

Z. Perić, M. Slani, D. Akvić*

SUSTAV UPRAVLJANJA ZAŠTITOM NA RADU PRI ISPITIVANJU ZAVARENIH SPOJEVA

UDK 331.45/48.621.791
PRIMLJENO: 11.3.2009.
PRIHVAĆENO: 2.2.2010.

SAŽETAK: U radu se obrađuju metode ispitivanja zavarenih spojeva, te način obavljanja nerazornih ispitivanja zavarenih spojeva.

Na temelju analize utvrđenih opasnosti i štetnosti koje proizlaze iz tehnološkog procesa prilikom zavarivanja i ispitivanja zavarenih spojeva uređen je sustav organizacije zaštite na radu s težištem na radno mjesto ispitivanja prozračivanjem kvalitete zavarenog spoja.

Uređeni sustav zaštite na radu provodi se u cilju osiguravanja optimalnih radnih uvjeta, pri čemu se vodilo računa da se sigurnost za zdravlje i život radnika postavi na najvišu moguću razinu, te da se prilikom toga ne utječe na isplativost i produktivnost samog tehnološkog procesa.

Ključne riječi: organizacija zaštite na radu, opasnost, štetnost, zavarivanje, ispitivanje prozračivanjem, mjere zaštite

UVOD

Zavarivanje se danas smatra najvažnijim i najprikladnijim načinom spajanja kod izgradnje svih vrsta metalnih konstrukcija neovisno o dimenzijama, namjeni i vrsti konstrukcije. Zavarivanje je iznimno značajno za gradnju čeličnih konstrukcija naročito u mostogradnji, brodogradnji i teškoj strojogradnji, ali zavarivanje služi i za spajanje kod svih metala i nekih vrsta polimernih materijala, tzv. plastomera.

Rijetke su djelatnosti u kojima su radnici izloženi tako složenim i raznovrsnim fizikalno-kemijskim negativnim čimbenicima kao što su zavarivači. Zbog toga je potrebno posvetiti veliku pozornost zaštiti zdravlja zavarivača kako bi se dosadašnji prosječni aktivni radni vijek zavariva-

ča od 20 godina produžio i približio normalnom radnom vijeku kao u drugim djelatnostima.

U posljednjih dvadesetak godina znatno su razvijeni uređaji, oprema i dodatni materijali za zavarivanje, što je omogućilo veću mehanizaciju, automatizaciju i robotizaciju procesa. To je unaprijedilo sigurnost na radu omogućujući izbjegavanje izlaganja radnika pojedinim opasnostima i štetnostima, ali su one još uvijek prisutne.

Prilikom ispitivanja zavarenih spojeva obavljaju se nerazorna ispitivanja zavarenih spojeva, gdje je prisutna proizvodna i inženjerska jedinica kojoj je glavna karakteristika procesa pojedinačna proizvodnja te kvalifikacija kvalitete izvedenog zavarenog spoja. Osnovni cilj je izvođenje i ispitivanje dijelova poslova koji se odnose na zavarivanje cijevi kako bi se uklonili svi neočekivani događaji i problemi tijekom konstrukcije na terenu.

*Mr. sig. Zlatko Perić, dipl. ing., Matija Slani, dipl. ing., Denis Akvić, ing. sig., Saipem Mediterranean Services Llc, A. Colonnello 2, 51000 Rijeka (zlatko.peric@saipem.eni.it).

ORGANIZACIJA U PROIZVODNOJ JEDINICI ZA ZAVARIVANJE

U proizvodnoj jedinici za zavarivanje proizvodnja započinje dopremom cijevi dužine oko 12 metara različitih promjera te njihovim iskravanjem i transportom u halu za zavarivanje. Zavarivanje cijevi obavlja se na jednoj od četiri automatske (dvije PASSO¹ te po jednoj PRESTO² i SWS³) ili dvije ručne zavarivačke stanice. Automatsko zavarivanje provodi se na metalnom zavarivačkom stolu pomoću mehaniziranih i automatiziranih MIG/MAG⁴ zavarivačkih sustava. Sustavi se sastoje od specijalne pokretne zavarivačke glave, izvora struje, zaštitnog plina te upravljačke (programabilne) jedinice. Ručno zavarivanje se obavlja REL⁵, MIG/MAG ili TIG⁶ postupkom, na metalnim zavarivačkim stolovima uz ventiliranje lokalnim odsisima s odvajачima dimova i pročistačima. Provjera kvalitete zavarenog uobičajeno se provodi sljedećim metodama nerazornih ispitivanja, i to: vizualnom, prozračivanjem (radiografska metoda), ultrazvučnom, penetrantskom i/ili magnetskom metodom.

Unutarnji transport obuhvaća transport, utovar i istovar, prijenos i prijevoz svih materijala potrebnih tijekom radnoga procesa. Doprema materijala u skladište ili iz skladišta, transport cijevi i transport teških komada obavlja se mošnom dizalicom, viličarem ili drugim transportnim sredstvima.

Kvaliteta i kontrola kvalitete zavarenog spoja

Kvaliteta zavarenog spoja ocjenjuje se vrstom, veličinom i učestalošću pojave pogrešaka, čvrstoćom spoja, metalurškom strukturom i svojstvima metala spoja te zonama utjecaja topline, zaostalim unutarnjim naprezanjima i deformaci-

jama itd. Pri tome, na kvalitetu zavarenog spoja utječe se pravilnim izborom osnovnog i dodatnog materijala, odgovarajućom pripremom spoja za zavarivanje, uporabom prikladne opreme za zavarivanje, osposobljenošću zavarivača i dr. Najmanja nepravilnost u zavarenom spoju izravno utječe na njegova mehanička i metalurška svojstva, homogenost i nepropusnost spoja, a time i na opteretivost, stabilnost, iskoristivost te, na kraju, na uporabivost i funkcionalnost zavarene konstrukcije kao cjeline.

Pogreške u zavarenim spojevima prema preporukama Međunarodnog instituta za zavarivanje (IIW) klasificirane su u šest osnovnih skupina. Tablica 1 prikazuje pogreške u zavarenim spojevima i njihove oznake (*Meden, Pavelić, Pavletić, 2000.*).

Tablica 1. Pogreške u zavarenim spojevima i njihove oznake

Table 1. Faults in welded joints and their markings

Osnovna skupina	Oznaka skupine	Vrsta pogreške
1	100	Pukotine
2	200	Poroznosti
3	300	Uključine
4	400	Nedovoljno protaljivanje
5	500	Nepravilnost oblika
6	600	Ostale pogreške

Pukotine nastaju kao posljedica metalnog kontinuiteta do kojega može doći zbog stezanja metala zavarenog spoja, upetosti zavarenih dijelova, unutarnjih naprezanja, metalurških promjena u zoni utjecaja topline itd. One predstavljaju opasne i neželjene greške.

Poroznosti nastaju zbog zaostalog plina tijekom zavarivanja, a mogu biti i posljedica nečistoća na spojnim površinama, vlažnosti, lošeg izvođenja zavarivanja itd.

Uključine u zavarenim spojevima su zaostale nečistoće i druge neistaljene čestice u metalu spoja, a to mogu biti uključine praška, troske, oksida i dr.

¹PASSO - automatizirani MIG/MAG zavarivački sustav.

²PRESTO - automatizirani sustav za zavarivanje.

³SWS- Saipem Welding System - automatizirani sustav za zavarivanje.

⁴MIG/MAG - metal inert/active gas - zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnog/aktivnog plina.

⁵REL- ručno elektrolučno zavarivanje s obloženom elektrodom.

⁶TIG - tungsten inert gas - zavarivanje s netaljivom volframovom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnoga plina.

Nedovoljno protaljivanje javlja se najčešće između metala zavarenih spojeva i osnovnog metala, odnosno između pojedinih međuprolaza u spoju, a posljedica je loše tehnike rada zavarivača, premale jakosti struje zavarivanja, zaostalih nečistoća itd.

Nepravilnost oblika podrazumijeva razne nepravilnosti oblika lica i korijena spoja, nastala kao posljedica velike jakosti struje zavarivanja, uporabe elektroda prevelikog promjera u odnosu na veličinu žlijeba, nepravilnog vođenja elektrode i dr.

Pod ostale pogreške ubrajaju se mjestimična oštećenja površine osnovnog metala uz rub spoja, onečišćenje raspršenim kapljicama metala, razna površinska oštećenja osnovnog metala ili metala zavarenih spojeva itd.

Metode i tehnike kontrole kvalitete zavarenog spoja

Svaki zavareni spoj, kao i čitava konstrukcija mora odgovarati postavljenim zahtjevima kvalitete, a ti se zahtjevi unaprijed utvrđuju ugovorom, raznim tehničkim propisima i pravilima, normama itd. Takva zahtijevana kvaliteta zavarenog spoja može se ostvariti ako postoji odgovarajuća priprema, ako se upotrebljavaju odgovarajući osnovni i dodatni materijal, plan i redosljed zavarivanja, izvor struje za zavarivanje, ako su zavarivači uvježbani i ako postoji stalan nadzor nad izvođenjem zavarivanja. Kontrola kvalitete zavarenog spoja može se podijeliti na nadzor prije zavarivanja, tijekom zavarivanja te nakon zavarivanja. Kontrola prije zavarivanja obuhvaća sve pripremne radnje te provjeru osnovnog i dodatnog materijala, a kontrola tijekom zavarivanja odnosi se na kontrolu izvođenja pripajanja i zavarivanja pojedinih dijelova konstrukcije. Kontrola nakon zavarivanja predstavlja odgovarajuću vizualnu provjeru dimenzija, oblika i izgleda zavarenih spojeva te provjeru pomoću pojedinih nerazornih metoda ispitivanja (a rjeđe i provjeru razaranjem).

Postoje dvije osnovne skupine nerazornih metoda ispitivanja kvalitete zavarenog spoja: površinske i volumne.

Vizualna kontrola, koja se ubraja u površinske metode, provodi se prije zavarivanja, tije-

kom zavarivanja i nakon zavarivanja, a obuhvaća kontrolu dijelova zavarivane konstrukcije te pripreme spojeva i žlijebova, kontrolu oblika i dimenzija spojeva, izgleda površine spojeva posebice u odnosu na pojavu nedostataka na licu i naličju spoja. Uz navedeno, vizualna provjera zavarenih spojeva obuhvaća i pregled zavarene konstrukcije kao cjeline, odnosno dovršenost svih zavarenih spojeva, njihovu izravnatost, pobrušenost, očišćenost, kao i provjeru drugih predviđenih radova. Za vizualnu kontrolu služi razni pribor za mjerenje i kontrolu oblika žlijebova, zavarenih spojeva i spojeva (povećala, kutomjeri i dr.).

Ispitivanje zavarenih spojeva nerazornom metodom obuhvaća:

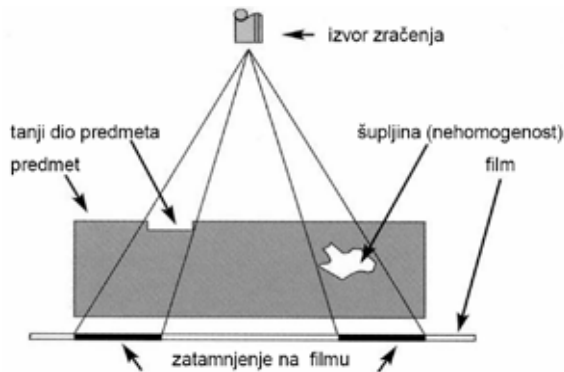
- kontrolu nepropusnosti
- radiografsku kontrolu
- kontrolu ultrazvukom
- kontrolu magnetskim metodama
- kontrolu vrtložnim strujama
- kontrolu penetrantnim tekućinama.

Kontrola nepropusnosti konstrukcije i pojedinih spojeva provodi se nakon izvršenih vizualnih pregleda, a može se izvoditi polijevanjem ispitivanog mjesta vodom, tlačenjem zraka, vakuumskim ispitivanjem, premazivanjem petrolejom itd. Provjera se izvodi jednim od navedenih načina, djelovanjem s jedne strane ispitivanog mjesta, dok se na drugoj traže mjesta eventualnog propuštanja.

Radiografska kontrola zavarenog spoja

Radiografska kontrola zavarenih spojeva omogućava otkrivanje nedostataka kao što su pukotine, nemetalne uključine, poroznosti, neprovareni korijen i druge vrste pogrešaka koje se ne vide s površine zavarenog spoja, te se zbog toga ne mogu otkriti površinskim metodama. Ispitivanje se provodi ionizirajućim (djelovanje x , odnosno γ zraka) zračenjem koje prolazi kroz zavareni spoj i djeluju na film, smješten s druge strane ispitivanog spoja. U slučaju postojanja šupljina ili drugih pogrešaka, zračenje će zbog lakšeg prolaska na tim mjestima izazvati jača zatamnjena na filmu. Na temelju oblika i položaja zatamnenih mjesta može se vrlo pouzdano utvr-

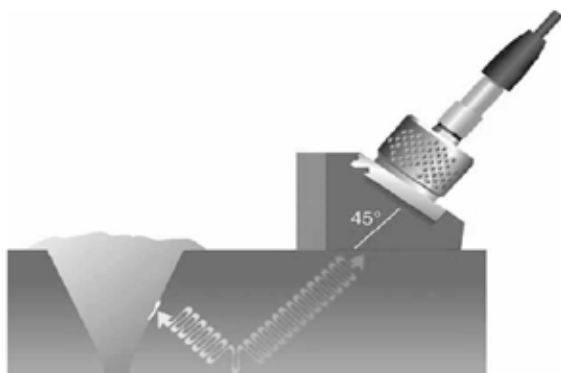
diti o kakvoj se pogrešci radi. Nakon otklanjanja utvrđenih nedostataka, zavareno mjesto se ponovno ispituje.



Slika 1. Radiografsko snimanje predmeta⁷
Figure 1. Radiographic testing of an object

Kontrola zavarenog spoja ultrazvukom

Kontrola ultrazvukom temelji se na prolasku ultrazvučnih valova kroz osnovni metal i na praćenju pojave odjeka, a izvodi se pomicanjem ultrazvučne sonde po površini zavarenih dijelova. Kada ultrazvučni valovi naiđu na pogrešku (prepreku), dio se valova odbija i vraća natrag u ultrazvučnu sondu. Ovom metodom moguće je otkriti pogreške u unutrašnjosti spoja svih debljina zavarenih dijelova.



Slika 2. Ultrazvučno ispitivanje zavarenog mjesta⁸
Figure 2. Ultrasonic testing of the welded spot

Kontrola zavarenog spoja magnetskom metodom

Kontrola magnetskom metodom služi za otkrivanje nedostataka na samoj površini ili malo ispod površine (od 1 do 2 mm dubine). Ispitivanje se izvodi tako da se magnetnim poljem obuhvati mjesto koje se želi ispitati, a ako postoji nehomogenost na tome mjestu javljaju se poremećaji u rasporedu magnetnih silnica koje su lako uočljive ako se tijekom ispitivanja površina prekrije suspenzijom sa sitnim feromagnetskim česticama.

Kontrola zavarenog spoja vrtložnim strujama

Kontrola vrtložnim strujama omogućava otkrivanje nedostataka u zavarenim spojevima do 15 mm dubine, a samo se ispitivanje temelji na usporedbi primarnog i sekundarnog magnetskog polja. Postavljanjem zavojnice, kroz koju prolazi izmjenična struja, iznad ispitivanog mjesta, u obuhvaćenom metalu inducirat će se sekundarno elektromagnetsko polje. Prilikom nailaska zavojnice do mjesta neke pogreške u zavarenom spoju nastaje poremećaj u sekundarnom polju, a to se registrira u indikatorskom uređaju.

Penetrantska kontrola zavarenog spoja

Penetrantska kontrola provodi se zbog otkrivanja pogreške koje izlaze na površinu metala. Ispitivanje se obavlja tekućinama koje imaju izrazitu sposobnost uvlačenja ili penetriranja u pukotine, poroznosti i druge površinske šupljine čime se takvi nedostaci i uočavaju. Tim tekućinama, tj. penetratima dodaju se boje ili fluorescentne tvari, zbog lakšeg promatranja, a prije njihovog nanošenja površine se moraju dobro očistiti od masti i ostalih nečistoća.

OPASNOSTI I ŠTETNOSTI KOD POSTUPAKA ISPITIVANJA ZAVARENOG SPOJA I MJERE ZAŠTITE

Od navedenih metoda koje služe za ispitivanje zavarenih spojeva samo radiografska predstavlja opasnost za radnikovo zdravlje. Kod radio-

⁷www.ndt-ed.org/GeneralResources/MethodSummary/RT1.jpg

⁸www.qualitydigest.com/nov01/html/ultrasonic.html

grafskog snimanja zavarenih spojeva postupak se zasniva na uporabi x-zraka i γ -zraka. Navedene zrake ubrajaju se u skupinu ionizirajućeg zračenja.

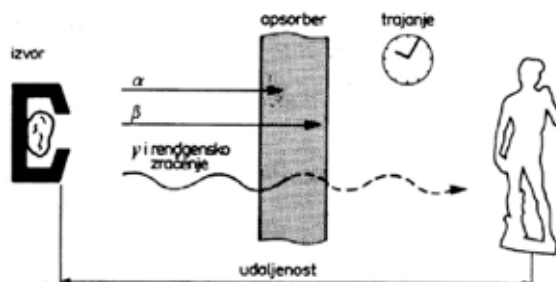
Opasnosti i štetnosti kod radiografskog ispitivanja i mjere zaštite

Zračenje ili radijacija jest pojava prijenosa energije u obliku fotona (elektromagnetsko zračenje) ili čestica (korpuskularno zračenje), a ionizirajuće zračenje je zračenje koje ima dovoljnu količinu energije da u međudjelovanju s određenom tvari ionizira tu tvar.

Rendgensko zračenje još se naziva i x-zračenje, a ubraja se u elektromagnetsko zračenje kratkih valnih duljina, od oko 10^{-10} do 10^{-13} m, dok γ (gama) - zračenje čine elektromagnetski valovi duljine manje od 10^{-13} m. Energija pojedinog fotona nekog zračenja ovisi o frekvenciji (ν) i može se izračunati pomoću Planckove relacije $E=h\nu$, gdje je Planckova konstanta $h \approx 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js (Jakobović, 1991.). Kako je frekvencija x i γ zračenja vrlo velika, proizlazi da je i njihova energija vrlo velika, što znači da vrlo lako mogu ionizirati tvar s kojom su u dodiru. Prilikom toga mogu se promijeniti svojstva zračenja i same tvari iz čega se očituje i velika opasnost za čovjeka koji je izložen takvom zračenju. Takvo zračenje kod čovjeka dovodi do ioniziranja atoma u živoj stanici, a time utječe na živa tkiva i organe. Posljedica toga je promjena funkcije stanice, poremećaj u diobi, promjena gena, pa i smrt stanice. Može se reći da posljedice ozračivanja kod čovjeka mogu biti ozljede kože, oštećenje spolnih stanica, oštećenje očne leće, genetske promjene, maligne bolesti itd.

Osnovna pravila zaštite od ionizirajućeg zračenja obuhvaćaju četiri osnovna postupka (slika 3); (Jakobović, 1991.):

- uporabu što slabijeg zračenja
- povećanje udaljenosti od izvora zračenja
- skraćivanje trajanja ozračivanja
- postavljanje apsorbera na put zračenja.



Slika 3. Slikovit prikaz četiriju osnovnih postupaka zaštite od ionizirajućeg zračenja

Figure 3. Four chief methods of protection against ionising radiation

Kod uporabe izvora zračenja treba biti što slabiji, sa što manjim snopovima zračenja, kako bi se ozračili samo potrebni dijelovi predmeta ispitivanja. Uporabom osjetljivih senzora (filmovala, pojačala, mjernih instrumenata itd.) ozračenost se može višestruko smanjiti. Udaljenost od izvora smanjuje ozračenost osobe iz razloga što tok (a samim time i gustoća) u snopu zračenja opada s povećanjem udaljenosti. Ekspozicija, odnosno trajanje izloženosti zračenju, utječe na samu ozračenost osobe proporcionalno. Koliko je ekspozicija puta dulja, toliko će puta i ozračenje biti veće. Apsorberi su tijela koja se stavljaju na put zračenja kako bi se zračenje u potpunosti ili djelomično apsorбирalo. U ovisnosti o vrsti i energiji zračenja odabire se debljina apsorbera.

Osim navedenih osnovnih pravila zaštite od ionizirajućeg zračenja, radnik je dužan mjeriti količinu ozračivanja, jer nema osjetila koje bi to moglo izravno opaziti. Mjerenje se provodi pomoću uređaja koji se zovu dozimetri (film ili termoluminiscentni). Takav uređaj sadrži sloj osjetljiv na ionizirajuće zračenje na temelju čijeg zacrnjenja (zbog ozračivanja) se može odrediti energija, odnosno doza, koju je radnik primio.

Predana energija E_D definira se kao razlika između ulazne E_U i izlazne E_I energije zračenja koja prolazi nekim tijelom: $E_D = E_U - E_I$ (J).

Apsorbirana doza zračenja D je količina energije koja je deponirana ionizirajućim zračenjem u jedinici mase tijela. To je omjer predane energije E_D i mase tijela m , a jedinica je grej (Gy) = J/kg: $D = \Delta E_D : \Delta m$ (Gy).

Ekvivalentna doza (ili dozni ekvivalent) H jest proračunom modificirana apsorbirana doza D kojom se izražava rizik izlaganja ionizirajućem zračenju uzimajući u obzir različitu biološku učinkovitost različitih vrsta ionizirajućeg zračenja i različitu osjetljivost tkiva i organa ljudskog tijela s obzirom na ionizirajuće zračenje (faktor kvalitete zračenja Q). Fizikalna jedinica kojom se izražava ekvivalentna doza jest Sivert ($Sv = J/kg$): $H = Q D$ (Sv).

Prirodne doze zračenja kojima je čovjek izložen iznose od 1 do 3 mSv, a posljedica su kozmičkog zračenja i zračenja okoline. Kritične doze, odnosno doze zračenja koje mogu u znatnoj mjeri ugroziti ljudsko zdravlje jesu doze od preko 250 mSv. Biološki učinci kod akutnog ozračivanja srednjim i velikim dozama su istraženi i uočljivi, ali kronični učinci kod malih doza ozračivanja su teško uočljivi i neistraženi u potpunosti, pa ICRP⁹ (Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja) stalno snižuje preporučene doze zračenja kojima se radnik može izložiti. Na temelju preporuka ICRP-a proizašli su i zahtjevi u hrvatskom zakonodavstvu.

Tako prema Pravilniku o granicama izlaganja ionizirajućem zračenju te o uvjetima izlaganja u posebnim okolnostima i za provedbe intervencija u izvanrednom događaju, efektivna doza izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima tijekom rada biti veća od 100 mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina, uz uvjet da niti u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja efektivna doza ne smije biti veća od 50 mSv, a ekvivalentna doza za očne leće izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 150 mSv u jednoj godini te za podlaktice, šake, stopala ili kožu izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 500 mSv u jednoj godini.

Organizacija zaštite na radu na radnom mjestu radiografskog ispitivanja

U proizvodnoj jedinici za ispitivanje prozračivanjem zavarenih spojeva upotrebljavaju se dva rendgenska uređaja, i to:

1. ICM SA-BELGIUM SM SITE-X, model SITE-S SCU 286, 300 kV, 4 mA,
2. GILARDONI, model GMF 305 PO, 300 kV, 5 mA.

Navedeni uređaji predstavljaju izvore ionizirajućeg zračenja. Stoga se organizacija zaštite na radu na tim radnim mjestima provodi u skladu sa Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja, te Pravilnikom o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s rendgenskim uređajima, akceleratorima i drugim uređajima koji proizvode ionizirajuća zračenja i Pravilnikom o načinu i rokovima provedbe neposrednog nadzora nad izvorima ionizirajućeg zračenja, vođenju i sadržaju evidencija i registra te načinu izvješćivanja u vezi s tim zračenjima, ali i ostalim pravilnicima donesenim na temelju navedenog Zakona. U skladu sa Zakonom u proizvodnoj jedinici je donesen i autonomni pravni akt u obliku Pravilnika o provedbi mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja kojim se utvrđuju mjere, postupci i radnje te propisuju obveze i odgovornosti radnika koji rade s uređajima koji predstavljaju izvore ionizirajućeg zračenja.

Osoba odgovorna za provedbu mjera zaštite na radu

U cilju provođenja mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja, a na temelju Zakona o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja u proizvodnoj jedinici je imenovana osoba odgovorna za provođenje mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja. Odgovorna osoba mora imati najmanje višu stručnu spremu (zahtijevano), a obvezna je provoditi i nadzirati provedbu propisanih mjera, i to osobito:

- nadgledati provedbu i primjenu odredaba o zaštiti od ionizirajućeg zračenja utvrđenih važećim propisima,
- skrbiti o nabavi i uporabi propisanih zaštitnih sredstava,
- osigurati nabavu, nošenje i zamjenu dozimetara,
- evidentirati doze ozračenosti radnika izloženih ionizirajućem zračenju,

⁹ICRP - International Commission for Radioactivity Protection.

- voditi evidencije o obveznim zdravstvenim pregledima radnika izloženih ionizirajućem zračenju,
 - izvještavati nadležna tijela o svakom potencijalnom prekomjernom ili incidentnom ozračenju radnika,
 - upoznati radnika koji prvi put počinje raditi s izvorima ionizirajućeg zračenja, s posebnim uvjetima rada, opasnostima te mjerama i sredstvima zaštite,
 - zabraniti rad s neispravnim uređajima ili uređajima koji uzrokuju prekomjerno ozračivanje,
 - osigurati redovito (jedanput godišnje) ispitivanje uvjeta rada te mjerenje razine ionizirajućeg zračenja u radnim prostorijama,
 - osigurati ispitivanje novog uređaja prije tehničkog prijema,
 - izvještavati Državni zavod za zaštitu od zračenja o prestanku uporabe, prodaji ili ustupanju drugim osobama zatvorenih izvora ionizirajućeg zračenja,
 - voditi evidencije (izvješće o obavljenim pregledima, dozimetrijska izvješća, rješenja upravnih tijela) o zatvorenim izvorima ionizirajućih zračenja,
 - obavljati druge poslove u svezi sa zaštitom od ionizirajućih zračenja.
- držanje maksimalno moguće udaljenosti od izvora zračenja,
 - nošenje ispravnih osobnih zaštitnih sredstava,
 - usavršavanje znanja iz zaštite od ionizirajućeg zračenja,
 - redovito obavljanje zdravstvenih pregleda (jedanput godišnje),
 - poštovanje osnovnih pravila struke,
 - nošenje osobnog dozimetra tijekom rada s izvorima ionizirajućih zračenja,
 - održavanje čistoće radnih površina i osobnih zaštitnih sredstava, te
 - poštovanje osnovnih i posebnih pravila zaštite na radu.

Radnik je odgovoran za gubitak ili zlouporabu osobnog dozimetra, zbog čega bi bilo nemogućeno utvrđivanje primljene doze. Ako mu prijete opasnost za život ili zdravlje uzrokovana nedostatkom ili neprovedenim mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja, radnik ima pravo odbiti obavljanje poslova dok se ne osiguraju zadovoljavajuće mjere zaštite.

Uporaba zatvorenih izvora ionizirajućih zračenja

Područje izloženosti je prostor unutar kojega nazočne osobe mogu primiti efektivnu dozu u jednoj godini višu od 1 mSv. Područje izloženosti dijeli se na područje nadgledanja i posebno područje nadgledanja. Takvo područje izloženosti oko svakog izvora ionizirajućih zračenja mora biti određeno i označeno. Područje posebnog nadgledanja je područje izloženosti unutar kojeg je vjerojatno da efektivna doza u jednoj godini bude iznad 6 mSv.

Radnici koji većinu radnog vremena provode u području izloženosti smatraju se radnicima s izvorima ionizirajućih zračenja te podliježu obveznom zdravstvenom pregledu, dodatnom osposobljavanju za rad i osobnoj dozimetrijskoj provjeri.

Navedeni radnici podliježu zdravstvenim pregledima prije stupanja na rad s izvorima io-

Obveze radnika pri radu s izvorima ionizirajućih zračenja

Radnici koji rade s izvorima ionizirajućih zračenja obvezni su posao obavljati tako da ne dovede u opasnost vlastiti život i zdravlje te život i zdravlje suradnika i ostalih osoba. Obvezni su sva raspoloživa sredstva i opremu upotrebljavati za osobnu zaštitu od ionizirajućih zračenja, pažljivo njima rukovati i održavati ih ispravnima. Radnici su obvezni odgovornu osobu upoznati s uočenim nedostacima i kvarovima na uređajima, opremi i priboru za rad te na zaštitnim sredstvima koji bi mogli ugroziti zdravlje.

Obveze radnika za vrijeme rada sa zatvorenim izvorima ionizirajućeg zračenja su:

- što kraće zadržavanje u zoni zračenja,

nizirajućih zračenja, tijekom rada, a po potrebi i nakon prestanka rada. Njihovo ozračivanje ne smije biti veće od 100 mSv tijekom 5 godina, s time da u jednoj godini ono ne smije biti veće od 50 mSv.

Uporaba rendgenskih uređaja

Rendgenski uređaji koji se upotrebljavaju u industriji moraju se postaviti u najmanje dvije prostorije. U jednoj prostoriji su smješteni dijelovi koji zrače i stol za ispitivanje, dok se u drugoj prostoriji nalazi upravljačka jedinica ili vremenski prekidač kojim se uključuje uređaj. Iznimno, rendgenski uređaji se mogu upotrebljavati i u proizvodnim tvorničkim i skladišnim prostorima ako se u njima utvrdi područje izloženosti. Tijekom uporabe rendgenskog uređaja u prostoru posebnog nadgledanja ne smije se nalaziti niti jedna osoba, dok u području nadgledanja smiju biti isključivo ovlašteni radnici koji provode postupak radiografskog ispitivanja. Ovlašteni rukovoditelj koji daljinski uključuje uređaj odgovoran je pregledati prostorije u kojima se provodi ispitivanje te ih zaključati ako se u njima ne nalaze ljudi.

Područje nadgledanja oko rendgenskog uređaja treba biti ograđeno fizičkim preprekama kako bi se onemogućio neovlašteni pristup tijekom rada. Granice područja izloženosti i mjesto s kojeg se uključuje izvor ionizirajućeg zračenja određuju se uređajem za mjerenje brzine apsorbirane doze. Na granicama područja nadgledanja brzina doze ozračivanja ne smije prijeći 20 $\mu\text{Gy/h}$ tijekom rada. Granice područja posebnog nadgledanja potrebno je ograditi ili jasno označiti natpisom, oznakama ili znakovima opasnosti na način da svatko tko se približava može nedvojbeno uočiti opasnost od ionizirajućeg zračenja.

Ako se uređaj za provjeru kvalitete radiografijom nalazi izvan posebno opremljenih prostorija ili na otvorenom prostoru, mjesto ozračivanja se bira tako da se iskoriste postojeće zapreke koje mogu smanjiti ozračivanje ljudi, a u cilju dodatne sigurnosti mogu se upotrebljavati i pokretni zaštitni paravani. Upravljačka jedinica postavlja se na mjesto na kojem će izlaganje zračenju biti što

je moguće niže, a obvezno ispod propisanih granica. Prostor oko uređaja tijekom rada mora biti osiguran od pristupa neovlašćenih osoba u cilju prevencije od djelovanja ionizirajućih zračenja.

Ispitivanje izvora ionizirajućih zračenja

Ako posebnim propisima nisu utvrđeni drugačiji rokovi, izvori ionizirajućih zračenja moraju se ispitati:

1. prije njihovog stavljanja u uporabu
2. svakih dvanaest mjeseci tijekom uporabe
3. poslije popravka ili rekonstrukcije, a prije ponovnog početka uporabe
4. prije početka uporabe na novom mjestu uporabe ako su izvori ionizirajućih zračenja premješteni s jednog mjesta na drugo.

Prvo ispitivanje izvora ionizirajućih zračenja mogu obavljati samo ovlaštene pravne osobe koje nisu proizvele ili ugradile izvor ionizirajućih zračenja, odnosno nisu vlasnici niti korisnici tih izvora ionizirajućih zračenja. Iznimno, prvo ispitivanje izvora ionizirajućih zračenja može obavljati i pravna osoba koja je vlasnik, odnosno korisnik takvog uređaja, ako je za svako takvo pojedinačno ispitivanje ishodila posebno odobrenje ministra zdravstva. Periodično ispitivanje izvora ionizirajućih zračenja mogu obavljati ovlaštene pravne osobe. Izvori ionizirajućih zračenja ispituju se na mjestu uporabe i u redovitim uvjetima njihove uporabe.

Ispitivanje izvora ionizirajućih zračenja u gospodarstvu, istraživanjima ili javnoj uporabi sastoji se od:

- pregleda dokumentacije u svezi s izvorom ionizirajućih zračenja i njegovim smještajem,
- provjere podataka o izvoru ionizirajućih zračenja i uređaju u koji je ugrađen,
- provjere neposrednim očevidom da li je smještajem izvora ionizirajućih zračenja osigurana njihova uporaba na siguran način,
- provjere neposrednim očevidom da li je mjesto uporabe izvora ionizirajućih zračenja opskrbljeno potrebitim zaštitnim

sredstvima i opremom propisane kakvoće sukladno namjeni i mjestu uporabe,

- provjere funkcionalne ispravnosti uređaja za uključivanje i isključivanje uređaja s izvorom ionizirajućih zračenja, pouzdanosti signalnih uređaja i uređaja za upravljanje, te da li se ostvaruju gibanja pokretnih dijelova uređaja s izvorom ionizirajućih zračenja sukladno proizvođačkim specifikacijama,
- mjerenja doza zračenja u okolišu izvora ionizirajućih zračenja, na radnim mjestima, te u susjednim prostorijama ovisno o mjestu, uvjetima i načinu uporabe izvora ionizirajućih zračenja.

Zaštita radnika od ionizirajućih zračenja

Radnici, ali i druge osobe, ne smiju biti izloženi zračenju većem od 100 mSv u pet uzastopnih godina, s time da u jednoj godini ono ne smije biti veće od 50 mSv. Stupanj izloženosti zračenju određuje se pomoću filmskih i TL (termo luminiscentni) dozimetara koje je radnik obavezan nositi tijekom rada s izvorima ionizirajućih zračenja. Radnik ne smije započeti rad dok ne dobije osobni dozimetar.

Prijava i odjava radnika s dozimetrijske kontrole obavlja se na temelju odgovarajućeg obrasca koji se dostavlja Državnom zavodu za zaštitu od ionizirajućih zračenja.

Radnik nosi dozimetar cijelo vrijeme izlaganja zračenju uređaja od prvog do posljednjeg dana u mjesecu kada ga zamjenjuje s novim, a nosi se isključivo na lijevoj strani prsa ispod zaštitne odjeće. Prema potrebi, mogu se nositi i dodatni dozimetri na dijelu tijela koji je najviše izložen zračenju tijekom rada. Dozimetar za prethodni mjesec se vraća ovlaštenoj osobi na obradu, najkasnije petnaest dana nakon prestanka nošenja zbog utvrđivanja stupnja izloženosti ozračivanju. Nakon utvrđivanja doze ozračenosti na temelju mjerenja osobnih dozimetara, ovlaštena osoba je dužna obavijestiti radnika o rezultatima. Odgovorna osoba vodi evidenciju o doza- ma ozračenosti. Ako efektivna ili ekvivalentna

doza u jednom razdoblju mjerenja prelazi 3/10 propisane gornje granice efektivne ili ekvivalentne doze, potrebno je provesti posebnu provjeru radnog mjesta na kojem je takva doza primljena. Po provedenom ispitivanju sastavlja se izvješće koje je potrebno dostaviti Hrvatskom zavodu za zaštitu od zračenja i Ministarstvu zdravstva. Na izvanredni liječnički pregled odmah se upućuje svaki radnik za kojeg se utvrdi da je ozračen po cijelom tijelu dozom iznad 20 mSv tijekom godine. Rad može nastaviti samo ako se drži uvjeta koje odredi liječnik medicine rada.

Osim zaštite radnika uz pomoć kontroliranog ozračivanja koje se obavlja dozimetrima, zaštita se osigurava i nošenjem osobne zaštitne opreme. Procjenom opasnosti utvrđuju se opasnosti i štetnosti koje su prisutne na radnome mjestu ispitivanja kvalitete zavarenih spojeva pomoću radiografije.

Analizom navedenih opasnosti i štetnosti utvrđuje se radi li se o opasnosti koje prijete od štetnog (ionizirajućeg) zračenja pri radu s izvorima ionizirajućih zračenja, rad s njima definira kao posao s posebnim uvjetima rada. Osim zahtjeva koje mora ispunjavati radnik za rad na takvim poslovima, na temelju izvršene procjene opasnosti, a u skladu sa Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja i Pravilnikom o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s rendgenskim uređajima, akceleratorima i drugim uređajima koji proizvode ionizirajuća zračenja propisao je i osobna zaštitna sredstva koja radnici moraju nositi tijekom rada kako bi se sve postojeće opasnosti uklonile ili smanjile na najmanju moguću mjeru. Tako je propisana zaštitna oprema koju radnik mora nositi tijekom obavljanja poslova ispitivanja kvalitete pomoću radiografije.

ZAKLJUČAK

U sustavu upravljanja zaštitom na radu pri ispitivanju zavarenog spoja bitno je poštovati sve mjere zaštite za radnike koji moraju u potpunosti biti upoznati sa svim rizicima od ionizirajućeg

zračenja, kao i osposobljeni za obavljanje tih poslova. Pisanim internim napucima potrebno je definirati generalna načela rada i zaštite od ionizirajućeg zračenja. Zaštita od zračenja zasniva se na tri načela prema ICRP i ostalim internim propisima, i to:

- načelo opravdanosti ostvaruje se ako je korist izloženih pojedinaca ili društva veća od štetnosti izlaganja ionizirajućem zračenju
- načelo optimalizacije zaštite ostvaruje se provedbom mjera zaštite kojima se izlaganje radnika i drugih osoba ionizirajućem zračenju smanjuje toliko nisko koliko je moguće unutar propisanih granica
- načelo ograničenja ozračenja za djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja provodi se primjenom mjera zaštite određenim propisom, tako da izlaganje osoba ionizirajućem zračenju mora biti niže od utvrđenih granica ozračenja.

Iako su propisima definirana načela zaštite, svejedno treba razviti interne postupke koji trebaju objasniti načela sigurnosti. Uz njihovo potpuno poštovanje osigurava se da se svi rizici svedu na najnižu razinu za one koji su izloženi ionizirajućem zračenju.

Tako se zaštita od ionizirajućeg zračenja prije svega provodi edukacijom osoba koje su izložene opasnostima i učincima te pravilnim rukovanjem izvorima takvog zračenja i pravilnom zaštitom.

LITERATURA

Jakobović, Z.: *Ionizirajuće zračenje i čovjek*, Školska knjiga, Zagreb, 1991.

Meden, G., Pavelić, A., Pavletić, D.: *Osnove zavarivanja*, Tehnički fakultet, Rijeka, 2000.

Polajnar, I., Miština, N.: *Opasnosti i zaštita zavarivača na radnom mjestu, HOC -Bjelolasica*, 24.-27. rujna 2008.

Pravilnik o granicama izlaganja ionizirajućem zračenju te o uvjetima izlaganja u posebnim okolnostima i za provedbe intervencija u izvanrednom događanju, N.N., br. 64/06.

Pravilnik o načinu i rokovima provedbe neposrednog nadzora nad izvorima ionizirajućeg zračenja, vođenju i sadržaju evidencija i registra te načinu izvješćivanja u vezi s tim zračenjima, N.N., br. 63/00.

Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s rendgenskim uređajima, akceleratorima i drugim uređajima koji proizvode ionizirajuća zračenja, N.N., br. 84/00.

Zakon o zaštiti na radu, N.N., br. 59/96., 94/96., 114/03. i 86/08.

Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja, N.N., br. 64/06.

SAFETY MANAGEMENT IN WELDED JOINTS TESTING

SUMMARY: The paper discusses the methods of testing welded joints and non-destructive testing methods. Following the examination of actual risks and threats in the technological process of welding and testing of welded joints, safety at work was developed focusing in particular on the workplace where testing of welded joints is done by RT control. Safety at work measures were designed to secure best working conditions for the health and life of the employees, but without damage to the cost-effectiveness and productivity of the technological process.

Key words: *organisation of safety at work, risk, harms, welding, RT control, safety measures*

*Professional paper
Received: 2009-03-11
Accepted: 2010-02-02*