



Darko Jovanović dipl.maš.inž. ¹, Predrag Jovanović dipl.maš.inž. ¹

ODOBRAVANJE POSTUPAKA IZRADA NERASTAVLJIVIH SPOJEVA OD POLIETILENA NA OPREMI POD PRITISKOM

APPROVAL OF THE PROCEDURE OF MAKING PERMANENT JOINTS OF POLYETHYLENE ON THE PRESSURE EQUIPMENT

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC:

Rad primljen / Paper received:

Mart 2014.

Ključne riječi: oprema pod pritiskom, nerastavljivi spoj, IBR, zavarivanje polietilena

Rezime

Cilj ovog rada je da se široj stručnoj javnosti izloži problematika u vezi sa odobravanjem postupaka izrade nerastavljivih spojeva od polietilena na opremi pod pritiskom. U tu svrhu autori su pokušali da obuhvate sve aspekte koji omogućavaju imenovanom telu da potvrdi ispunjenost bitnih zahteva za bezbednost zavarenih spojeva na opremi pod pritiskom kategorije II, III i IV

1. Uvod

Pravilnikom o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom definisan je zahtev koji se odnosi na odobravanje postupka izrade nerastavljivih spojeva. Pod nerastavljivim spojevima se podrazumevaju, osim zavarenih spojeva i tvrdo lemljeni spojevi. Postupci odobravanja izrade zavarenih spojeva od čelika i tvrdo lemljenih spojeva su detaljno definisani odgovarajućim harmonizovanim standardima. Pri realizaciji odobravanja postupaka izrade zavarenih spojeva od polietilena, mogu se javiti određeni problemi. Osnovni razlog treba tražiti u nedostatku odgovarajućih smernica za realizaciju takvih aktivnosti.

U postupku odobravanja konkretnih tipova zavarenih spojeva od polietilena smatramo da je neophodno izraditi reprezentativni broj uzoraka na osnovu kojih će se moći izvršiti ocena usaglašenosti tih uzoraka sa specificiranim uslovima, u zavisnosti od postupka izrade zavarenog spoja. Analizom raspoložive tehničke literature koja se bavi postupcima izrade zavarenih spojeva od polietilena i koji bi u ovoj situaciji bili od

Adresa autora / Author's address:

¹ Professional Control Group, Đorđa Stanojevića 11đ, Beograd
E-mail: darko.jovanovic@professionalcontrolgroup.com

Rad je u izvornom obliku objavljen u Zborniku sa savetovanja „ZAVARIVANJE 2014“ održanog na Borskom jezeru 4-7. Juna 2014

Key words: pressure equipment, permanent joints, NDT, welding of polyethylene

Abstract

The aim of this paper is to present to wider professional public the issues related to the approval of the procedures of making permanent joints of polyethylene on the pressure equipment. For this purpose, the authors have tried to cover all the aspects which enable the notified body to verify the fulfillment of essential requirements for safety of welded joints on the pressure equipment categories II, III and IV

pomoći, može se konstatovati da osnovu za realizaciju aktivnosti odobravanja postupaka zavarivanja treba potražiti u postojećim evropskim standardima iz ove oblasti i standardima nemačkog strukovnog udruženja (DVS).

2. Ocena usaglašenosti zavarenih spojeva

Ocenjivanje usaglašenosti zavarenog spoja podrazumeva ispunjenost specificiranih zahteva koji se odnose na konkretan tip zavarenog spoja kao i na postupak izrade tog spoja^[1]. Kako spisak srpskih standarda harmonizovanih sa evropskim standardima, citiran u Pravilniku o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom ne sadrži standarde kojim bi ovi zahtevi bili definisani, ostavljeno je da proizvođač opreme pod pritiskom i odgovarajuće imenovano telo te zahteve preciziraju. Specificirani zahtevi koje mora da ispune zavareni spojevi od polietilena na opremi pod pritiskom II, III ili IV kategorije i kojima se potvrđuje ispunjenost bitnih zahteva za bezbednost



priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, dati su u nastavku i odnose se na:

- karakteristike osnovnog materijala od kojeg je izrađen zavareni spoj,
- karakteristike dodatnog materijala za zavarivanje (za postupke zavarivanja gde je to primenljivo),
- tehnologiju zavarivanja za primenjeni postupak,
- kompetentnost osoblja koje izrađuje reprezentativni uzorak,
- primenjene ispitne metode kojima se proverava usaglašenost izrađenog uzorka,
- kriterijume prihvatljivosti za ispitani zavareni spoj.

2.1 Osnovni material

Polimeri su makromolekuli sastavljeni iz većeg broja monomera i spadaju u važne tehničke materijale koji su lakši u odnosu na metale, imaju dobra električna i toplotno izolaciona svojstva i otporni su na koroziju. Građa polimera može biti linearna, granata ili umrežena, a polimere grupišemo na: termoplaste, elastomere i durmomere. Jedan od predstavnika termoplasta je i polietilen visoke gustine (PE-HD^[2]) koji se koristi pri proizvodnji određenih tipova opreme pod pritiskom. Polietilen visoke gustine predstavlja termoplast koji nastaje polimerizacijom etilena i sastavljen je iz makromolekula povezanih slabim Van der Waals-ovih vezama što za posledicu ima mogućnost lakšeg oblikovanja i eventualnog ponovnog korišćenja. Termoplasti granate građe za razliku od linearnih, osim Van der Waals-ovih veza imaju i bočne veze. Kao ograničavajuće karakteristike polietilena za širu upotrebu u proizvodnji opreme pod pritiskom treba naglasiti da su manje otporni na povećano dejstvo toplote u smislu pogoršanja mehaničkih karakteristika i da pri dejstvu toplote dolazi do velikog istezanja materijala. Osim svega napred navedenog polietilen je zapaljiv i relativno male čvrstoće u odnosu na druge materijale koji se mogu koristiti u proizvodnji opreme pod pritiskom.

Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike polietilena detaljno su opisane u prilogu B harmonizovanog standarda SRPS EN ISO 15494. Kada je reč o postupku izrade zavarenih spojeva od polietilena bitno je znati koeficijent masenog protoka rastopa (MFR). Nažalost tačne podatke o

ovom koeficijentu proizvođači polietilenskog materijala obično ne daju već samo navode dozvoljeni interval za MFR koeficijent. Izračunavanje vrednosti MFR koeficijenta detaljno je opisano u standardu SRPS EN ISO 1133. Prihvatljivi interval za MFR koeficijent PE-HD koji se koristi u proizvodnji opreme pod pritiskom mora biti preciziran i obično se kreće u interval od 0.2 do 1,4 g/10mm, kako je definisano u standardu SRPS EN ISO 15494. Kao posledica ne poznavanja tačne vrednosti MFR koeficijenta delova od polietilena koji se zavaruju i u slučaju kada te vrednosti se razlikuju za više od 0,5 g/10min^[3] može doći do pojave nalepljivanja. Iz tog razloga preporučujemo da se pre realizacije izrade zavarenih spojeva od polietilena izvrši pregled dostavljenih sertifikata kojima se dokazuje usaglašenost osnovnog materijala i, ako je potrebno, sprovedu dodatna ispitivanja kojima bi se proverile karakteristike koje nisu na adekvatan način definisane sertifikatom.

Kada je reč o metodologiji grupisanja termoplastičnih materijala i podele na podgrupe preporuka je da se koriste podaci dati u tabeli 1 standarda SRPS EN 13067. Ovaj vid grupisanja može biti od pomoći u postupku odobravanja izrađenih tehnologija zavarivanja koje proizvođač opreme pod pritiskom dostavlja imenovanom telu na odobrenje.

2.2 Dodatni materijal za zavarivanje

Zahtevi u vezi dodatnih materijala za zavarivanje moraju biti precizno definisani tehnologijom izrade predmetnih nerastavljivih spojeva. Čest je slučaj da zbog nepoznavanja zahteva za dodatni materijal za zavarivanje koji će biti korišćen, tehnologijom se ne propišu potrebni zahtevi za dodatni materijal za zavarivanje koji je potrebno koristiti. U ovakvoj situaciji u praksi se koriste dodatni materijali koje je najlakše pronaći na tržištu ili koji su najprihvatljiviji sa cenom. Preporuka je da se pri definisanju zahteva za dodatni materijal za zavarivanje koriste smernice koje su date standardom SRPS EN 12943.

Osim zahteva za dodatni materijal za zavarivanje, potrebno je proveriti sa kojom opremom raspolaže proizvođač kako bi bilo moguće oceniti na koji način ograničenja karakteristika te opreme utiču na mogućnost realizacije planiranih zavarenih spojeva. Problem koji se može desiti na zavarenom spoju pri korišćenju mašine koja ima ograničenje u mogućoj debljini dodatnog materijala (korišćenje žice veće debljine od one koje su specifikacijom definisane)



je pojava defekta tipa prelivanje (referentni broj 506^[4]).

2.3 Postupci zavarivanja

Najčešće korišćeni postupci zavarivanja pri izradi opreme pod pritiskom su ekstruziono zavarivanje i zavarivanje toplim alatom. Ekstruziono zavarivanje je postupak zavarivanja pri kojem ekstruziona jedinica sa komorom za topljenje daje ekstrudovani materijal prema zahtevu za debljinu i oblik spoja, dok vrući vazduh ili inertan gas istovremeno zagrevaju osnovni materijal^[5]. Zavarivanje toplim alatom je postupak zavarivanja pri kojem se površine spoja zagrevaju tako što se izlažu, sa ili bez kontakta, elementima za grejanje i zavaruju se pod pritiskom^[5].

Da bi se realizovao usaglašen zavareni spoj od polietilena potrebno je obratiti pažnju na sledeće činjenice:

- nisu svi tipovi plastičnih masa zavarljivi u istom obimu, pa je potrebno pre primene nekog plastičnog materijala obavezno proveriti ovaj zahtev. Kada je reč o termoplastičnim materijalima može se konstatovati da oni imaju dobru zavarljivost.
- pre početka realizacije propisanog postupka zavarivanja potrebno je površinu koja će biti u zoni zavarivanja očistiti na način definisan specifikacijom tehnologije zavarivanja jer se time smanjuje mogućnost nastanka defekata u zavarenom spoju.
- kada je specifikacijom tehnologije zavarivanja propisan postupak predgrevanja materijala koji se zavaruju, potrebno je isti i realizovati.
- nezavisno o kom postupku zavarivanja je reč, potrebno je uvek voditi računa da parametrima zavarivanja koji su propisani specifikacijom (uneta toplote, pritisak i vreme) budu u dozvoljenim granicama.

2.3.1 Specifikacija tehnologije zavarivanja

Pod pojmom specifikacije tehnologije zavarivanja podrazumeva se dokument koji sadrži promenljive veličine potrebne za izradu nerastavljivog spoja i kojim se obezbeđuje ponovljivost odabranog postupka zavarivanja. Specifikacijom tehnologije zavarivanja potrebno je definisati sve uticajne veličine čijim odgovarajućim vrednostima se

obezbeđuje izrada usaglašenog uzorka. U tom smislu specifikacija treba da definiše:

- način pripreme krajeva za zavarivanje,
- dimenzije delova koji se zavaruju (sugerisemo da pri realizaciji dimenzionalne kontrole izmerene vrednosti se uporede sa tolerancijama propisanim tačkom B.3 standarda SRPS EN ISO 15494),
- minimalni atmosferski uslovi za realizaciju predmetnih spojeva,
- broj prolaza pri realizaciji zavarenog spoja (primenljivo za postupak ekstruzionog zavarivanja),
- definisanje plana zavarivanja u cilju svođenja zaostalih napona na prihvatljivu meru,
- parametre pritiska, temperature i vremena u postupku zavarivanja,
- kriterijume za prihvatanje izrađenih zavarenih spojeva.

2.3.1.1 Zavarivanje toplim alatom

Na osnovu smernica propisanih standardom ISO 21307, pri realizaciji postupka zavarivanja toplim alatom, u zavisnosti od debljine delova u dodiru kao i u zavisnosti od dejstva pritiska na zagrejane krajeve delova koje zavarujemo, razlikujemo tri moguća slučaja:

- postupak jednim dejstvom niskog pritiska,
- postupak dvostrukim dejstvom niskog pritiska (obično se primenjuje za debljine preko 20 mm),
- postupak jednim dejstvom visokog pritiska (ređe se koristi).

U nastavku je dat tabelarni prikaz^[6] uticajnih radnih parametara za postupak zavarivanja toplim alatom i za slučaj postupka jednim dejstvom niskog pritiska (single low-pressure fusion jointing procedure).



Parametri zavarivanja	Jedinica	Oznaka	Vrednost
Temperatura grejne ploče (<i>heater plate temperature</i>)	°C		200 - 245
Pritisak dovođenja cevi na grejanu ploču (<i>initial bead-up pressure</i>)	MPa	p_1	$0,17 \pm 0,02$
Minimalna početna veličina rastopa (<i>minimum initial bead-up size</i>)	mm		$0,5 + 0,1 e_n$ do max. 6 mm
Vreme zagrevanja (<i>heat soak time</i>)	s	t_2	$(11 \pm 1) \cdot e_n$
Pritisak zagrevanja (<i>heat soak pressure</i>)	MPa	p_2	od 0 do pritiska vučenja
Maksimalno vreme uklanjanja grejne ploče (<i>heater plate removal time</i>)	s	t_3	$(0,1 e_n) + 4$
Pritisak zavarivanja (<i>fusion jointing pressure</i>)	MPa	p_3	$0,17 \pm 0,02$
Maksimalno vreme potrebno da se postigne pritisak između površina (<i>time to achieve fusion jointing pressure</i>)	s	t_4	$(0,4 e_n) + 2$
Minimalno vreme hlađenja u mašini pod pritiskom (<i>cooling time in the machine under pressure</i>)	min	t_5	$e_n + 3$
Minimalno vreme hlađenja van mašine (<i>cooling time out of the machine</i>)	min	t_6	$e_n + 3$
Vreme dovođenja cevi na grejnu ploču (t_1) zavisi od tipa mašine kojom se zavarivanje realizuje.			

Imenovano tela u postupku ocenjivanja usaglašenosti opreme pod pritiskom od polietilena mora insistirati kod proizvođača na posedovanju odgovarajuće tehnologije zavarivanja sa pratećim specifikacijama (WPS) za primenjeni postupak zavarivanja. Ovo se naglašava jer je česta zabluda proizvođača opreme pod pritiskom koji primenjuju postupak zavarivanja toplim alatom da "nemaju obavezu" obezbeđenja tehnologije zavarivanja jer uređaj za zavarivanje nudi programsku mogućnost podešavanja radnih parametara zavarivanja.

2.3.1.2 Ekstruziono zavarivanje

Ekstruziono zavarivanje može biti ručni ili poluautomatski postupak zavarivanja uz korišćenje dodatnog materijala za zavarivanje najčešće sličnih mehaničkih karakteristika kao i osnovni materijal. Pri proizvodnji različitih tipova opreme pod pritiskom veliku primenu ima postupak ekstruzionog zavarivanja kako pri izradi sučeonih tako i pri izradi ugaonih spojeva.

Pri izradi tehnologije zavarivanja u zavisnosti od kontinuiteta procesa zavarivanja razlikujemo ekstruziono zavarivanje sa neprekidnim ili prekidnim snabdevanjem dodatnim materijalom. Standard DVS 2207-4 obezbeđuje osnovne informacije na osnovu kojih proizvođač opreme pod pritiskom može izraditi odgovarajuću tehnologiju zavarivanja. Preporuka je da tehnologija zavarivanja minimalno obezbediti sledeće podatke:

- podatke za pripremu krajeva za zavarivanje, imajući u vidu osnovne karakteristike krajeva (izgled žljeba i širina grla). U zavisnosti da li je reč o kontinualnom ili prekidnom snabdevanju dodatnim materijalom za zavarivanje, dijagramima su date funkcionalne zavisnosti dubine i ugla žljeba.
- minimalno rastojanje između dva zavarena spoja na licu šava mora biti veće od 50mm.
- način svođenja krajeva na istu debljinu, u slučaju zavarivanja delova sa različitim debljinom.



- kad god je to moguće, zavari treba da budu urađeni obostrano, u cilju racionalnog unosa dodatnog materijala za zavarivanje i svođenja nivoa zaostalih napona u zavarenom spoju na prihvatljiv nivo.
- za nastavke (welding shoes) koji će biti korišćeni prema smernicama datim u tabeli 1 standarda DVS 2207-4.
- zahtevi za predgrevanjem (kada je to potrebno).
- podaci o dodatnom materijalu za zavarivanje koji će biti korišćen, kao i način rukovanja sa istim.
- podaci o korišćenim radnim parametrima u postupku zavarivanja.

2.4 Osoblje koje izrađuje zavarene spojeve

Osoblje koje izrađuje reprezentativne uzorke potrebno je da poseduje dokaz o kompetentnosti u vidu odgovarajućeg sertifikata izdatog od sertifikacionog tela za osoblje za šemu sertifikacije definisanu standardom SRPS EN 13067. Pod "sertifikacionim telom za osoblje" podrazumeva se organizacija koja ispunjava zahteve standarda SRPS ISO/IEC 17024 na način da poseduje odgovarajući obim akreditacije u kojem je prozvan odgovarajući referentni standard.

U slučaju da se zavareni spojevi od polietilena izrađuju za potrebe proizvodnje opreme pod pritiskom kategorije II, III i IV, osoblje mora posedovati i odobrenje izdato od imenovanog tela za ocenjivanje usaglašenosti ili od imenovanog tela za nerastavljive spojeve čime se ispunjava zahtev definisan tačkom 3.1.2 priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom.

2.5 Ispitne metode

Ispitivanja koja se realizuju na zavarenim spojevima od polietilena na opremi pod pritiskom u cilju potvrđivanja njihove usaglašenosti sa specificiranim zahtevima dele se u tri grupe:

- ispitivanja metodama bez razaranja
- ispitivanja sa razaranjem
- ispitivanje pritiskom

Za koju od napred navedenih grupa ispitivanja će se odlučiti imenovano telo da realizuje u postupku

odobranja konkretne tehnologije zavarivanja zavisiće od opasnosti izazvane prvenstveno pritiskom, koju je obavezan da analizira proizvođač konkretne opreme pod pritiskom.

2.5.1 Ispitivanja metodama bez razaranja

Metode ispitivanja bez razaranja koje se primenjuju za ispitivanje zavarenih spojeva od polietilena zavise od primenjenog postupka zavarivanja i tipova nepravilnosti koje se očekuju primenom takvog postupka zavarivanja. U nastavku su date smernice za izbor IBR metoda koje mogu poslužiti pri izradi programa ispitivanja:

- vizuelno ispitivanje je potrebno realizovati u skladu sa pisanom procedurom koja je usklađena sa zahtevima standarda SRPS EN 13100-1.
- kada je reč o radiografskom ispitivanju zavarenih spojeva od polietilena potrebno je procedurom definisati mogućnosti primene ove IBR metode u smislu minimalne debljine prozračavanja materijala, stvarne mogućnosti rendgenskog uređaja sa kojim ispitna laboratorija raspolaže, izabrane tehnike ispitivanja i ostalih zahteva definisanih standardom SRPS EN 13100-2. Takođe, pri realizaciji ove metode ispitivanja potrebno je biti upoznat i sa ograničenjima same ispitne metode u smislu nepravilnosti koje je moguće uočiti tom metodom.
- kao što je navedeno za radiografsko ispitivanje slična konstatacija je i za ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeve od polietilena. U tom smislu realizacija ove IBR metode se sprovodi na cevima ili pločama debljine zida između 10mm i 100mm, po pisanoj proceduri kojom su uzeti u obzir zahtevi standarda SRPS EN 13100-3 i ograničenja vezana za primenu te ispitne metode.
- ovom prilikom se može pomenuti i ispitivanje pri visokom naponu kao još jedna metoda bez razaranja koja se koristi pri pronalaženju površinskih defekata na sučeonim i preklopnim zavarenim spojevima od polietilena. Smernice za ova ispitivanja date su u standardu SRPS EN 13100-4.



- pri izradi uzoraka ekstruzionim zavarivanjem kada je definisan kriterijum prihvatljivosti prema standardu DVS 2201-1 i kada se kao referentni standard za izradu zavarenih spojeva od polietilena koristi standard DVS 2207-4, metode ispitivanja bez razaranja su definisane u tabeli 2, tog standarda.

179-2 kako bi odredili udarnu žilavost polietilena po Šarpiju.

- pri izradi uzoraka ekstruzionim zavarivanjem kada se kao referentni standard za izradu zavarenih spojeva od polietilena koristi standard DVS 2207-4, ispitivanja sa razaranjem su definisana u tabeli 2, tog standarda.
- smernice za realizaciju ispitivanja sa razaranjem uzoraka izrađenih zavarivanjem toplim alatom date su u tabeli 6, standarda DVS 2207-1.
- u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 definisani su zahtevi za ispitivanja sa razaranjem. Iako je reč o standardu koje se koristi pri sertifikaciji zavarivača, preporuke za realizaciju pojedinih metoda ispitivanja mogu biti prihvaćene i pri realizaciji odobrenja konkretne tehnologije zavarivanja.

Vizuelno ispitivanje je najčešće primenjena IBR metoda dok ostale metode ispitivanje bez razaranja se primenjuju u slučajevima kada iz nekog razloga nije moguće realizovati ispitivanja sa razaranjem ili se primenjuju kao komparativne metode nekoj od vrsta ispitivanja sa razaranjem.

2.5.2 Ispitivanja sa razaranjem

U situaciji kada je programom ispitivanja predviđena realizacija neke od metoda ispitivanja sa razaranjem preporuka je da se pri izradi programa ispitivanja primene smernice date u nastavku:

- u standardu SRPS EN 12814-8 definisani su zahtevi za moguće metode ispitivanja sa razaranjem i dati su kriterijumi prihvatljivosti i to za: ispitivanje savijanjem (SRPS EN 12814-1), ispitivanje zatezanjem (SRPS EN 12814-2), ispitivanje zateznog puzanja (SRPS EN 12814-3), ispitivanje ljuštenjem (SRPS EN 12814-4), makroskopska ispitivanja (SRPS EN 12814-5), ispitivanje zatezanjem na niskoj temperaturi (SRPS EN 12814-6) i ispitivanje zatezanjem ispitnih uzoraka sa suženjem (SRPS EN 12814-7). Smernice date standardom SRPS EN 12814-8 moguće je primeniti kako za postupak ekstruzionog zavarivanja tako i za zavarivanje toplim alatom.
- u tački 7.5 priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, definisan je zahtev za određivanje udarne energije loma "samo" kada je opreme pod pritiskom od čelika. U slučaju da se primeni samo odredba definisana tačkom 4.1, Pravilnika u kojoj je navedeno da "materijal mora biti dovoljne čvrstoće i žilavosti", tada se konkretna ispitivanja sprovode prema standardu SRPS EN ISO

2.5.3 Ispitivanje pritiskom

Postupkom ispitivanja pritiskom uzoraka izrađenih od polietilena čiji su sastavni delovi i zavareni spojevi omogućeno je da se proveriti integritet takve konstrukcije. Ova metoda ispitivanja može se primeniti u kombinaciji sa ispitivanjem metodama sa i bez razaranja. U situaciji kada se vrši ispitivanje pritiskom izrađenog reprezentativnog uzorka potrebno je odrediti vrednost ispitnog pritiska na način kako je to definisano u tački 8.2, standarda SRPS EN ISO 15494 i na osnovu ispitnog napona određenog iz odgovarajućeg dijagrama datog u prilogu B napred pomenutog standarda. Nakon realizacije proračuna potrebno je utvrditi da li je vrednost ispitnog napona niža ili maksimalno jednaka sa dozvoljenim naprežanjem u nerastavljivom spoju koji je sastavni deo konkretnog uzorka. Smernice za izračunavanje maksimalno dozvoljenog naprežanja u zavarenom spoju date su u standardu SRPS EN 1778.

2.5.4 Kriterijum prihvatljivosti

Kriterijum prihvatljivosti zavarenih spojeva od polietilena najčešće se definiše nivoom kvaliteta zavarenog spoja koji predstavlja specificiran zahtev za zavareni spoj, na osnovu tipa i veličine određene nepravilnosti. Standardima SRPS EN 16296 i DVS



2202-1 definisana su tri nivoa kvaliteta zavarenih spojeva. Između ova dva standarda postoje razlike u sistemu označavanja, pa su tako standardom SRPS EN 16296 definisani nivoi B, C i D, dok su standardom DVS 2202-1 nivoi definisani rimskim brojevima I, II i III. Za razliku od standarda DVS 2202-1 kod kojeg nije definisano ograničenje u vezi sa minimalnom debljinom delova koji se zavaruju, u standardu SRPS EN 16296 je to definisano na vrednost minimalne debljine materijala od 2mm. Dodatni problem pri definisanju nivoa kvaliteta zavarenog spoja predstavlja i činjenica da standard SRPS EN 16296 nije harmonizovani standard sa Pravilnikom o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom. U tom smislu izbor kriterijuma prihvatljivosti ostaje odgovornost proizvođača opreme pod pritiskom, pa iz tog razloga je potrebno naglasiti činjenice sa kojima će se proizvođači suočiti u postupku razrade tehničke dokumentacije pri definisanju odgovarajućeg nivoa kvaliteta zavarenog spoja:

- pri izboru odgovarajućeg nivoa kvaliteta potrebno je uzeti u obzir moguće uticajne faktore (mehaničko opterećenje, radni fluid, radne parametre, karakteristike materijala, radne uslove i uslove pri proizvodnji, potencijalne opasnosti izazvane defekatima u zavarenim spojevima proizvedene opreme pod pritiskom),
- izbor nivoa kvaliteta zavarenog spoja je u direktnoj vezi sa primenjenim postupkom zavarivanja. Kriterijumi su dati odvojeno za svaki od postupaka zavarivanja (npr. zavarivanje toplim alatom definisano je u tabeli 2 dok je za ekstruziono zavarivanje merodavna tabela 6, standarda SRPS EN 16296),
- sistem označavanja nepravilnosti opisan tehničkom specifikacijom SRPS CEN ISO/TS 17845 koristi se kada objašnjenje dato u standardu SRPS EN 16296 nije dovoljno. Prilogom A tehničke specifikacije SRPS CEN ISO/TS 17845 data je veza sa standardom SRPS EN ISO 6520-1. Ipak treba naglasiti da napred pomenuta korelacija je urađena samo za određeni broj nepravilnosti i ne olakšava u potpunosti rad. Dodatna objašnjenja u vezi klasifikacije nepravilnosti moguće je pronaći u standardu SRPS EN 14728.

- uočljiva je i nesavršenost standarda SRPS EN 16296 i to se vidi na primeru nepravilnosti definisanih oznakama 7VAAA i 8VAAA (oznake date u tabeli 6). Ako se analizira tabela 10 i tabela 11, tehničke specifikacije SRPS CEN ISO/TS 17845 može se uočiti da oznake 7V i 8V nisu definisane. Na osnovu napred navedenog može se konstatovati da nepravilnosti 7VAAA i 8VAAA date u standardu SRPS EN 16296 nije moguće koristiti u postupku ocenjivanja usaglašenosti ekstruziono zavarenih spojeva sa zahtevima referentnog standarda.

Na osnovu iznetih činjenica preporuka je da se koristi standard DVS 2202-1 u postupku definisanja kriterijuma prihvatljivosti za zavarene spojeve od polietilena.

3. Realizacija odobravanja postupka

Pri realizaciji postupka odobravanja izrade zavarenih spojeva od polietilena imenovano telo je u obavezi da definiše potreban broj zavarenih spojeva koje će proizvođač izraditi po specifikiranom postupku zavarivanja. Pri definisanju potrebnog broja izrađenih uzorka imenovano telo se može pridržavati smernica datih u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 ali mora uzeti u obzir i činjenicu da pomenutim standardom nije obrađen ugaoni zavareni spoj izrađen ekstruzionim postupkom. Izrađeni zavareni spojevi predstavljaju reprezentativni uzorak na osnovu kojeg se utvrđuje da li kontrolisani tip zavarenog spoja ispunjava zahteve propisane prilogom 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom. Tom prilikom proveravaju se bitni zahtevi za bezbednost koji se odnose na konkretan tip zavarenog spoja uzimajući u obzir pojedine zahteve priloga 1, Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom:

- primenu principa eliminacije ili smanjenja opasnosti na najmanju moguću meru,
- projektovanjem na odgovarajuću čvrstoću,
- definisanjem proizvodnih postupaka,
- analizom ugrađenog materijala i karakteristika materijala koje će biti proverene,
- definisanjem dozvoljenih naprezanja,



- definisanjem koeficijenta zavarenog spoja,
- definisanjem vrednosti ispitnog pritiska.

3.1 Zavarivanje toplim alatom

Pri odobravanju postupka izrade nerastavljivog spoja, zavarivanjem toplim alatom, potrebno je da imenovano telo uspostavi održiva pravila kojih će se pridržavati na način da se:

- tokom izrade tehničke dokumentacije eliminišu odnosno smanjenje opasnosti izazvane pritiskom na najmanju moguću meru korišćenjem odredbi standarda SRPS EN 1778 u segment definisanja dozvoljenih vrednosti naprezanja u zavarenim spojevima.
- precizira plan zavarivanja opreme pod pritiskom zajedno sa razradom specifikacija tehnologija zavarivanja u cilju izrade bezbedne opreme pod pritiskom i svođenja zaostalih napona na prihvatljiv nivo.
- provere proizvodni postupci realizacijom ispitivanja u okviru definisanog kvaliteta razmatranih zavarenih spojeva.
- definiše broj uzoraka koji je potrebno izraditi (npr. smernice date u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067).
- definišu dokazi o usaglašenosti kojima se potvrđuje da ugrađeni materijal ispunjava zahteve tehničke dokumentacije za razmatranu opremu pod pritiskom.
- precizira način podele termoplasta u podgrupe. Sistem grupisanja je definisan u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067. Pri ovome treba imati u vidu da izmena u materijalu povlači za sobom potrebu za novom kvalifikacijom.
- proveri ispravnost mašina sa kojim će biti izrađeni uzorci. Smernice za proveru date su u standardu ISO 12176-1. Sugerije se da imenovano telo prihvati princip da kvalifikacija izrađena na jednoj mašini važi i za druge mašine istog tipa.
- izmene u specifikaciji tehnologije zavarivanja koje se odnose na povećanje maksimalnog zazora između delova koji se zavaruju uslovljava realizaciju novog odobrenja.

- preporučuje se da maksimalno dozvoljeno smaknuće delova koji se zavaruju ne sme preći vrednost od 10% debljine zida.
- kada je reč o dimenzijama uzoraka koje je potrebno izraditi za područje važenja odobrenja (kvalifikacije) preporučuje se korišćenje smernica datih u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067.
- primena propisanih radnih parametara iz specifikacije tehnologije zavarivanja koja je usaglašena sa standardom ISO 21307 i koja je korišćena pri izradi uzoraka.
- kada je ispitni komad zavaren u intervalu između 5°C i 35°C odobrenje važi za ceo temperaturni interval, dok za vrednosti ispitnog intervala ispod 5°C i preko 35°C odobrenje važi za temperaturne uslove u kojima je ispitni komad izrađen.
- preporuke za područje važenja odobrenja kada je reč o položajima zavarivanja najpreciznije su date u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067.

3.2 Ekstruziono zavarivanje

Pri realizaciji odobravanja postupka izrade nerastavljivog spoja ekstruzionim zavarivanjem imenovano telo mora uspostavi održiva pravila kojih će se pridržavati u postupku odobravanja, utemeljena u postojećoj tehničkoj regulative. Predlog načina definisanja tih pravila dat je u nastavku:

- promena u izboru korišćenog materijala uslovljava obavezu realizacije novog odobrenja.
- obavezna je provera ispravnosti mašina sa kojim će biti izrađeni uzorci. Smernice za proveru date su u standardu SRPS EN 13705. Sugerije se da imenovano telo prihvati princip da kvalifikacija izrađena na jednoj mašini važi i za druge mašine istog tipa.
- priprema krajeva za zavarivanja mora biti realizovana u skladu sa odgovarajućom specifikacijom tehnologije zavarivanja.
- tokom izrade tehničke dokumentacije obezbediti da se eliminiše ili smanji opasnosti izazvane pritiskom na najmanju moguću meru korišćenjem odredbi



standarda SRPS EN 1778 u segment definisanja dozvoljenih vrednosti naprezanja u zavarenim spojevima

- preciziranje plana zavarivanja opreme pod pritiskom od polietilena zajedno sa razradom specifikacija tehnologije zavarivanja u cilju izrade bezbedne opreme pod pritiskom i svođenja zaostalih napona na prihvatljiv nivo.
- tokom izrade reprezentativnih uzoraka pridržavati se propisanih radnih parametara iz specifikacije tehnologije zavarivanja koja je usaglašena sa odredbama standarda DVS 2207-4.
- promena u izboru vrsta dodatnog materijala za zavarivanje uslovljava realizaciju novog odobrenja.
- odobrenja realizovana na osnovu zavarivanja u jednom prolazi važe i za zavarivanja u više prolaza i obrnuto.
- odobrenje realizovano na uzorku definisanom u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 važi za sve ostale debljine.
- za ispitni uzorak izrađen na cevi spoljašnjeg prečnika većeg ili jednakog 300mm područje važenja odobrenja je za ploče i cevi spoljašnjeg prečnika od 200mm pa na naviše, dok za ispitni uzorak spoljašnjeg prečnika cevi manjeg od 300mm područje važenja odobrenja je za ploče (bez ograničenja) i cevi od 2/3 spoljašnjeg prečnika izrađenog uzorka pa na više.

- promena temperature grejanog gasa za više od $\pm 10\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- promena protoka gasa za više od $\pm 10\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- promena brzine zavarivanja za više od $\pm 15\%$ zahteva realizaciju nove kvalifikacije.
- kada je ispitni komad zavaren u intervalu između 5°C i 35°C odobrenje važi za ceo temperaturni interval, dok za vrednosti ispitnog interval ispod 5°C i preko 35°C odobrenje važi za temperaturne uslove u kojima je ispitni komad izrađen.
- položaj zavarivanja u kojem je izrađen reprezentativni uzorak kvalifikuje sve ostale položaje zavarivanja u kojima je moguće izraditi takav uzorak u propisanim parametrima.

Podrazumeva se da područje važenja koje je navedeno u tabeli 1, standarda SRPS EN 13067 za zavarivače podgrupe 3.2 nije u potpunosti primenljivo pri realizaciji odobrenja. U tom smislu sugeriše se imenovanim telima da razmotre mogućnost prihvatanja napred navedenih pravila koje bi usvojili pri sprovođenju odobrenja za razmatrane tehnologije ekstruzionog zavarivanja.

4. Zaključak

Činjenica da postupak odobravanja zavarenih spojeva od polietilena nije preciziran ne sprečava nas da na osnovu postojećih standarda taj postupak definišemo. Velika odgovornost je na imenovanom telu da definiše pravila po kojima će

jedna tehnologija zavarivanja biti odobrena na način da ona bude u funkciji potvrđivanja bitnih zahteva za bezbednost opreme pod pritiskom čiji je sastavni deo i razmatrani tip zavarenog spoja. U tom smislu autori su želeli da daju svoj doprinos izlažući široj tehničkoj javnosti svoje stavove na ovu temu.



Literatura

[1] SRPS ISO/IEC 17000:2007, Ocenjivanje usaglašenosti - Rečnik i opšti principi

[2] SRPS EN ISO 1043-1:2012, Plastične mase- Simboli i skraćenice-Deo 1: Osnovni polimeri i njihove specijalne karakteristike

[3] SRPS EN 448:2012, Cevi za daljinsko grejanje - Predizolovani, kruto spojeni cevovodi direktno ukopani u toplovodnu mrežu – Sklop fittinga za čelične kućne priključke, toplotno izolovanih poliuretanom i sa spoljašnjim omotačem od polietilena

[4] SRPS EN ISO 6520-1:2013, Zavarivanje i srodni postupci - Klasifikacija geometrijskih nepravilnosti u metalnim materijalima - Deo 1: Zavarivanje topljenjem

[5] SRPS EN 13067:2008, Osoblje za zavarivanje plastike - Kvalifikaciono ispitivanje zavarivača - Zavareni sklopovi od termoplasta

[6] ISO 21307:2011, Plastics pipes and fittings-Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems

SRPS EN ISO 1133:2011, Plastične mase - Određivanje masenog protoka rastopa (MFR) i zapreminskog protoka rastopa termoplastičnih materijala

SRPS EN ISO 15494:2013, Sistemi cevovoda od plastičnih masa za industrijsku upotrebu - Polibuten (PB), polietilen (PE) i polipropilen (PP) - Specifikacije za komponente i sistem - Metričke serije

2: Ispitivanje instrumentalnom metodom

SRPS ISO/IEC 17024:2012, Ocenjivanje usaglašenosti — Opšti zahtevi za tela koja obavljaju sertifikaciju osoba

SRPS CEN ISO/TS 17845:2012, Zavarivanje i srodni postupci - Sistem označavanja nepravilnosti ISO 12176-1:2006, Plastics pipes and fittings-Equipment for fusion jointing polyethylene systems-Part 1: Butt fusion

SRPS EN 1778:2012, Karakteristične vrednosti zavarenih termoplastičnih konstrukcija-Određivanje dozvoljenih vrednosti naprezanja i modula za projektovanje opreme od termoplasta

SRPS EN 12814-1:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 1: Ispitivanje savijanja

SRPS EN 12814-2:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 2: Ispitivanje zatezanja

SRPS EN 12814-3:2011, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda - Deo 3: Ispitivanje zateznog puzanja

SRPS EN 12814-4:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 4: Ispitivanje ljuštenjem

SRPS EN 12814-5:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 5: Makroskopsko ispitivanje

SRPS EN 12814-6:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 6: Ispitivanje zatezanjem na niskoj temperaturi

SRPS EN 12814-7:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 7: Ispitivanje zatezanjem ispitnih uzoraka sa suženjem

SRPS EN 12814-8:2012, Ispitivanje zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda — Deo 8: Zahtevi

SRPS EN 12943:2011, Punila za termoplastične materijale - Područje primene, označavanje, zahtevi, ispitivanja

SRPS EN 13100-1:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 1: Vizuelna ispitivanja

SRPS EN 13100-2:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 2: Radiografsko ispitivanje X-zracima

SRPS EN 13100-3:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 3: Ultrazvučno ispitivanje

SRPS EN 13100-4:2013, Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva termoplastičnih poluproizvoda-Deo 4: Ispitivanja pri visokom naponu

SRPS EN 13705:2013, Zavarivanje termoplastičnih masa-Mašine i oprema za zavarivanje vrelim gasom (uključujući zavarivanje ekstrudiranjem)

SRPS EN 14728:2012, Nepravilnosti u termoplastičnim varovima- Klasifikacija

SRPS EN 16296:2013, Nepravilnosti u termoplastičnim zavarenim spojevima – Nivoi kvaliteta

DVS 2202-1:2008, Imperfections in thermoplastic welding joints - Features, descriptions, evaluation

DVS 2207-1:2005, Welding of thermoplastics - Heated tool welding of pipes, pipeline components and sheets made of PE-HD

DVS 2207-4:2008, Welding of thermoplastic - Extrusion welding of pipes, piping parts and panels - Processes and requirements