

Kriteriji sprejemljivosti zvarnih spojev na cevni konstrukcijah z uporabo starih in novih standardov

Andrej LEŠNJAK, Janez TUŠEK

Izvleček: V članku so podane osnovne smernice za uporabo standardov pri nadzoru varjenih konstrukcij. Podana je potreba po kontroli varjenih izdelkov, uporaba standardov in obseg kontrole. Na primeru varjenega cevovoda je prikazana uporaba standardov pri projektiranju in pri kontroli izdelanih zvarov. Za konkreten primer so prikazani obsegi neporušnih preiskav, kot so vizualna kontrola, penetrantska ali magnetna metoda, radiografska metoda in metoda z ultrazvokom.

Na koncu članka so navedeni zaključki, v katerih je zapisano, da za obseg in način izvajanja kontrole na varjenem produktu odgovarja projektant varjene konstrukcije.

Ključne besede: varjena konstrukcija, neporušne metode preskušanja, zvarni spoj, kriteriji sprejemljivosti, standardi

■ 1 Uvod

Varjeni produkti in drugi izdelki, ki so izpostavljeni obremenitvam zaradi tlaka medija, ki je v njih, ali pa konstrukcije, ki prenašajo različne obtežbe, morajo v prvi vrsti delovati varno. Varnost je povsod na prvem mestu. Tudi na področjih, ki so urejena na evropskem nivoju, je predvsem regulirana varnost. Tako se srečujemo z različnimi evropskimi direktivami, kot npr.: direktiva o varnosti strojev, nizkonapetostna direktiva, direktiva o tlačni opremi ali direktiva o gradbenih proizvodih. Izdelke, ki izpolnjujejo bistvene varnostne zahteve teh direktiv, je moč opremiti z znakom CE. Ta pa ne pomeni, da je izdelek funkcionalen, pomeni le, da je izdelek varen za predviden namen uporabe.

Doc. dr. Andrej Lešnjak, univ. dipl. inž., QTechna, Institut za zagotavljanje in kontrolo kakovosti, Ljubljana; Prof. dr. Janez Tušek, univ. dipl. inž., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

be. Iz nepoznavanja tega pristopa pogosto prihaja do nesporazumov in slabe volje, ko kupec ni dobil izdelka s karakteristikami, ki jih želi za svoj namen. Da do tega ne pride, je potrebno natančno navesti nabavne zahteve v pogodbi oz. naročilu. Ker so naročniki velikokrat nedosledni, so primeri nesporazumov pogosti [1].

Nikakor se ne sme zgoditi, da je na račun nedoslednega pristopa ogrožena varnost uporabnikov proizvoda. In eden od najpomembnejših elementov varnosti je tudi kontrola kakovosti izvedenih del. Ta je pri varjenih konstrukcijah še posebno zahtevna, saj jo moramo izvajati že pred varjenjem, med njim in po njem. Varilski nadzor lahko izvaja le usposobljeno osebje z ustreznimi atesti. Prav tako moramo izvesti kontrolo kakovosti vseh vhodnih materialov in primernosti uporabljene varilske ter pomožne opreme.

Pogosto se dogodi, da je pri sanaciji starih varjenih cevovodov treba uporabiti stare, uradno neveljavne

standarde. Kako ravnati v teh primerih? Lahko pa se tudi dogodi, da se projektant pri svojih zahtevah o kontroli kakovosti iz najrazličnejših razlogov odloči za stare standarde, ki sicer niso veljavni, a je njihova uporaba dopustna.

■ 2 Načrtovanje in kontrola kakovosti

Varjenje je zaradi zapletenih fizikalno-metalurških procesov, ki potekajo med izdelavo zvara ali navara, najbolj zahtevna izdelovalna tehnologija. Pri tem se srečujemo z najrazličnejšimi nepravilnostmi v materialu in z drugimi napakami, ki lahko pripeljejo do nepravilnega »delovanja« samega produkta ali celo do porušitve. Tega se moramo zavedati že v fazi načrtovanja in oblikovanja končnega produkta. Ko projektant predvidi izdelek in ko izdela analizo napetosti, mora pri tem upoštevati, da vari niso vedno brez napak. Prav zaradi dejstva, da se lahko pojavijo nepravilnosti v materialu, je zelo pomemben dejavnik tudi obseg kontrole, ki jo je potrebno izvesti na konč-

nem proizvodu. Velikokrat se tako tehta med več kontrole in vitkejšo konstrukcijo ter manj kontrole in bolj robustno konstrukcijo. Odločitev je izključno v rokah projektanta. Razlogov za odločitev pa je lahko več, npr. cena materiala, stroški kontrole, zahteva kupca po teži izdelka, namen uporabe varjenega produkta in podobno.

■ 3 Osnova za načrtovanje in projektiranje

Ko dobimo zahtevo za izdelavo proizvoda, se vedno vprašamo, kakšne so zakonske zahteve za izdelek. Zakonske zahteve smo dolžni vedno spoštovati in jih je treba v celoti izpolniti. Manj zavezujoča, če sploh, pa je uporaba standardov. Če jih zakonodaja ne citira, niso obvezni. Vendar se projektanti še predobro zavedajo, v kakšno pomoč so lahko produkti standardi, tj. standardi za proizvod, ki ga načrtujemo. Praviloma so tako natančni, da določajo tako izbiro materialov, preračun, izdelavo, kontrolo, po potrebi zagon ter morebiti tudi ugotavljanje skladnosti. Z odločitvijo, da izdelamo izdelek skladno z izbranim produktim standardom, prevzamemo vse zaveze in ne zgolj tistih, ki so nam všeč. Tako nikakor ni sprejemljiv način, da bomo izdelek preračunali po enem standardu, izdelali po drugem, kontrolirali pa po tretjem, s tem da le-ti med seboj niso usklajeni. Slednje drži ne glede na trenutno veljavnost standardov.

V produktih standardih je trdnostna analiza praviloma povezana tudi z obsegom kontrole in kriteriji sprejemljivosti, ki so najpogostejše obravnavani v ločenih standardih. To je s stališča projektanta najlažje, v vsakem primeru pa mora poznati osnove s tega področja.

Če se lotimo načrtovanja izdelka brez tako razdelanih standardnih podlag, npr. zgolj na osnovi trdnostnega preračuna z metodo končnih elementov ali z neko drugo metodo, je treba imeti bistveno več znanja in izkušenj, da se v okviru projekta predpišejo ustrezne zahteve za izdelavo in kontrolo.

V nadaljevanju bomo na primeru varjenega cevovoda opisali, kako v fazi projektiranja podati zahteve za vrsto in obseg kontrole ter zahteve za kriterije sprejemljivosti s pomočjo evropskih in mednarodnih standardov, ki veljajo tudi v Sloveniji.

■ 4 Varjeni cevovodi

V praksi poznamo različne vrste cevovodov, ki se med seboj ločijo po namenu, velikosti, lokaciji, načinu izdelave in podobno. Tako moramo ločeno obravnavati magistralne plinovode za zemeljski plin, hišne razvode za zemeljski plin ali utekočinjeni naftni plin ali pa industrijske cevovode za različne aplikacije, kot so parovodi, cevovodi v kemijski, farmacevtski, živilski industriji itd.

Pogosto se dogodi, da je treba varjene cevovode variti ročno in v prisilnih legah, kar je prikazano na *sliki 1* do 3.

Če je naše delo vezano na industrijske cevovode, lahko vzamemo za projektiranje in izvedbo serijo standardov SIST EN 13480 [2–9]. V prvem delu so podane splošne določbe, v drugem dobimo informacijo, katere materiale lahko uporabimo za cevovod. To ne pomeni zgolj vrste materiala, temveč tudi zahteve, skladno s katerimi mora biti izdelan

posamezen element, npr. cevi, kolena in drugo. Zahteve podaja standard, v skladu s katerim mora biti izdelan polproizvod. V prvi vrsti se tu srečamo s cevmi, izdelanimi s serijo standardov SIST EN 10216 [10–14] in SIST EN 10217 [15]. To so cevi za tlačne varjene konstrukcije za različne medije, v katerih deluje višji tlak od atmosferskega.

V tretjem delu SIST EN 13480 dobimo zahteve za projektiranje, pri čemer tu ne govorimo zgolj o trdnostni analizi. Zahteve za izdelavo so zajete v četrtem delu. Podano je, kaj vse je potrebno upoštevati tako s stališča tehnologije izdelave, postopkov, toleranc, zagotavljanja kakovosti. Šele ko je izdelek narejen v celoti v skladu s temi zahtevami, je moč uporabiti pristop h kontroli, kot je podan v petem delu standarda [6]. Zahteve pregleda in kontrole zvarov so podane v preglednicah, kar omogoča hitro določitev obsega kontrole (glejte *preglednico 1* in 2).

Primer: Želimo izdelati cevovod iz materiala vrste P460N in debeline 15 mm [18]. Cevovod je DN 300 (DN – diametre nominal) in bo v njem vodna para, tj. medij skupine 2 (nenevaren fluid) tlaka PS 25 bar. Iz teh podatkov (PS, DN, medij) in preglednic v direktivi o tlačni opremi ugotovimo, da imamo opravka s



Slika 1. Ročno varjenje cevovodov in drugih varjenih konstrukcij na terenu še vedno pogosto

Preglednica 1. Obseg preskušanja radialnih, priključnih, vtičnih in tesnilnih zvarov: VT – vizualna kontrola, MT – magnetna kontrola, PT – penetrantska metoda, RT – radiografska kontrola, UT – ultrazvočna kontrola, n/a – (not applicable) kontrola se ne izvaja, e_n – imenska debelina na risbi v mm, – [5]

Skupina materialov ^a	Kategorija	V s i zvari	Radialni zvari			Priključki						Vtični spoji		Tesnilni zvari		
				Površinska metoda		Volume- t r i č n a metoda	Površinska meto- da			Volumetrična metoda			Površinska metoda		Površin- ska me- toda	
			VT %	e _n ^b mm	M T / PT ^c %	RT/UT %	Pre- mer pri- ključ- ka	e _n mm	MT / PT ^c %	Pre- mer pri- ključ- ka	e _n ^b mm	R T / UT %	e _n mm	MT/PT %	e _n mm	MT/ PT %
1.1	I	100	n/a	n/a	5	Vsi	n/a	Vsi		n/a	Vsi	n/a	Vsi	n/a		
1.2	II		n/a	n/a	5			10	> DN 100	>15					10	10
8.1	III		n/a	n/a	10											
1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 4.1, 4.2, 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 10.1, 10.2	I	100	≤30	5	10	Vsi ^e	10	Vsi		n/a	Vsi ^e	10	Vsi ^e	5		
			>30	10	10			Vsi	> DN 100	>15					10	25
			≤30	5	10											
	II		>30	10	10	Vsi		> DN 100	>15	10	Vsi	25	Vsi	25		
			≤30	5	25											
	III		>30	10	25 ^d											
3.1, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.1, 7.2, 11	I	100	≤30	10	25	Vsi	25	> DN 100	>15	25	Vsi	25	Vsi	10		
			>30	25	25											
			≤30	25	25											
	II		>30	25	25 ^d											
			≤30	100	100											
	III		>30	100	100 ^d											

^a Skupine materialov, glejte CR ISO/TR 15608:2005 [16].

^b Za izbiro ustrezne tehnike pregleda glejte preglednico 8.4-4.

^c Za feritne materiale je prednostna tehnika MT.

^d Dodatno preskušanje prečnih napak na površini zvara (glejte 8.4.4.2).

^e Le v primeru, da je bila izvedena toplotna obdelava po varjenju.

cevovodom kategorije III. Od tu dalje pa uporabimo preglednico 1. Iz zapisanega sledi, da je material cevi jeklo, ki sodi v skupino 1.3 (normalizirana drobnostna jekla z mejo tečenja višjo od 360 MPa in nižjo od 460 MPa) [16]. Na celotnem cevovodu je tudi nekaj elementov, ki imajo

vzdolžne zware. Predpostavimo, da je koeficient zvara 0,85.

Na osnovi omenjenih vhodnih podatkov iz preglednic 1 in 2 izluščimo potrebne obsege kontrole. Tako lahko naredimo navodilo izvajalcu del s podatki, ki se nahajajo v preglednici 3.

Preglednica 2. Obseg neporušitvenih preiskav (NDT – Non-destructive testing) na vzdolžnih zvarih [6]

Koeficient zvarnega spoja ^c z	VT	MT ali PT ^a	RT ali UT ^b
$z \leq 0,7$	100	0	0
$0,7 < z \leq 0,85$	100	10	10
$0,85 < z \leq 1,0$	100	100	100

^a Za feritne materiale je prednostna tehnika MT.

^b Glejte preglednico [5].

^c Faktor, ki pove, za koliko je konstrukcija oslABLJENA zaradi zvarnega spoja. Odvisen je od obsega kontrole.

Takšna preglednica bi morala biti v projektni dokumentaciji. Na ta način dobi izvajalec del jasna navodila, kako in v kakšnem obsegu je potrebno te zware pregledati. Seveda pa sta tu pomembna še dva parametra, in sicer skladno s katerimi standardi izvesti preiskavo in kako



Slika 2. Varjenje korenskega varka na steni dveh cevi je pogosto treba izvesti ročno obločno z oplasčeno elektrodo ali pa s postopkom TIG, kot je prikazano na sliki.

Preglednica 3. Obseg kontrole za vzorčni cevovod

	Vzdolžni zvari	Radialni zvari	Priključki	Vtični spoji	Tesnilni zvari
VT (vizualna kontrola)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
MT (magnetna kontrola)	10 %	5 %	10 %	25 %	25 %
RT (radiografska kontrola)	10 %	25 %	/	/	/

Preglednica 4. Metode NDT in kriteriji sprejemljivosti [6, 17, 19, 20–26]

Vrsta metode NDT	Način preskušanja	Kriterij sprejemljivosti
Vizualna kontrola (VT)	SIST EN 970:1997 [17]	Preglednica 1
Radiografska kontrola (RT)	SIST EN 1435:1997+A1:2002+A2:2003, razred B ^{a, b} [19]	SIST EN 12517, stopnja 2 ter dodatne zahteve iz tabele 8.4-3 [23]
Ultrazvočna kontrola (RT)	SIST EN ISO 17640:2010, razred B ^b [20]	SIST EN ISO 11666:2010 ^c , stopnja 2 ^d [24]
Penetrantska kontrola (PT)	SIST EN 571-1:1997 [21]	SIST EN ISO 23277, stopnja sprejemljivosti 1 [25]
Magnetna kontrola (MT)	SIST EN ISO 17638:2009 [22]	SIST EN ISO 23278, stopnja sprejemljivosti 1 [26]

^a Večina področja za enojno ekspozicijo mora ustrezati zahtevam EN 1435:1997+A1:2002+A2:2003, razred A [19].

^b Razred A za skupine materialov 1.1, 1.2, 8.1 pri kategoriji cevovodov I ali II.

^c Za določitev indikacij se lahko uporablja EN ISO 23279 [27].

^d Stopnja sprejemljivosti 3 za skupine materialov 1.1, 1.2, 8.1 se lahko uporabi pri kategoriji cevovodov I ali II.

vrednotiti rezultate. Zato je še kako pomembno, da pri zahtevnih varjenih konstrukcijah sodelujejo konstruktor, varilni tehnolog in kontrolor kakovosti zvarnih spojev.

Iz preglednice 4 vidimo, kakšen je predpisan postopek preskušanja, po katerih standardih se je treba ravnati in način vrednotenja rezul-

tatov. Praviloma vsako metodo preizkušanja pokrivata dva standarda. Prvi je produktni in govori o načinu in postopku preizkušanja, drugi pa nam služi za oceno sprejemljivosti. Postopek preskušanja je lahko v mnogih primerih enak, kriteriji sprejemljivosti pa so praviloma ozko vezani na predmet preiskave.

Poleg tega pa je v tej preglednici moč priti do zaključka, da se produktni standard ne sklicuje vedno na zadnji veljavni standard, kar ni najboljša rešitev. Je pa to dopustno, ker uporaba standardov ni obvezna. Tako lahko tu navedemo standard SIST EN 970, ki ga je nadomestil SIST EN ISO 17637:2011. Ker pa produktni standard eksplicitno navaja SIST EN 970 skupaj z letnico, je potrebno upoštevati le-tega, čeprav ga bomo v katalogu SIST našli kot neveljavnega [17, 28].

Podobno je v primeru radiografske kontrole, kjer je treba uporabljati SIST EN 1435:1998 in ne standard SIST EN 1435:2008. Tu bi radi opozorili še na eno »težavico«, ki je ve-

zana na letnico standarda in včasih povzroča nekaj zmede. Tako je SIST EN 1435:1999 standard, ki povzema SIST EN 1435:1998. Zamik v letnicah za obdobje do enega leta je vezan na postopek sprejetja novega standarda v okviru nacionalne standardizacije. Vsebinsko govorimo o istem dokumentu, razen če se kdaj, sicer zelo redko, ne pojavi še nacionalni dodatek. Poleg tega pa bodo vsi standardi serije SIST EN 1435 z letošnjim septembrom prenehali veljati.

Vrednotenje vizualnega pregleda zvarnih spojev je zelo povezano s standardom SIST EN ISO 5817. To je eden od osnovnih standardov za vizualno kontrolo. V določenih primerih projektant opredeli zahteve za zware zgolj z referenco na ta standard ter na izbrano stopnjo sprejemljivosti, ki so lahko »B«, »C« ali »D«. Projektant mora določiti kakovostni razred zvarnih spojev glede na namen konstrukcije. V primeru cevovodov je sklicevanje na ta standard precej bolj razvejano v odvisnosti od kategorije cevovoda



Slika 3. Ročno varjen priključek cevi na cev po postopku TIG utripno, brez obrobnihih zajed, visoke kakovosti in lepega videza

Preglednica 5. Kriteriji sprejemljivosti za površinske nepravilnosti na zvarnih spojih [2, 6, 29, 30]

Identifikacija površinske nepravilnosti			Maksimalna dovoljena nepravilnost			
SIST EN ISO 6520-1 [30] Referenčna številka	Opis	SIST EN ISO 5817 [29] Referenčna številka	Kategorija skladno s SIST EN 13480-1 [2]			Dodatne zahteve a
			III	II	I	
			SIST EN ISO 5817 Stopnja sprejemljivosti [29]			
1001-1064	Razpoke (vse)	1	Ni dovoljeno			
2011-2017 2021-2024	Plinske pore (vse) Lunkerji (vsi)	3 do 5	B ¹	B	C	1) Če se pojavijo na površini, - premer = 2 mm in - globina = 1 mm. Z dodatnimi pogoji, ki so: - ni na začetku, zaključku ali ponovnem nadaljevanju vara, - ni sistematična nepravilnost na istem zvaru na tlačni meji ali na nosilnem priključku.
3011-3014 3021-3024 303 3041-3043	Vključki žlindre (vsi) Vključki praška (vsi) Oksidni vključki Kovinski vključki (vsi)	6 6 6 6, 7	Ni dovoljeno			Morajo biti odstranjene, npr. z brušenjem.
4011-4013	Zlepi (vsi)	8	Ni dovoljeno			
402	Neprevaritev	9	Ni dovoljeno			Če je zahtevana polna prevaritev.
5011-5012	Zajede	11	B ²	C	C	2) $t \geq 16$ mm: $h \leq 0,5$ mm za dolge nepravilnosti $6\text{ mm} \leq t < 16\text{ mm}$: $h \leq 0,3$ mm za dolge nepravilnosti $h \leq 0,5$ mm za kratke nepravilnosti $t < 6$ mm: $h < 0,3$ mm za kratke nepravilnosti
Se nadaljuje						

in vrste indikacij [29]. To lahko lepo vidimo v *preglednici 5*. Pri drugih varjenih konstrukcijah je kontrola kakovosti nekoliko bolj preprosta.

V primeru površinske magnetne ali penetrantske kontrole zvarnih spojev so v standardu navedene sledeče stopnje sprejemljivosti: »1«, »2« ali »3«. Stopnja »1« je najbolj zahtevna, velikost nepravilnosti je najnižja, pri stopnji »2« je nekoliko višja in pri stopnji »3« so nepravilnosti, ki so še sprejemljive, največje, kar je

razvidno iz *preglednice 6*.

Iz *preglednic 6* in *7* lepo vidimo, kakšne nepravilnosti so še sprejemljive. Napake je možno tudi sanirati. To izvedemo z brušenjem ali žlebljenjem. Te sanacije pa se lahko lotimo samo, če je debelina materiala po brušenju oziroma žlebljenju zadostna.

Pri volumetričnih preiskavah je predstavitev kriterijev sprejemljivosti nekoliko težja. Za ponazoritev povezave med vizualno kontrolo in

radiografsko kontrolo je navedena tabela 7.

Mejne vrednosti za stopnje sprejemljivosti za radiografsko kontrolo so podrobneje opredeljene v standardu SIST EN 12517 [23].

V *preglednici 8* vidimo sklic na standard EN 25817, ki ga je kasneje nadomestil EN ISO 5817. Vendar na področju radiografije upoštevamo prvega, ker smo vezani na standard SIST EN 12517:1999, čeprav uradno

Preglednica 6. Stopnje sprejemljivosti za penetrantsko kontrolo, kot določa standard [25]

Vrsta nepravilnosti	Stopnja sprejemljivosti ^a		
	1	2	3
Linearne nepravilnosti L = dolžina nepravilnosti v mm	$l \leq 2$	$l \leq 4$	$l \leq 8$
Nelinearne nepravilnosti d = dolžina glavne osi v mm	$d \leq 4$	$d \leq 6$	$d \leq 8$

^a Stopnji sprejemljivosti 2 in 3 sta lahko označeni s predpono »X«, kar pomeni, da je potrebno linearne nepravilnosti vrednotiti v skladu z zahtevami za stopnjo sprejemljivosti 1. Vseeno je lahko verjetnost odkrivanja teh indikacij manjša od verjetnosti odkrivanja indikacij, označenih v originalnih stopnjah sprejemljivosti.

Preglednica 7. Stopnje sprejemljivosti za magnetno kontrolo, kot določa standard [26].

Vrsta nepravilnosti	Stopnja sprejemljivosti ^a		
	1	2	3
Linearne nepravilnosti L = dolžina nepravilnosti v mm	$l \leq 1,5$	$l \leq 3$	$l \leq 6$
Nelinearne nepravilnosti d = dolžina glavne osi v mm	$d \leq 2$	$d \leq 3$	$d \leq 4$

^a Stopnji sprejemljivosti 2 in 3 sta lahko označeni s predpono »X«, kar pomeni, da je potrebno linearne nepravilnosti vrednotiti v skladu z zahtevami za stopnjo sprejemljivosti 1. Vseeno je lahko verjetnost odkrivanja teh indikacij manjša od verjetnosti odkrivanja indikacij, označenih v originalnih stopnjah sprejemljivosti.

Preglednica 8. Povezava med zahtevami standarda za stopnjo sprejemljivosti za vizualno kontrolo in standardom za radiografsko kontrolo SIST EN 12517 [19, 23, 31, 32]

Stopnje sprejemljivosti po SIST EN 25817 ali SIST EN 30042 [31, 32]	Tehnike preiskave in stopnje po EN 1435 [19]	Stopnje sprejemljivosti po EN 12517 [23]
B	B	1
C	B ^{a)}	2
D	A	3

^{a)} Vendar pa naj maksimalna površina za posamezen posnetek ustreza zahtevam razreda A po EN 1435.

ni več veljaven [23]. Ta standard je bil kasneje nadomeščen s SIST EN 12517-1:2006 [34] in SIST EN 12517-2:2008 [35]. To je zelo nazoren primer uporabe uradno veljavnih in neveljavnih standardov. Prav zato je celovito poznavanje standardov o kontroli zvarjenih konstrukcij za projektanta zelo pomembno.

■ 5 Omejitve

Zelo pomembno je, da se projektant zaveda osnovnih omejitev, ki jih imajo različne metode preiskav na varjenih konstrukcijah. Posebnih

omejitev za vizualno in penetrantsko kontrolo ni. Problem je lahko le dostopnost. Takrat si pomagamo z ogledali, videoskopi in podobnimi pripomočki.

Pri magnetni kontroli je ključna omejitev ta, da je metoda neprimer na za nemagnetne materiale, kot so npr. avstenitna nerjavna jekla.

Pri radiografski kontroli je največja težava geometrija zvara. Pri sočelnih zvarih načelno težav ni, so pa težave, ko želimo kontrolirati cevne vbode. Po drugi strani pa so lahko težave pri večjih debelinah. Pri debelinah

nad 40 mm se priporoča uporaba ultrazvočne kontrole. V praksi pa se že pri debelinah nad 20 mm raje odločamo za UT.

Ultrazvočna kontrola ima omejitve v prvi vrsti vezane na debelino materiala. Ta metoda praviloma ni primerna za debeline pod 8 mm. Tudi pri debelinah do 15 mm je RT prednostna tehnika v primerjavi z UT. Poleg tega ima ultrazvočna kontrola omejitve pri specifičnih geometrijah in predvsem pri zvarih, kjer se ne zahtevajo popolne prevaritve vara.

Na tem mestu bi tudi omenil zelo pomemben standard SIST EN ISO 17635, ki zelo nazorno pokaže osnovne omejitve ter povezavo med posameznimi metodami in kriteriji sprejemljivosti [33].

■ 6 Kontrola med obratovanjem

Ko se znajdemo v situaciji, da je potrebno nek izdelek po določenem času obratovanja ponovno pregledati, se moramo najprej vprašati, skladno s katerimi zahtevami je bil

narejen. Če obstaja dobra projektna dokumentacija, so zahteve za pregled in vrednotenje jasne. Izdelek se pregleda po pogojih in zahtevah, ki so veljali ob izdelavi. Pri tem predvsem preverjamo, če je prišlo do nesprejemljivih indikacij, ki so posledica obratovanja. To so zlasti razpoke. Temu prilagajamo tudi metodologijo pregleda. Radiografija tako v večini primerov izgubi svoj smisel in jo, če se le da, nadomestimo z UT, zelo dobre podatke pa dobimo tudi s penetrantsko ali magnetno kontrolo.

Če smo morali izdelek, recimo v našem primeru cevovod, sanirati, celoten postopek sanacije vodimo, kot to velja za nov proizvod tako s stališča izdelave (sanacije) kot tudi s stališča kontrole. Tu so na prvem mestu zahteve za varjenje, ustrezne odobritve varilnega postopka, morebitne toplotne obdelave ipd. Na koncu pa se seveda izvede kontrola v obsegu, kot jo je zahtevala prvotna dokumentacija, vključno s preskusom tesnosti in trdnosti.

Na področjih, kjer je že dolgo uveljavljena tehnična zakonodaja, je tak pristop še posebej aktualen. Recimo, da je bil parni kotel izdelan pred 40 leti po takrat veljavni zakonodaji in veljavnih standardih. Ali lahko popravljamo takšen kotel v skladu z novimi zahtevami. Načelno ne. Uporabiti je potrebno vse zahteve iz sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Izjema je lahko le v primeru, da je bila narejena inženirska analiza primernosti uporabe novega produktne standarda. Ta analiza pa mora temeljiti na primerjavi vseh kriterijev in je praviloma zahtevna in draga. Precej bolj pogosta pa je ta analiza na nivoju pomožnih standardov. Tako praviloma ni več mogoče dobiti materialov, izdelanih po takratnih standardih, in v tem primeru naredimo analizo primernosti uporabe novih materialov, vendar tudi tu ne sme biti avtomatizma, npr. zgolj na nivoju primerjave meje tečenja kot edinem parametru primerjave.

■ 7 Zaključek

Na osnovi primera kontrole (pregleda zvarnih spojev) varjenega cevovoda lahko napravimo nekaj ugotovitev in zaključkov:

1. Načrtovalec oziroma projektant mora določiti način trdnostnega izračuna varjene konstrukcije in s tem tudi obseg kontrole pred varjenjem, med njim in po njem.
2. Pomembno je, da imajo projektanti ustrezna znanja za pripravo celovite projektne dokumentacije, ki mora vsebovati tudi zahteve za kontrolo.
3. Ni prav, da se projektanti kontroli

izognejo in jo prepustijo izvajalcu kontrole, ki velikokrat nima ustreznih vhodnih podatkov, da bi lahko pravilno določil njen obseg, metode in kriterije sprejemljivosti.

4. Načrtovalec oziroma projektant mora določiti, na kakšen način bo izbral kontrolo, katere standarde bo upošteval.
5. Pri nadzoru starih varjenih objektov je treba v večini primerov opraviti kontrolo po starih, takrat veljavnih predpisih. V posebnih okoliščinah in pod posebnimi pogoji se lahko uporabijo tudi drugi standardi.

Literatura

- [1] http://ec.europa.eu/news/business/100419_sl.htm. Kaj pomeni znak CE? Ogled 30. 07. 2013.
- [2] SIST EN 13480-1: Kovinski industrijski cevovodi – 1. del: Splošno. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [3] SIST EN 13480-2: Kovinski industrijski cevovodi – 2. del: Materiali. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [4] SIST EN 13480-3: Kovinski industrijski cevovodi – 3. del: Konstruiranje in izračun. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [5] SIST EN 13480-4: Kovinski industrijski cevovodi – 4. del: Proizvodnja in vgradnja. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [6] SIST EN 13480-5: Kovinski industrijski cevovodi – 5. del: Pregled in preskušanje. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [7] SIST EN 13480-6: Kovinski industrijski cevovodi – 6. del: Dodatne zahteve za vkopane cevovode. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [8] SIST CEN/TR 13480-7: Kovinski industrijski cevovodi – 7. del: Smernice za ugotavljanje skladnosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana,

2002.

- [9] SIST EN 13480-8: Kovinski industrijski cevovodi – 8. del: Dodatne zahteve za cevovode iz aluminija in aluminijevih zlitin. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2012.
- [10] SIST EN 10216-1: Nevarjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 1. del: Nelegirane jeklene cevi s specifikiranimi lastnostmi za delo pri sobni temperaturi. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003.
- [11] SIST EN 10216-2: Nevarjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 2. del: Nelegirane in legirane jeklene cevi s specifikiranimi lastnostmi za delo pri povišanih temperaturah. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003.
- [12] SIST EN 10216-3: Nevarjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 3. del: Legirane jeklene cevi z drobnozrnato mikrostrukturo. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003.
- [13] SIST EN 10216-4: Nevarjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 4. del: Nelegirane in legirane jeklene cevi s specifikiranimi lastnostmi za delo pri nizkih temperaturah. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003.
- [14] SIST EN 10216-5: Nevarjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 5. del: Cevi iz nerjavnega jekla. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.
- [15] SIST EN 10217-1: Varjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 1. del: Nelegirane jeklene cevi s specifikiranimi lastnostmi za delo pri sobni temperaturi. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003.
- [16] SIST-TP CEN ISO/TR 15608: Varjenje – Smernice za razvrščanje kovinskih materialov v skupine (ISO/TR 15608:2005). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2006.

- [17] SIST EN 970: Varjenje, vizualni pregled zvarnih spojev pri talilnem varjenju. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1998.
- [18] SIST EN 10217-3: Varjene jeklene cevi za tlačne posode – Tehnični dobavni pogoji – 3. del: Legirane jeklene cevi z drobnozrnato mikrostrukturo. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2003/A1:2005.
- [19] SIST EN 1435: Neporušitvene preiskave zvarnih spojev – Radiografska preiskava zvarnih spojev – Dopolnilo A1. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1998/A1:2003.
- [20] SIST EN ISO 17640: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Ultrazvočno preskušanje – Tehnike, stopnje sprejemljivosti in kriteriji ocenjevanja (ISO 17640:2010). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2011.
- [21] SIST EN 571-1: Neporušitveno preskušanje – Preskušanje s penetranti – 1. del: Splošna načela. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1998.
- [22] SIST EN ISO 17638: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Preskušanje z magnetnimi delci (ISO 17638:2003). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2011.
- [23] SIST EN 12517: Neporušitvena preiskava zvarov – Radiografska preiskava zvarnih spojev – Stopnje sprejemljivosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1999.
- [24] SIST EN ISO 11666: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Ultrazvočno preskušanje – Stopnje sprejemljivosti (ISO 11666:2010). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2011.
- [25] SIST EN ISO 23277: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Preskušanje zvarnih spojev s penetranti – Stopnje sprejemljivosti (ISO 23277:2006). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2010.
- [26] SIST EN ISO 23278: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Preskušanje zvarnih spojev z magnetnimi delci – Stopnje sprejemljivosti (ISO 23278:2006). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2010.
- [27] SIST EN ISO 23279: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – Ultrazvočno preskušanje – Karakterizacija indikacij v zvarnih spojih (ISO 23279:2010). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2011.
- [28] SIST EN ISO 17637: Neporušitveno preskušanje zvarov – Vizualni pregled zvarnih spojev pri talilnem varjenju (ISO 17637:2003). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2011.
- [29] SIST EN ISO 5817: Varjenje – Talilno zvarjeni spoji na jeklu, niklju, titanu in njihovih zlitinah (varjenje s snopom izključeno) – Stopnje sprejemljivosti nepopolnosti (ISO 5817:2003, popravljena verzija:2005 vsebuje tehnični popravek 1:2006). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2007.
- [30] SIST EN ISO 6520-1: Varjenje in sorodni postopki – Klasifikacija geometrijskih nepopolnosti v kovinskih materialih – 1. del: Talilno varjenje (ISO 6520-1:2007). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2008.
- [31] SIST EN 25817: Obločni zvarni spoji na jeklu – Smernice za stopnje sprejemljivosti napak. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1996.
- [32] SIST EN 30042: Obločni zvarni spoji na aluminiju in njegovih varivih zlitinah – Smernice za stopnje sprejemljivosti napak (ISO 10042:1992). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1995.
- [33] SIST EN ISO 17635: Neporušitveno preskušanje zvarov – Splošna pravila za kovinske materiale (ISO 17635:2010). Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2010.
- [34] SIST EN 12517-1: Neporušitveno preskušanje zvarnih spojev – 1. del: Ocenjevanje zvarnih spojev na jeklu, niklju, titanu in njihovih zlitinah z radiografijo – Stopnje sprejemljivosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2006.
- [35] SIST EN 12517-2: Neporušitvene preiskave zvarnih spojev – 2. del: Ocenjevanje zvarnih spojev na aluminiju in njegovih zlitinah pri radiografiji – Stopnje sprejemljivosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2008.

Acceptance criteria for welded joints of tubular structures with the use of old and new standards

Abstract: Basic guidelines how to use standards for the production of welded piping are described in this article. Requirements for the design and testing of welded joints are explained. The volumes of non-destructive testing, such as visual inspection, penetrant or magnetic method, radiographic method and the method that uses ultrasound are given for a concrete example.

With the example scope of non-destructive examination is presented including the acceptance criteria. As a conclusion it is explained that the designer is fully responsible not only for the calculation but also to define all the criteria for the production and testing of welded components.

Key words: piping, welded components, non-destructive testing, weld joint, acceptance criteria, standards