

DETALJI ZAVARIVANJA DIJELOVA POD TLAKOM U KOTLOGRADNJI

Welding details of element under pressure in boiler power plant manufacturing

Valnea Starčević², Ivan Opačak¹, Ivan Putnik¹, Almir Rebronja¹, Turgay Özkan³

¹ Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.Jurja Strossmeyera u Slavonskom Brodu,

² Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja, Dr. Mile Budaka 1, Slavonski Brod,

³ Sakarya University, Kemalpaşa Mahallesi Üniversite Cd. Esentepe Kampüsü

Sažetak: kotlogradnja, detalji zavarivanja, EN standard, ASME standard, tehnološka ograničenja, PED

Key words: boiler power plant manufacturing, details of welding, EN standard, ASME standard, technological constrains, PED

Sažetak:

Koncept suvremenog kotlovnog postrojena predstavlja skup velikog broja elemenata, čija je primarna uloga transformacija toplinske energije dobivene sagorijevanjem goriva u mehanički rad i toplinu. Od skromnih početaka „parnog kotla“, kako ga je nazvao James Watt, postoji konstantna potreba za postizanjem što većeg stupnja iskoristivosti, što se postiglo razvojem tehnologije te primjenom materijala s boljim mehaničkim, kemijskim i tribološkim svojstvima.

Prilikom konstrukcije zavarenih spojeva i žlijebova elementa koji će se zavarivati u kotlogradnji, uz eksperimentalnu i/ili proračunsku provjeru, također, u obzir je potrebno uzimati sve relevantne tehničke propise i standarde kako bi se ispunili svi sigurnosni i tehnički uvjeti za normalni i kontinuirani rad postrojenja u svim uvjetima eksploatacije. Uvod ovog rada ukratko opisuje pojам kotlovnog postrojenja, te tlačnog dijela kotla. Drugi dio rada donosi pregled standarda koji uvjetuju pripremu krajeva za zavarivanje, kao i samu proizvodnju dijelova pod tlakom u kotlogradnju po EN i ASME standardima. Uzimajući u obzir pravila definirana i uvjetovana tehnološkim ograničenjima i standardom prema kojem se izrađuje, rad daje detalji opisi pripreme žlijebova za membransko, sučeno zavarivanje, kao i zavarivanje priključaka na cijevne komore.

Abstract:

Concept of modern boiler power plant represents a set of a large number of elements, whose primary function is the transformation of heat energy given by combustion of fuel into mechanical work and heat. From the humble beginnings of „steam boiler“, named by James Watt, there is a constant need for achieving a larger degree of efficiency, what is successful with the development of technology and application of material with better mechanical, chemical and tribology property. During the

construction of welded joints and bevels of elements which will be welded in boiler manufacturing, with experimental and/or calculation, also, it is necessary to take into account all relevant technical regulations and standards in order to achieve all safety and technical conditions for normal and continuous work of facility during the period of exploitation.

Introduction of this paper describes the term boiler power plant and pressure part of the boiler. The second part of the paper gives a review of standards which stipulates preparation of ends for welding and manufacturing pressure parts according to EN and ASME standards. Taking into account rules defined and conditioned with technical restraints and manufacturing standards, this paper gives a detail description of bevel preparation for membrane and butt welding and also welding nozzles on headers.

1 UVOD

Način spajanja metala i njihovih legura predstavlja važno mjesto u razvoju i unaprjeđenju metalurške industrije. Od prvih pokušaja spajanja materijala pa sve do danas došlo je do velikog razvijanja tehnologije i procesa spajanja metala. Razvitkom metalne industrije dolazi do čitavog niza novih načina dobivanja metala, obrade, spajanja kao i upotrebe metala. Zavarivanje spada u jedan od modernijih i najznačajnijih način spajanja materijala [1].

Jedan od najbitnijih segmenata kompleksnog procesa izrade suvremenog kotlovnog postrojenja svakako je formiranje elemenata u jednu kompaktnu i upotrebljivu cjelinu primjenom procesa zavarivanja. Bez primjene široke palete dostupnih procesa zavarivanja ova grana metaloprerađivačke industrije bila bi nezamisliva.

Zavarivanje predstavlja tehnološki proces spajanja dva ili više dijelova, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogeni zavareni spoj (bez defekata) i sa što jednoličnim mehaničkim, kemijskim i ostalim svojstvima. [2]

Zavareni spoj predstavlja cjelinu ostvarenu zavarivanjem, koja obuhvaća dodirne dijelove zavarenih komada, a karakterizirana je međusobnim položajem zavarenih dijelova i oblikom njihovih zavarenih krajeva.. doradi još malo

Procesi zavarivanja imaju vrlo veliku ulogu tijekom proizvodnog procesa, od faze izrade pod sklopova do montaže sekcije na gradilištu. Stoga, tijekom cjelokupnog procesa izrade kotla i njegovih komponenti nužno je vršiti stalni monitoring i osiguranje kvalitete zavarenih spojeva s ciljem podizanja kvalitete krajnjeg proizvoda.

2 ZAHTJEVANI STANDARDI U PRPREMI ZAVARENOG SPOJA U KOTLOGRADNJI

U fazi detaljnog inženjeringu segmenata kotla, tijekom projektiranja i konstruiranja zavarenih spojeva i žlijebova elemenata koji će se spajati procesom zavarivanja uz eksperimentalnu i / ili proračunsku provjeru, neophodno je poštivati sve relevantne standarde i tehničke propise s ciljem ispunjavanja sve zakonske i sigurnosne uvjete za kontinuiranu i prije svega sigurnu eksploataciju kotlovnog postrojenja u svim režimima rada.

2.1 Europski standardi u kotlogradnji

DIREKTIVA 2014/68/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o usklađivanju zakonodavstva država članica o tlačnoj opremi ili skraćeno PED (eng. *Pressure Equipment Directive*) danas u Europi predstavlja obvezujuća za sve države članice EU prije svih standarda, koja primjenjuje se za tlačnu opremu koja radi pod najvećim dopuštenim tlakom PS većim od 0,5 bar [3].

PED direktiva sadrži kategorizaciju dijelova pod tlakom u ovisnosti o vrsti tlačne opreme, medija, grupi fluida, najvećem dopuštenom tlaku, volumenu, nazivnom promjeru cjevovoda kao i ocjenjivanje sukladnosti nad istima te brojna pravila koja se moraju poštivati kod projektiranja i proizvodnje dijelova pod tlakom poput određenih svojstava materijala, određivanja hidrostatkog ispitnog tlaka i dr.

EN 12952 (eng. *Water tube boilers and auxiliary installations*), standard za vodocijevne kotlove i pomoćne instalacije zapremine veće od 2 L za proizvodnju pare i/ili vrele vode te dopuštenim tlakom većim od 0,5 bar i temperaturom preko 110°C. Glavna svrha gore spomenute norme je osiguravanje da se opasnosti vezane sa posluživanjem vodocijevnih kotlova smanje što je više moguće i da protiv postojećih opasnosti pri puštanju u pogon vodocijevnih kotlova postoji primjerena zaštita. [4].

Pod jurisdikciju standarda EN 12952 pripadaju vodocijevni kotlovi sa svim tlačnim dijelovima, od kotlu najbliže zaporne armature na ulazu napojne vode pa sve do kotlu najbliže zaporne armature na izlazu pare i/ili vrele vode (uključivo s navedenom zapornom armaturom ili ako tamo ne postoji armatura, prvi sučevni kružni zavar ili prva prirubnica iza komore). EN 12952 je podijeljena na 16 područja [4].

EN 13480 (eng. *Metallic industrial piping*): standard za metalne industrijske cjevovode i elemente cjevovoda, pod čija pravila podliježu cjevovodi na kotlovnkom postrojenju prema i posle kotlu najbliže zaporne armature (ne uključujući armaturu) ili suprotno opisanom u prethodnom odlomku pod EN 12952.

Sa strane projektiranja i proizvodnje po pitanju strogoće nalazi se iza EN 12952 što je i logično zbog smanjenih hazarderskih uvjeta u eksploataciji [5].

EN 13445 (*eng. Unfired Pressure Vessels*): standard je za neložene tlačne posude, definira zahtjeve za projektiranje, izradu, kontrolu i testiranje neloženih posuda pod maksimalno dopuštenim tlakom većim od 0.5 barg, koji se također može koristiti i za posude pod manjim tlakom, uključujući vakuum. Pod pravila EN 13445 podliježu svi zavareni elementi posude uključujući prirubnice, zavarene ili priključke sa navojem te od posude prve zaporne armature ili prvog sučeonog kružnog zavara sa spojnim cjevovodom. Podijeljena je na 9 dijelova [6].

Uz gore navedene standarde u kotlogradnji, pod europskom jurisdikcijom također postoji čitav niz pomoćnih (ali obvezujućih) normi koji uvjetuju obradu krajeva za zavarene spojeve kao:

EN ISO 2553 (*eng. Welding and allied processes - Symbolic representation on drawings - Welded joints*): standard koji definira pravila koja se primjenjuju za simbolički prikaz zavarenih spojeva na tehničkim crtežima kao i opis označavanja simbola zavarivanja u ovisnosti o geometriji i obliku zavarenog spoja [7].

ISO/TR 15608 (*eng. Welding - Guidelines for a metallic materials grouping system*), standard koji kategorizira materijale od čelika na osnovu kojeg projektant i tehnolog zavarivanja mogu lakše definirati materijale u spoju kao i postupke zavarivanja te predvidjeti i isplanirati cjelokupnu tehnologiju za određeni zavareni spoj [8].

EN 1708-1 (*eng. Welding — Basic welded joint details in steel Part 1: Pressurized components*): standard čija je svrha ilustrirati uobičajene zavarene spojeve na tlačnim sustavima. Kao i svi standardi vezani za detalje zavarenih spojeva ne prikazuju ilustracije, pravila i ograničenja kao obavezna već preporuku na ono su koje proizvođač mora izvršiti potrebne mjere o dokazivanju ispravnosti zavarenog spoja. Ovaj standard obuhvaća primjere spojeva zavarenih postupcima: ručno zavarivanje obloženom elektrodom - REL; zavarivanje pod troskom - EPP; postupci pod zaštitom aktivnog/inertnog plina – MIG/MAG; ručni postupak zavarivanja u neutralnom zaštitnom plinu - TIG plazma zavarivanje itd. [9].

EN ISO 9692-1 (*eng. Welding and allied processes - Recommendations for joint preparation - Part 1: Manual metal-arc welding, gas-shielded metal-arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels*): standard koji je proizašao iz EN 1708; specificira i preporučuje oblike pripreme krajeva za zavarivanje sučeonih i kutnih zavara sa i bez potpune penetracije koji se primjenjuju za ručni elektrolučni postupak zavarivanja taljenjem pod zaštitom inertnih i aktivnih plinova TIG, MIG i MAG, ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom ili skraćeno REL te zavarivanje elektronskim zrakama i ili lasersko.

U standardu su navedeni rasponi dimenzija i skošenja elemenata u spoju uz ograničenja i ili preporuke u ovisnosti o debljinama stjenki krajeva osnovnog materijala i obliku zavarenog spoja.

Ovaj standard se koristi kao polazišna točka za konstruiranje detalja zavarivanja u kotlogradnji za navedene postupke [10].

EN ISO 9692 - 2 (*eng. Welding and allied processes - Recommendations for joint preparation - Part 2: Submerged arc welding of steels*): standard koji obuhvaća tipove zavarenih spojeva za zavarivanje taljivom elektrodom pod praškom ili skraćeno EPP. Poput dijela 1 EN ISO 9692, dane su preporuke oblika pripreme krajeva za zavarivanje sučeonih i kutnih zavara sa i bez punog provara sa navedenim opsegom dimenzija te skošenja rubova elemenata u zavarenom spoju [11].

DIN 2559-2 (*eng. Edge preparation for welding - Part 2: Matching of inside diameter for circumferential welds on seamless pipes*): standard koji se primjenjuje za određivanje prilagodnih promjera sa oblicima skošenja unutarnje strane bešavnih cijevi u spoju kod sučeonog zavarivanja prikladnog za zavarivanje s jedne strane, uzimajući u obzir dimenzije i referentne tolerancije bešavnih cijevi proizvedenih prema standardima EN 10216-1 i EN 10216-2 [12].

DIN 2559-3 (*eng. Preparation of welds - Part 3: Matching of inside diameters for circumferential welds on welded pipes*), standard specificira prilagodne promjere sa oblicima skošenja unutarnje strane šavnih cijevi u spoju kod sučeonog zavarivanja prikladnog za zavarivanje s jedne strane, uzimajući u obzir dimenzije i referentne tolerancije šavnih cijevi proizvedenih prema standardima EN 10217-1 i EN 10217-2 [13].

DIN 2559-4 (*eng. Preparation of welds; part 4: matching of inside diameters for circumferential welds on seamless pipes of stainless steels*): standard koji prikazuje određivanje prilagodnih promjera sa oblicima skošenja unutarnje strane bešavnih cijevi od koroziski postojanih materijala u spoju kod sučeonog zavarivanja prikladnog za zavarivanje s jedne strane, uz uzimanje u obzir dimenzija i referentne tolerancije bešavnih cijevi od koroziski postojanih materijala proizvedenih prema standardima EN 10216-5 [14].

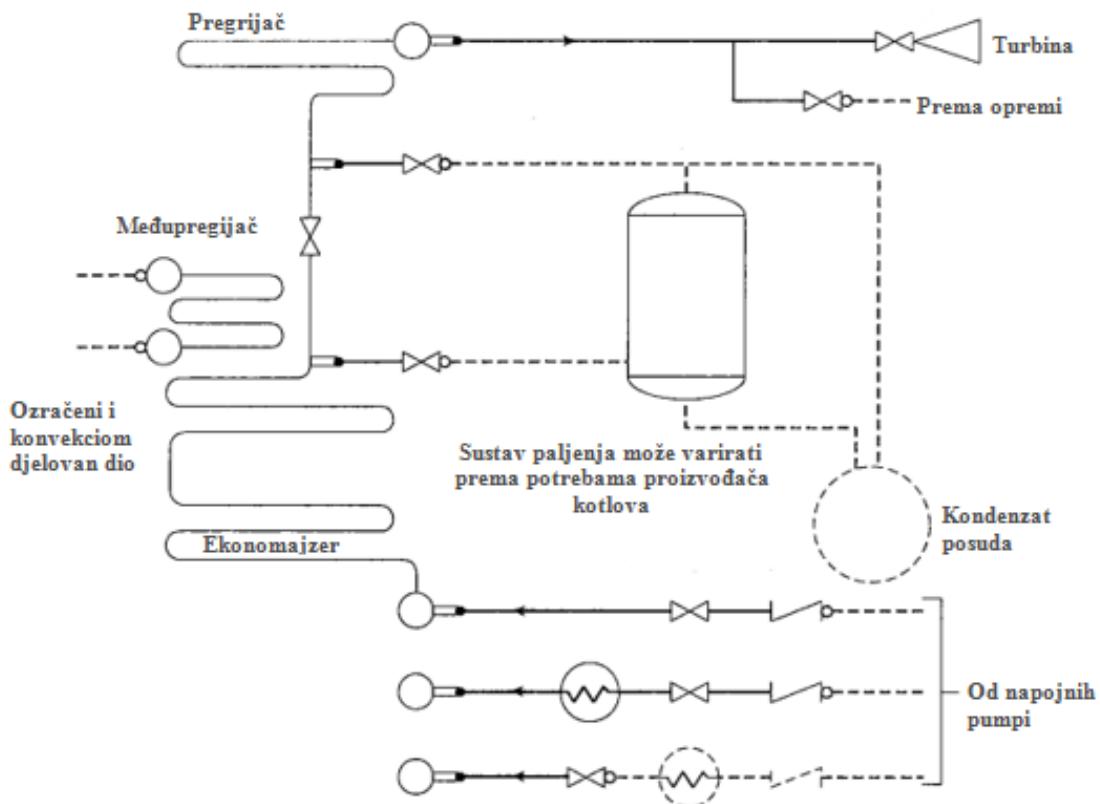
2.2 ASME standardi u kotlogradnji

U II. polovici 18. stoljeća, industrijska revolucija pokrenula je nagli uspon mehanizacije i industrijalizacije. Uz brojne prednosti koje je izum parnog stroja unio u život čovjeka, također je rezultirao i brojnim havarijama sa razornim posljedicama na okoliš i ljude. Kako bi se reducirao i / ili spriječio broj ovakvih incidenata, 1880. je osnovano Američko udruženje strojarskih inženjera - ASME.

1884. ASME utemeljio standard za probni pogon kotlova, 1915. je izdana norma Kotlovi i posude pod tlakom (*eng. Boiler & Pressure Vessel Code – BPVC*), koja je naknadno uvrštena i u zakonske okvire svih država Amerike i predstavlja obaveznu zakonsku regulativu kod projektiranja i proizvodnje većeg dijela kotlovnog postrojenja.[17]

Kompanije čiji opseg djelatnosti uključuje projektiranjem i proizvodnjom opreme i dijelova pod tlakom prema određenim sekcijama ASME – a koje moraju biti certificirane od strane ASME ovlaštene agencije za nadzor, te periodično dokazivati ispravnost svog proizvodnog sustava, koji mora biti u sukladan pravilima dijela ASME standarda na osnovu kojeg izrađuju proizvod.

ASME BPVC (*eng. Boiler & Pressure Vessel Code*) - standard za dijelove opreme pod tlakom sastoji se od 12 glavnih sekcija. ASME B31.1 (*eng. Power piping, Code for pressure piping*): standard koji obuhvaća cjevovode pod tlakom na kotlovske postrojenje direktno spojene na dijelove koji pripadaju parnom kotlu ili koji su pod jurisdikcijom ASME Sekcije I (slika 1).



Slika 1. Shematski prikaz jurisdikcija ASME Sekcije I i ASME B31.1 nad dijelovima pod tlakom na kotlu sa prisilnom cirkulacijom [16]

Pune linije predstavljaju tlačne dijelove koji pripadaju parnom kotlu te jurisdikciji projektiranja i proizvodnje prema ASME Section I, dok isprekidane linije predstavljaju eksterne cjevovode na postrojenju koji podliježu jurisdikciji prema ASME B31.

Standard je izdan za cjevovode koji pripadaju kotlu te eksterne cjevovode na kotlovskom postrojenju. Punu jurisdikciju nad projektiranjem i proizvodnjom ASME B31.1 ima isključivo eksternim cjevovodima.

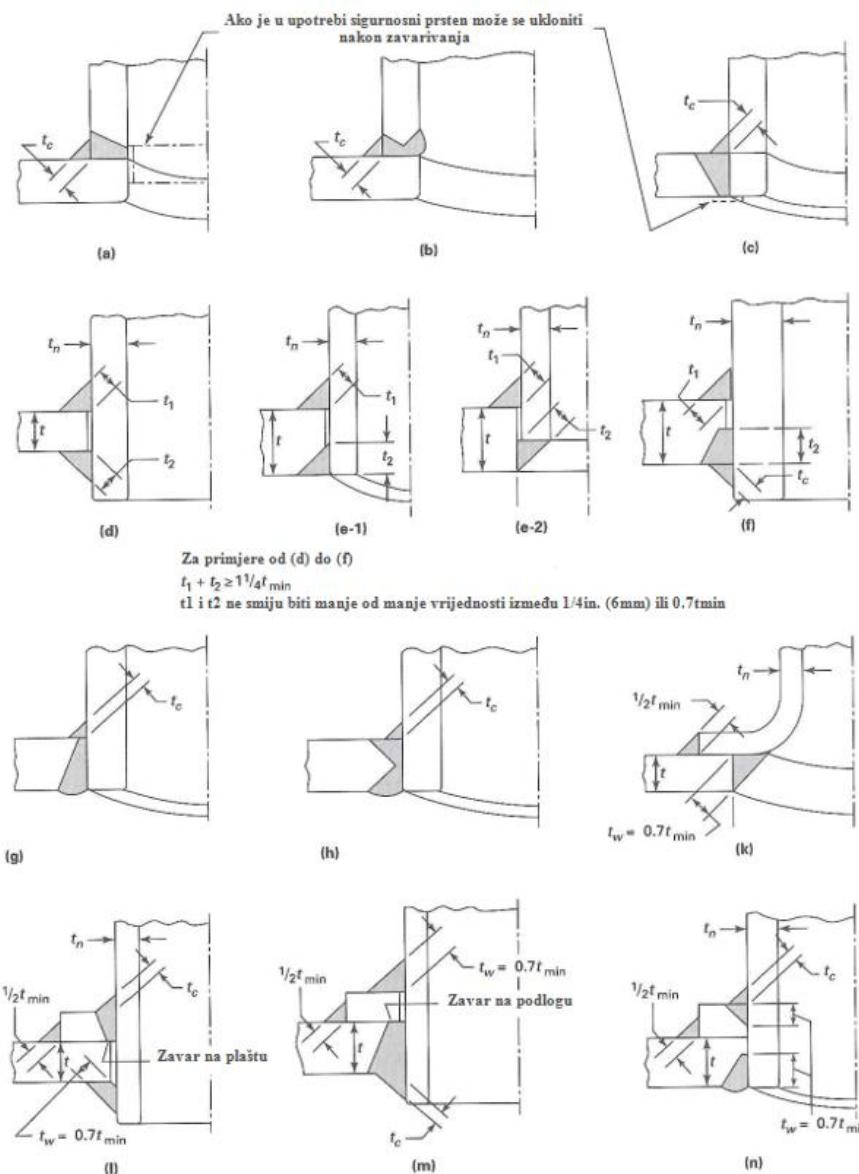
ASME B16.25 (*eng. Butt welding Ends*), standard koji obuhvaća pripremu krajeva za sučeno zavarivanje sa pravilima skošenja rubova cijevi sa vanjske i unutrašnje strane uključujući tolerancije i dimenzije [17].

AWS A2.4 (*eng. Standard Symbols or Welding, Brazing, and Non - destructive examination*), predstavlja standard koji definira grafički prikaz simbola zavarivanja, lemljenja te nerazornih ispitivanja na tehničkim crtežima sa pravilima za određivanje, mjestima i opsegom njihove primjene [18].

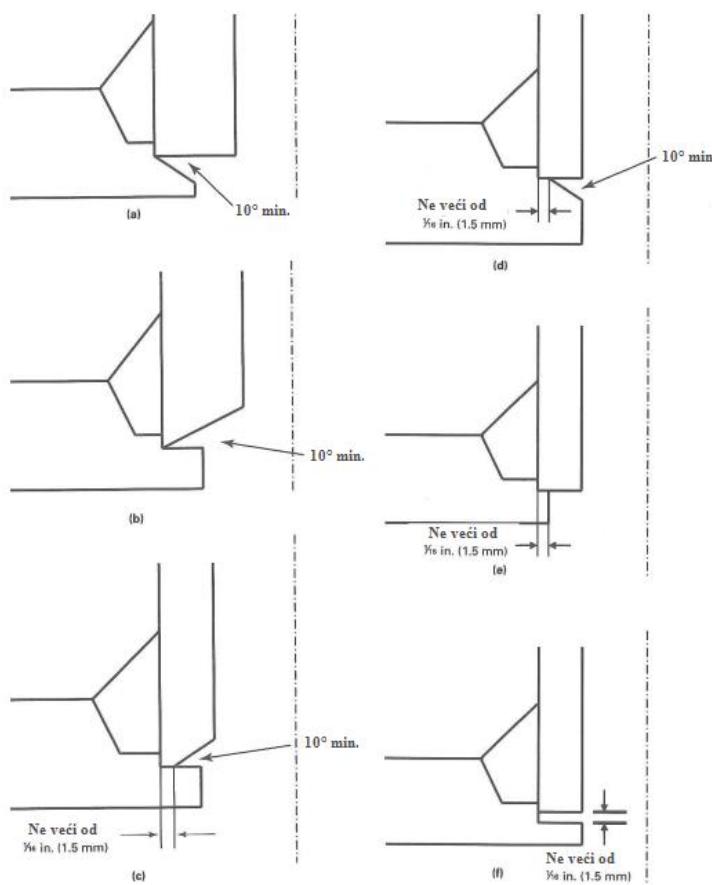
Uz glavne ASME standarde za projektiranje, konstruiranje i proizvodnju dijelova pod tlakom na kotlovscom postrojenju, postoje brojni pridruženi standardi u opsegu ASME - a poput ASME B16.5 za prirubnice i opreme sa prirubničkim spojevima, B16.34 za ventile, B32.6 za dimenzije i tolerancije cijevi ogrjevnih površina, ASME B16.11 za fittinge sa krajevima za kutno zavarivanje i spajanje pomoću navoja, ASME B16.9 koji obuhvaća lukove, reducire, T-komade i fittinge sa krajevima za sučeno zavarivanje, B36.10 za zavarene i bešavne čelične cijevi, B36.19 za korozjski postojane cijevi i sl.

3 ZAVARIVANJE PRIKLJUČAKA NA ELEMENTIMA KOTLA POD TLAKOM – RAZLIKE U STANDARDU

Skice zavarenih spojeva sukladno standardu EN 12952-3 nedovoljno su orijentirane prema ispunjavanju kriterija unutar proračuna čvrstoće, dok je u ASME Sec.I prikazano mnogo više detalja zavarivanja priključaka ili cijevi za komore, bubenjeve ili druge tlačne dijelove kotla kao što je prikazano slikama 2 i 3. [19]

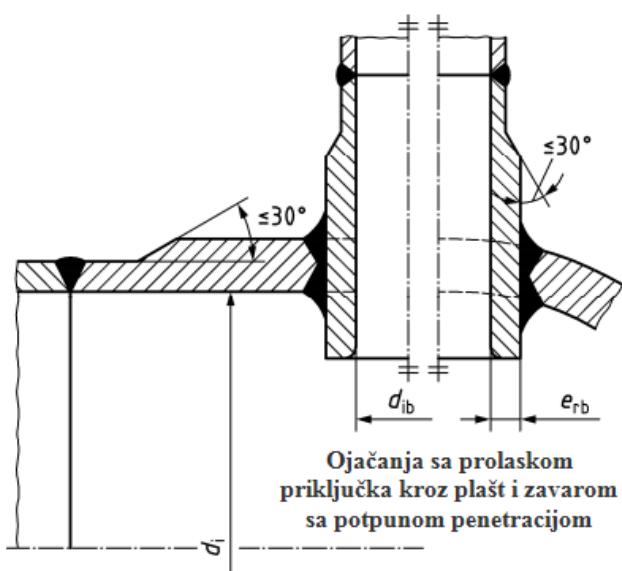


Slika 2. Preporuka oblika spajanja priključaka sa tlačnim dijelovima kotla uz primjenu potpune penetracijom prema ASME Sec.I [19]

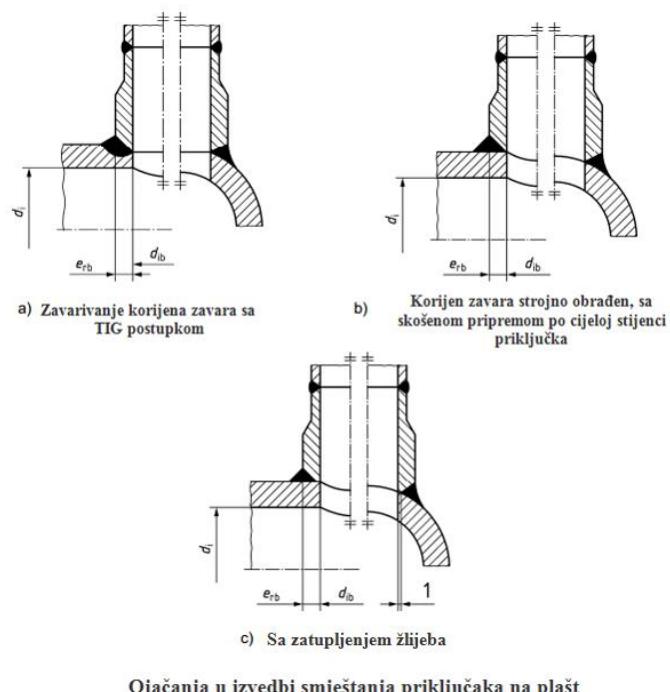


Slika 3. Preporuka oblika spajanja priključaka sa tlačnim dijelovima kotla bez potpune penetracije prema ASME Sec.I [19]

Norma EN 12952-5 preporuča primjenu EN 1708 -1 za konstruiranje detalja zavarivanja tlačnih dijelova, ali isti detalji moraju biti u skladu sa proračunskim ograničenjima danim u standardu EN 12952-3, stoga velika većina detalja predstavlja varijaciju uz ograničenja (slika 4 i 5). [4]



Slika 4. Preporuka oblika spajanja priključaka sa tlačnim dijelovima uz elemente očvršćivanja prema EN 12952-3 [4]

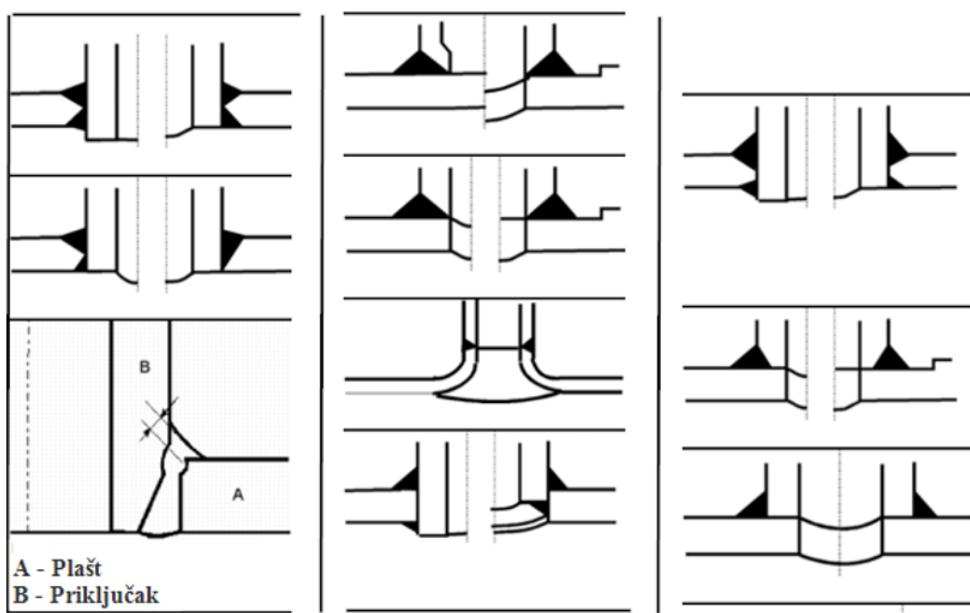


Slika 5. Preporuka oblika spajanja priključaka sa tlačnim dijelovima uz ojačanja na zavarenim priključcima EN 12952-3 [4]

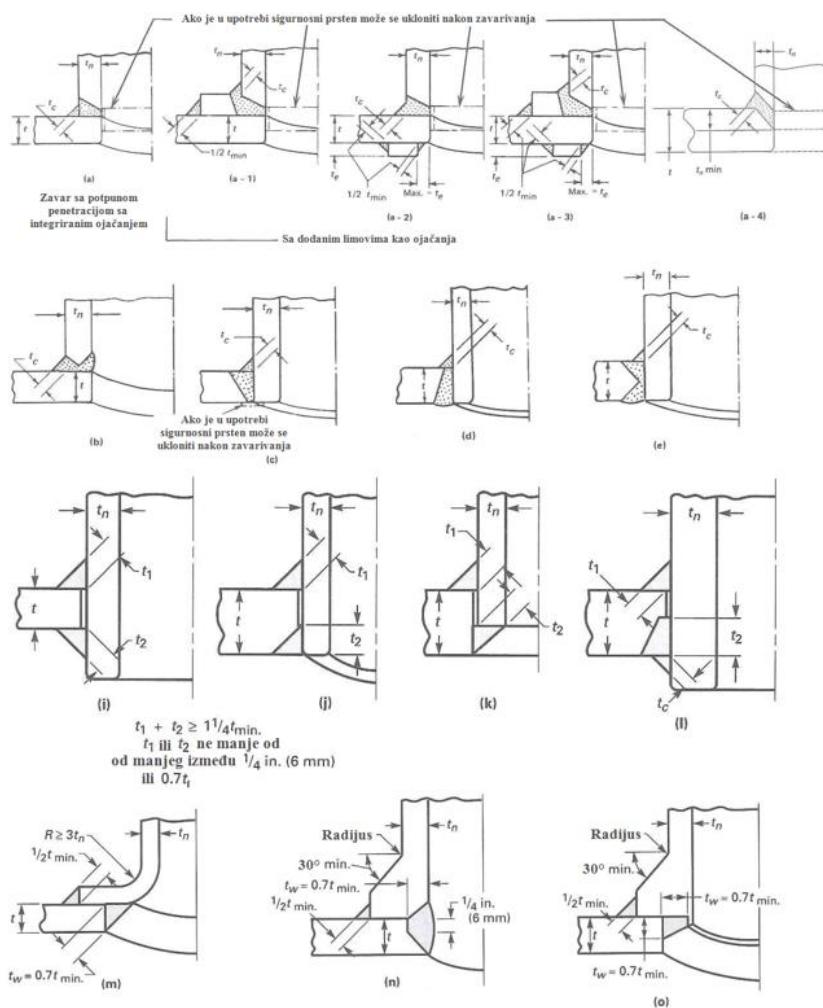
Također, potrebno je naglasiti dvije velike razlike - dodatni pokrovni kutni zavar dodaje se na spoj komora – priključak kod ASME Sec. I, što nije slučaj kod EN norme. Zavarivanje fittinga sa strane koja je suprotna od spoja sa komorama i bubnjem dozvoljeno je kod ASME Sec. I norme i imaju pripremu za preklopni spoj sa navojem ili za kutno zavarivanje (eng. Socket Weld) sa referentnim cijevima, što nije slučaj kod EN norme, koja to ne tolerira pri povećanju bilo koje od vrijednosti: većeg tlaka od 20 bar, temperature u čeliku veće od 350°C, vanjskog promjera cijevi većeg od 60.3 mm. [16,17]

3.1 Zavarivanje priključaka na posude

Kao i s detaljima zavarivanja priključaka na dijelove kotla, glavne razlike između skica preporučenih detalja zavarivanja priključaka na posude kod EN i ASME nalaze se u upotrebi pokrovnog kutnog zavara na zavar priključak – posuda ili komora (ASME norma), što EN standard ne tolerira. Skica preporuke za primjenu detalja zavarivanja priključaka na posude prema ASME SEC.VIII-1 dane su slikom 5, dok su prema normi EN 13445 prikazane na slici 6.



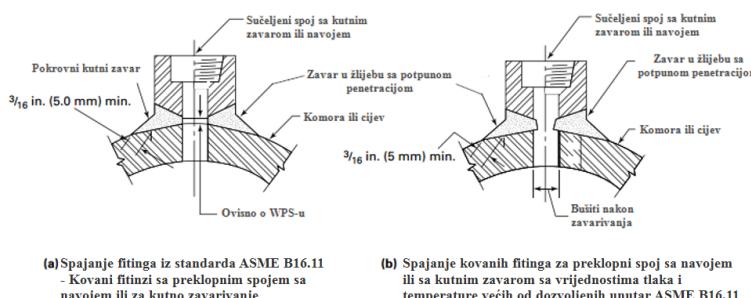
Slika 6. Preporučeni oblici spajanja priključaka sa posudama prema EN 13445 [20]



Slika 7. Preporučeni oblici spajanja priključaka sa posudama prema ASME Sec. VIII [20]

3.2 Zavarivanje priključaka na posude

Razlike između gore navedenih normi u slučaju zavarivanja priključaka na dijelove cjevovoda koji ne pripadaju kotlu iste su kao i na elementima koji pripadaju pod administrativnu jurisdikciju kotlovske standarda. Na slici 8 dan je prikaz spoja fittinga koji sa strane suprotno u odnosu na spoj sa komorama, cijevima i sl. imaju pripremu za preklopni spoj sa navojem ili za kutno zavarivanje (eng. *Socket Weld*) sa referentnim cijevima.

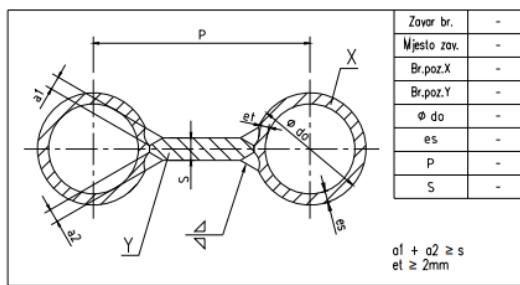


Slika 8. Prikaz spajanja fittinga sa preklopnim spojem sa navojem / kutno zavarivanje
prema ASME B31.1 [16]

4 MEMBRANSKO ZAVARIVANJE – RAZLIKE U STANDARDIMA

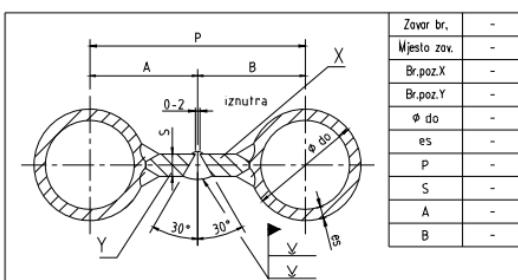
U sklopu jednog kotla, membranski zid predstavlja skup cijevi koje su međusobno povezane trakom (limom) uz definirani razmak (korak) između simetrala dviju cijevi. Funkcija membranskog zida je oblikovanje i zatvaranje rubnih dijelova ložišta i inih dijelova sa svrhom usmjeravanja plinova nastalih sagorijevanjem goriva na koje će prenijeti toplinu radi povećanja temperature medija (vode) koja struji unutar tih istih cijevi.

S obzirom na gore navedeni opis, membranski spoj se može podijeliti na 3 općenita oblika:
traka – cijev (slika 9.),
traka – traka (slika 10 i 11),

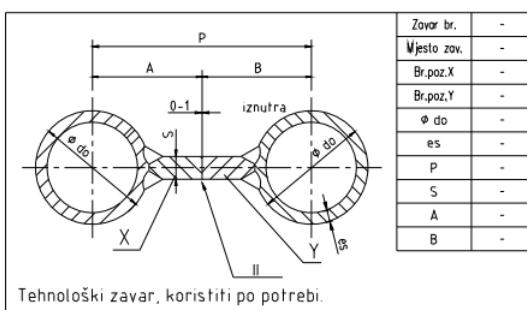


Slika 9. Detalj zavarivanja cijev – traka (EPP proces)[21]

Detalj zavarivanja spoja prikazan na slici 9 prikazuje spajanje cijevi i trake sa kutnim zavarom, uz blago žlijebljenje krajeva trake, bez potpune penetracije i zazora u spoju. Ovaj detalj izrađen je sukladno normi EN 12952 - 5 .



Slika 10. Detalj zavarivanja traka – traka (okrupnjivanje cjelina membranskih zidova primjenom ručnih procesa zavarivanja) [21]

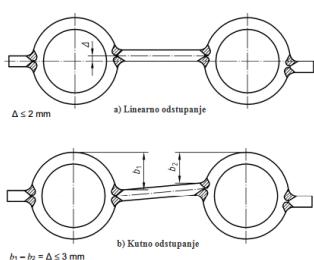


Slika 11. Detalj zavarivanja traka – traka (okrupnjivanja cjelina membranskih zidova automatskim procesom zavarivanja) [21]

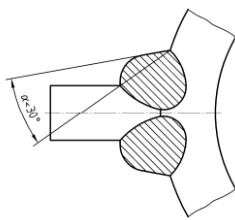
4.1 Ograničenja definirana normom

Ograničenja definirana normom EN 12952-5 mogu se podijeliti u tri kategorije:

- Dimenzijska ograničenja za zavar između cijevi i trake (prikazana slikom 9),
- Dimenzijska ograničenja za linearno i kutno odstupanje zavara trake između dvije cijevi (slika 11, dok je dimenzijsko odstupanje konveksnog dijela kutnog zavara u spoju cijevi i trake (prikazano slikom 12)



Slika 12. Kutno i linearno ograničenje zavarivanja spoja traka – cijev za membranske zidove prema standardu EN 12 952 – 5 [22]



Slika 12. Dozvoljeno odstupanje konveksnog cijela kutnog zavara traka - cijevi za membranske zidove prema EN 12952-5[22]

5. SUČEONO SPAJANJE CIJEVI – RAZLIKE U STANDARDIMA

Detalji zavarivanja za sučeono spajanje sastoje se od podataka potrebnih tehnologiji (vanjski promjer cijevi u spoju, debljina stjenke, dimenzije zračnosti u korijenu žlijeba, unutarnji prilagodni promjer) i drugim službama pri proizvodnji kako bi se krajevi cijevi mogli obraditi te zavariti na način propisan kvalifikacijom postupka zavarivanja PQR-om.

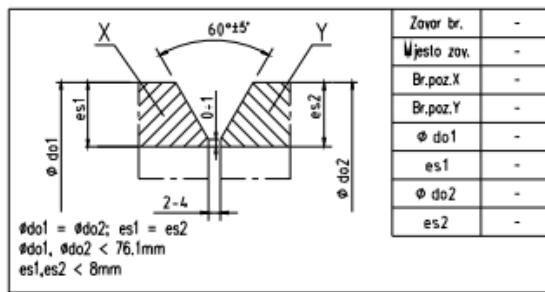
5.1 Zavarivanje spoja cijevi s ostalim elementima kotla pod tlakom

U ovisnosti o primijenjenom procesu zavarivanja (automatski ili ručni) te vrsti elementa u spoju (fiting / podnica / cijev) detalji zavarivanja za sučeono zavarivanje tlačnih dijelova mogu se podijeliti u nekoliko kategorija kako bi se što lakše mogla prikazati njihova obrada u ovisnosti o debljini stjenke, vanjskim promjerima te pripadnoj toleranciji.

5.1.1. Primjena ručnih procesa zavarivanja u izradi spoja cijev – cijev

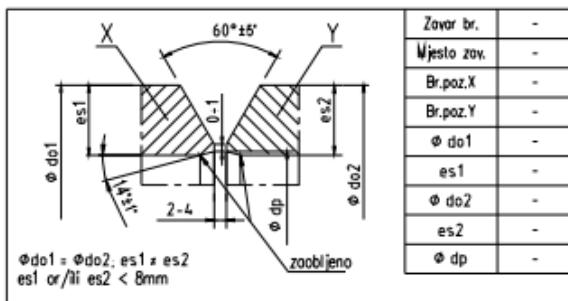
Detalje sučeonog zavarivanja spoja cijev – cijev mogu se podijeliti na slijedeće:

Spoj cijev – cijev: isti promjeri i debljina stjenki uz V pripremu krajeva i bez obrade na unutarnji prilagodni promjer d_p . Ovakav oblik spoja primjenjuje se cijevi manjeg vanjskog promjera od 76.1mm i stjenki čija je debljina manja od 8 mm (slika 13).



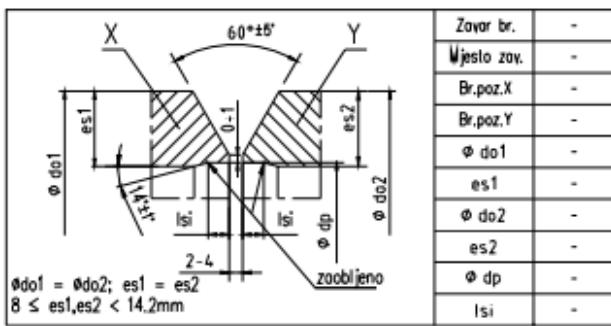
Slika 13. Detalj zavarivanja cijev – cijev, sa istim nominalnim vanjskim promjerom [21]

Spoj cijev – cijev: isti promjer i debljina stjenki sa V pripremom krajeva i obradom na unutarnji prilagodni promjer d_p . Ovaj oblik spoja primjenjuje se za cijevi vanjskog promjera većeg ili jednakog 76.1mm i stjenki tanjih od 8 mm (slika 14).



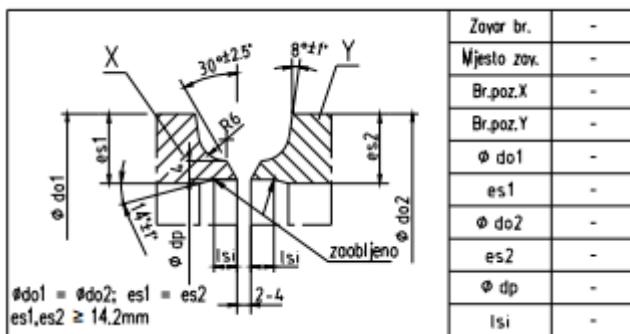
Slika 14. Detalj zavarivanja cijev – cijev, sa istim nominalnim vanjskim promjerom [21]

Spoj cijev – cijev: isti promjera ali vrijednosti debljina stjenke od 8 – 14.2 mm sa V pripremom krajeva i obradom na unutarnji prilagodni promjer d_p . Ovaj oblik spoja primjenjuje se zbog veće kvalitete ispitivanja zvara ultrazvučnom metodom koja se pokazala mnogo kvalitetnija na debljinama stjenki iznad 8 mm kada se cilindrično obradi unutrašnja površina cijevi prije početka konusnog dijela (slika 15).



Slika 15. Detalj zavarivanja spoja cijev - cijev uz varijaciju debljine stjenke od 8 – 14.2 mm [21]

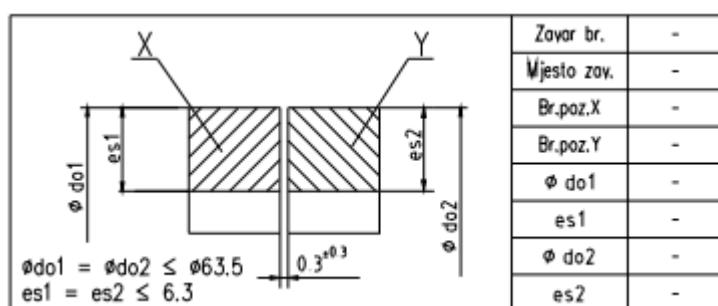
Spoj cijev – cijev: isti promjeri ali debljina stjenke veća je od 14,2mm, sa U pripremom i obradom na unutarnji prilagodni promjer d_p . U ovom tipu spoja glavni uvjet predstavlja granica odvajanja V od U pripreme žlijeba (slika 16).



Slika 16. Detalj zavarivanja spoja cijev – cijev, sa istim nominalnim vanjskim promjerom te debljinama stjenki većim ili jednakim od 14,2mm [21]

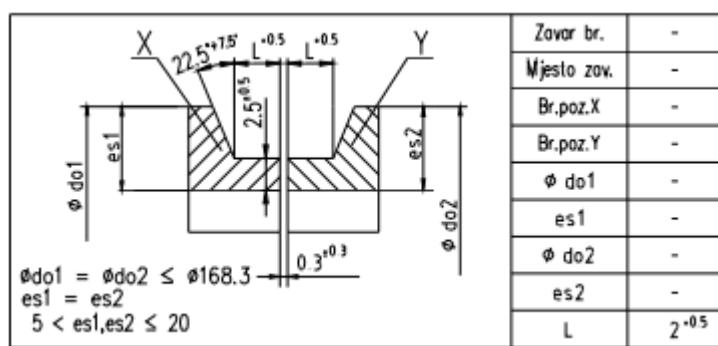
5.1.2. Primjena automatskih procesa zavarivanja u izradi spoja cijev – cijev

Kao i kod ručnih postupaka, detalji zavarivanja sučeonih spojeva za automatske postupke zavarivanja mogu se podijeliti u ovisnosti o debljini stjenke cijevi u spoju, procesu zavarivanja, vanjskim promjerima cijevi koje se spajaju itd. (slika 17).



Slika 17. Detalj zavarivanja cijev – cijev, predviđen za jednopravno TIG zavarivanje [21]

Na slici 17 prikazan je I - spoj sa jednopravnim automatskim TIG postupkom zavarivanja i ograničen je isključivo na zavarivanje niskolegiranih čelika grupe 1 i 5 prema ISO/TR 15608. Na slici 18 dan je prikaz V spoja sa višeprolaznim TIG postupkom zavarivanja sukladno uvjetima navedenim u detalju.



Slika 18.. Detalj zavarivanja cijev – cijev, predviđen za višeprolazno orbitalno TIG zavarivanje [21]

ZAKLJUČAK

U ovom radu dan je pregled standarda koji se primjenjuju u kotlogradnji kao jednog od segmenata metaloprerađivačke industrije. Standardi opisani u radu, zajedno sa pripadnim dijelovima i nadležnostima koje uključuju projektiranje i konstruiranje, te na kraju sam proces proizvodnje u ovisnosti o dijelu kotlovnog postrojenja

kao i razlike koje se pojavljuju kod proizvodnje prema američkim i europskim standardima. Navedeni su i ukratko opisani pojedini standardi koji uvjetuju pripremu i konstruiranje zavarenog spoja sa analizom pojedinih razlika između ASME i europskih standarda u proizvodnji vodocijevnih kotlova.

Uzimajući u obzir pravila definirana normom i tehničkim ograničenjima pomno su opisani uz priložene detalji zavarivanja elemenata kotla pod tlakom za vodocijevne kotlove prilikom izrade

sukladno standardom HRN EN 12952-3. Ilustracijom dijelova kvalifikacije i specifikacije postupka zavarivanja prikazano je na koji način se potvrđuje zavarivanje određenih segmenata. Kako bi se postigla veća efikasnost prilikom procesa zavarivanja i povećala kvaliteta sve više se pristupa uvođenju automatiziranih postupaka zavarivanja, kao što je prikazano primjerima izvođenja zavarivanja tlačnih elemenata unutar tvrtke ĐĐ TEP d.o.o.

Standardi, kao i agencije za nadzor nad gore spomenutim standardima nastali su prvenstveno s ciljem sprječavanja novih havarije i kvarova sa posljedicama koje bi imale štetan utjecaj na okoliš i ljude. Uvođenjem internih standarda u poduzeća olakšava se upoznavanje zaposlenika sa pravilima vezanim za proizvodnju uz ujednačavanje kvalitete proizvoda po zadanim kriterijima. Detalji zavarivanja su dio internih standarda većine poduzeća koja se bave kotlogradnjom, a cilj im je unificiranje obrade krajeva za zavarivanje poštujući sva pravila pripadajućih normi te osiguranje najefikasnije produktivnosti sukladno tehnološkim mogućnostima.

Kao kratki osvrt na pregled koji je donio ovaj rad, svi detalji zavarivanja tlačnih elemenata kotlovnog postrojenja uz pravila koja nalažu standardi svode na uvjete tehnološke prirode koji se mogu verificirati kvalifikacijom postupka uz odobrenje ovlaštene institucije.

5 REFERENCES

- [1] Luka Špiljak, diplomski rad, Veleučilište u Karlovcu, 2018.
- [2] Ivan Samardžić: Skripta za učenje iz kolegija: ZAVARIVANJE
- [3] Direktiva 2014/68/EU Europskog parlamenta i vijeća ili "PED".
- [4] EN 12952-3: Water-tube boilers and auxiliary installations, Part 3: Design and calculation for pressure parts of the boiler, 2012: European committee for standardization, Brussels.
- [5] EN 13480: *Metallic industrial piping*, 2012: European committee for standardization, Brussels.
- [6] EN 13445: *Unfired Pressure Vessels*, 2009 European committee for standardization, Brussels, 2009.
- [7] EN ISO 2553: Welding and allied processes — Symbolic representation on drawings - Welded joints, 2013: International Organisation for standardization.
- [8] ISO/TR 15608: Welding - Guidelines for a metallic materials grouping system, Europski komitet za normizaciju(CEN), Brussels, 2013.
- [9] EN 1708-1 Welding — Basic welded joint details in steel Part 1: Pressurized components, Europski komitet za normizaciju(CEN), Brussels, 2010.

- [10] EN ISO 9692-1 Welding and allied processes - Recommendations for joint preparation - Part 1: Manual metal-arc welding, gas-shielded metal-arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels, Europski komitet za normizaciju(CEN), Brussels, 2003.
- [11] EN ISO 9692-2 Welding and allied processes - Recommendations for joint preparation - Part 2: Submerged arc welding of steels, Europski komitet za normizaciju(CEN), Brussels, 1998.
- [12] DIN 2559-2 Edge preparation for welding - Part 2: Matching of inside diameter for circumferential welds on seamless pipes, German National Standard, 2007.
- [13] DIN 2559-3 Preparation of welds - Part 3: Matching of inside diameters for circumferential welds on welded pipes, German National Standard, 2007.
- [14] DIN 2559-4 Preparation of welds; part 4: matching of inside diameters for circumferential welds on seamless pipes of stainless steels, German National Standard, 1994.
- [15] Tomislav Junačko, Detalji zavarivanja tlačnih elemenata u kotlogradnji; diplomski rad, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2017.
- [16] ASME B31.1 *Power piping, Code for pressure piping, Ed.2014*, American Society of Mechanical Engineers(ASME), New York City, U.S.
- [17] ASME B16.25 *Buttwelding Ends, Ed.2003*, American Society of Mechanical Engineers(ASME), New York City, U.S.
- [18] AWS A2.4 Standard Symbols or Welding, Brazing, and Nondestructive Examination, American Welding Society(AWS), Miami, 2007,
- [19] ASME *Boiler & Pressure Vessel Code. Section I, Ed.2015*, American Society of Mechanical Engineers(ASME), New York City, U.S.
- [20] ASME *Boiler & Pressure Vessel Code. Section VIII, Division 1, Ed.2015*, American Society of Mechanical Engineers(ASME), New York City, U.S.
- [21] ĐĐ TEP, Interni standardi u proizvodnji,
- [22] EN 12952-5 : Water-tube boilers and auxiliary installations, Part 5: Workmanship and construction of pressure parts of the boiler, 2012: European committee for standardization, Brussels