



DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE

POSUDE POD PRITISKOM

- MASTER RAD -

Mentor:

Prof. dr Dragan Cvetković (Mentor)

Student:

Goran Višekruna

Broj indeksa: 2014411067

Beograd, 2016.

Sažetak:

Posude i oprema pod pritiskom su veoma opasni proizvodi, kako za upotrebu, tako i za proizvodnju. Greške u izradi su u prošlosti dovodile do katastrofalnih nesreća, sa smrtnim slučajevima i ogromnom materijalnom štetom. Nažalost, na greškama se uči, pa je svaka od ovih nesreća bila novo iskustvo i novo znanje o ovoj oblasti. Te nesreće su naterale ljude da usavrše tehnologiju i promisle svaki detalj ove opreme i njene proizvodnje. Sve je to dokumentovano u vidu standarda, koji su se vremenom menjali na osnovu dobrih i loših iskustava proizvođača. Kako je vreme odmicalo, tehnička regulativa se nadograđivala, pa je danas precizno definisan gotovo svaki detalj vezan za projektovanje, proizvodnju, ispitivanje i korišćenje ovakve opreme. Tehnička regulativa je donekle drugačija u različitim delovima sveta, što zbog različitih mernih jedinica, što zbog zakona koji važe u tim delovima, ali je jedna stvar svuda ista, akcenat je na bezbednosti i kvalitetu izrade.

Bezbednost i kvalitet se temelje na ispitivanju, kako materijala, tako i gotovih proizvoda. Pronađeno je dosta tehnika za ispitivanje i testiranje materijala i opreme a standardima je propisan način, period i obim ispitivanja. Ispivanje vrše i proizvođači materijala i proizvođači opreme, a zapisi o tim ispitivanjima se moraju kompletirati i ubaciti u zvaničnu dokumentaciju svakog dela opreme.

U svakoj proizvodnji ponešto promakne kontroli i ispitivanju, te dolazi do grešaka i reklamacija. Greške se moraju detaljno analizirati kako bi se došlo do zaključaka kako je do njih došlo i kako se ne bi ponavljale.

Summary:

Pressure vessels and pressure equipment are very dangerous products, when it comes to using them, as well as producing them. Product defects have in the past lead to catastrophic accidents with fatalities and enormous material damage. Unfortunately, this is how we learn, so each of these accidents was a new experience and a new piece of knowledge added to the field. Those accidents made people improve technology and think through every detail of the equipment and its production. It is all documented through standards which have been changing over the years, based on the good and bad experiences of the manufacturers. As time went by, technical regulations were updated, so today, almost every detail related to the design, production, testing and use of such equipment is precisely defined. Technical regulations are somewhat different in different parts of the world, partly because of different measuring units, and partly because of the laws that apply in those parts, but one thing remains the same everywhere, the emphasis is on the safety and the quality of production.

Safety and quality are based on testing the materials as well as the finished products. Numerous techniques have been created for testing and examining the material and the equipment, while standards are used to regulate the method, time period and scope of the testing. Testing is done by material manufacturers as well as equipment manufacturers. The data from the testing needs to be gathered and included in the official documentation for each piece of equipment.

In each production something is overlooked by the control and the testing, so there are mistakes and claims. The mistakes must be analyzed in detail so as to come to the conclusion about their origin, as well as to prevent their repeated occurrence.

SADRŽAJ

1	Metodologija naučnog istraživanja.....	- 9
1.1	Uvodne napomene.....	- 9
1.2	Predmet istraživanja.....	- 10
1.3	Ciljevi istraživanja.....	- 10
1.4	Hipoteze istraživanja.....	- 10
1.5	Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa.....	- 11
1.6	Struktura rada.....	- 11
2	Istorija posuda pod pritiskom.....	- 12
2.1	Ekslozija parobroda Sultana.....	- 12
2.2	Eksplzija u Broktonu.....	- 13
2.3	ASME kod.....	- 14
3	Standardi u Evropi.....	- 15
3.1	Novi pristup tehničkoj harmonizaciji i standardizaciji.....	- 15
3.2	Direktiva PED-97/23/EC.....	- 15
3.3	AD Merkblatt 2000.....	- 17
3.4	EN 13445 Standard za neložene sudove pod pritiskom.....	- 18
3.5	Srpski znak i deklaracija o usaglašenosti.....	- 19
3.6	Tehnička regulativa u oblasti posuda pod pritiskom u Srbiji.....	- 21
4	Standardi sistema upravljanja.....	- 22
4.1	Sistem menadžmenta kvalitetom.....	- 23
4.1.1	Osnovni principi sistema menadžmenta kvalitetom.....	- 23
4.1.2	Dokumentacija sistema menadžmenta kvalitetom.....	- 24
4.1.3	Kontrola kvaliteta.....	- 25
4.1.4	Nova verzija standarda ISO 9001:2015.....	- 26
4.2	Sistem menadžmenta za zaštitu životne sredine.....	- 26
4.2.1	Politika zaštite životne sredine.....	- 27
4.2.2	Preispitivanje početnog stanja.....	- 27
4.2.3	Aspekti životne sredine i uticaji na životnu sredinu.....	- 28
4.2.4	Mere kojima se utiče na aspekte.....	- 28
4.2.5	Vrste i zbrinjavanje otpada.....	- 29

4.3	Sistem menadžmenta za zaštitu zdravlja i bezbednosti na radu.....	30
4.3.1	Procena rizika.....	31
4.3.2	Politika zdravlja i bezbednosti na radu.....	32
5	Zakonska regulativa.....	33
6	Materijali.....	36
6.1	Korozija.....	38
6.2	Radna temperatura.....	38
6.3	Zaptivači.....	39
6.4	Vijačni spojevi.....	40
6.5	Prirubnice za vijačne veze.....	42
6.6	Obaveze proizvođača materijala	42
7	Ispitivanje posuda i opreme pod pritiskom.....	44
7.1	Razorne i nerazorne metode ispitivanja.....	44
7.2	Vizuelna kontrola i merenje dimenzija.....	45
7.3	Ispitivanje penetrantima.....	45
7.4	Radiografsko ispitivanje.....	48
7.4.1	Izotopski izvori zračenja.....	49
7.4.2	Tok radiografskog ispitivanja.....	50
7.4.3	Izveštaj o ispitivanju.....	51
7.4.4	Nivoi kompetentnosti ispitivača.....	51
7.4.5	Mere zaštite.....	52
7.5	Ispitivanje i merenje debljine ultrazvukom.....	52
7.5.1	Oprema za ispitivanje ultrazvukom i način ispitivanja.....	53
7.6	Ispitivanje pritiskom.....	55
7.6.1	Priprema za ispitivanje pritiskom.....	55
7.6.2	Tok ispitivanja.....	55
7.6.3	Azotirajne posude.....	57
7.6.4	Ispitivanje gasom.....	58
8	Greške u izradi posuda i opreme pod pritiskom.....	59
8.1	Fizička oštećenja.....	60
8.2	Zaptivanje.....	61

8.3	Neppravilno ocevljenje.....	- 64
8.4	Propusti u zavarivanju.....	- 65
8.5	Greške u označavanju.....	- 67
8.6	Odstupanje od crteža.....	- 68
9	Zaključak.....	- 69
	Literatura.....	- 70

Termini i definicije:

Pritisak – Pritisak u odnosu na atmosferski, odnosno manometarski pritisak (nadpritisak)

Oprema pod pritiskom – Posude, cevovodi, filteri, izmenjivači toplote, sigurnosna oprema, prirubnice, dizne itd.

Posuda pod pritiskom - Zatvoren sud ispunjen gasom ili tečnošću, kod koga se unutrašnji i spoljni pritisak razlikuju. Posude često imaju priključke za povezivanje sa ostalom opremom pod pritiskom

Cevovodi/instalacije – Delovi napravljeni od cevi kojom se fluidi transportuju između komponenti opreme pod pritiskom. U cevovode osim samih cevi spadaju i račve, reducirni ventili itd.

Sigurnosna oprema – Grupa uređaja koja na različite načine kontroliše i limitira pritisak unutar sistema i time čuva opremu i povećava bezbednost korišćenja opreme pod pritiskom. U sigurnosnu opremu spadaju sigurnosni ventili, sigurnosne membrane, nivokazi, manometri i termometri sa mehanizmom za alarm ili gašenje...

Noseće konstrukcije – Tu spadaju delovi, najčešće izrađeni od čelika koji povezuju i fiksiraju opremu pod pritiskom. To su najčešće postolja za posude, nosači za motore i kompresore, nosači izmenjivača toplote i različite vrste ojačanja i ukrućenja koji fiksiraju cevi i priključke.

Fluid – Pod fluidima se podrazumevaju gasovi, tečni gasovi i tečnosti

Ispitni pritisak – Propisani pritisak, po pravilu veći od radnog, kojem je ispitivana posuda izložena propisani vremenski period kako bi se utvrdila ispravnost i nepropusnost.

Podsklop/metalna konstrukcija – Metalna konstrukcija koja se proizvodi odvojeno od posude pod pritiskom i u fazi montiranja se zavaruje za posudu. Služi za fiksiranje posude u određeni položaj ili fiksiranje nekog dela opreme (motor, kompresor, elektronika itd.)

Standard - zvanični dokument u kome se definišu pravila i smernice za određene aktivnosti ili rezultate tih aktivnosti (rezultati su proizvodi i usluge).

Sertifikacija - postupak utvrđivanja da proizvod, usluga, organizacija ili pojedinac ispunjavaju zahteve relevantnog standarda. Postupak se završava zvaničnom potvrdom - sertifikatom o usaglašenosti, i upisom imaoca sertifikata u relevantan registar.

Sertifikaciono telo – Organizacija ovlašćena za konsultovanje, sertifikaciju i resertifikaciju neke grupe standarda

Inspektor – Ovlašćeno lice za nadgledanje procesa proizvodnje, ispitivanje sudova i sprovođenje zakona generalno

Ocenjivanje usaglašenosti - Postupak upoređivanja proizvoda ili usluge, procesa, osobe ili organizacije sa zahtevima standarda ili tehničkim propisima

Procesni pristup – Menadžment aktivnostima i resursima se realizuje kao proces. Ovom metodom se efikasnije ostvaruju željeni rezultati

Životna sredina je okruženje u kojem određena organizacija radi, uključujući zemljište, vazduh, vodu, floru, faunu, prirodne resurse, ljude i kulturnu baštinu

Radna sredina se odnosi na prostor u kome se obavlja radi a obuhvata i faktore kao što su temperatura, buka, zagađenost vazduha, vremenski uslovi itd.

Blenda – Specijalno napravljen poklopac za privremeno ili trajno zatvaranje nekog priključka na sudu. One mogu biti pravljene za testiranje sudova ili za transport.

Penetranti – Specijalne tečnosti čija je uloga da prodru u pukotine u materijalu i nakvase zidove pukotine u potpunosti. Koriste se za ispitivanje materijala bez razaranja.

Radiografsko testiranje – Prozračivanje materijala pomoću izotopskog izvora zračenja i snimanje eventualnih grešaka na rendgenski film.

Izotopi - Atomi hemijskog elementa čije jezgro ima isti atomski broj, Z, ali različitu atomsku masu.

Izveštaj o ispitivanju – Predstavlja zvanični dokument u kome su sadržane sve relevantne informacije vezane za izvršeno ispitivanje.

Ultrazvuk – Zvučni talasi visoke frekvencije koje ljudsko čulo sluha ne može da registruje, a koriste se za razne vrste ispitivanja u tehnici i medicini.

Zaptivanje – Zatvaranje određenog prostora i sprečavanje ulaska ili izlaska fluida.

Zaptivač – Oblik specifičnih dimenzija i od specifičnog materijala koji obezbeđuje zaptivanje tako što se stavlja između dve ravne površine na spojevima koji se zaptivaju.

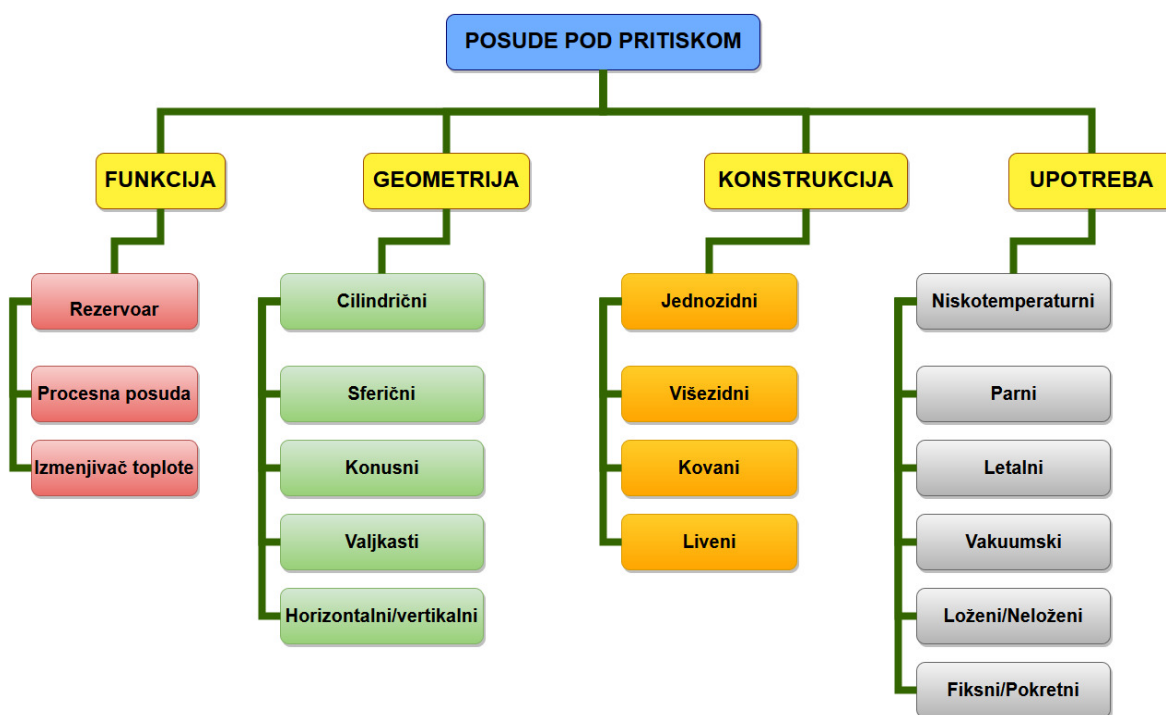
1 METODOLOGIJA NAUČNOG ISTRAŽIVANJA

1.1 Uvodne napomene

Posuda pod pritiskom je, po definiciji, svaki zatvoren sud ispunjen gasom ili tečnošću, kod koga se unutrašnji i spoljni pritisak razlikuju. Unutrašnji pritisak je najčešće veći od spoljašnjeg. Posude mogu biti raznih oblika i veličina, a njihova upotreba je veoma raznovrsna, pa se danas čak ni svakodnevni život prosečnog čoveka ne bi mogao zamisliti bez njih. Od običnog dezodoransa ili boileru u kupatilu, preko kotlova za grejanje i rezervoara za gorivo, pa sve do komplikovanih inženjerskih konstrukcija koje se koriste u procesnoj industriji, posude pod pritiskom su našle primenu u svakoj sferi ljudskog društva.

Osim razlike u pritisku, često postoji i velika razlika u temperaturi, a gasovi i tečnosti unutar suda mogu biti zapaljivi, eksplozivni pa čak i radioaktivni. Zbog takvog sadržaja i uslova pod kojima posude pod pritiskom funkcionišu, dizajn, izrada i testiranje svakog dela suda i prateće opreme moraju biti besprekorni.

Klasifikacija posuda pod pritiskom vrši se na osnovu četiri kriterijuma: funkcija, geometrija, konstrukcija i upotreba.



Slika 01: Klasifikacija posuda pod pritiskom

1.2 Predmet istraživanja

Posude pod pritiskom su odigrale veoma važnu ulogu u industrijskoj revoluciji nastankom parnih mašina. Od tad pa do danas se njihova upotreba znatno proširila tako da se danas sa posudama pod pritiskom srećemo na svakom koraku. S obzirom na to da se radi o veoma opasnom proizvodu, samim tim i vrlo odgovornim i rizičnim procesom proizvodnje, bilo je neophodno standardizovati svaki deo proizvodnje i propisati pravila kojih se proizvođači moraju strogo pridržavati. Predmet istraživanja ovog rada su upravo relevantni standardi i zakoni koji moraju biti ispoštovani kako bi proizvođač opreme pod pritiskom mogao da plasira svoje proizvode u Evropi i svetu.

1.3 Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog istraživačkog projekta su:

- Prikupljanje i analiza svih najbitnijih standarda i zakona vezanih za proizvodnju posuda pod pritiskom koje nemaju sagorevanje goriva. Analizira se svaki aspekt poslovanja jednog proizvođača, te se polazi od standarda za samu proizvodnju opreme pod pritiskom, preko standarda sistema upravljanja za kvalitet, zaštitu životne sredine i zaštitu zdravlja i bezbednosti na radu, pa sve do relevantnih i važećih zakona u Republici Srbiji. Zakoni koji se odnose na proizvodnju opreme pod pritiskom su zakoni koji generalno važe za metalnu industriju a vezani su za bezbednost i zdravlje na radu, ambalažu i otpad, drumski i rečni saobraćaj, emisiju štetnih materija itd.
- Kratka analiza materijala koji se koriste u proizvodnji posuda pod pritiskom.
- Obrada najčešće korišćenih metoda za ispitivanje posuda pod pritiskom u svim fazama proizvodnje.
- Analiziranje grešaka u proizvodnju u periodu od godinu i po dana

1.4 Hipoteze istraživanja

Opšta hipoteza:

Kao i za sve ostalo, zakoni i standardi za posude pod pritiskom se donekle razlikuju u različitim delovima sveta. U zavisnosti za koje tržište je namenjen proizvod, proizvođač svoju tehnologiju izrade mora prilagoditi određenoj grupi standarda i istovremeno je u obavezi da ispoštuje važeće zakone države u kojoj posluje. Striktno poštovanje tehnologije izrade je vrlo važno, kako za kvalitet proizvoda tako i za bezbednost radnika koji proizvode opremu i bezbednost krajnjih korisnika.

Posebne hipoteze:

Selekcija standarda ne zavisi samo od geografske lokacije proizvođača i destinacije kojoj je roba namenjena već i od samog proizvoda, odnosno njegove primene, materijala od kojih je napravljen, uslova u kojima se koristi.

Broj standarda vezan za ovu vrstu proizvodnje je zaista velik, jer osim razlike u tehnologijama izrade, materijalima i zakonima, imamo i korišćenje drugih mernih jedinica u različitim delovima Evrope i sveta.

1.5 Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa

Imajući u vidu opširnost ove teme i količinu teoretskog znanja koje je dokumentovano o ovoj grani industrije, bilo je neophodno napraviti selekciju najbitnijih i najčešće korišćenih standarda vezanih za proizvodnju ovakve opreme konkretno u Srbiji.

Nakon uvodnog istraživanja tržišta i proizvođača u našoj zemlji izvršena je analiza dobijenih podataka o vrsti opreme i materijalima koji se najčešće koriste za proizvodnju iste. Selekcija relevantnih dokumenata i knjiga odredila je i sam tok istraživačkog procesa u kome je svaki od relevantnih standarda opisan uopšteno i sažeto ali sa akcentom na najvažniji deo za ovakav tip proizvodnje. Kao i za svaku modernu proizvodnju, vrlo važnu ulogu igraju sistemi upravljanja, te su analizom samog procesa proizvodnje selektovana tri najčešće sertifikovana sistema čijim daljim istraživanjem su napravljene paralele tački standarda sa konkretnim procesima u proizvodnji.

1.6 Struktura rada

Koncepcija ovog istraživačkog rada sastoji se iz šest celina. Posle prve celine, u kojoj se uz uvodne napomene obrađuje metodologija naučnog istraživanja, sažeto je obrađena istorija posuda pod pritiskom. U ovom delu opisani su najvažniji istorijski događaji koji su uticali na razvoj posuda pod pritiskom i prateće opreme kao i kratak istorijat standardizacije u Sjedinjenim Američkim Državama koja je usledila nakon ovih događaja.

Treći deo je u potpunosti posvećen tehničkoj regulativi za Evropu. Obrađeni su najbitniji standardi i ukratko je opisano kako su nastali i čemu su namenjeni. Na kraju dela bačen je akcenat i na regulativu koja se primenjuje u Srbiji.

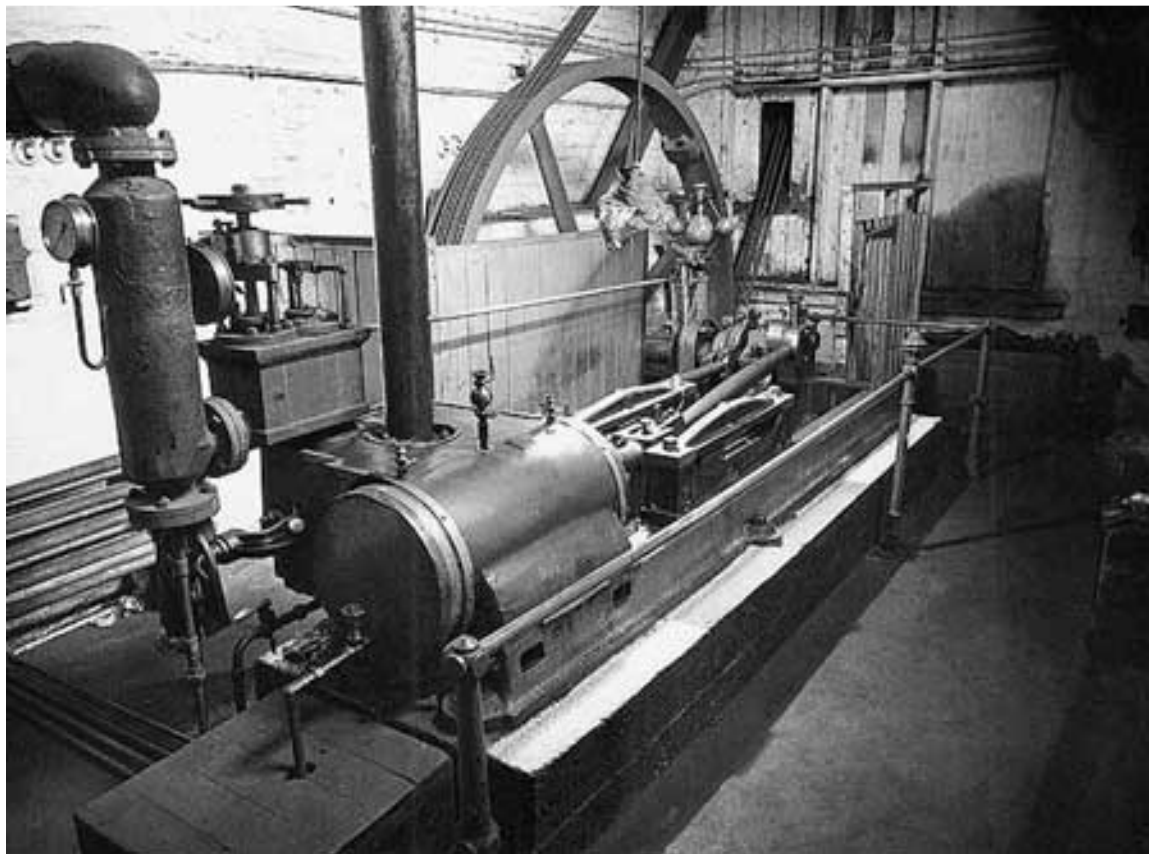
U sledećem delu reč je o sistemima upravljanja koji se najčešće sertifikuju u proizvodnji ovakvog tipa. Radi se o sistemu menadžmenta kvalitetom, sistemu menadžmenta za zaštitu životne sredine i sistemu menadžmenta za zaštitu zdravlja i bezbednosti na radu.

Nakon tehničke regulative na red dolazi zakonska. U ovom delu se nalazi tabela sa najbitnijim zakonima Republike Srbije koji su povezani sa proizvodnjom opreme pod pritiskom.

Poslednji deo rada je zaključak u kome je sumirano celo istraživanje.

2 ISTORIJA POSUDA POD PRITISKOM

Veliki sudovi pod pritiskom su nastali za vreme industrijske revolucije. Najčešće su korišćeni kao boileri za paru za parne motore. Takvi motori pravljani su da pokrenu parne lokomotive, parobrode kao i veliki broj mašina za industriju.



Slika 02: Parni motor koji je pokretao fabriku karamela u Britaniji

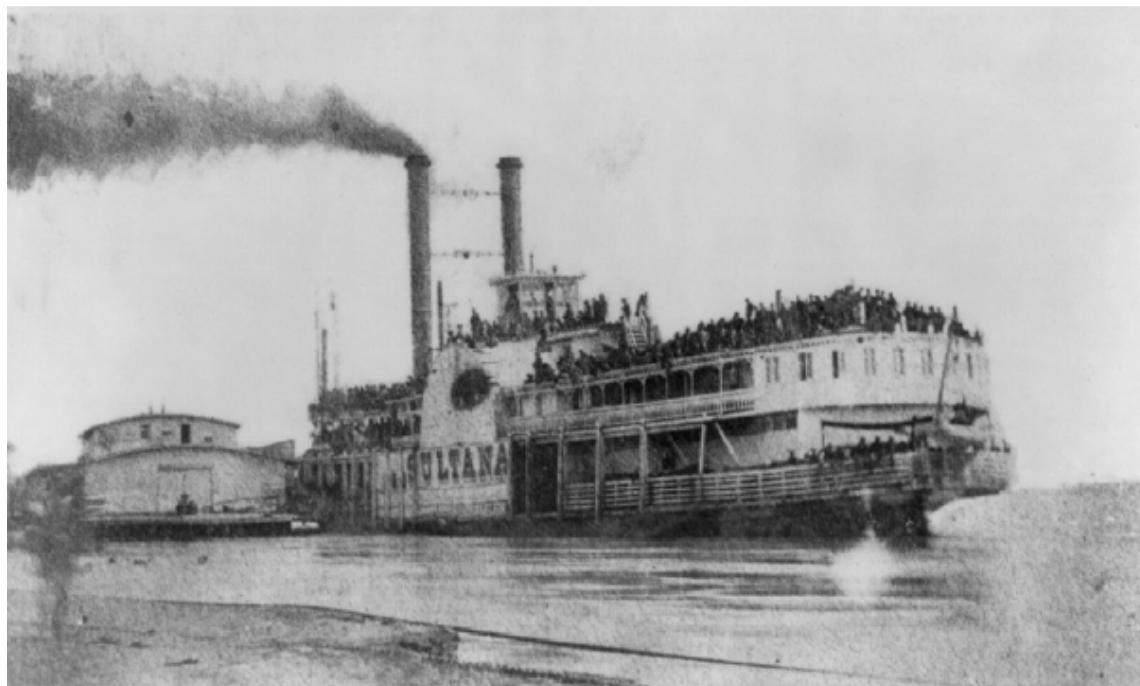
Sudovi su često pravljani otprilike, po ugledu jedni na druge, a njihovo pucanje, pa čak i eksplozije bila su manje-više redovna pojava koja je u to vreme smatrana neizbežnim zlom, čak i božijom voljom. Nekoliko velikih nesreća koje su prouzrokovane eksplozijom boileri navele su ljude na razmišljanje i donošenje određenih standarda i zakona koji bi povećali bezbednost korišćenja ove tehnologije.

2.1 Eksplozija parobroda Sultana

Koncept parobroda nastao je u prvoj polovini osamnaestog veka u Evropi gde su i napravljeni prvi modeli koji nisu imali puno uspeha. Ideja je prvi put zaživela tek 50 godina kasnije u Pensilvaniji gde se desila prva uspešna vožnja. Tada je počela era parobroda koja je trajala sve do kraja devetnaestog veka.

Kao i kod drugih parnih mašina kvarovi i eksplozije su bili redovna pojava, ali se jedna nesreća izdvaja od drugih, to je eksplozija parobroda Sultana. Brod je bio dugačak oko 80 metara a njegov zvanični kapacitet je bio 376 putnika, a tog jutra parobrod je prevezio čak

2400. Da bi tragedija bila veća, većina putnika bili su vojnici koji su pušteni iz konfederacijskih zatvora i vraćali su se kući. Eksplozija se desila iznenada, samo su putnici koji su blizu ograde uspjeli da iskoče iz broda i spase se sigurne smrti. Smatra se da je ukupan broj žrtava 1800 što je za 300 više od daleko poznatijeg brodoloma Titanika.



Slika 03: Parobrod Sultana pre nesreće

Brod je imao samo jedan brod za spašavanje koji je takođe potonuo od pretovarenosti, a imao je svega 76 pojasa za spasavanje. Pored svega ovoga, glavni uzrok nesreće su bila oštećenja na boileru a radnik koji je popravljao boiler kaže da je kapetan prekinuo popravku kako bi se što pre vratio na reku.

Par godina kasnije osnovana je državna inspekcija za parobrode sa središtem u Vašingtonu. Propisane su bezbednosne procedure a glavni inspektor je upravljao osmoricom inspektora za svaku oblast.

2.2 Eksplozija u Broktonu

Dvadesetog marta 1905. godine desila se stravična nesreća u fabrici obuće u Broktonu u saveznoj državi Masačusets. Ogromni boiler je eksplodirao, izleteo kroz krov fabrike koja se od siline eksplozije i požara urušila poput kule od karata. Boiler je preleteo preko sto metara, ošteti još nekoliko građevina dok ga konačno nije zaustavio zid jedne kuće. U eksploziji je poginulo 58 osoba, oko 150 je povređeno, a materijalna šteta je bila oko 250 hiljada dolara sto je za tadašnje pojmove bila daleko veća suma nego danas.

Ova nesreća je druga najveća nesreća u istoriji koja je nastala eksplozijom posude pod pritiskom, ali je jako bitnu ulogu odigrala jer je primorala ljude Masačusetsa da po prvi put u istoriji preduzmu određene mere kako bi obezbedili maksimalnu moguću bezbednost.



Slika 04: Fabrika cipela pre i posle eksplozije

Posle duge i žestoke debate, država je 1907. godine izdala prvi zvanični dokument koji je sadržao standarde i propise za izradu sudova pod pritiskom. Sličan dokument sastavljen je i u državi Ohajo godinu dana kasnije.

2.3 ASME kod

Druge države i gradovi, u kojima su se dešavale slične nezgode, svatile su da se nezgode mogu izbeći pravilnim dizajnom i inspekcijom sudova od pritiskom, te su i one počele da propisuju određena pravila i procedure. Sledeći problem na koji su naišli je što su se propisi razlikovali od države do države. Proizvođači sudova imali su poteškoće da proizvedu sud koji će se koristiti u drugim državama. Rešenje ovog problema su proizvođači zajedno sa korisnicima rešili tako što su 1911 uputili apel veću Američkog udruženja mašinskih inženjera (ASME). ASME je odgovorio na apel tako što je oformio komitet za formulisanje standarda specifikacija za konstruisanje i održavanje parnih boileri i drugih sudova pod pritiskom.

Prvi komitet sastojao se od sedam članova od kojih je svaki bio ekspert u svom polju. Na raspolaganju su imali 18 inženjera koji su predstavljali različite faze dizajna, konstrukcije, instalacije i korišćenja boileri.

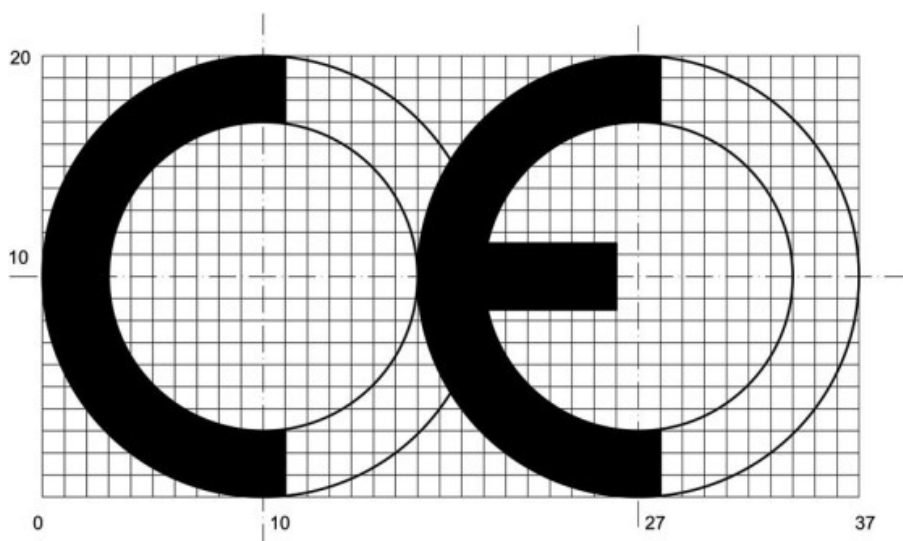
Analiziranjem pravila iz Masačusetsa, Ohaja i drugih izvora podataka, komitet je naravio preliminarni izveštaj 1913. i poslao 2000 kopija univerzitetima, osiguravajićim kućama, inspektorima, proizvođačima i ostalim zainteresovanim stranama. Posle tri godine konsultacija i sastanaka sastavljen je prvi zvanični dokument „*ASME pravila za konstruisanje stacionarnih boileri i za dozvoljene radne pritiske*“ koji je preteča današnjeg modernog standarda.

3 STANDARDI U EVROPI

Evropske države su imale istu potrebu kao i Američke, da obezbede slobodno kretanje proizvoda unutar članica Evropske unije. Države su imale različite zakone, tehničke i bezbednosne regulative, te se roba morala zadržavati na granicama radi provere i usaglašavanja. Jasno je bilo da se mora naraviti neka vrsta dogovora u vidu zajedničkog standarda.

3.1 Novi pristup tehničkoj harmonizaciji i standardizaciji

U maju 1985. godine ministri evropske zajednice složili su se i pokrenuli „novi pristup tehničkoj harmonizaciji i standardizaciji“. Direktive novog pristupa sadržale su osnovne zahteve koji moraju biti ispunjeni kako bi proizvod mogao biti isporučen bilo gde u zajednici. Zahtevi su se pre svega odnosili na zaštitu zdravlja, bezbednosti, zaštitu potrošača i zaštitu životne sredine. Takođe, u direktivama je navedeno i kako bi proizvođači trebali da predstave da je proizvod usaglasen sa osnovnim zahtevima standarda. Proizvodi koji su usaglašeni sa ovim zahtevima nose CE "Conformité européenne" (engl. European Conformity) znak na sebi, koji kaže da se proizvod može prodavati bilo gde u Evropskom Ekonomskom Prostoru (EEA).



Slika 05: Znak CE "Conformité européenne"

3.2 Direktiva PED-97/23/EC

Direktivu za opremu pod pritiskom su usvojili Evropski Parlament i Evropsko Veće u maju 1997 godine, a zvanično je počela da se koristi 29. novembra 1999. Od tad pa do 29. maja 2002 proizvođači su mogli da biraju da li će raditi po direktivi za posude pod pritiskom ili po postojećim nacionalnim zakonima. Od 30. Maja 2002 direktiva opremu pod pritiskom postala je obavezna na teritoriji Evropske Unije.

Direktiva PED-97/23/EC se konkretno odnosi na sledeće proizvode: separatori ulja, izmenjivači toplote, sudovi koji služe kao rezervoari, gasni cilindri, boileri, cevovodi i ostala prateća oprema (ventili, sigurnosni ventili, zaptivači, grejači, nivokazi itd.)

Ovi proizvodi imaju široku primenu u procesnoj industriji (farmaceutska, hemijska, prehrambena...). Direktiva ne sadrži detaljne specifikacije vezane za materijale, proračune vezane za sigurnost, dizajn, proizvodni proces i testiranje. Ovi detalji su navedeni u standardima koje države propisuju. Direktiva sadrži 21 članak:

1. Područje primene, terminologija i skraćenice iz oblasti opreme pod pritiskom i najbitnije definicije koje olakšavaju razumevanje relevantnih standarda i normi.
2. Nadzor tržišta, odnosno mere koje države moraju preduzeti kako bi se proizvodi plasirali na tržište i stavili upotrebu samo ukoliko se pravilno instaliraju, održavaju i koriste za svrhu za koju su namenjeni.
3. Osnovni tehnički zahtevi (vezani za radne temperature, pritiske, tečnosti, opremu itd.) koje proizvođač mora ispuniti.
4. Slobodno kretanje robe unutar članica Evropske Unije.
5. Pretpostavka o usaglašenosti opreme na osnovu CE znaka.
6. Odbor za tehničke standarde i regulative.
7. Odbor za opremu pod pritiskom koji donosi odluke i preduzima mere u slučaju neusaglašenosti.
8. Zaštitna klauzula kojom se država članica obavezuje da povuče proizvedenu opremu ukoliko se ustanovi da postoji opasnost po korisnike i okolinu.
9. Klasifikacija opreme pod pritiskom prema nivou opasnosti. Pored opreme, klasifikuju se i tečnosti unutar sudova.
10. Ocenjivanje usaglašenosti koje se vrši pre puštanja proizvoda u prodaju. Procedure za usaglašavanje imaju više kategorija, a svaka kategorija ima svoje module. U modulima je detaljno opisan postupak ispitivanja opreme kao i dokumentacija koja je prati.
11. Evropsko odobrenje za materijale koji se koriste za izradu opreme pod pritiskom.
12. Države članice moraju obavestiti komisiju i ostale članice koje su sertifikaciono telo odredili za usaglašavanje i odobrenje materijala.
13. Države članice moraju obavestiti komisiju i ostale članice ukoliko se testiranje opreme vrši eksterno, odnosno ukoliko testiranje vrši treća strana.
14. Korisnički inspektorat.
15. Pravila po kojima se proizvodi obeležavaju sa CE znakom.
16. Kako se postupa kada država ustanovi da roba neopravdano nosi CE znak.
17. Države članice preduzimaju mere kako bi vlasti zadužene za funkcionisanje ove direktive sarađivale međusobno, delile informacije i pomagale funkcionisanje direktive.
18. Bilo koja odluka, u skladu sa direktivom, vezana za uklanjanje proizvoda sa tržišta mora imati precizne i konkretne argumente. Odluka mora biti saopštena zainteresovanim stranama koje se moraju obavestiti i o pravnim rešenjima koja su im dostupna u okviru zakona države u kojoj se nalaze.

19. Artikel 22 direktive 76/767/EEC se neće primenjivati počevši od 29. Novembra 1999.
20. Transpozicija i prelazne odredbe. Države su dužne da usvoje zakone i odredbe kako bi se pridržavale sa ovom direktivom
21. Ova direktiva je upućena članicama u maju 1997.

Pored članaka Direktiva je dobila i 7 dodataka:

1. Osnovni sigurnosni zahtevi koji se odnose na konstrukciju opreme, proizvodnju i materijale. U prvom dodatku se nalaze i posebni zahtevi za loženu opremu pod pritiskom, cevovode i kvantitativni zahtevi za određenu opremu.
2. Drugi dodatak sadrži 9 dijagrama za ocenu usklađenosti, u kojima se označava gornja granica usklađenosti za svaku kategoriju opreme.
3. Postupci usklađenosti opreme pod pritiskom sa standardima. U zavisnosti od tipa i kategorije opreme propisan je modul sa postupcima za kontrolu, ispitivanje i dokumentaciju koja prati opremu pod pritiskom.
4. Minimalni kriterijumi koje je potrebno zadovoljiti pri ovlašćivanju tela za ocenu usaglašenosti prema članku 12. I priznatih nezavisnih organizacija prema članku 13.
5. Kriterijumi koje je potrebno zadovoljiti dok ovlašćivanja korisničkih inspektorata iz članka 14.
6. Uputstvo vezano za CE znak (oblik slova i razmera u kojoj slova moraju biti).
7. Sadržaj izjave o usaglašenosti.

3.3 AD Merkblatt 2000

AD Merkblatt 2000 je nemački standard za proizvodnju i ispitivanje sudova pod pritiskom koji su kreirale sedam, dole navedenih, nemačkih kompanija koje zajedno čine „*Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter*“ (AD), što u prevodu znači radna grupa za posude pod pritiskom.

- Fachverband Dampfkessel, Behälter und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf
- Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main
- Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
- Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf
- VGB PowerTech e.V., Essen
- Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV)

Ove organizacije su zadužene i za stalno unapređivanje standarda u skladu sa napretkom tehnologije.

AD Merkblatt 2000 sadrži zahteve vezane za sigurnost koji se moraju ispuniti pri normalnim uslovima korišćenja. Ukoliko se pri korišćenju sudova pod pritiskom očekuju opterećenja veća od normalnih, ona se moraju uzeti u obzir i moraju se preduzeti specijalne mere. Ukoliko postoje određena odstupanja u odnosu na AD Merkblatt standard, sigurnost proizvoda se mora dokazati na druge načine (testiranjem materijala, probnim radom i sl.).

Tehnička pravila AD 2000 Merkblatt standarda podeljena su u serije:

1. Serija A – Oprema, instalacije i marketing – U ovoj seriji propisana su pravila za sigurnosnu opremu za prekomerni pritisak, kućišta za opremu, raspored revizionih otvora za inspekciju i održavanje, označavanje opreme, instalacija i pritisaka, opremu za limitiranje pritiska i temperature itd.
2. Serija B – Dizajn – U ovoj seriji su propisana pravila vezana za dizajn cilindričnih, sferičnih i konusnih posuda pod pritiskom i danaca i prirubnica za zatvaranje posuda.
3. Serija G – Osnove – Kao što sam naziv kaže, o ovoj seriji pravila su vezana za regulativu i standarde koji se provlače kroz AD 2000 kod.
4. Serija HP – Proizvodnja i testiranje – Ovo je svakako najopširnija serija sa najviše uputstava. Kreće od generalnih principa dizajna, proizvodnje i testiranja a potom zalazi u detalje. U njoj su precizirani postupci zavarivanja spojeva, uputstva za nadgledanje i ispitivanje varova kao i uputstva za testiranje svih tipova opreme i svih materijala od kojih se oprema proizvodi.
5. Serija N – Materijali koji nisu metal – Odnosi se na delove i opremu koji se proizvode od plastike, tkanine, grafita, stakla itd.
6. Serija S – Specijalni slučajevi.
7. Serija W – Materijali – Ova serija se bavi svim materijalima i delovima za opremu pod pritiskom. U tu grupu spadaju: limovi (čelik, prohrom, aluminijum), cevi (šavne i bešavne), vijačna roba, prirubnice itd.
8. Serija Z – Dodatni zapisi – Uputstva za ispunjavanje osnovnih sigurnosnih zahteva i vršenje sistematske analize štetnih uticaja.

3.4 EN 13445 Evropski standard za sudove pod pritiskom koji nemaju sagorevanje goriva

Ovaj dokument je izradio Tehnički Komitet CEN/TC 54 koji je pod okriljem BSI (British Standards Institution). Standard je odobren 23.05.2002. Standard zvanično postoji u tri verzije (Engleska, Nemačka i Francuska). Verzija na bilo kom drugom jeziku se mora prevesti pod nadzorom i odgovornošću člana CEN-a i prijaviti menadžment centru kako bi dobila isti status kao i zvanične verzije. Članovi CEN-a su nacionalni instituti za standardizaciju Austrije, Belgije, Češke, Danske, Finske, Francuske, Nemačke, Grčke,

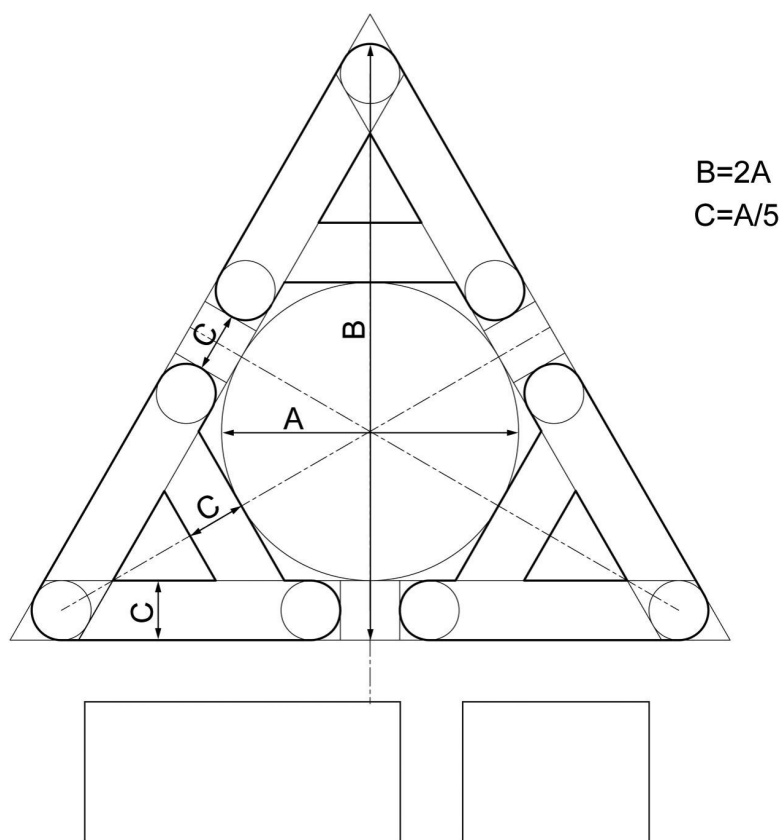
Islanda, Irske, Italije, Luksemburga, Malte, Holandije, Norveške, Portugalije, Španije, Švedske, Švajcarske i Ujedinjenog Kraljevstva.

Standard se sastoji od 7 celina koje su međuzavisne, a firme koje rade sa opremom pod pritiskom sertifikuju se za relevantne delove standarda.

- Prvi deo: Uopšteno – Ovaj deo uvodi u osnovne principe standarda. Od proizvođača se zahteva da potvrdi da su tehnička specifikacija dizajna i prateća dokumentacija u skladu sa zahtevima ovog standarda.
- Drugi deo: Materijali – Drugi deo se bavi generalnom filozofijom materijala, grupa materijala i ponašanjem materijala na drugačijoj temperaturi od sobne. Fokusiran je na rastegljive čelične materijale i definiše osnovne zahteve za uspostavljanje tehničkih uslova za isporuku.
- Treći deo: Dizajn – Ovaj deo standarda sadrži pravila koja se moraju poštovati pri dizajniranju i proračunu unutrašnjeg i/ili spoljašnjeg pritiska koji trpe posude različitih oblika, prirubnice, tela hladnjaka i otvori i ojačanja. Takođe, Propisana su i pravila za dizajn komponenti koje su izložene teretu koji nema veze sa samim pritiskom u posudi (teška oprema, motori, kompresori itd.)
- Četvrti deo: Proizvodnja – Četvrti deo je baziran na postojećoj praksi proizvodnje, pod-izvođenja, tolerisanja, sledljivosti materijala, procedura zavarivanja, testiranja proizvoda, obrade, termičke obrade itd.
- Peti deo: Inspekcija i testiranje – Ovaj deo standarda pokriva sve aktivnosti testiranja i inspekcije koje treba izvršiti kako bi se ispoštovao standard. Inspekciji podleže i dizajn i prateća tehnička dokumentacija.
- Šesti deo: Zahtevi vezani za dizajn i proizvodnju posuda i opreme pod pritiskom koja se radi od sferoidnog grafitnog livenog gvožđa.
- Sedmi deo: Uputstva za korišćenje procedura za izradu opreme pod pritiskom. PED direktiva zahteva da proizvođač odredi kategoriju opasnosti za svaku posudu pod pritiskom i u skladu sa tim odabere modul ili kombinaciju modula prema kojim će ispitivati svaki proizvod ili seriju proizvoda.

3.5 Srpski znak i deklaracija o usaglašenosti

Srpski znak usaglašenosti sastoji se od tri velika slova A raspoređena u oblik jednakostraničnog trougla. Veličina znaka se određuje prema visini B (pogledajte sliku 06 na kojoj je definisan položaj, kao i odnos veličine, debljine i rastojanja slova) koja može imati isključivo zaokružene vrednosti u milimetrima (prema sprskom standardu SRPS A.A0.001- Standardni brojevi, brojčane vrednosti i definicije) a minimalna moguća vrednost je 5mm.



Slika 06: Srpski znak za usaglašenost

Ispod trougla se nalaze dva pravougaonika. U prvi pravougaonik se upisuje jedinstveni broj imenovanog, odnosno ovlašćenog, tela za ocenjivanje usaglašenosti, dok se u drugi upisuju dve poslednje cifre godine izdavanja deklaracije o usaglašenosti.

Sadržaj deklaracije o usaglašenosti sadrži sledeće elemente:

1. Osnovni podaci o proizvođaču ili o njegovom ovlašćenom predstavniku u zemlji.
2. Specifikacija posude ili opreme.
3. Odrađeno ocenjivanje usaglašenosti.
4. Ako se radi o sklopovima, specifikacija delova od kojih se sklop sastoji i ocenjivanje usaglašenosti.
5. U situacijama kada je primenjivo, podaci o telu za ocenjivanje usaglašenosti koje je sprovelo kontrolu.
6. U situacijama kada je primenjivo, poziv na sertifikate o pregledu tipa, projekta i o usaglašenosti.
7. U situacijama kada je primenjivo, podaci o imenovanom telu koje prati sistem kvaliteta proizvođača.
8. U situacijama kada je primenjivo, uputstva za prelazak na adekvatne harmonizovane standarde.

9. U situacijama kada je primenjivo, druge standarde i specifikacije koji su korišćeni.
10. U situacijama kada je primenjivo, reference vezane za druge tehničke propise koji su primenjeni.
11. Informacije o ovlašćenom licu za potpisivanje ili o njegovom ovlašćenom predstavniku koji je registrovan u zemlji.

3.6 Tehnička regulativa u oblasti posuda pod pritiskom u Srbiji

Tehnička regulativa u oblasti posuda pod pritiskom u Srbiji zasnovana je na regulativi koja je važila u Zapadnoj Nemačkoj pre dvadesetak godina. Od tada je pretrpela nekoliko manjih izmena i dopuna. Osnovni dokument je Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom koji je objavljen u Službenom glasniku pod oznakom SG SRS 13/83, a državni organ nadležan za ovu oblast je IPK (Inspektorat Parnih Kotlova).

Iako u naše zakonodavstvo nije prenesena direktiva EU, ne postoje prepreke za njeno korišćenje, tako da proizvođači mogu po njoj raditi a inspekciju posuda pod pritiskom u tom slučaju rade sertifikacione kuće koje imaju ovlašćenja da izdaju sertifikate iz ove oblasti.

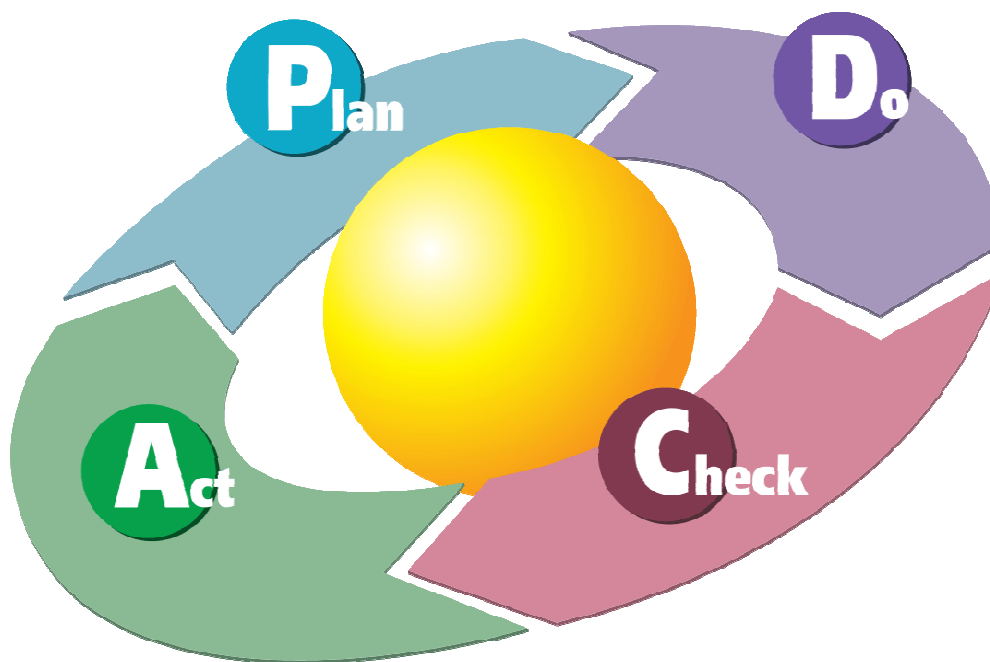
4 STANDARDI SISTEMA UPRAVLJANJA

U vreme industrijske revolucije, kada je potreba za posudama pod pritiskom počela naglo da raste, male zanatske radionice su bile primorane da prerastaju u fabrike. Za razliku od radionica, gde su majstori pratili razvoj proizvoda od početka do kraja, fabrička proizvodnja je zahtevala osnivanje zasebnih celina za određene procese kako bi dobili na produktivnosti. Sve ovo je zahtevalo uvođenje pravila i procedura kako bi se pored kvantiteta, održavao i kvalitet.

Danas su proizvođači posuda pod pritiskom, u zavisnosti od zahteva kupaca i od zakona u državama u kojima ili sa kojima rade, u obavezi da sertifikuju adekvatne standarde. Najčešće sertifikovani standardi u ovoj branši su svakako sistem menadžmenta kvalitetom, sistem menadžmenta za zaštitu životne sredine i sistem menadžmenta za zaštitu zdravlja i bezbednosti na radu.

Ove serije standarda izrađuje ISO (International Organization for Standardization) svetska federacija nacionalnih institucija za standardizaciju, a rad na pripremanju međunarodnih standarda odvija se kroz tehničke komitete. Nacrt međunarodnog standarda koji usvoji tehnički komitet se šalje članicama ISO koje glasaju za ili protiv. Da bi međunarodni standard bio usvojen, 75% članica treba da ga odobri.

Svi standardizovani menadžment sistemi zasnovani su na Demingovom P-D-C-A (Plan – Do – Check – Act) krugu, menadžment metodi koja se sastoji od četiri koraka i služi za stalno poboljšavanje i kontrolisanje svih procesa i proizvoda jedne firme. Ova metoda se zasniva na pretpostavci da se većina aktivnosti u svakoj proizvodnji ponavlja. Čak i kada se radi neki novi proizvod, prenosi se dosta elemenata iz proizvodnje starog.



Slika 07: Demingov P-D-C-A ciklus

Kada se procesnim pristupom izanaliziraju sve međusobno povezane radnje (proces) na svaku od njih se primenjuju sledeći koraci:

- *Plan* – Planiranje i postavljanje ciljeva za svaki proces u skladu sa politikom organizacije i zahtevima kupaca i ostalih zainteresovanih strana.
- *Do* – Primena procesa, realizacija isplaniranog i dokumentovanje rezultata.
- *Check* – Analiziranje izlaznih podataka i upoređivanje istih sa ciljevima, politikom firme i davanje ocena.
- *Action* – Rezultati iz prethodnog koraka se koriste sa propisivanje korektivnih ili preventivnih mera kako bi se ispravile greške i poboljšali procesi.

Stalnom primenom Demingovog kruga na sve procese radi se na stalnom poboljšanju istih. Poboljšanja su postepena i nemaju uvek velike efekte ali su zato i ulaganja manja, a samim tim i rizik.

4.1 Sistem menadžmenta kvalitetom

Iako u samom ISO 9000 standardu piše da usvajanje sistema menadžmenta kvalitetom treba da bude strateška odluka organizacije, proizvođači posuda pod pritiskom su najčešće u obavezi da se sertifikuju upravo zbog prirode posla i proizvoda, odnosno, opasnosti koje vrebaju i u toku proizvodnje i u toku korišćenja ovakve vrste opreme. Isto važi i za sistem menadžmenta za zaštitu životne sredine i sistem menadžmenta za zaštitu zrdavlja i bezbednosti na radu.

Standard ISO 9000 sastoji se od nekoliko celina:

- ISO 9000 opisuje osnove sistema menadžmenta kvalitetom i sadrži termine i definicije potrebne za razumevanje standarda.
- ISO 9001 sadrži zahteve vezane za sistem menadžmenta kvalitetom. Zahtevi se odnose na organizaciju preduzeća, odnos prema kupcu, dokumentaciju, menadžment resursima itd.
- ISO 9004 sadrži uputstva koja se odnose na efektivnost i efikasnost sistema menadžmenta kvalitetom. Cilj ovog standarda je unapređivanje organizacije i zadovoljavanje kupaca i ostalih zainteresovanih strana.
- ISO 19011 su uputstva za proveravanje sistema menadžmenta kvalitetom i sistema menadžmenta životnom sredinom.

4.1.1 Osnovni principi sistema menadžmenta kvalitetom

Da bi se organizacijom uspešno rukovalo, prema ISO 9001 standardu potrebno je da se pridržavate osnovnih principa menadžmenta:

1. Usmerenje na korisnike – Stroga posvećenost kupcima i ostalim zainteresovanim stranama jer bi bez njih sve bilo besmisleno.
2. Liderstvo – Potrebno je definisati jasnu hijerarhiju, podelu obaveza i jedinstvene ciljeve.
3. Uključivanje osoblja – Osoblje na svim nivoima čini suštinski deo organizacije i samo potpunim uključivanjem svakog člana se mogu ispuniti planovi organizacije.
4. Procesni pristup – Ako se menadžment aktivnostima i resursima ostvaruje kao proces rezultati se mogu efikasnije ostvarivati.
5. Sistemski pristup – Identifikovanje i potpuno razumevanje svakog dela nekog sistema doprinosi efikasnosti i efektivnosti.
6. Stalna poboljšanja – Svaka firma mora da prati trendove i da konstantno teži poboljšanju svakog procesa.
7. Odlučivanje na osnovu činjenica – Važnost analize svih podataka i informacija vezanih za poslovanje same firme i stanje tržišta generalno.
8. Uzajamno korisni odnosi sa isporučiocima – Dobri odnosi sa isporučiocima su sveukupno korisni i pomažu preduzećima u stvaranju vrednosti.

4.1.2 Dokumentacija sistema menadžmenta kvalitetom

Proizvodnja opreme pod pritiskom sa sobom nosi veliku odgovornost, zbog čega se mora staviti akcenat na dokumentaciju. Pored osnovnih dokumenata kao što su poslovnik o kvalitetu i izjava o politici i ciljevima kvaliteta, neophodno je da se naprave zvanične procedure po kojima će se odvijati procesi kao što su: procedura za upravljanje dokumentima, za upravljanje zapisima, za upravljanje ciljevima, preispitivanje od strane rukovodstva, obuka zaposlenih, održavanje opreme, očuvanje nabavljenih proizvoda, očuvanje i isporuka gotovih proizvoda, interna provera, planiranje i upravljanje proizvodnjom, korektivne i preventivne mere i razne procedure za kontrolu merne opreme, nabavljenih i završnih proizvoda. Procedure se moraju dostaviti svakom članu izvršnog menadžmenta koji na bilo koji način učestvuje u procesu za koji su vezane iste. Internom proverom se proverava usaglašenost procesa sa relevantnim procedurama i propisuju se adekvatne mere za korekciju ili prevenciju eventualnih neusaglašenosti.

Sledeća kategorija dokumenata je vezana za sam proizvod i njegovu proizvodnju. U ovu kategoriju spadaju:

- Radna uputstva – dokumenta koja detaljno opisuju određenu aktivnost ili operaciju. Pišu se kod složenijih operacija i služe kao potsetnik ili kao uputstvo pri obuci novih radnika.
- Uputstva za kontrolu – dokumenta slična radnim uputstvima, ali je njihova namena vezana za kontrolisanje određenih operacija, alata, poluproizvoda, proizvoda itd.
- Planovi rada – Komplikovanu proizvodnju, kao što je oprema pod pritiskom, je vrlo bitno detaljno isplanirati, te se prave razne vrste planova za različite vremenske periode, pogone, radne jedinice i sl.
- Radni nalozi - dokumenta koja prate proizvod, tok njegove izrade i učesnike u njegovoj izradi.

- Radne liste – su slične radnim nalogima s tim što su one vezane za radnika a ne za proizvod.
- Razne vrste tabela, crteža, skica, šema krojenja po kojima se radi.

Poslednja kategorija su zapisi, dokumenta koja imaju zadatak da isprate određeni deo proizvodnje ili neke druge aktivnosti u firmi i potom idu u arhivu gde se čuvaju propisani vremenski period.

Količina dokumentacije zavisi prvenstveno od veličine firme i složenosti proizvoda, odnosno broja procesa, a može zavisiti i od zahteva kupaca, same kontrole kvaliteta, broja različitih vrsta repromaterijala kao i od same sposobnosti radnika.

Za većinu dokumentacije poželjno je da bude u digitalnom formatu, kako bi se maksimalno smanjila potrošnja papira i ostalog kancelarijskom materijala, ali određena dokumenta moraju biti overena potpisom ili pečatom.

4.1.3 Kontrola kvaliteta

Pored dokumentacije, najbitniji deo sistema kod proizvodnje opreme pod pritiskom je svakako kontrola kvaliteta. Ona mora postojati u svakom delu proizvodnje i svuda mora biti podjednako rigorozna. Najbitniji procesi koji moraju biti konstantno i temeljno kontrolisani su:

- Kontrola nabavljenih proizvoda – Bilo da je reč o repromaterijalu za izradu opreme, gotovim delovima koji se ugrađuju ili alatima za izradu, ulazna kontrola je vrlo važna. Oprema pod pritiskom se pravi od specijalnih materijala te svaki proizvod mora imati predviđeni atest kao izjavu o kvalitetu i garancije proizvođača. Većina atesta koji dolaze sa materijalom i delovima se prolazu uz finalnu dokumentaciju koja se isporučuje zajedno sa gotovim proizvodom.
- Kontrola opreme za praćenje i merenje – procedurom za upravljanje opremom za praćenje i merenje propisano je koji se uređaji, kako i koliko često moraju proveravati. U ovoj proizvodnji su to najčešće uređaji za merenje pritiska (manometri) i uređaji za ispitivanje opreme pod pritiskom (ispitne stanice). Pored njih kontroli podležu i razni uređaji sa ispitivanjem dimenzija i svojstava materijala. Uređaji za merenje dimenzija su nonijusi, mikrometri, laseri, lenjiri, libele itd. Uređaji za merenje svojstava materijala su za debljinu čelika i farbe, za merenje čvrstoće materijala i vijačne robe itd.
- Kontrola u toku proizvodnje i kontrola podsklopova – U toku proizvodnje postoje kritične operacije pri kojima je verovatnoća da dođe do greške veća nego kod ostalih operacija. Te tačke se moraju prepoznati i tu se uvodi kontrola. Kod posuda pod pritiskom su to najčešće, obeležavanje plašta za otvaranje rupa na kojima će se montirati priključci, montiranje priključaka pre zavarivanja, montiranje ojačanja na koja će se variti konstrukcije itd. Takođe, svaki podsklop koji se pravi zasebno i kasnije montira na posudu mora biti zasebno kontrolisan pre montiranja. Pod tim sklopovima se najčešće podrazumevaju: postolja na kojima posuda stoji, konstrukcije koje služe kao nosači za motore i kompresore, ocevljenja koja povezuju posude sa ostalim elementima itd.

- Završna kontrola – kontrola koja se radi nakon svih operacija i gde se proveravaju propisane mere, položaj priključaka nakon zavarivanja, oštećenja nastala pri transportu itd.
- Ispitivanje na pritisak – nakon što se zavare svi priključci i posuda dobije svoj finalni oblik, priključci se zatvaraju. Na priključke koji se završavaju prirubnicom šrafi se kontra prirubnica za ispitivanje, a na one koje nemaju prirubnicu zavaruje se blenda odgovarajuće debljine. Posuda se puni posebnim uljem za ispitivanje i ispitna stanica podiže pritisak u posudi na propisanu vrednost (ispitni pritisak). To se sve dešava u prisustvu nadzornog organa i ukoliko posuda ne pokazuje nikakvu deformaciju ili ispuštanje fluida, posuda je spremna za peskarenje, farbanje a potom i isporuku.

4.1.4 Nova verzija standarda ISO 9001:2015

Prema dogovoru koji je usvojio ISO TC 176, objavljena je CD verzija standarda (*commite draft*) koja se pojavila se u junu 2013. godine. Narednih par meseci su vođene rasprave i davale su se primedbe i predlozi u vidu glasova, da bi se u septembru održalo zasedanje komiteta u Portu. Razmatrano je oko tri hiljade primedbi i predloga.

Finalna verzija standarda objavljena je 15.09.2015. S obzirom da sertifikat za ISO 9001 standard važi 3 godine, toliki će biti i tranzicioni period za prilagođavanje sistema upravljanja kvalitetom novim zahtevima. Svi sertifikati ISO 9001:2008 prestaju da važe 15.09.2018.

4.2 Sistem menadžmenta za zaštitu životne sredine

Proizvodnja posuda pod pritiskom podrazumeva korišćenje mnoštva opasnih supstanci po životnu sredinu, stoga je vrlo važno da proizvođač obrati pažnju na očuvanje sredine i redovno preispituje, ocenjuje i proverava sopstveni učinak zaštite sredine. Takođe, proizvođač je u obavezi da poštuje važeće zakone države u kojoj posluje i poželjno je, a često i obavezno, da se sertifikuje.

Serijski standard 14000 ima zadatak da pomogne preduzećima svih veličina i delatnosti da naprave sistem koji će u isto vreme čuvati životnu sredinu, pratiti aktuelne zakone vezane za životnu sredinu i učiniti svoj proizvod konkurentnijim na tržištu, jer sve zainteresovane strane treba da vode računa o životnoj sredini. Takođe, elementi ovog sistema se mogu integrisati sa ostalim sistemima upravljanja kako bi se olakšalo praćenje i postizanje ciljeva preduzeća.

Preteča ISO 14000 standarda je Britanski BS 7750 standard koji se smatra za prvi sistem upravljanja vezan za zaštitu životne sredine. Prvo izdanje stanarda je izradio Tehnički komitet ISO/TC 207 1996. godine. Drugo izdanje pojavilo se u novembru 2004. Standardi iz serije 14000 dele se u dve osnovne grupe:

1. Grupa standarda koji se odnose na sisteme upravljanja zaštitom životne sredine
2. Grupa standarda koji se odnose na same proizvode i njihov životni ciklus

Najbitniji standardi iz ove serije su svakako 14001 : Sistemi upravljanja zaštitom životne sredine i 14004 : Sistem upravljanja zaštitom životne sredine – Zahtevi sa uputstvom za primenu

4.2.1 Politika zaštite životne sredine

Politika zaštite životne sredine mora da:

- Odgovara vrsti, obimu i uticajima na životnu sredinu njenih aktivnosti, proizvoda ili usluga
- Bude pravežena stalnom unapređivanju i prevenciji zagađivanja
- Bude pravežena usaglašenosti sa odgovarajućim zakonskim i drugim propisima o zaštiti životne sredine
- Obezbedi okvir za postavljanje i preispitivanje opštih i posebnih ciljeva zaštite životne sredine
- Bude dokumentovana, primenjena i održavana
- Bude saopštena svim osobama koje rade za preduzeće ili preko njega
- Bude dostupna javnosti

4.2.2 Preispitivanje početnog stanja

Prvi korak koji preduzeće pravi kada uđe u pripreme za sertifikaciju sistema upravljanja za zaštitu životne sredine je preispitivanje početnog stanja. Polazi se od geografskog položaja same firme. Preispituje se njeno okruženje, odnosno, udaljenost od naseljenih područja, vrsta zemljišta, udaljenost od reka, šuma, puteva, pruga, deponija, postrojenja za rećklažu i tako dalje. Zatim se ti podaci analiziraju i dolazi se do zaključaka kako to sve utiče na firmu i na okolinu firme.

Što se proizvodnje sudova pod pritiskom tiče, vrlo je bitno da se preduzeće nalazi daleko od naseljenih područja i poljoprivrednih površina zbog buke i kolićine štetnih materija koje se emituju u vazduh. Takođe, vrlo je bitna mreža saobraćajnica s obzirom da se radi o veoma gabaritnim proizvodima koji se najčešće prenose šleperima i brodovima. Zbog štetnih materija mora se voditi računa o vodenim tokovima kako ne bi doslo do međusobnog kontakta. Otpadi, kako opasni, tako i neopasni, moraju se propisno skladištiti i odlagati kako se ne bi zagađilo zemljište.

Posle analize položaja firme, stavlja se akcenat na proizvode i usluge. Uzimaju se u obzir svi delovi opreme i njihov uticaj na životnu sredinu. U obzir se uzimaju i proizvodi i usluge koji nemaju veze sa opremom pod pritiskom.

4.2.3 Aspekti životne sredine i uticaji na životnu sredinu

Jedna od osnovnih stvari kod sertifikacije sistema upravljanja za zaštitu životne sredine je identifikacija aspekata svojih proizvoda, usluga i aktivnosti. Na većinu aspekata se može uticati u manjoj ili većoj meri, promenom aktivnosti, uvođenjem novih, uvođenjem određenih mera zaštite ili zamenom i reciklažom nekih repromaterijala.

Neki od najbitnijih aspekata kod proizvodnje sudova kod pritiskom su: emisija u vazduh, ispuštanja u vodu, ispuštanja u zemlju, korišćenje repromaterijala i alata, buka, potrošnja električne energije i goriva, količina opasnog i neopasnog otpada. Svaki od ovih aspekata ima manji ili veći uticaj na životnu sredinu a promene u sredini mogu biti:

- zagađenje ili promena karakteristika zemljišta
- zagađenje vazduha
- zagađenje vodenih tokova i podzemnih voda i izvora
- iscrpljenost prirodnih resursa
- zagađenje flore i faune
- promena klime i terena
- uticaj na kulturno nasleđe

Nakon identifikacije aspekata i njihovih uticaja na sredinu vrši se njihovo vrednovanje. Utvrđivanjem načina i kriterijuma za vrednovanje možemo doći do određenih zaključaka koji su aspekti manje ili više značajni i na koje možemo u kojoj meri da utičemo. Neki od najbitnijih kriterijuma za vrednovanje aspekata su vezani za učestalost i težinu aspekata kao i za relevantne i važeće zakone.

Informacije koje dobije iz ovog vrednovanja kao i informacije iz svih sledećih merenja aspekata, preduzeće je u obavezi da dokumentuje, arhivira i analizira kako bi moglo uspešno da radi na stalnom poboljšavanju i očuvanju životne i radne sredine.

4.2.4 Mere kojima se utiče na aspekte

Na svaki od gore navedenih aspekata se može u nekoj meri uticati. Ovo su mere koje se preduzimaju kod najbitnijih aspekata kod proizvodnje posuda por pritiskom:

- Emisija u vazduh – postoji više štetnih materija koje se emituju u vazduh prilikom ovakve proizvodnje. Najštetnije i najučestalije su svakako isparenja i gasovi od zavarivanja i sečenja (gasom, plazmom, laserom), metalna prašina od brušenja, isparenja od farbi i razređivača, čestice peska od peskarenja. Zaštita od ovih materija se vrši na dva nivoa. Prvi nivo su zaštitne maske i boce sa vazduhom i kiseonikom koje nose radnici, a drugi je ventilacija radnih prostorija koja u sebi mora sadržati adekvatne filtere kako se ove materije nebi emitovale u vazduh van.
- Ispuštanja u vodu – mere koje se preduzimaju kako opasne materije nebi došle u kontakt sa vodenim tokovima su izrada metalnih posuda u kojima stoji ambalaža sa opasnim supstancama, betoniranje kanala i otvora na kritičnim mestima gde može

doći do izlivanja i pravljenje procedura po kojima se postupa u slučaju izlivanja. Svaki proizvod sa opasnim materijama ima svoj sigurnosni list u kome treba da bude jasno navedeno kako se postupa sa ostacima tog proizvoda.

- Ispuštanja u zemlju – Vrlo je važno da se čak i neopasan otpad kao što je metalni skladišti pravilno, odnosno da ne stoji direktno na zemlji, kako se ne bi zagađivalo zemljište, a sa njim i eventualne podzemne vode i izvori. Metalni otpad se mora čuvati na betonskim površinama dok se ostali lakši otpadni materijali klasifikuju u kontejnere.
- Repromaterijali i alati – Postoji mnoštvo mera koje se mogu preduzeti kako bi se smanjila potrošnja ovih stavki. Bilo da je reč i boljem iskorišćenju materijala ili kupovinom kvalitetnijih ili svrsishodnijih alata, pojačanom kontrolom radnika, svaka firma mora konstantno voditi računa i težiti da otpad ovakve vrste svede na minimum, ne samo zbog očuvanja sredine, već i iz finansijskih razloga.
- Buka – Buka je neizbežan deo svakog vida obrade metala. Ona se teško može redukovati, ali se zaposleni u firmi mogu delimično zaštititi od nje korišćenjem propisane zaštitne opreme opreme i zvučnom izolacijom pogona u kojima buka nastaje.
- Potrošnja energije – Napretkom tehnike dobijamo sve efikasnije mašine i alate. Vrlo je važno da se ide u korak s vremenom, jer se na duge staze svakako isplati ulaganje u mašine koje isti posao rade brže i troše manje energije, bilo da je u pitanju električna energija ili neki oblik goriva.
- Otpad – Ne može se uticati na smanjenje svih vrsta otpada, šta više, kako preduzeće raste i količina otpada raste zajedno sa njim, ali se otpad može pravilno odlagati i slati na recikliranje.

4.2.5 Vrste i zbrinjavanje otpada

Kao i u svakoj proizvodnji otpad se prvenstveno deli na opasan i neopasan otpad. Samim tim razlikuje se i način odlaganja istog.

Neopasan otpad u proizvodnji opreme pod pritiskom je u najvećoj količini metalni otpad. U okviru metalnog otpada se može izvršiti podela na koristan otpad, nekoristan otpad i špon. Koristan otpad se zadržava u firmi dok se ne nađe neka svrha za njega dok se nekoristan otpad i špon u saradnji sa firmama za prikupljanje i reciklazu sekundarnih sirovina šalje na reciklažu. Pored metalnog otpada u neopasan otpad ubrajamo kancelarijski papir, kartonsku ambalažu, pet ambalažu i ostali neopasan otpad. Papir i pet ambalaža se takođe odlažu u posebne kontejnere i potom šalju na reciklažu.

Opasan otpad ima daleko komplikovaniju proceduru za zbrinjavanje. Prvi korak je kontaktiranje organizacije koja se bavi ispitivanjem i kategorizacijom opasnog otpada. Ta organizacija je u obavezi da pošalje ljude na lice mesta i da pokupi uzorke otpada u propisanoj količini. Uzorci se nose na ispitivanje gde im se određuju sastav i kategorija opasnosti.

Kada se izvrši ispitivanje i kategorizacija otpada treba pronaći firmu koja se bavi zbrinjavanjem te konkretne vrste otpada. Otpad se razvrstava, pakuje u posebne vreće kako ne bi dolazilo do isparavanja i do kvašenja otpada ukoliko nije u zatvorenoj prostoriji. Kada se nakupi određena količina, firma koja se bavi zbrinjavanjem otpada je u obavezi da ministarstvu poljoprivrede i zaštite životne sredine najavi kretanje opasnog otpada u skladu sa članom 46 Zakona o upravljanju otpadom Sl. glasnik br. 36/09. Zatim vrši najavu preuzimanja otpada firmi kod koje dolazi. Kada je otpad utovari u prevozno sredstvo prvo ide na merenje. Tom prilikom dobija vagarske listove sa tačnim težinama svih vrsta otpada posle čega ide u postrojenje za zbrinjavanje. Na kraju celog ovog ciklusa firma koja se oslobodila otpada dobija papire koje je u obavezi da arhivira i pokaže prilikom inspekcije i eksternog audita sistema menadžmenta za zaštitu životne sredine.

Što se same proizvodnje sudova pod pritiskom tiče ovo su opasni otpadi koji se najčešće javljaju:

- Otpadno ulje za ispitivanje sudova
- Otpadno hidraulično ulje za mašine
- Ambalaža od ulja
- Ambalaža od farbe
- Ambalaža od nitro-razređivača
- Zauljene krpe od ulja
- Metalna burad od ulja i goriva
- Prazne kantice od sredstva za ispitivanje (penetraciju) varova
- Prazni toneri od štampača i plotera
- Granule ili piljevina za prikupljanje prosutog ulja
- Elektronski otpad od računara i ostalih električnih uređaja itd.

4.3 Sistem menadžmenta za zaštitu zdravlja i bezbednosti na radu

U savremenim poslovanju zaposleni se smatraju najvažnijim resurom jedne organizacije, u skladu sa tim je došlo do izmena i unapređivanja mnoštva zakona među kojima su i zakoni o zaštiti bezbednosti i zdravlja na radu. OHSAS 18001 je serija standarda za sisteme menadžmenta zaštitom zdravlja i bezbednosti na radu (eng. OHSMS – Occupational Health and Safety Assessment Series) koji je nastao kao odgovor na zahteve organizacija koje su htele standard koji bi im pomogao da idu u korak sa zakonima i da stvore zdravo i bezbedno okruženje za svoje zaposlene. Dakle, primena ovog standarda nije zakonski uslovljena, ali je u slučaju proizvodnje kao što su posude pod pritiskom vrlo važna jer su zaposleni konstantno izloženi riziku.

Standard je napravljen tako da bude kompatibilan sa QMS 9001:2000 i EMS 14001:2004, kako bi se standardi mogli integrisati i lakše sprovodili i unapređivali. Serija standarda se sastoji iz dva dela:

- OHSAS 18001:1999 – OH&SMS – Zahtevi
- OHSAS 18002:1999 – OH&SMS – Smernice za primenu OHSAS 18001

Ovaj standard je 2007. Godine zamenjen i poništen novijom verzijom standarda u kojoj ima novih definicija, terminologija je malo izmenjena i akcenat je stavljen na zdravlje zaposlenih.

Standard se sastoji iz četiri dela:

1. Predmet i područje primene
2. Referentne publikacije
3. Termini i definicije
4. Zahtevi OHSAS sistema upravljanja

OHSAS standard se može primeniti na sve vrste organizacija kojima je u interesu da:

- Uspostave sistem upravljanja kojim bi svele na minimum ili potpuno eliminisale rizike za svoje zaposlene i druge strane koje mogu biti izložene raznim opasnostima koje proističu iz njihovih aktivnosti
- Primene, održavaju i stalno poboljšavaju OHSAS sistem upravljanja
- Osiguraju usaglašenost sa sopstvenom OHSAS politikom
- Pokažu usaglašenost sa OHSAS standardom samostalnim ocenjivanjem usaglašenosti, potvrdom od strane zainteresovanih strana i sertifikacijom od strane eksterne organizacije

4.3.1 Procena rizika

Akt o proceni rizika je dokument, po zakonu, mora da ima svaka firma bez obzira da li je sertifikovala OHSAS 18001 ili ne. Procena rizika je proces neprekidnog i sistematskog evidentiranja i procenjivanja svih faktora rada koji mogu dovesti do nastanka povrede ili oštećenja zdravlja zaposlenih u organizaciji. Akt o proceni rizika nastaje sprovođenjem procene rizika, i kao takav ne treba da bude samom sebi svrha, što znači da se pažnja treba usmeriti na same procese i težiti kad smanjivanju ili potpunom eliminisanju njihovih posledica po zdravlje.

Ni standard OHSAS 18001 ni zakon o bezbednosti i zdravlju na radu ne preciziraju konkretnu metodu za procenjivanje rizika, već se pozivaju na brojne postojeće međunarodne metode, od kojih treba izabrati jednu u zavisnosti od veličine i vrste organizacije.

Procenjivanjem rizika dobija se informacija koja procenjen rizik svrstava u jednu od sledećih grupa:

- Neprihvatljivi rizici – koji se ne mogu tolerisati, te se faktori koji dovode do njih moraju potpuno eliminisati
- Rizici koji su uslovno prihvatljivi – tolerišu se ukoliko se proceni da je smanjenje rizika neizvodljivo, te se preduzimaju različite mere za upravljanje opasnostima
- Prihvatljivi rizici – posledice ovih rizika su prihvatljive i nije potrebn opreduzimati nikakve mere

4.3.2 Politika zdravlja i bezbednosti na radu

Preduzeće koje se odluči za sertifikovanje OHSAS 18001 standarda mora precizno definisati politiku zdravlja i bezbednosti na radu. Osnovne osobine politike su:

- Sadrži sve ciljeve zdravlja i bezbednosti na radu
- Objavljena je od strane najvišeg rukovodstva
- Odgovara prirodi i nivou OHSAS rizika
- Dokumentovana, primenjena i održavana
- Komunicirana prema svim zaposlenima
- Prihvatljiva za sve zainteresovane strane
- Periodično preispitivana

5 ZAKONSKA REGULATIVA

Pored tehničke regulative, proizvođač posuda pod pritiskom mora ispoštovati i zakonsku regulativu. Postoje zakoni koji se odnose direktno na posude pod pritiskom i prateću opremu, a uz njih idu i opšti zakoni vezani za finansije, uvoz/izvoz, rad, zaštitu na radu, zaštitu životne sredine itd. Neki od osnovnih zakona koje je potrebno ispoštovati na teritoriji Republike Srbije navedeni su u tabeli ispod:

Oznaka regulative	Naziv
JUS N.M1.001	Zahtevi za bezbednost
JUS M.E2.100	Hidroforske posude
JUS M.E0.040	Stabilne posude pod pritiskom
Sl.gl. 50-676/1	Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom
JUS N.M1.100	Električni akumulacioni zagrevači vode
JUS M.C5.750, 1991	Akumulacioni zagrevači vode . Sigurnosni uređaj
JUS M.E2.950	Proračun debljine zida za posude zatvorenih zagrevača vode do 50l
JUS M.E2.951	Proračun debljine zida za posude zatvorenih zagrevača vode od 50l do 2000 l
EN ISO 1127:1997	Cevi od nerđajućeg celika , Dimenzije , tolerancije , I standardne težine cevi
JUS IEC 60335-2-21, 2002	Bezbednost aparata za domaćinstvo i sličnih električnih aparata. Deo 2 : Posebni zahtevi za akumulacione zagrevače vode.
SRPS EN 60335-2-21 2010	Aparati za domaćinstvo i slični električni aparati, Deo 2-21 Posebni zahtevi za akumulacione bojlere
SRPS EN 61000-3-2, 2011	Elektromagnetna kompatibilnost (EMS), Deo 3-2 Granice za emisije harmonika struje (ulazna struja uređaja manja od 16A po fazi) izmena 2
SRPS EN 31000-3-3, 2009	Elektromagnetna kompatibilnost (EMC), Deo 3-3 : Granice - Ograničavanje promena napona i flikera u javnim sistemima niskonaponskog napajanja za uređaje čija je naznačena struja manja od 16A po fazi i koji ne podležu uslovljenom priključivanju
SRPS EN 61000-6-3, 2008	Elektromagnetna kompatibilnost (EMC), Deo 6-3 : Generički standardi - Standard za emisiju u stambenim i komercijalnim okruženjima lake industrije.
SRPS EN 12897, 2011	Snabdevanje vodom - specifikacija za posredno zagrevane neventilirane zatvorene bojlere
SRPS EN ISO 3651-2 : 2011	Feritni, austenitni, dupleks čelici - Ispitivanje korozije u sredini koja sadrži sumpornu kiselinu
ISO 6892-1:2009	Metalni materijali - Test zatezne čvrstoće, deo 1
ISO 9445:2002	Tolerancija dimenzija i formi sečenih i slitovanih limova od

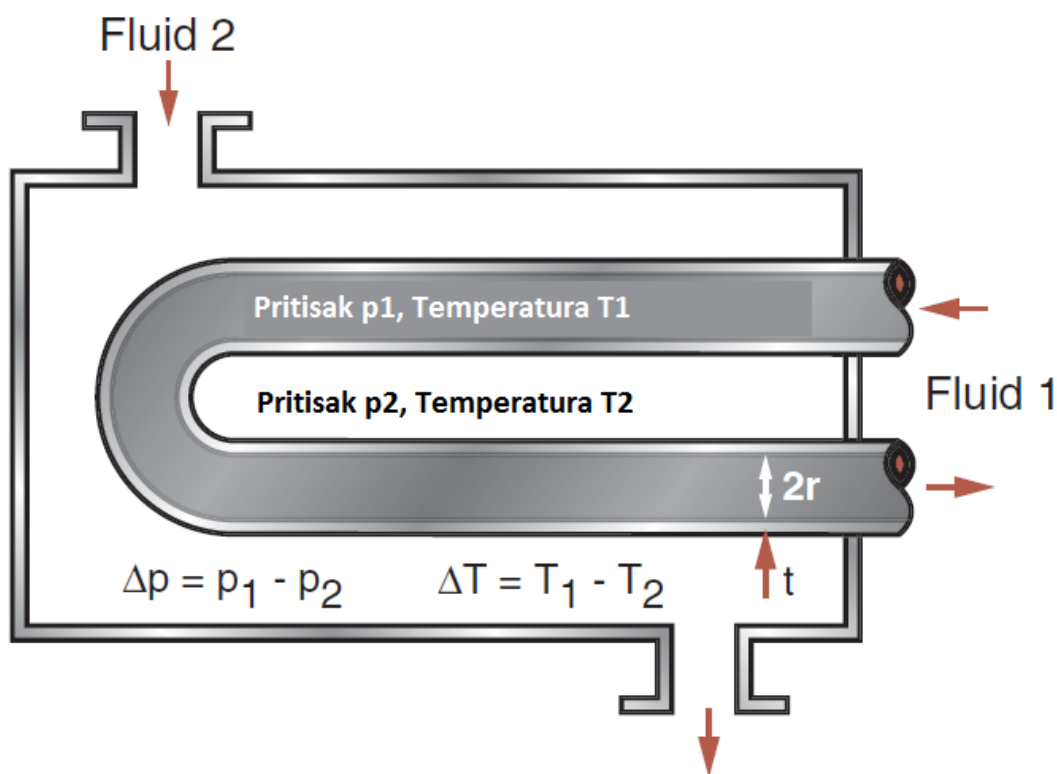
	nerđajućeg čelika
46/06, 111/09, 99/11, 62/13	Zakon o računovodstvu i reviziji
84/04, 86/04, 61/05, 61/07, 93/12, 108/13, 68/14, 142/14	Zakon o PDV-u
25/01, 80/02, 80/02, 43/03, 84/04, 18/10, 101/11, 119/12, 47/13, 108/13, 68/14, 142/14	Zakon o porezu na dobit pravnih lica
108/13, 57/14, 68/14	Zakon o porezu na dohodak građana
36/11, 99/11, 83/14, 5/15	Zakon o privrednim društvima
43/04, 62/06, 111/09, 31/11	Zakon o platnom prometu
18/10, 111/12	Carinski zakon
66/10	Zakon o carinskoj tarifi
46/95, 66/01, 91/05, 62/06	Zakon o prevozu u drumskom saobraćaju
135/04, 36/09, 72/09, 43/11	Zakon o zaštiti životne sredine
109/09, 8/10	Uredba o određivanju aktivnosti čije obavljanje utiče na životnu sredinu
36/09, 88/10	Zakon o upravljanju otpadom
88/10	Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu
36/09, 88/10	Zakon o zaštiti buke u životnoj sredini
36/09, 10/13	Zakon o zaštiti vazduha
36/09	Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu
21/10, 10/13	Pravilnik o obrascima izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom
70/09	Pravilnik o god. količini amb otpada za koji se obavezno obezbeđuje prostor, sakupljanje....
56/10	Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada
41/10	Pravilnik o Listi opasnih materija
114/13	Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju otpada
95/10	Pravilnik o obrascu dnevne evidencije i god. izveštaja
56/10	Pravilnik o uslovima i načinu razvrstavanja, pakovanja i čuvanja sekundarnih sirovina
71/10	Pravilnik o upravljanju otpadnim uljima
92/10	Pravilnik o načinu skladištenja, pakovanja i obeležavanja opasnog

	otpada
114/13	Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju opasnog otpada
30/97, 35/97	Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, načinima i rokovima merenja i evidentiranja podataka
55/01, 72/09, 56/10	Pravilnik o nacinu razvrstavanja, pakovanja i čuvanja sekundarnih sirovina
11/10, 75/10, 63/13	Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha
71/10, 6/11	Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh
27/97	Pravilnik o tehničkim normativima za sisteme za ventilaciju i klimatizaciju
88/2010	Zakon o izmenama i dopunama zakona o zaštiti prirode
75/14	Zakon o radu
68/14	Zakon o doprinosima za obavezno socijalno osiguranje
101/05	Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu

6 MATERIJALI

Prioritet kod izrade svih vrsta posuda pod pritiskom, bez obzira na veličinu i namenu, je svakako bezbednost. U skladu sa tim biraju se adekvatni materijali za izradu čija je glavna karakteristika da se deformišu ili da im procuri fluid pre pucanja. Manje posude se uglavnom prave tako da se deformišu pre pucanja, a deformitet je lako uočiti i zatim osloboditi pritiskom. Kod većih posuda, sa debljim zidovima to nije uvek moguće, pa je kod njih ideja da se u slučaju prevelikog pritiska prvo pojavi pukotina koja bi bezbedno oslobodila pritisak. Po svaku cenu se mora izbeći krti lom, a u slučajevima kada je iz određenih razloga potrebno koristiti krte materijale, neophodno je preduzeti odgovarajuće mere.

Dakle, materijali moraju imati odgovarajuće karakteristike za svoju svrhu i za sve uslove ispitivanja, ali se mora strogo voditi računa i o predviđenom veku trajanja kao i o uslovima u kojima će proizvod raditi. Potrebno je da budu otporni na hemijska svojstva fluida sa kojima rade kao i na spoljne uticaje. Ne smeju biti podložni starenju i moraju odgovarati svim predviđenim postupcima obrade kao i spajanju sa drugim materijalima.



Slika 08: Razlika u pritisku i temperaturi uzduž zida cevi izmenjivača toplote

Osim tehničkih karakteristika, inženjer metalurg koji vrši odabir materijala mora voditi računa i o dostupnosti materijala na tržištu, kao i o ceni. Isti materijali imaju različite oznake u drugim državama jer su drugačiji standardi.

Pored početne cene materijala, bitan faktor je i cena kasnijeg održavanja za takve materijale.

U.S.A.	European Standard	Germany	United Kingdom	Japan
SA 285 Gr. B	P 235 GH	H I	161 Gr 400	SB 410
SA 515 Gr 60	P 265 GH	H II	161 Gr 430	SB 480
SA 515 Gr 70	P 295 GH	17 Mn 4	224 Gr 340	SPV 315
SA 299	P 355 GH	19 Mn 6	225 Gr 490	SPV 356
SA 204 Gr A	16 Mo 3	15 Mo 3	—	SB 480 M
SA 387 Gr 12 Class 2	13 Cr Mo 4-5	13 Cr Mo 44	630 Gr 27	SCMV2 Div. 2
SA 387 Gr 22 Class 2	10 Cr Mo 9-10	10 Cr Mo 910	620 Gr 31	SCMV4 Div. 4
SA 516 Gr 60	P 275 NH	WStE 285	164 Gr 400, Lt 20	SGV 450
SA 516 Gr 70	P 355 NH	WStE 355	225 Gr 490, Lt. 20	—
SA 572 Gr 65	P 460 NH	WStE 460	—	—
SA 240 - 410 S	X6 Cr 13	1.4000	403 S 17	410 S
SA 240 - 405	X6 Cr Al 13	1.4002	405 S 17	405
SA 240 - 304	X5 Cr Ni 18-10	1.4301	304 S 31	304
SA 240 - 304 L	X2 Cr Ni 19-11	1.4306	304 S 11	304 L
SA 240 - 316	X5 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4401	316 S 31	316
SA 240 - 316 L	X2 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4404	316 S 11	316 L
SA 240 - 317 L	X2 Cr Ni Mo 18-15-4	1.4438	—	317 L

Tabela: Uporedni prikaz oznaka materijala u stranim državama

Sva procesna oprema se dizajnira za određeni minimalni vek trajanja pod određenim uslovima korišćenja. U zavisnosti od stope korodiranja određenog materijala može se odrediti sigurna debljina materijala za određeni vek trajanja proizvoda. Ispod su navedeni tipični vekovi trajanja za određene proizvode:

20 godina: Konstruksije koje je teško zameniti; plaštovi posuda za procesuiranje, izmenjivača toplote, reaktora itd.

10-15 godina: Čelični bubnjevi, i zamenjivi čelični delovi opreme

5-10 godina: Čelična ocevljenja, cevi izmenjivača toplote, razni rezervni delovi

Odabrani materijali moraju biti u skladu sa svim potencijalnim uticajima: pritiskom, temperaturom, korozijom itd.

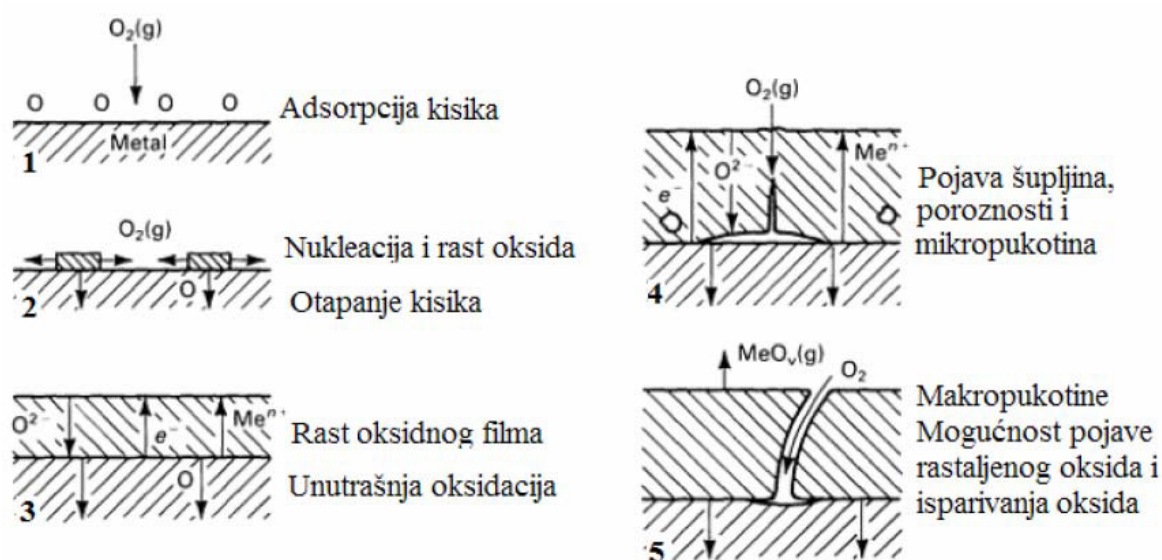
Obaveze proizvođača opreme pod pritiskom:

- Proizvođač je u obavezi da koristi strogo materijale koji su u skladu sa harmonizovanim standardima ili posebno odobrene materijale od strane imenovanog tela za ocenjivanje usaglašenosti.
- Mora imati adekvatnu dokumentaciju (atest) kao dokaz o poreklu materijala ugrađenih u opremu
- Ukoliko atest dobijen od strane proizvođača materijala nema neki od zahteva, proizvođač sudova mora naknadno poslati materijal na testiranje priznatoj organizaciji.

6.1 Korozijska

Pod pojmom korozijske se podrazumeva neizbežno oštećivanje materijala prouzrokovano fizičkim, fizičko-hemijskim i biološkim procesima. U tehnici, procesi korozijske se najčešće dele na hemijske i elektrohemijske.

Kod hemijske korozijske, se korozijska javlja na površini materijala. Ona se pojavljuje u neelektrolitima, vrućim oksidativnim plinovima i organskim materijama. Sledeća slika prikazuje nastajanje korozijske na metalnim površinama.



Slika 09: Faze nastanka oksidnog filma hemijskom korozijskom

Kod elektrokemijske korozijske dolazi do redukcijsko-oksidijskih procesa na površini dvaju metala različitog elektro-kemijskog potencijala koji su električki spojeni u prisustvu elektrolita (voda; otopine kiselina, soli; vlažno tlo; beton; atmosfera). Veća razlika elektro-hemijskog (EMS) potencijala uzrokuje jaču korozijsku u kojoj se oštećuje manje plemenit metal (s negativnijim EMS potencijalom).

6.2 Radna temperatura

Još jedan veoma bitan faktor u dizajniranju posude pod pritiskom je radna temperatura. Pri ekstremnim temperaturama, bilo da se radi o niskim ili visokim, karakteristike materijala se menjaju što ih čini manje ili više pogodnim za određenu upotrebu.

Ugljenični čelici koji se najčešće koriste kod izrade posuda pod pritiskom se ne mogu koristiti za kriogene temperature (niže od $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$) jer postaju krhki i podložni lomljenju. U tim slučajevima se koriste nerđajući čelik i legure aluminijuma. Raspon temperatura pri kojima materijal postaje krh se zove tranziciona temperatura a određuje se testiranjem na udar pri različitim temperaturama.

Kod visokih temperatura (preko 400 °C) javlja se druga vrsta problema. Materijali postaju mekši i elastičniji, samim tim i podložni plastičnim deformacijama.. Za razliku od niskih temperatura, odabir materijala kod visokih temperatura je komplikovaniji jer se tada menja i hemiski sastav i struktura materijala. Postoji 5 tipova čelika koji se mogu koristiti u ovakvim situacijama: ugljenični, ugljen-molibdenski, feritni, austenitski nerđajući i specijalne legure za visoku temperaturu.

6.3 Zaptivači

Tokom godina je mnogo različitih vrsta zaptivača korišćeno za zaptivanje spojeva u industriji. Prisutni su svuda a malo ljudi o njima razmišlja sve dok ne dođe do nekog problema. Osnovna definicija zaptivača glasi: Sprava koja se koristi za zaptivanje dve površine putem skladištenja energije između njih.

Zaptivači se mogu klasifikovati u tri glavne kategorije:

- Metalni zaptivač
- Polumetalni
- Nemetalni zaptivač



Slika 10: Kategorije zaptivača

Svaka ima svoje prednosti i mane, na primer najbolje su se pokazali metalni zaptivači kada je reč o teškim uslovima rada. Nemetalni se upotrebljavaju kod niskog do srednjeg pritiska, raznih hemikalija uključujući kisele i alkalne, umerenih temperatura. Imaju različite primene u situacijama manjeg opterećenja. Elastomerni zaptivači se primenjuju jedino pri lakšim uslovima.

Polumetalni zaptivači se koriste pri višim temperaturama i višem pritisku. Nemetalna komponenta omogućava kompresibilnost a metalna snagu i otpornost.

Metaflex zaptivač spiralnog navoja se koristi kod spojeva pod visokim pritiskom svuda u svetskoj industriji. Razni metali se upotrebljavaju za navojni deo, kao i za noseće prstenove. Standardni instalacioni zaptivači imaju nominalnu debljinu od 4,5mm koja se kompresuje prilikom rada do 3,2/3,45mm.

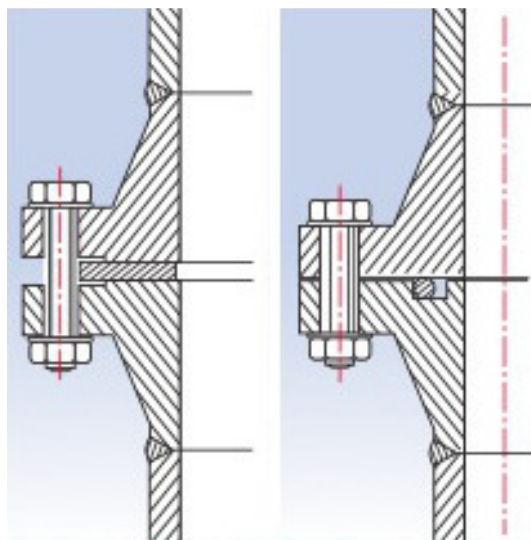
Zaptivači sa jednostrukom ili dvostrukom metalnom oblogom se koriste kao zaptivači koji razmenjuju toplotu. Metali kao meko gvožđe, karbonski čelik i nerđajući čelik oblažu mekano punjenje. Važno ih je postaviti pravilno jer neki imaju ispupčenja sa jedne strane. *Metakamm* tip zaptivača je čvrst metalni prsten sa rečkastim zubima sa svake strane. Primenuje se zaštitni sloj grafita ili PTFE-a koji se kompresuje u rečkastoj površini kada je zaptivač pod teretom.

Metalni zaptivači - „zamke“ – su tanki čelični zaptivači sa formiranim žljebovima pri kojima se kap zaptivajućeg materijala nalazi sa svake strane. Žljebovi zarobe materijal sprečavajući isticanje pod teretom.

6.4 Vijčni spojevi

Postoje dva glavna tipa vijčanih spojeva: plutajući i kruti. Kod plutajućeg nema dodira metala sa metalom nakon spajanja i pritezanja prirubnica. Ovaj tip se često sreće i prepoznaje po lice prirubnici sa zaptivačem na bazi vlakna ili grafita. U ovom slučaju bi bilo potrebno veće naprezanje zaptivača radi povećanog sistemskog pritiska. Međutim, sa povećanom silom zaptivanja, zaptivač trpi veću kompresiju. Momenat savijanja prirubnica je povećan, tako da se zavrtnji, prirubnice i zaptivači smatraju „oprugama“ u sistemu.

Kod krutog spoja dolazi do kontakta metala sa metalom nakon zavrtnja. Dobar primer za to je O-prsten u žljebu. Nakon kontakta metala između prirubnica dalje stezanje zavrtnja ne utiče na element zaptivanja. Jedini problem kod ovakvog zaptivanja može da predstavlja ekstruzioni procep između prirubnica.



Slika 11: Plutajući i kruti vijčni spoj

Inicijalni teret zavrtnja stvoren zatezanjem se prenosi na zaptivač putem prirubnica. Zatim taj inicijalni pritisak kompresuje zaptivač i zateže ga unutar sebe. Ono što smanjuje pritisak na zaptivač je hidrostatička sila koju stvara sistemski pritisak. Pritisak koji ostaje na zaptivaču se smatra „viškom“ i upravo on odlučuje o postignutom stepenu zaptivenosti u spoju.

Kod održavanja nivoa energije uskladištene u spoju, performansa opuštanja pritiska ili svojstvo zadržavanja pritiska zaptivača je ključno. Opuštanje može da se dogodi na dodiru prirubnice sa zaptivačem kao i unutar samog materijala zaptivača. Testiranje efekata opuštanja obuhvata napinjanje zaptivača do određene mere i povišenje temperature. Što je izmereni preostali napon veći to je materijal uspešnije prošao test. Gušći materijali pokazuju veće opuštanje od ređih. Zaključak je da bi uvek trebalo koristiti najtanji mogući zaptivač.

Zatezna čvrstoća nije neophodno najvažnija funkcija kada je reč o materijalu zaptivača. Ukoliko se zaptivač pravilno postavi na prirubnicu onda se sile zatezanja odupiru tendenciji pucanja spoja pod pritiskom.

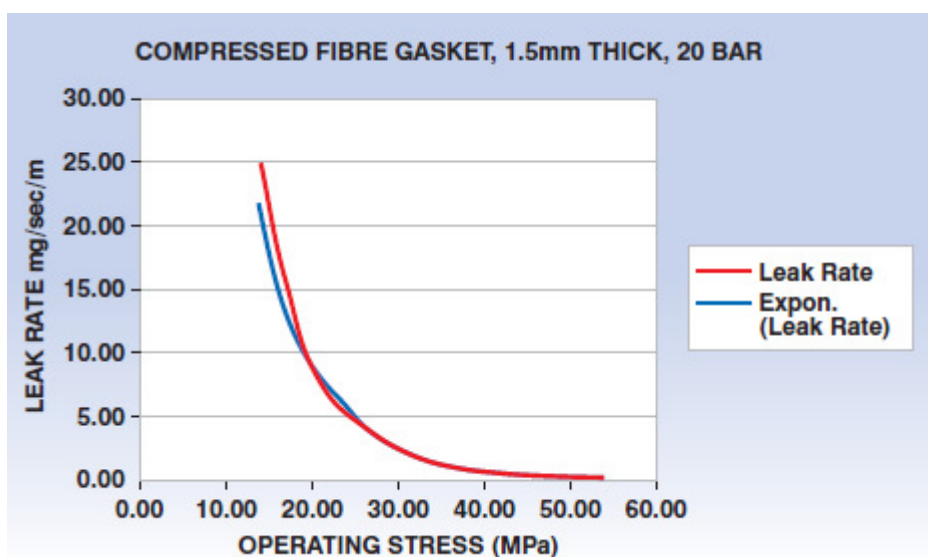
Uobičajno je da se standardne instalacione prirubnice oblažu tankim slojem žljebova kao na gramofonskoj ploči. Ovaj sloj služi da „uhvati“ materijal zaptivača i spreči proklizavanje. Ipak, treba napomenuti da taj sloj ne bi trebalo da bude toliko grub da ne dozvoli mesta za propuštanje ispod zaptivača, tamo gde se zaptivač ne može deformisati da popuni žljebove. Upotreba različitih pasti na površini zaptivača se ne preporučuje jer pogoršava učinak zaptivanja dozvoljavanjem opuštanja napona. Oštećenje prirubnice treba sanirati pre prepravljanja spoja.

Kada je reč o zaptivanju vakuumom preferira se upotreba prirubnica između 3,2 i 6,3 μm Ra za upotrebu kod spiralnih zaptivača.

Parovi prirubnica bi trebalo da budu od istog materijala i iste proizvodnje, važno je da su njihove površine glatke, bez nepravilnosti i koliko je moguće paralelne.

Istina je da svi zaptivači propuštaju do neke mere. Obično se to propuštanje ne može ni detektovati u industrijskim uslovima iako proizvođači zaptivača obavljaju testiranja.

Mora se pretpostaviti da su nemetalni zaptivači porozni jer prilikom proizvodnje materijal ne može biti savršeno homogen. Zaptivač se zgušnjava pod opterećenjem i poroznost se smanjuje dok se spoj zateže i postaje zbijen. Prema tome ovaj test opterećenja i propuštanja proizvodi eksponencijalnu krivu raspadanja.



Slika 12: Eksponencijalna kriva raspadanja

6.5 Prirubnice za vijačne veze

Najčešće upotrebljavani standardi prirubnica su ASME, DIN i BS. Postoje i drugi nacionalni standardi ali mnogi od njih vode poreklo od ASME ili DIN prirubnica. Postoje mnogi stilovi prirubnica, različite konfiguracije i standardi ali je lice prirubnica najčešće upotrebljavan tip.



Slika 13: Lice prirubnice bez i sa grlom

ASME prirubnice se upotrebljavaju u elektranama, rafinerijama, fabrikama hemijskih proizvoda i drugim industrijskim objektima.

DIN prirubnice su označene PN brojevima koji pokazuje nominalni pritisak i obuhvaćene panevropskim standardom kao što je EN092. Za razliku od ASME prirubnica nominalni pritisak se odnosi na ambijentalnu temperaturu.

BS10 standard se retko koristi ali i pored toga mnoge od ovih prirubnica ostaju u upotrebi u industrijskim objektima. One se obeležavaju slovima po rastućem rangu pritiska.

6.6 Obaveze proizvođača materijala

Proizvođači posuda i opreme pod pritiskom su vrlo rigorozni kada je u pitanju kvalitet repromaterijala. Standardom su propisane obaveze proizvođača materijala koji se koriste u ove svrhe:

- Upotreba adekvatne opreme za proizvodnju i testiranje produkta
- Kvalifikovano osoblje, kako za proizvodnju, tako i za testiranje materijala u skladu sa standardom
- Proizvodnja materijala adekvatnim metodama
- Kontrolisanje kvaliteta i izrada prateće dokumentacije kao dokaz o kvalitetu
- Kada proizvođač materijala ima dokumentovan sistem kvaliteta i sertifikat koji je izdalo merodavno telo, sam sertifikat proizvođača služi kao dokaz usaglašenosti sa adekvatnim standardom.
- Sertifikat kao dokaz kvaliteta mora imati navedenu i količinu materijala koja je isporučena kao i dimenzije u kojima je materijal proizveden.

- Ukoliko proizvođač koristi sirovine koje nije sam proizveo, u obavezi je da poseduje sertifikate proizvođača sa određenom specifikacijom, hemijskim sastavom, količinom itd.

Proizvođač materijala podnosi zahtev imenovanom telu za ocenjivanje usaglašenosti i ukoliko prođe sva predviđena ispitivanja dobija evropsko odobrenje za materijale. Pre izdavanja odobrenja imenovano telo za ocenjivanje usaglašenosti obaveštava državu članicu i komisiju da pošalju odgovarajuće podatke. Oni mogu u roku od 3 meseca uputiti predmet odboru koji dostavlja mišljenje. Prijavljeno telo izdaje evropsko odobrenje uzimajući u obzir stav odbora i eventualne primedbe. Primerak odobrenja se potom dostavlja državama članicama, prijavljenim telima i komisiji koja objavljuje popis odobrenja u Službenom listu Evropskih zajednica. Za proizvođače sa Evropskim odobrenje se pretpostavlja da su usaglašeni sa zahtevima standarda. Ukoliko ima potrebe za tim, telo koje je izdalo odobrenje u obavezi je da isto i povuče i obavesti države članice.

7 ISPITIVANJE POSUDA I OPREME POD PRITISKOM

Ispitivanje posuda i opreme pod pritiskom je veoma veliki i važan deo korak u proizvodnji istih. S obzirom na to da se radi o veoma opasnom proizvodu, čiji kvar može imati velike posledice, ispitivanje i kontrola se vrše gotovo pri svakom procesu. Ispitivanje materijala i zavarenih spojeva je svakako najvažniji deo i od krucijalnog značaja za kvalitetan proizvod i bezbedan rad i korišćenje. Sve metode ispitivanja mogu se generalno podeliti u dve grupe, u razorne i nerazorne.

7.1 RAZORNE I NERAZORNE METODE ISPITIVANJA MATERIJALA I ZAVARENIH SPOJEVA

Razorne metode se u ovakvoj proizvodnji primenjuju na ispitivanje materijala pre dolaska kod proizvođača opreme pod pritiskom. Praksa je da proizvođač kupi materijale sa svim odrađenim ispitivanjima i predviđenim atestima. U razorne metode ispitivanja ubrajaju se:

- Ispitivanje udarne žilavosti
- Ispitivanje kidanjem (naprezanje, čvrstoća, izduženje...)
- Razarajuće metode ispitivanja pritiskom
- Merenje tvrdoće
- Hemijske metode za ispitivanje sadržaja
- Razna dinamička i korozijska ispitivanja itd.

Proizvođači opreme pod pritiskom najčešće se drže nerazornih metoda, kako za ulaznu kontrolu materijala, tako i za ispitivanje zavarenih spojeva. Kontrola zavarenih spojeva se vrši u tri faze:

- Pre zavarivanja – kontroliše se priprema za zavarivanje, materijali osnovni i dodatni, oprema za zavarivanje, planovi zavarivanja i redosled postupaka
- Za vreme zavarivanja – kontrolišu se parametri, redosled postupaka, kvalitet zavarenog spoja i nadgleda se sam postupak
- Posle zavarivanja – kontrolišu se gotovi zavareni spojevi vizuelno, merenjem i ispituju se nerazornim metodama

Nerazorne metode, kao što i sam naziv kaže, ne ostavljaju nikakve posledice na materijale i zavarene spojeve a metode koje se najčešće koriste u izradi posuda pod pritiskom su:

- Vizuelna kontrola i merenje dimenzija
- Ispitivanje penetrantima
- Radiografsko ispitivanje
- Ispitivanje i merenje debljine ultrazvukom
- Ispitivanje pritiskom

Postoje još i akustična, magnetna i elektromagnetna metoda. Svaka od ovih metoda ima svoje prednosti i mane i od tehnologije, materijala, budžeta i uslova ispitivanja zavisi odabir metode.

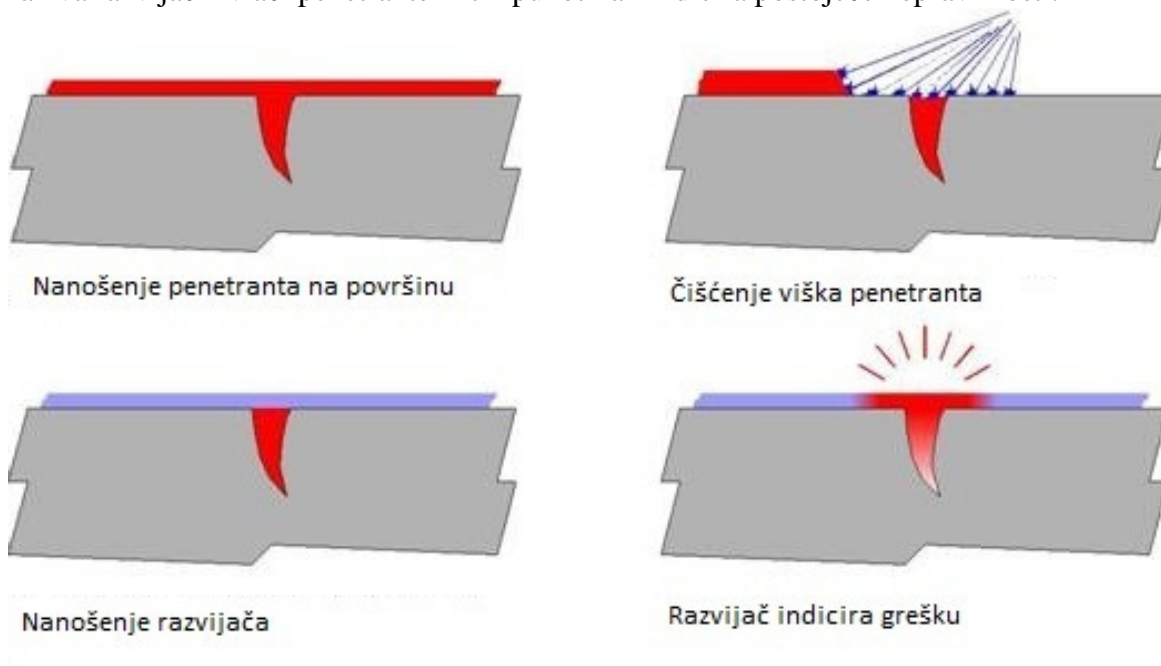
7.2 VIZUELNA KONTROLA I MERENJE DIMENZIJA

Vizuelna kontrola je osnovni i najbitniji deo kontrole kvaliteta i njom se uvek dolazi do najviše zaključaka i korisnih informacija. Obrazovani i iskusni kontrolor već na prvi pogled može doneti dosta zaključaka o kvalitetu materijala, obrade ili zavarenog spoja. Vizuelnom kontrolom mogu se prepoznati razne greške i oštećenja na površini materijala, može se oceniti kvalitet provara, zavarenog spoja, obrade, pogrešan položaj nekog dela, podsklopa itd. Merenje dimenzija se vrši ili u sklopu vizuelnog pregleda ili odvojeno i njime se proveravaju delovi i mere koje se ne mogu odrediti golim okom. Izmerene mere se upoređuju sa merama iz dokumentacije i ukoliko je razlika u granicama dozvoljene tolerancije smatra se da je proizvod prošao kontrolu. Za ovakvu vrstu kontrole, osim iskusnog kontrolora, potrebni su samo merni uređaji i eventualno dodatno osvetljenje, ogledala i sočiva za nepristupačne delove.

7.3 ISPITIVANJE PENETRANTIMA

Ispitivanje penetrantima je jedna od najstarijih, a zbog svoje jednostavnosti i malih troškova, i našire primenjena metoda neraznog ispitivanja materijala. Penetrantima se mogu ispitati gotovo sve vrste metala, staklo, pa čak i neke vrste plastike. Ovom metodom mogu se detektovati površinske i duboke pukotine, poroznost, dvoplatnost i povezane greške koje se mogu prostirati duž materijala.

Princip rada ove metode zasniva se na penetrirajućim tečnostima, koje prilikom nanošenja na površinu materijala prodiru duboko u postojeć pore i pukotine. Druga tečnost koja se naziva razvijač izvlači penetrante iz tih pukotina i indicira postojeće nepravilnosti.



Slika 14: Princip rada ispitivanja penetriranjem

Kvalitetnim penetrantima i pravilnim korišćenjem mogu se detektovati čak i greške koje su manje od jednog mikrometra. Dubina pukotine mora biti veća od širine kako bi se penetrant zadržao u pukotini prilikom čišćenja površine. Na osnovu ciljane osetljivosti bira se i klasa penetranta.

Klasa osetljivosti	Širina pukotine na referentnom uzorku u μm
Ekstra	≤ 1
1	Od 1 do 10
2	Od 10 do 50
3	Od 50 do 100
4	Od 100 do 500
5	> 500
Pukotine veće od 500 μm su vidljive okom i po pravili se ne ispituju penetrantima	

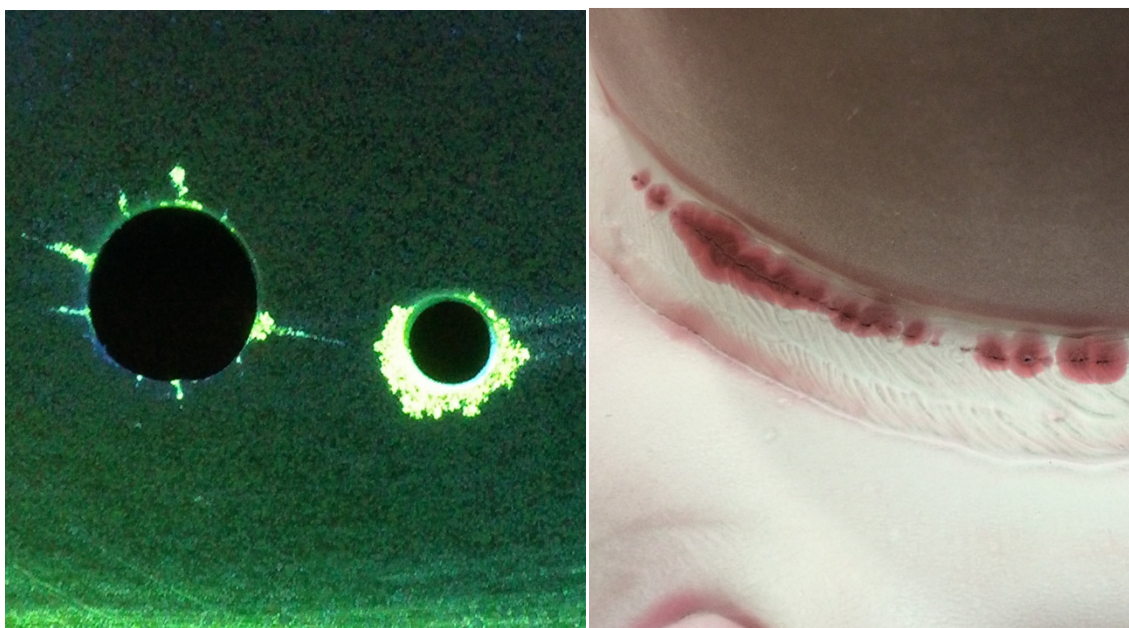
Tabela : Klasa osetljivosti penetranta

Na same rezultate ispitivanja može uticati mnoštvo faktora kao što su čistoća površine, oblik i čvrstoća pukotine, površinski napon način kvašenja, a ne postoje nikakvi dokazi da je ispitivanje sprovedeno dobro ili loše. To znači da je za ispitivanje najbitnija dobra priprema, kvalitetne tečnosti u skladu sa klasom osetljivosti i iskusan kontrolor.

Dobra priprema podrazumeva temeljno čišćenje površine koja se ispituje. Sredstva kojima se vrši čišćenje moraju biti kompatibilna i sa penetrantskim tečnostima koje će se koristiti i sa samim materijalom koji se ispituje. Pri čišćenju površine se mora strogo voditi računa da sama površina ostane netaknuta i da se odstrane samo nečistoće, jer se u slučaju oštećenja površine može desiti da se prekriju greške u materijalu, što može uticati na penetriranje tečnosti, a samim tim i na rezultate ispitivanja. Fizičke metode čišćenja kao što su peskarenje, sačmarenje, glodanje, brušenje i sl. mogu nepovoljno uticati na ispitivanje i moraju se vršiti u kontrolisanim uslovima. Posle njih se često primenjuje nagrizanje površine materijala kako bi se otkrile i najsitnije greške.

Osim klase osetljivosti, penetranti se mogu podeliti na:

- Fluorescentne (svetle kada su izloženi UV zračenjem, najčešće zeleno)
- Obojene (najčešće su crveni zbog kontrasta sa podlogom)
- Kombinovane (fluorescentni i obojeni)
- Sa specijalnom namenom



Slika 15: Ispitivanje fluorescentnim (levo) i obojenim penetrantom (desno)

Izbor vrste i metode zavisi od materijala koji se ispituje, gabarita, uslova ispitivanja i potrebne osetljivosti.

Što se same primene penetranta tiče, mora se voditi računa da se penetrant ravnomerno nanese na celu površinu koja se ispituje. To se može izvesti prskanjem površine, polivanjem ili potapanjem u penetrant. Jako je bitno da temperatura materijala koji se ispituje, kao i samog penetranta budu u području koje je proizvođač preporučio (najčešće se kreće između 10 i 50 C°). Isto važi i za vreme penetriranja, jer penetrant mora temeljno da prodre u sve dostupne pore materijala i prekrije zidove tih pora kapilarnim efektom. Takođe, penetranta mora biti dovoljno kako se ne bi sušio na površini koja se ispituje.

Uklanjanje viška penetranta sa površine koja se ispituje je vrlo bitan ali i nezgodan korak u proceduri ispitivanja. Površina se opet mora očistiti temeljno, ali se ovaj put mora voditi računa da se penetrant ne ukloni sa defektnih mesta.

U zavisnosti od metode uklanjanja viška penetranti se mogu podeliti na:

- One koji se mogu ispirati vodom
- Lipofilni postemulzifilni
- Koji se uklanjaju otpalom
- Hidrofilni postemulzifilni

Nakon uklanjanja viška penetranta, ispitivana površina se mora osušiti. To se čini ili brisanjem čistom tkaninom ili isparavanjem na temperaturi okoline ili višoj.

Poslednja hemikalija koja se nanosi na sada očišćenu površinu zove se razvijač. Njegova uloga je da iz pukotina u materijalu izvuče zaostali penetrant i raširi ga po površini materijala, čime indicira mesto defekta. Razvijač se takođe mora naneti ravnomerno pocelaj površini ali je bitno da se nanese u tankom sloju (koji je uobičajeno tanji od sto mikrometara) kako bi penetrant mogao da izbije na površinu.

Razvijači mogu biti:

- Suvi prah
- Suspenzija praha u vodi
- Rastvor praha u vodi
- Suspehzija praha u isparljivim tečnostima (mogu biti zapaljive i nezapaljive)

Vreme razvijanja takođe diktira proizvođač penetranta a u njega se računa i vreme prskanja, vreme sušenja, kao i vreme potrebno za pojavu indikacija.

Hemikalije za čišćenje i odmašćivanje, penetranti i razvijači su hemikalije koje su najčešće štetne po zdravlje a često i veoma zapaljive, te se pri upotrebi mora strogo voditi računa o zaštitnoj opremi za ruke i lice i prostorija u kojoj se rade ispitivanja mora biti dobro provetrena, a hemikalije dovoljno udaljene od izvora toplote i plamena. Prazna ambalaža i sva oprema koja se koristi smatra se hemijskim otpadom i mora se odlagati na standardom predviđen način. Takođe, kada se koriste fluorescentni penetranti, kod kojih se detekcija defekta radi UV zračenjem, moraju se koristiti adekvatni filteri i zaštita kako UV zračenje ne bi došlo u kontakt sa očima kontrolora.

Nakon cele procedure vrši se vizuelni pregled i inspekcija ispitivane površine. Ukoliko se na površini ne pojave fleke od penetranta to znači da materijal nema nikakve defekte. U suprotnom se vrši analiza defekta i pravi se zapisnik.

7.4 RADIOGRAFSKO ISPITIVANJE

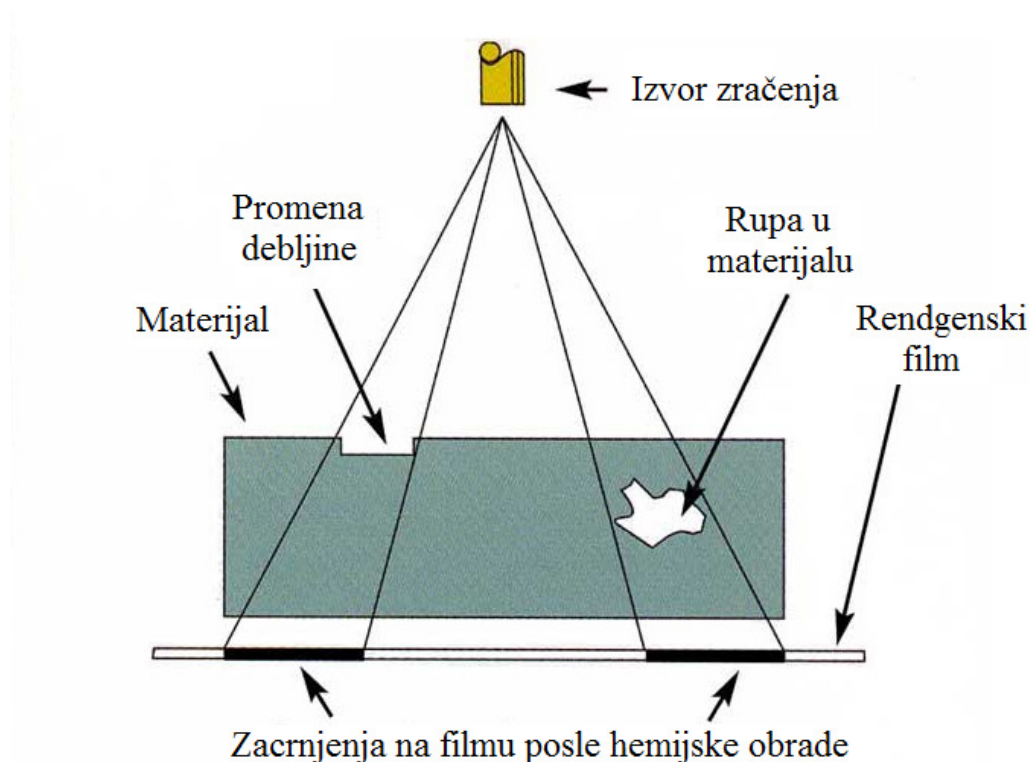
Radiografsko ispitivanje je nerazorna metoda ispitivanja materijala koja se zasniva na jonizujućem zračenju. Materijal ili zavareni spoj se prozračuje, a promene u zračenju pri prolasku kroz materijal daju informacije o homogenosti materijala koji ispitujemo.

Postoje četiri vrste jonizujućih zračenja koje se koriste u radiografskom ispitivanju materijala:

- X zračenje
- Gama zračenje
- Neutronske zračenje
- Protonske zračenje

Od ove četiri vrste, najširu primenu u radiografskom ispitivanju materijala imaju gama i X zračenja, dok se neutronske veoma retko koristi i to uglavnom za neke lake materijale.

Promene u intenzitetu zračenja koje nastaju zbog defekta materijala ocrtavaju se na rendgen filmu. Film se, kao i svaki drugi, hemijski obrađuje i sa njega se jasno mogu videti promene intenziteta zračenja u vidu razlike u gustini zacrnjenja na radiogramu. Dimenzije i oblik tih kontura su ujedno i dimenzije i oblik diskontinuiteta na materijalu.



Slika 16: Princip rada radiografskog ispitivanja

Sama gustina zacrnjenja zavisi od više faktora:

- Energetski spektar
- Intenzitet zračenja
- Vreme eksponiranja
- Vrsta i debljina ispitivanog materijala
- Karakteristike rendgen filma
- Karakteristike pojačavajućih folija hemijske obrade

7.4.1 Izotopski izvori zračenja

Nestabilni izotopi se spontanom fisijom i emisijom alfa i beta čestica transformišu u stabilne izotope. Postoji 60 poznatih prirodnih izotopa i nekoliko stotina proizvedenih. U radiografskom ispitivanju se koristi svega nekoliko. Oni se hermetički pakuju u kućišta od aluminijuma i prohroma preko kog se nanosi sloj epoksidnog lepka koji dodatno obezbeđuje hermetičnost. Najvažnije karakteristike izotopa koje utiču na prozračivanje i kvalitet snimka su:

- Energija zračenja – utiče na prodornost zračenja i kontrastnost slike
- Jačina ekspozicione doze zračenja – utiče na produktivnost ispitivanja i mere zaštite
- Specifična aktivnost – utiče na dimenzije i oblik aktivnog dela izvora
- Prisustvo primesa – utiče na kvalitet snimka
- Vreme poluraspada – utiče na vreme trajanja izvora

Dva izotopa koji se ubedljivo najčešće koriste kao izvori zračenja za radiografsko snimanje su Iridijum (^{192}Ir) i Selen (^{75}Se). Oni se dobijaju ozračivanjem metalnih meta u nuklearnom reaktoru.



Slika 17: Defektoskop za radiografsko ispitivanje sa izvorom zračenja od selena

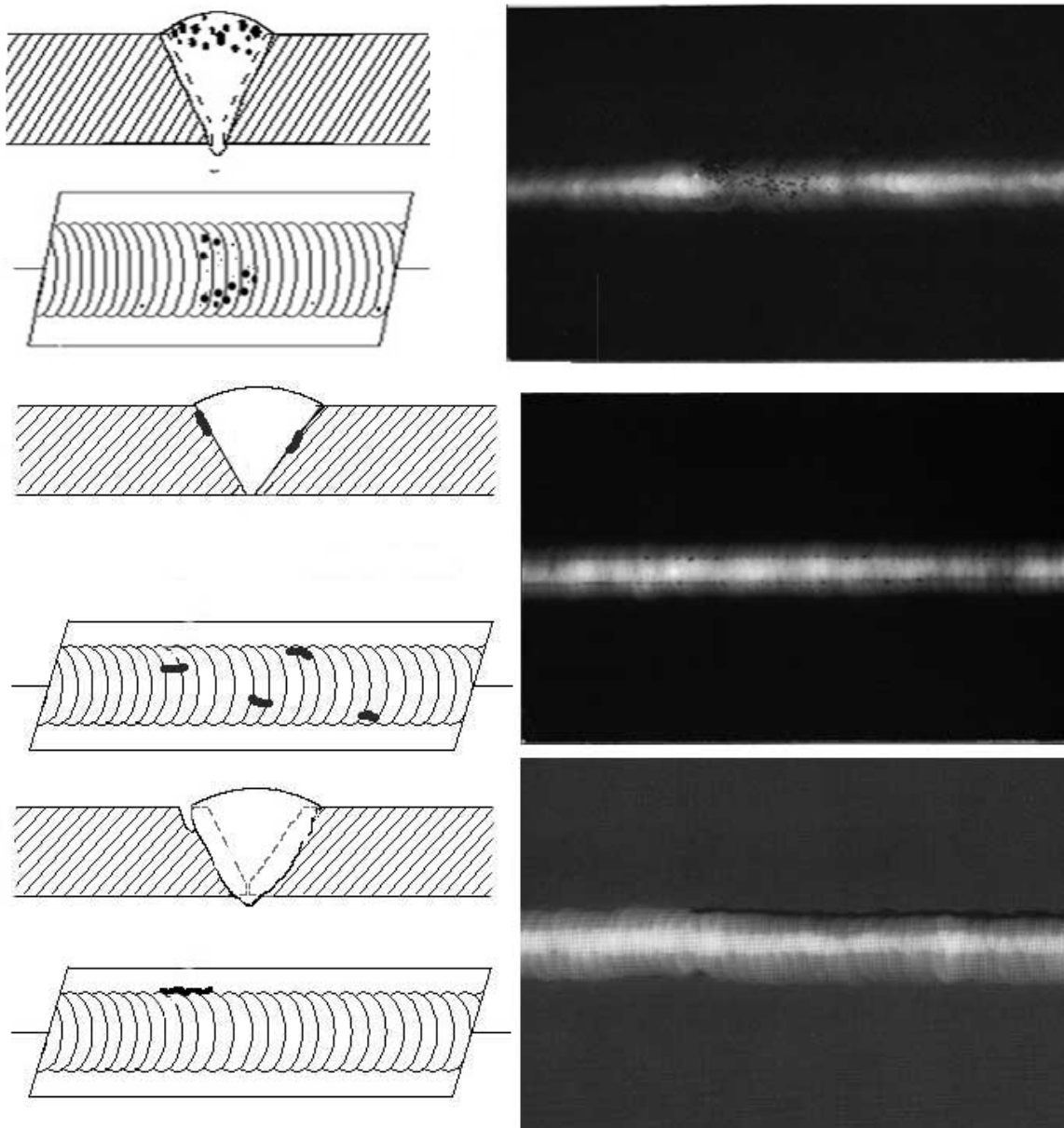
7.4.2 Tok radiografskog ispitivanja

Nakon što se odredi objekat za ispitivanje, potrebno je prikupiti sve ulazne informacije relevantne za ispitivanje. Ulazne informacije su tačne dimenzije objekta, materijal od koje je napravljen i gustina materijala i tehnologija izrade.

Kada su sve informacije prikupljene pristupa se pripremi za radiografiju. Priprema podrazumeva odabir adekvatne opreme (izvor zračenja, filmovi i folije), odabir zacrnjenja, određivanje geometrije i režima prozračivanja.

Sam postupak radiografije počinje se pripremom površine koja se ispituje i označavanjem kontrolnika identifikacionim oznakama. Zatim se postavlja izvor zračenja i film koji se eksponira u propisanom vremenskom intervalu.

Tako ozračen film nosi se u posebno napravljenu prostoriju za razvijanje filmova, gde se pod crvenom svetlošću, posebnim hemikalijama razvija i obrađuje.



Slika 18: Klasični primeri diskontinuiteta zavarenih spojeva

Kada je film gotov vrši se njegova analiza. Na osnovu njega utvrđuju se vrste i dimenzije nepravilnosti i na osnovu toga se piše izveštaj o kontroli koji treba da sadrži sve informacije o ispitivanom objektu i samom ispitivanju. Na objektu se označavaju nepravilnosti i definiše se način popravke ukoliko je popravka moguća.

7.4.3 Izveštaj o ispitivanju

Izveštaj o ispitivanju je zvaničan, potpisan i pečatiran dokument koji služi kao dokaz o kontrolisanju materijala i kao takav, postaje i deo dokumentacije proizvoda. Izveštaj o ispitivanju mora sadržati sledeće informacije:

- Oznaku/broj izveštaja
- Pun naziv organizacije koja vrši ispitivanje
- Pun naziv firme za koju se vrši ispitivanje
- Objekat i datum ispitivanja
- Obim i metodu ispitivanja
- Serijsku oznaku uzorka
- Tehničke podatke o opremi koja se koristila u ispitivanju
- Parametre ispitivanja
- Tehniku ispitivanja i standard po kome se ispituje
- Imena i potpisi ispitivača, interpretatora i kontrolora
- Nalazi, odnosno rezultati ispitivanja
- Datum izrade izveštaja

7.4.4 Nivoi kompetentnosti ispitivača

S obzirom da su izotopski izvori zračenja veoma opasni po zdravlje i okolinu, ispitivači moraju biti obučeni za rukovanje opremom i moraju se preduzeti mere zaštite. Standardnom su predviđena tri nivoa kompetentnosti ispitivača:

Nivo 1 – Ispitivači prvog nivoa rade po uputstvima i pod nadzorom ispitivača viših nivoa. Oni ne prave izbor metoda, opreme i filmova niti učestvuju u analizi gotovih filmova i interpretaciji rezultata ispitivanja. Njihov posao je da rukuju opremom i klasifikuju i obeležavaju filmove nakon snimanja.

Nivo 2 – Ispitivači drugog nivoa nadziru izvođenje aktivnosti ispitivača nivoa 1 i podešavaju i verifikuju podešavanje opreme. Odgovorni su za interpretaciju i ocenjivanje rezultata ispitivanja kao i za izveštavanje o rezultatima.

Nivo 3 – Ispitivači trećeg nivoa upravljaju svim aktivnostima ispitivača prva dva nivoa. Oni biraju metode ispitivanja, opremu, sredstva i osoblje za poslove prva dva nivoa. Oni moraju biti dovoljno obrazovani o standardima i moraju imati dovoljno teoretskog znanja o materijalima i ispitivanju kako bi mogli da definišu procedure za sve procese. Ispitivači trećeg nivoa odgovorni su i za mere zaštite. Oni imaju sposobnost da vode ali i da obučavaju ispitivače nižih nivoa. Najbitnija karakteristika je svakako sposobnost za interpretaciju, ocenjivanje rezultata ocenjivanja i donošenja finalnih zaključaka o defektima i i podobnosti ispitivanih materijala za dalju u potrebu.

7.4.5 Mere zaštite

Svaki kontakt sa radijacijom veoma je rizičan jer su posledice zračenja užasne za svako živo tkivo. Ljudska čula nisu u stanju da detektuju čak ni smrtonosne doze radijacije. Mere zaštite moraju biti strogo ispoštovane kako bi se zaštitilo zdravlje ispitivača i radna sredina. Izotopski izvori zračenja iako imaju svoje kućište koje je hermetički zatvoreno i dalje zrači čak i kada nije u upotrebi, te se moraju preduzeti odgovarajuće mere i u toku ispitivanja i dok se izvor ne koristi.

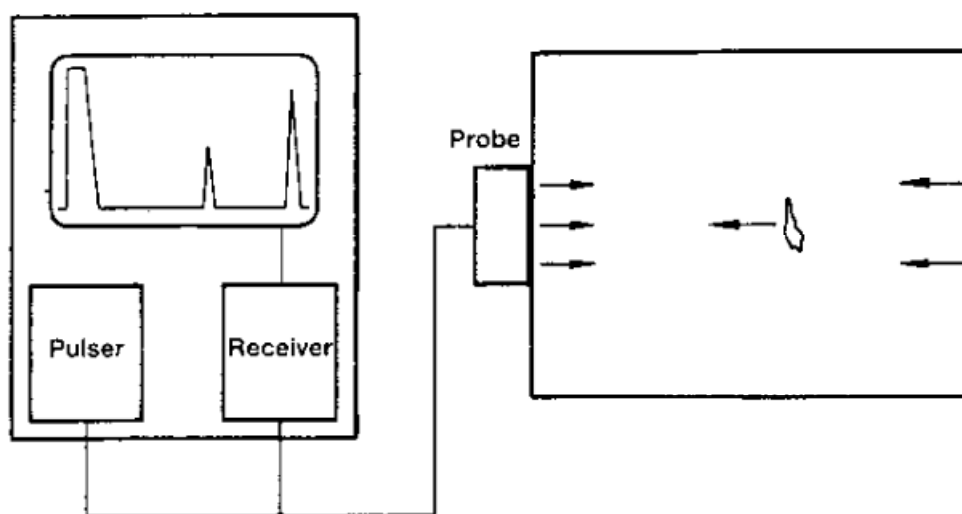
U toku ispitivanja se mora isprazniti prostor od nekoliko desetina metara u zavisnosti od konkretnog izvora i njegovih karakteristika. Distanca koju ispitivači moraju da drže u odnosu na aktiviran izvor izvodi se pomoću daljinskog mehanizma koji najčešće radi pomoću sajle. Vreme koje je potrebno da se materijal prozrači ispitivači provode što dalje od izvora.

Za skladištenje izvora dok nije u funkciji prave se posebni, standardom definisani, objekti. Unutar objekta, koji mora biti dobro provetren i dovoljno velik, izvor se čuva u specijalnom kućištu koje se najčešće pravi od olova i betona, a debljina zidova takođe zavisi od karakteristika izvora.

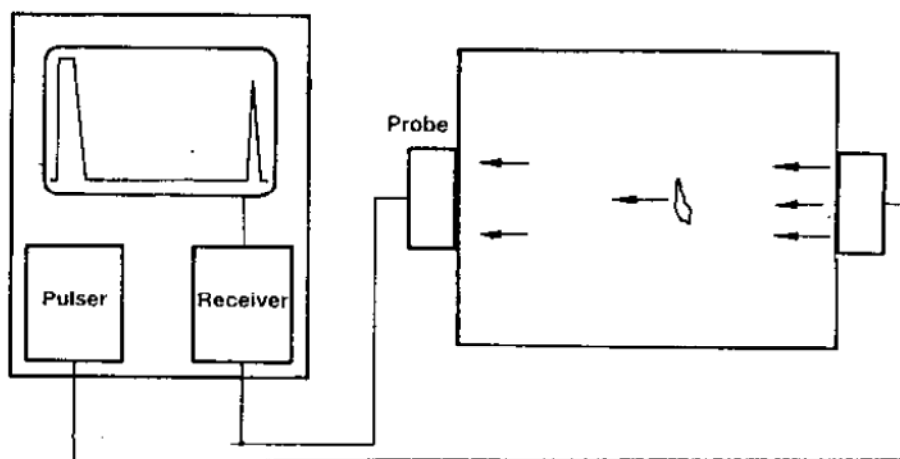
7.5 ISPITIVANJE I MERENJE DEBLJINE ULTRAZVUKOM

Ispitivanje ultrazvukom je nerazorna metoda ispitivanja materijala koja se zasniva na prozračivanju materijala zvučnim talasima određenog spektra frekvencije. Taj spektar je iznad područja koje ljudsko uho može da čuje i kreće se između 50 kHz i 10 MHz.

Talasi se proizvode mehanički ili elektromehanički a izvor ima sondu koja se naslanja na površinu ispitivanog materijala i pušta talase kroz materijal. Eventualni diskontinuiteti u materijalu skraćuju put talasa. Sonda za prijem talasa može biti na istoj površini i primati odbijene talase ili biti sa druge strane.



Slika 19: Princip rada sa ehom, obe sonde su sa iste strane



Slika 20: Princip rada metode prozračivanja

Postoji četiri načina na koje se ultrazvuk može rasprostirati unutar materijala:

- Longitudni talas
- Transverzalni talas
- Površinski talas
- Pločasti talas

Pri ispitivanju materijala načešće se koriste longitudinalni i transversalni talas, a brzina širenja zavisi najviše od samog materijala i frekvencije talasa, a može zavistiti i od temperature.

Ovom metodom se mogu otkriti razne vrste grešaka u materijalu, može se meriti debljina materijala, mogu se donositi zaključci o gustini, strukturi i mehaničkim svojstvima materijala kao i o rezultatima obrada koje su primenjene na materijal.

7.5.1 Oprema za ispitivanje ultrazvukom i način ispitivanja

Oprema za ispitivanja materijala ultrazvukom sastoji se od sledećih elemenata:

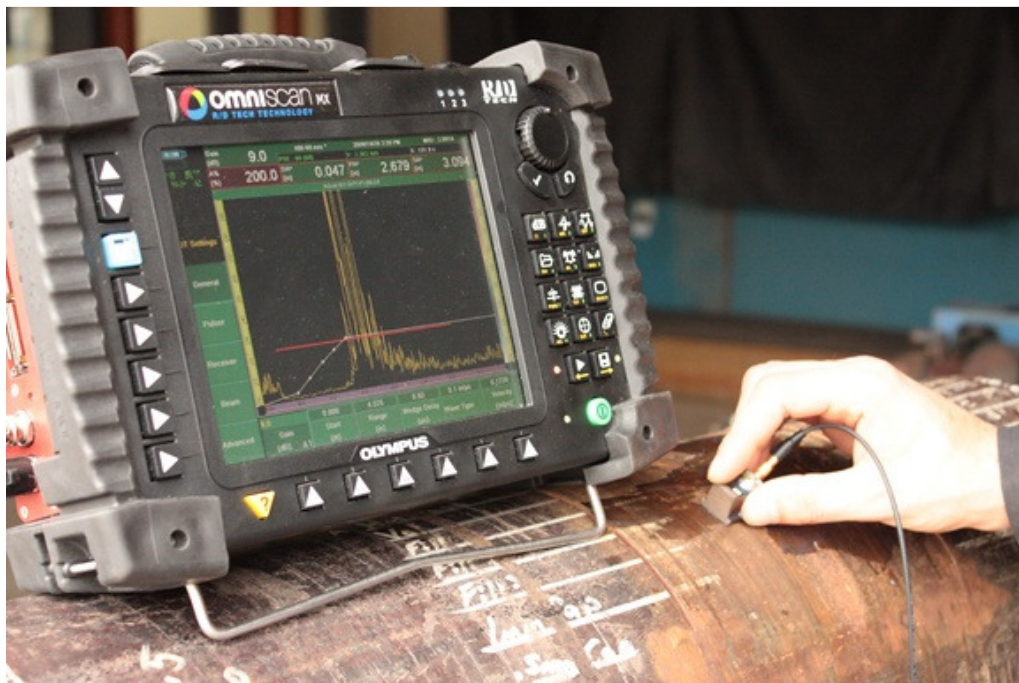
- Visokofrekventni generator signala
- Sonda za emitovanje talasa
- Sonda za prihvatanje reflektovanih talasa
- Fluid pomoću koga se prenosi energija
- Osciloskop
- Prijemno pojačalo

Površina koja se ispituje bira se sistemom slučajnog uzorka ukoliko se radi o kontroli celokupne šarže materijala. Ukoliko se radi o nekom delu koji je popravljan ili obrađivan, snima se ceo taj deo. Materijal se označava tako što se podeli na segmente, kako bi se temeljno ispitao.

Ispitivanjem materijala može se vršiti detekcija, lokacija, evaluacija i dijagnoza diskontinuiteta materijala. Glavna prednost ove metode, osim veoma niske cene ispitivanja, je u tome što materijal ne mora biti pristupačan, odnosno ispitivanje se može raditi bilo gde. Pristup materijalu je potreban samo sa jedne strane, a okolina nema

nikakvih uticaja na merenje. Sva oprema je vrlo mobilna a samo ispitivanje nema nikakve štetne uticaje ni na ispitivače ni na okolinu. Mane ove metode su u tome što je problematično ispitivati materijale neobičnih oblika ili neravne površine.

Kao i kod radiografskog ispitivanja, postoji 3 nivoa kompetentnosti ispitivača, od kojih je treći nivo najviši i nadzire i upravlja radom prva dva nivoa.



Slika 21: Uređaj za ultrazvučno ispitivanje materijala

Jedna od mogućnosti ultrazvuka je precizno merenje debljine materijala, koja je vrlo važna za delove izložene pritisku. Kontrola debljine se može raditi više puta u toku proizvodnje a najviše smisla ima kada se radi:

- Ulazna kontrola – proveravanje kupljenih materijala kada stignu u proizvodnju
- Kontrola posle savijanja – plaštovi se mere nakon savijanja
- Kontrola posle popravke – radi se u sklopu ispitivanja diskontinuiteta



Slika 22: Merenje debljine lima u sklopu ulazne kontrol

7.6 ISPITIVANJE PRITISKOM

Nakon svih zavarivačkih operacija, obrade i pregleda, a pre farbanja, emajliranja i izoliranja, vrši se prvo ispitivanje pod pritiskom. Ispitivanjem pod pritiskom proverave se da li ima grešaka u izradi, materijalima pa čak i u dizajnu koje bi mogle dovesti do pojave oštećenja ili lošeg funkcionisanja. Ispitivanje se vrši tečnošću, gasom ili kombinacijom ova dva.

Ispitivanje tečnošću podrazumeva punjenje suda vodom koja treba imati istu temperaturu kao okruženje (ne sme biti niža od 10 °C ni viša od 50 °C). U posebnim slučajevima mogu se upotrebljavati i drugi fluidi koji ne smeju biti zapaljivi, otrovni, eksplozivni, niti smeju imati korozivni uticaj na materijale posude i opreme za ispitivanje. Najčešće se radi o ulju.

Ispitni pritisak je uvek veći od radnog a računa se prema formuli:

$$P_i = 1,43 P_r \text{ (bar)}$$

P_i – Ispitni pritisak (bar)

P_r – Radni pritisak (bar)

7.6.1 Priprema za ispitivanje

Pre početka ispitivanja potrebno je izvršiti sledeće operacije:

- Proveriti ispravnost ispitne stanice i opreme
- Proveriti nivo tečnosti u rezervoarima
- Proveriti ispravnost manometara na ispitnoj stanici
- Proveriti ispravnost manometara koji se montiraju na sudove
- Proveriti stanje priključaka, slavina, ventila i creva za dovod ulja na ispitnoj stanici

Manometri koji se koriste pri ispitivanju moraju imati važeće potvrde o baždarenju a njihova tačnost mora biti 1,6% za pritiske do 40 bar-a, odnosno 1% za pritiske preko 40 bar-a. Skala na manometrima mora imati minimum 50% veće brojne vrednosti od maksimalnog radnog pritiska posude koja se ispituje.

7.6.2 Tok ispitivanja pritiskom

Ispitivanje posude pod pritiskom počinje njenim zatvaranjem. Svi priključci se zatvaraju odgovarajućim čepovima namotanim teflon trakom propisane debljine i gustine, a svi otvori, odnosno prirubnice, zatvaraju se slepim prirubnicama (blendama) posebno napravljenim za ispitivanje. To se vrši propisanom vijačnom robom, a za zatezanje se koristi moment ključ, kako bi se upotrebila adekvatna sila zatezanja. Svaki pojedinačni vijak se zavija prema tabeli ispod.

Metric Units: (Coarse Thread Series)

Thread Size & Pitch =====	CLASS 9.8		CLASS 10.9	
	Clamp Load (KN) =====	Tightening Torque (N*m) =====	Clamp Load (KN) =====	Tightening Torque (N*m) =====
M6 X 1	9.80	11.76	12.5	15
M7 X 1	14.1	19.72	18.0	25
M8 X 1.25	17.8	28.55	22.8	36
M10 X 1.5	28.3	56.55	36.1	72
M12 X 1.75	41.1	98.63	52.5	126
M14 X 2	56.1	157	71.6	200
M16 X 2	76.5	245	97.7	313
M18 X 2.5	93.6	337	120	430
M20 X 2.5	119	478	153	610
M22 X 2.5	148	650	189	830
M24 X 3	172	826	220	1055
M27 X 3	224	1208	286	1543
M30 X 3.5	273	1641	349	2095
M33 X 3.5	338	2233	432	2851
M36 X 4	398	2868	509	3662
M39 X 4	476	3711	608	4739

Tightening Torque = K * D * P

K = 0.2 (dry, unlubricated)

Clamp Load (P) = 75% of the Proof Load

D = Nominal Thread Size

Tabela : Moment pritezanja vijaka

Kada se posuda zatvori montira se manometar i to na najvišu tačku suda. To se najčešće montira tako što jedna od blendi za zatvaranje ima na sebi rupu sa navojem u koju se uvija manometar.



Slika 23: Manometar montiran na najvišu tačku suda

Kada su montirani manometri sve je spremno za ispitivanje. Prvo se priključuje dovod vazduha kako bi se ispitala nepropusnost priključaka i prirubnica. To se radi pod pritiskom od 8 bar-a. Vazduh se ispušta i ukoliko je sve u redu nastavlja se dalje sa ispitivanjem. Ukoliko je negde došlo do ispuštanja vazduha posuda se otvara i na tom mestu kako bi se ustanovio razlog.

Nakon uspešnog testa sa vazduhom, montiraju se creva sa slavinama za dovod ulja. Vrlo je važno da se otvori slavina na kontrolnom manometru i montira crevo za ozraku suda. Sud se puni uljem sve dok ulje ne procuri na crevu za ozraku. Kad procuri zatvara se slavinai tada je sud potpuno napunjen. Nakon toga sud nastavlja da se puni uljem sve dok ulje ne dostigne propisani ispitni pritisak.



Slika 24: Ispitna stanica za testiranje pritiskom

Kada ulje u sudu dostigne ispitni pritisak prestaje se sa punjenjem i sud se drži na pritisku između 20 i 30 minuta. Za to vreme se vrši vizuelna kontrola od strane kontrolora i inspektora kako bi se potvrdilo da sud nigde ne curi.

7.6.3 Azotiranje posude

Posle ispitivanja na pritisak ulje se ispušta kroz revizione otvore se uklanjaju ostatak ulja koji nije iscureo i eventualne nečistoće.

Posle čišćenja montiraju se predviđeni elementi koji stoje unutar suda kao što su držači za filtere, filteri itd.

Sud se ponovo zatvara, ovaj put sa blendama za azotiranje i transport. Na blende se montiraju slavinice i sud se puni azotom na pritisak od 0,5 bara. Takav sud je spreman za peskarenje, farbanje, izolaciju itd.

7.6.4 Ispitivanje gasom

Ispitivanje gasom izvodi se u posebnim prilikama kada je nemoguće potpuno napuniti sud tečnošću, odnosno ispustiti sav gas. Pre ispitivanja gasom, obavezno je ispitivanje posude nekom od metoda bez razaranja, odnosno posuda se snima ultrazvučno ili radiografski. Takođe mora se voditi računa da se materijal posude ne ohladi do neke kritične temperature. Sve ovo se radi kako bi se po svaku cenu izbegao krti lom, što bi ugrozilo bezbednost prisutnih.

Što se ispitnog pritiska tiče, za razliku od ispitivanja tečnošću, relacija za računanje je:

$$P_i = 1,1 P_r \text{ (bar)}$$

P_i – Ispitni pritisak (bar)

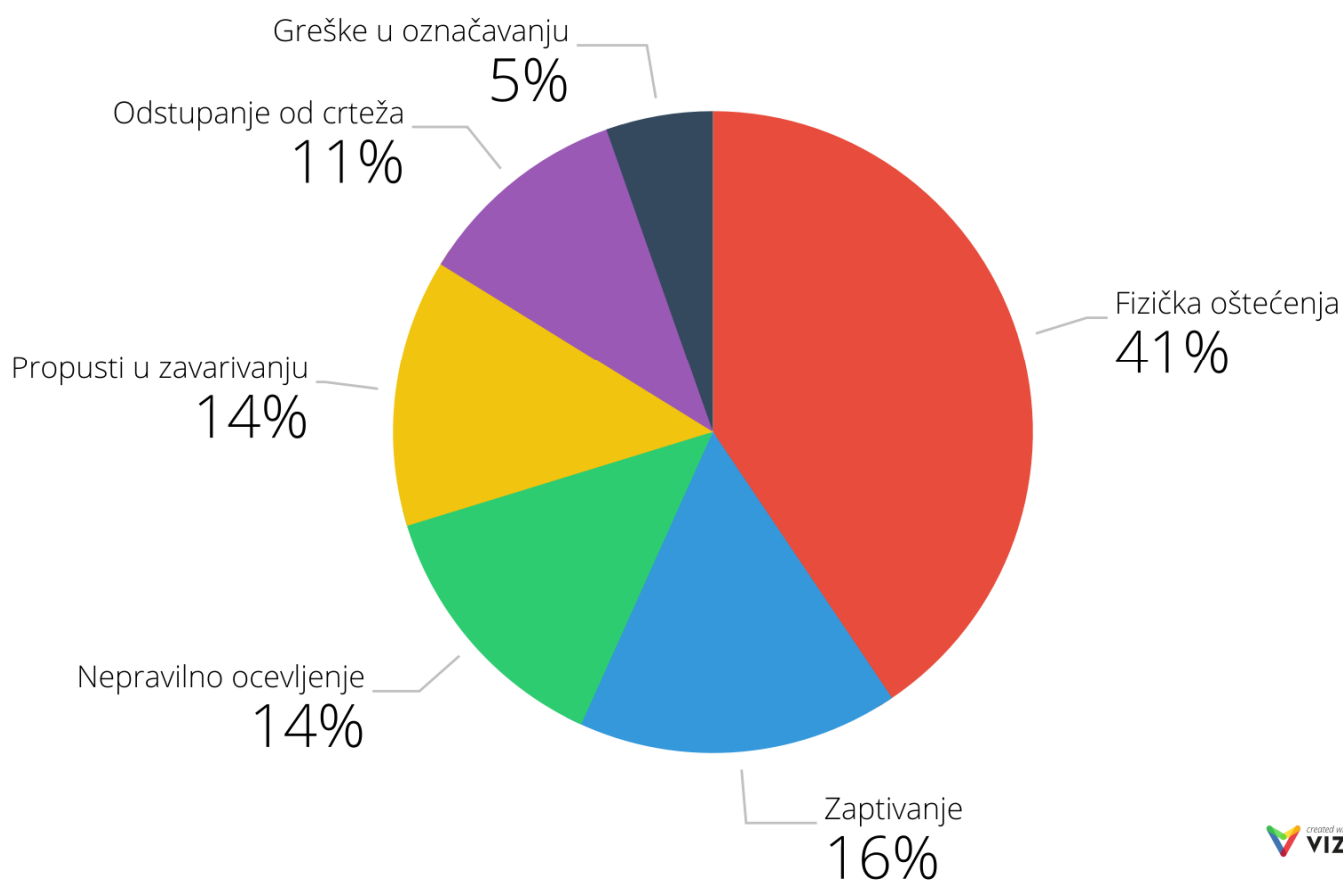
P_r – Radni pritisak (bar)

Kao i kod ispitivanja tečnošću, sud se vizuelno pregleda dok je pod pritiskom i traže se znaci razaranja, deformacije, curenja, suženja itd.

8 GREŠKE U IZRADI POSUDA I OPREME POD PRITISKOM

Kao i u svakoj serijskoj proizvodnji, kod izrade posuda i opreme pod pritiskom dešavaju se greške. One mogu biti male, vezane za estetski izgled čime ne utiču na rad opreme, a mogu biti i ozbiljnije, te mogu ugroziti, ne samo rad opreme, već i bezbednost celog postrojenja u kojem rade. Naravno, velika većina ovih grešaka se otkrije i ispravi u toku proizvodnje, ali se s vremena na vreme poneka i potkrade, nekad ljudskom greškom, nekad greškom opreme, pa se te greške koje nisu otkrivene na vreme kasnije jave kao reklamacije. Na osnovu izvršenog istraživanja u vremenskom periodu od godinu i po dana, može se doći do nekih zaključaka o tipovima reklamacija i o učestalosti tih tipova. Najučestalije greške mogu se podeliti u sledeće grupe:

- Fizička oštećenja
- Zaptivanje
- Nepravilno ocevljenje
- Propusti u zavarivanju
- Greške u označavanju
- Odstupanje od crteža



Grafik : Odnos u napravljenim greškama u periodu od godinu i po dana

8.1 FIZIČKA OŠTEĆENJA

Kao što se na grafiku jasno vidi, fizička oštećenja su najčešći problem u proizvodnji posuda pod pritiskom. Ona se mogu desiti u gotovo svim procesima proizvodnje a neretko se dešava da je i sam repromaterijal oštećen. Kada se radi o oštećenom repromaterijalu, u zavisnosti od vrste i stepena oštećenja materijal se ili popravlja u toku proizvodnje ili reklamira i vraća prodavcu. Pod lakšim oštećenjima se mogu smatrati sitne površinske ogrebotine, površinska korozija ili blage deformacije koje se mogu lako ispraviti. U teža oštećenja koja zahtevaju reklamaciju i vraćanje proizvođaču mogu se svrstati velike deformacije, duboke ogrebotine i korozija, a mogu se naravno javiti i proizvodi sa greškama u proizvodnji (odstupanje od mera, porozan materijal, gruba površina) koje tehnički nisu oštećenja ali se takođe moraju reklamirati.

Na fizička oštećenja koja se javljaju u toku proizvodnje može uticati više faktora. Najčešće je u pitanju ljudski faktor, te se pri korišćenju alata ili transportovanju delova, podsklopova ili gotovih proizvoda javljaju površinska oštećenja u vidu ogrebotina, udubljenja, iskrivljenih priključaka i slično. Iako se najčešće dešavaju, takve vrste oštećenja je i najlakše uočiti i popraviti.



Slika 25: Oštećene prirubnice u toku transporta posude kranskom dizalicom

Redi slučajevi su kvarovi mašina i alata koji direktno utiču na oštećenje. Takva oštećenja se najčešće primeće u toku rada i momentalno otklanjaju.

Fizička oštećenja generalno mogu da se podele u lakša oštećenja koja su uglavnom vizuelnog karaktera i ne utiču na funkcionisanje opreme i teža gde dolazi do kvara opreme ili otežanog rada.

Proizvođač je u obavezi da obezbedi i odgovarajuću ambalažu i zaštitu delova i opreme za bezbedan transport, u suprotnom se fizička oštećenja mogu javiti i u toku transporta gotovih proizvoda, daleko od pogona, gde je grešku teško primetiti i gotovo nemoguće popraviti.



Silka 26: Fizičko oštećenje nastalo u transportu gotovih proizvoda

Ovakve reklamacije se javljaju najčešće jer se dešavaju daleko od očiju kontrolora i na njih utiču i drugi faktori kao što neprimerena vožnja i dešavanja u saobraćaju na putu do kupca.

8.2 ZAPTIVANJE

Prirubnice, revizioni otvori i poklopci koji služe za povezivanje, održavanje i zatvaranje opreme pod pritiskom, svakako su najslabija karika i podložni su curenju fluida zbog mnoštva faktora. Samim tim su i veliki izvor reklamacija i veliki problem koji nije uvek lako uočiti.

Do curenja fluida može doći na više načina, a najčešći problemi koji dovode do ovoga su:

- Neravna površina prirubnica i poklopaca
- Neadekvatan ili oštećen zaptivač
- Oštećenje navoja na prirubnici
- Neadekvatni vijci i šrafovi
- Ispitni pritisak veći od predviđenog itd.

Neravna površina prirubnice ili poklopca može nastati u samoj mašinskoj obradi ili kasnije nekim fizičkim oštećenjem. I jedno i drugo onemogućava da zaptivač ravno nalegne i spreči curenje fluida. Ovaj problem je lako uvideti ali je problematičan za rešavanje i često se može rešiti samo zamenom prirubnice ili poklopca.



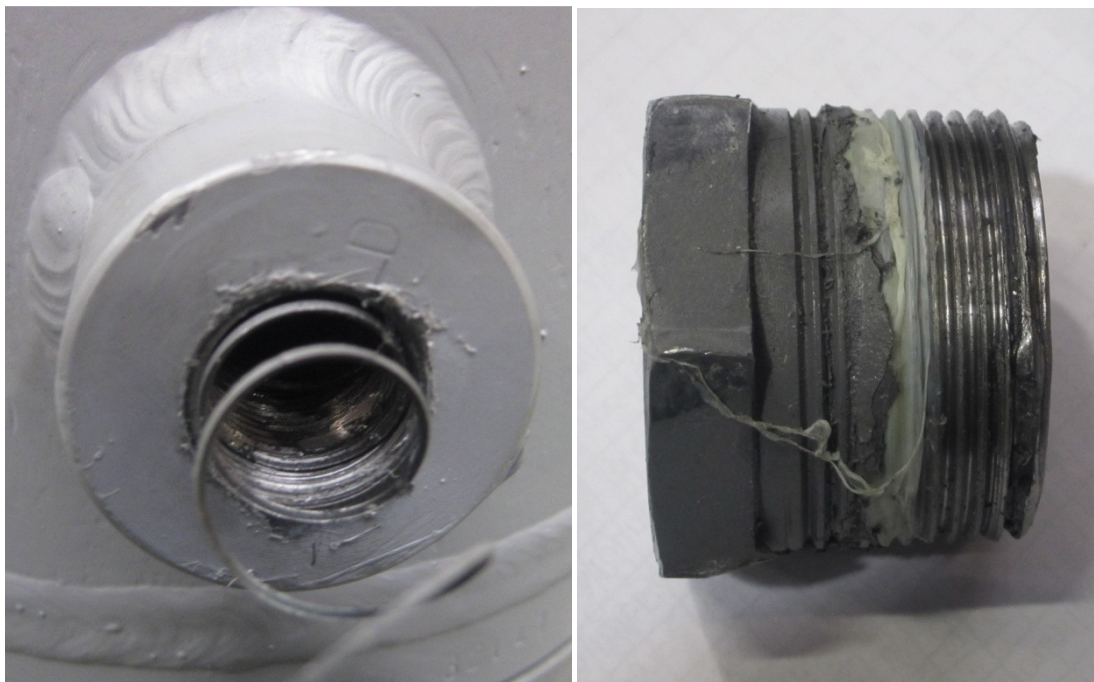
Slika 27: Neravna površina za zaptivanje

Problem takođe može biti i sa samim zaptivačem, koji može biti od pogrešnog materijala, pogrešnih dimenzija ili jednostavno oštećen.



Slika 28: Oštećen zaptivač

Oštećen navoj takođe može dovesti do popuštanja vijaka i curenja fluida. Navoj se najčešće oštećuje nepravilnim zavijanjem šrafova i vijaka. Bilo da se radi o krivo ubačenom vijku ili prekomernoj sili zavijanja dolazi do pucanja navoja.



Slika 29: Oštećen navoj nepravilnim zavijanjem

U retkim slučajevima moguće je popraviti navoj ureznicom ili nareznicom ili izbušiti novu rupu. Najčešće se ovakve situacije rešavaju novim delom, bilo da se radi o prirubnici, mufu, čepu ili vijku i navrtci.

Vijačna toba osim fizičkih oštećenja može imati i druge anomalije u vidu pogrešnog kvaliteta i karakteristika zbog čega mogu vremenom popustiti ili jednostavno pogrešne dužine. Kada se stavljaju vijci mora se voditi računa o ukupnoj meri koja osim samih debljina prirubnica i poklopaca uključuje dimenzije i venca prirubnice i debljinu predviđenog zaptivača ili blende za zatvaranje.



Slika 30: Kratak vijak na spoju prirubnica

Do curenja vrlo lako može doći i ukoliko je ispitni pritisak veći od predviđenog. U tom slučaju dolazi do fizičkog oštećenja, prvo zaptivača, a zatim i ostalih delova. Curenje se može javiti i kasnije u toku rada.



Slika 31: Curenje fluida na mestu zaptivanja

8.3 NEPRAVILNO OCEVLJENJE

Posude i oprema pod pritiskom međusobno su povezane cevnim instalacijama odnosno ocvljenjem. S obzirom da je sva oprema pod pritiskom uvek fiksirana i na tačno određenom mestu, vrlo je važno da ocvljenje bude precizno odrađeno, u suprotnom se rade prepravke ili dolazi do reklamacija.

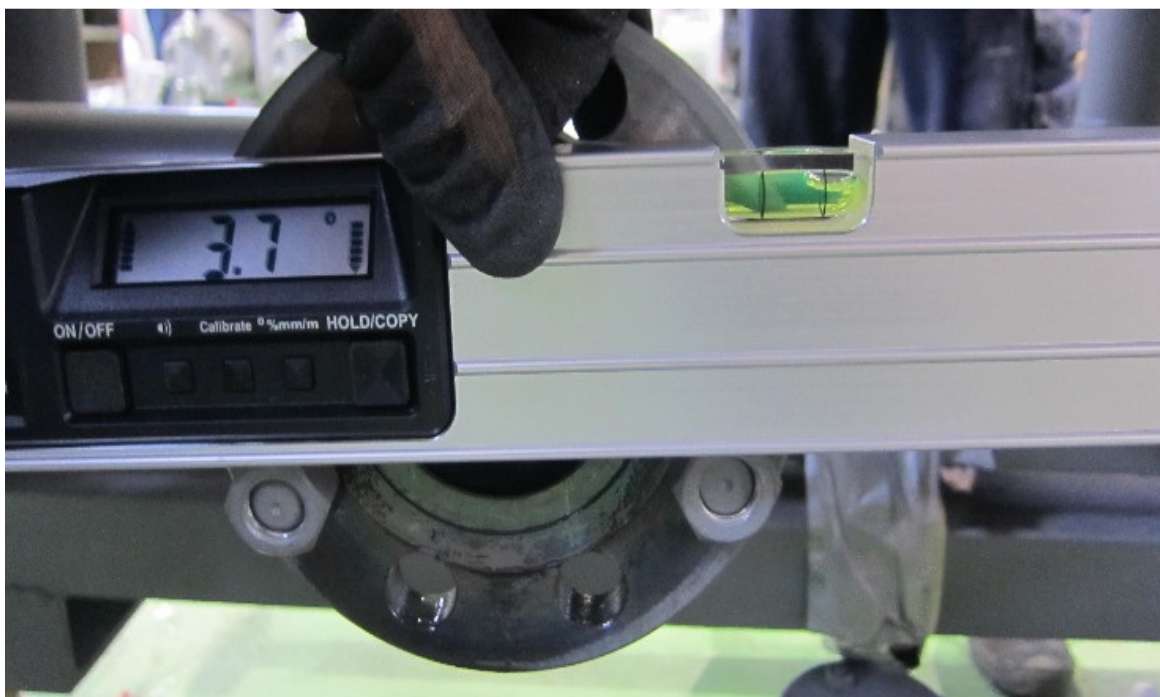


Slika 32: Dva dela opreme se ne mogu povezati zbog krivog ocvljenja

Proizvođač opreme često ne proizvodi ceo sistem već samo određene delove, a drugi proizvođač proizvodi ostatak. Parcijalno sastavljanje sistema može biti nezgodno jer se delovi koji nedostaju moraju zameniti alatima i s vremena na vreme dolazi do grešaka zbog kojih se kasnije ne može sastaviti ceo sistem bez intervencija.

Najčešći problemi koji se javljaju sa cevnim instalacijama su:

- Ukrivo postavljene cevi
- Pogrešna prirubnica (muška/ženska)
- Zarotirana prirubnica
- Pogrešna redukcija
- Pogrešan ugao



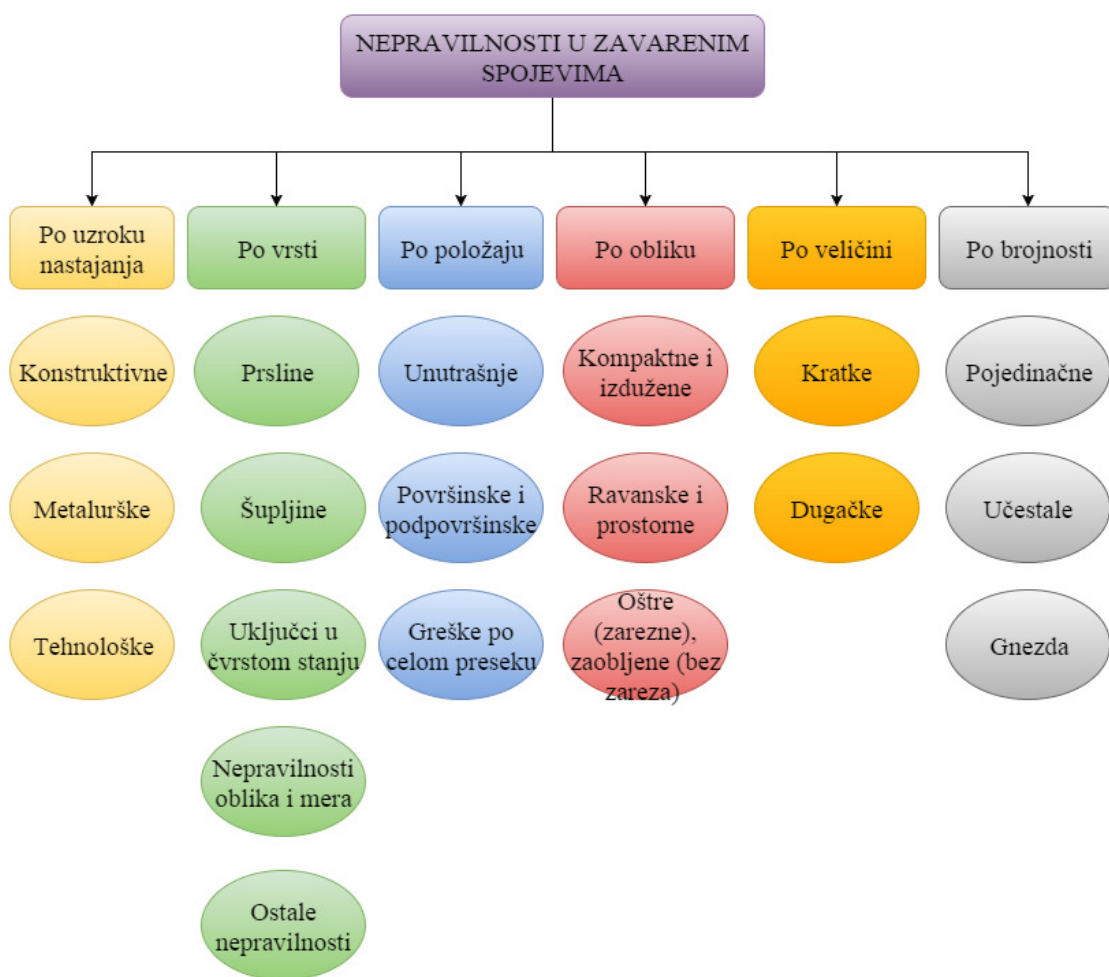
Slika 33: Greške u ocevljenju

8.4 PROPUSTI U ZAVARIVANJU

Zavarivanje, kao veoma važan deo izrade posuda i opreme pod pritiskom uvek se nalazi pod posebnom prismotrom i temeljno se kontroliše. Prema standardu za izradu sudova proizvođač mora imati zaposlene inženjere i tehnologe za zavarivanje. Tehnolozi vrše kontrolisanje zavarivanja i ispitivanje, dok inženjeri propisuju tehnologije zavarivanja i procedure za kontrolu i ispitivanje.

Greške se uvek dešavaju a one koje se ne primete ni kontrolom ni snimanjem postaju reklamacije. Kao i sve ostale, greške mogu biti estetskog karaktera i one koje utiču na funkcionisanje opreme (tu se najčešće radi o curenju fluida).

Propusti u zavarivanju mogu nastati zbog mnoštva faktora. Može se raditi prosto o nepažnji ili nestručnosti zavarivača, može biti problem sa opremom, pripremom delova, žicom, nepropisnom tehnologijom itd. Klasifikacija nepravilnosti zavarenih spojeva vrši se na sledeći način:



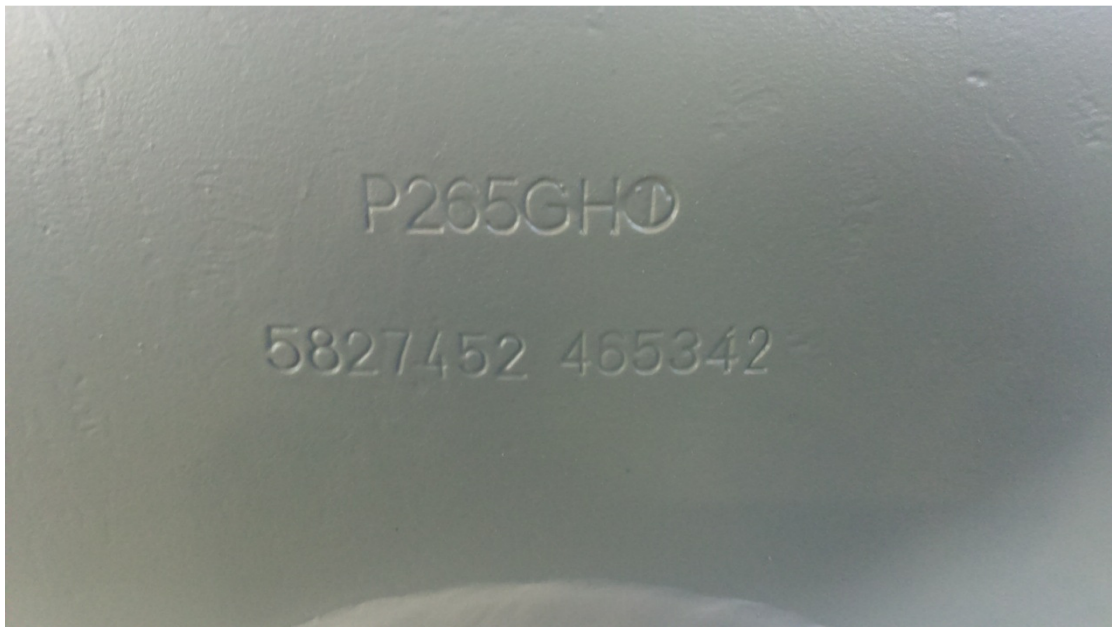
Slika 34: Klasifikacija nepravilnosti zavarenih spojeva



Slika 35: Curenje fluida na mestu zavarivanja

8.5 GREŠKE U OZNAČAVANJU

S obzirom da svaki deo opreme pod pritiskom koji trpi određeni pritisak mora biti napravljen od posebnog materijala koji je prošao predviđena ispitivanja i testove, samim tim taj deo mora biti i adekvatno obeležen. Oznake koje nosi svaki takav deo predstavljaju kvalitet materijala i šaržu proizvođača koja deo povezuje sa dokumentacijom, odnosno atestima.



Slika 36: Oznake materijala na plaštu posude

Osim podataka vezanih za poreklo materijala, svaki deo opreme na sebi mora imati i žigove zavarivača za svaki odrađeni var na mestu pritiska. Svaki atestirani zavarivač ima svoj jedinstveni žig pomoću koga se identifikuju njegovi varovi.



Slika 37: Jedinstveni žig zavarivača

Postoje i oznake koje su dokumentacijom predviđene. One su najčešće vezane za smer kretanja fluida. Na kraju dolazi serijska oznaka dela opreme i tablica.

Tablica koja se stavlja na gotovu posudu pod pritiskom mora sadržati sledeće informacije :

- Podatke o proizvođaču
- Model odnosno tip posude
- Serijski broj
- Vrstu fluida
- Modul po kome je ispitivana
- Godina proizvodnje
- Minimalni i maksimalni radni pritisak
- Minimalnu i maksimalnu radnu temperaturu
- Težina posude
- Zapremina posude
- Ispitni pritisak
- Datum ispitivanja
- Žig inspektora

Sve gore navedeno govori da se radi o velikom broju oznaka i samim tim, neibežni su propusti. Bilo koja oznaka koja nije na svom mestu ili je pogrešno otkucana, ukoliko se ne ispravi javlja se kao reklamacija.

8.6 Odstupanje od crteža

Dokumentacija za izradu posuda i opreme pod pritiskom se pravi vrlo detaljno i svako odstupanje od nje se tretira kao neusaglašenost. S obzirom da se sve posude prave po istom standardu, a proizvođači se često specijalizuju za jednu vrstu posuda (rezervoari, rashladni sistemi, kotlovi itd.) često su delovi veoma slični jedni drugima i s vremena na vreme se mogu slučajno pomešati.

Osim toga postoji još mnoštvo situacija u kojima se može napraviti odstupanje od crteža, ovo su neke od tih situacija:

- Pogrešan položaj nekog podsklopa
- Neravna površina
- Pogrešan priključak
- Položaj priključka
- Pogrešna debljina materijala
- Dubljina navoja
- Nedostaje ojačanje
- Pogrešan prečnik rupe itd.

Bukvalno svako razilaženje sa dokumentacijom, ukoliko se ne primeti i ne popravi na vreme, može da se javi kao reklamacija, u zavisnosti koliko je veliko i koliko je bitno za funkcionisanje sistema.

9 ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir sve gore navedene standarde, može se doći do više zaključaka. Standardi za izradu posuda pod pritiskom se ne razlikuju drastično u različitim delovima sveta. Razlike se često odnose na merne jedinice i standarde i oznake za materijale. Donekle na proračun posude utiču stepeni sigurnosti koji se koriste koji takođe ne mogu drastično varirati.

Tačan odabir regulative zavisi prvenstveno od zahteva vezanih za posudu, odnosno, namene, tehničkih karakteristika i materijala. Pored toga regulativa se bira na osnovu geografske lokacije proizvođača, kao i geografske lokacije kupca, odnosno mesta gde će posuda biti u u potrebi. Proizvođači ovakve opreme, u obavezi su da sertifikuju adekvatne standarde, kao dokaz o kvalitetu izrade.

U skladu sa tehnologijom, konstantno napreduje i oprema pod pritiskom. Novi materijali poboljšavaju performanse dok nove tehnologije za izradu prateće opreme (kompresora, motora, ventila itd.) utiču na dizajn. Posude vremenom postaju sve manje jer mogu raditi pod većim pritiskom, a moderna prateća oprema obezbeđuje tražene performanse i bezbedan rad.

Što se tiče tehnika za ispitivanje i kontrolu koje se primenjuju u proizvodnji svake pojedinačne posude pod pritiskom, moglo bi se doći do zaključaka da je gotovo nemoguće napraviti propust, međutim, greške se uvek potkradu, bilo ljudskom greškom ili zbog kvara opreme. Pošto se već ne mogu izbeći, greške se moraju analizirati i dokumentovati, kako bi se došlo do izvora i kako bi se njihov broj smanjio na minimum.

U skladu sa tehnologijom, konstantno napreduju i oprema i tehnike za ispitivanje i kontrolu. Greške se lakše i brže otkrivaju a moderna tehnika omogućava preciznije rezultate ispitivanja, lakšu i precizniju interpretaciju i ocenjivanje rezultata bolje ocenjivanje podobnosti ispitivanih materijala za dalju u potrebu.

Kvalitet je od krucijalnog značaja za izradu posuda pod pritiskom, ne samo zbog poslovanja firme i zadovoljstva njenih mušterija već i zbog bezbednosti i radnika i krajnjih korisnika opreme.

LITERATURA

- [1] "Hydrocarbon Asia" Magazin, izdanje APR-JUN 2012
- [2] Marine Safety in the United States from 1838-1946 ,PACS Barbara Voulgaris
- [3] Unfired Pressure Vessels - The ASME Code Simplified, Robert Shuse
- [4] Pressure Vessels - The ASME Code Simplified, J. Philip Ellenberger
- [5] Product Standards, Pressure Equipment, Guidens notes on UK regulations URN 05/1074
- [6] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/pressure-and-gas/documents/ped/index_en.htm
- [7] Directive 97/23/EC of the European parliament and of the council of 29 May 1997
- [8] General principles of design, manufacture and associated tests, AD 2000-Merkblatt
- [9] The European Standard EN 13445-1:2002
- [10] Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom ("Sl. glasnik RS", br. 87/2011)
- [11] Integrisani sistemi menadžmenta, Dr Nedeljko Živković
- [12] Projektovanje menadžment sistema kvaliteta, Prof. dr Milenko Heleta
- [13] SRPS ISO 9000:2007 Sistemi menadžmenta kvalitetom – Osnove i rečnik
- [14] SRPS ISO 9001:2008 Menadžment kvalitetom - Zahtevi
- [15] JUS ISO 14001:2005 Sistemi upravljanja zaštitom životne sredine
- [16] Projektovanje menadžment sistema životne i radne sredine, Prof. dr Milenko Heleta
- [17] OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems
- [18] Integrisani sistemi menadžmenta u malim i srednjim preduzećima - Dragan Rajković
- [19] http://www.minrzs.gov.rs/files/doc/bezbednost/dokumenta/akt_o_proceni_rizika.pdf
- [20] Tehnička regulativa u oblasti posuda pod pritiskom – Paralela stanje u Srbiji – Evropske norme, dr Aleksandar Petrović, dr Miloš Banjac, Jović Nebojša
- [21] Design of pressure vessel using ASME code, Section VIII, Division 1 - B.S.Thakkar, S.A.Thakkar
- [22] 20 ključnih izmena u standardu ISO CD 9001:2015, Branislava Milovanov
- [23] Materials Selection in Mechanical Design (Third Edition), Michael F. Ashby
- [24] Materijali i proizvodni postupci, autorizirana predavanja iz područja materijala, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Doc.dr. sc. Darko Landek
- [25] Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, ("Sl. glasnik RS", br. 87/2011)
- [26] Pressure Vessel Design Handbook (Second Edition), Henry H. Bednar P.E.
- [27] DIREKTIVA 97/23/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 29. svibnja 1997. o usklađivanju zakonodavstava država članica o tlačnoj opremi

- [28] AD 2000 – Merkblatt, October 2003 edition
- [29] JUS C.A7.080 Ispitivanje penetrantima, Opšte odredbe
- [30] Ispitivanje penetrantima – Univerzitet u Zenici, v.as.mr. Samir Lemeš
- [31] Radiografsko ispitivanje materijala, Institut za nuklearne nauke Vinča, Mr Đurđija Čašić
- [32] EN ISO 17636-1:2013 – Tehnike ispitivanja korišćenjem X i gama zračenja i rendgen filmova
- [33] Predavanja iz tehničke dijagnostike, Rudarsko-geološki fakultet
- [34] JUS M.E2.200 “Prvo ispitivanje pritiskom”
- [35] Uputstva za proizvođače sudova pod pritiskom, TÜV SÜDDEUTSCHLAND
- [36] EG – Richtlinie für einfache Druckbehälter (87/404/EWG)
- [37] Liquid Penetrant and Magnetic Particle Testing at Level 2, Manual for the Syllabi Contained in IAEA-TECDOC-628, “Training Guidelines in Non-destructive Testing Techniques”
- [38] <https://www.nde-ed.org/>