovni materijal

Mark / Oznaka	Group / Grupa	Thickness (mm) / Debljina (mm)	Dameter (mm) / Promjer (mm)
W.Nr. 1.4301	8.1	2	
-			

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	0,8	80-90		(-)	8-10			

Filler metal / Dodatni materijal

Designation and manufacturer / Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb, EZ TIG 316 Ls/
Classification / Klasifikacija	G 19 12 3 L Si
Coat type / Tip obloge	
Flux composition / Sastav praha	
Size and type W-electrode / Promjer i vrsta W elektrode	
Shielding gas/Backing gas / Zaštitni plin/Zaštita korijena	Argon Ar (99,999%) 10 l/min

Postweld heat treatement / Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature / Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature / Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. / širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning / Početno i međuslojno čišćenje	

Other/Ostalo

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

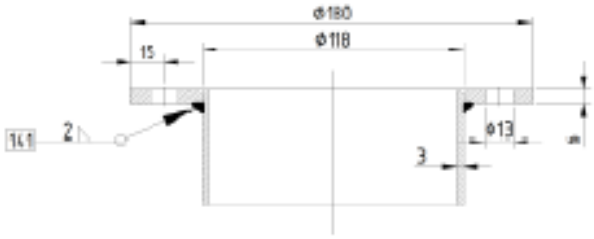
Continental TEHNIKA SPAJANJA	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) EN ISO 15614-1/PED	WPS No. SPZ br. 042

Supporting PQR No's Atest postupka broj	0
Welding Process Postupak zavarivanja	TIG welding (141)
Welding position Položaj zavarivanja	Horizontal (PB) Horizontalan (PB)
Joint type Vrsta spoja	Fillet weld (FW) Kutni spoj

Base metals
Osnovni materijal

Mark Oznaka	Group Grupa	Thickness (mm) Debljina (mm)	Dameter (mm) Promjer (mm)
1.4301	8.1	6	180
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 topline (KJ/cm)
1	141	2,0	115-125		DC (-)	9-11			

Filler metal
Dodatni materijal

Designation and manufacturer Naziv i proizvođač	Elektroda Zagreb
Classification Klasifikacija	W 19 12 3 L Si
Coat type / Tip obloge	
Flux composition Sastav praha	
Size and type W-electrode Promjer i vrsta W elektrode	2,4 mm WT 20
Shielding gas/Backing gas Zaštitni plin/Zaštita korijena	I1

Postweld heat treatement Toplinska obrada poslije zavarivanja	
Preheat temperature Temperatura predgrijavanja	
Interpass temperature Međuslojna temperatura	
Max. layer width Max. širina-njihanje	
Initial and interpass cleaning Početno i međuslojno čišćenje	

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.	