# OBLIKOVANJE SPREMNIKA POD TLAKOM ZA BIOPLIN

**Marijanović, Kruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:255759

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

**Kruno Marijanović**, apsolvent

Preddiplomski studij smjer Mehanizacija

# OBLIKOVANJE SPREMNIKA POD TLAKOM ZA BIOPLIN

**Završni rad**

Osijek, 2014.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

**Kruno Marijanović**, apsolvent

Preddiplomski studij smjer Mehanizacija

# OBLIKOVANJE SPREMNIKA POD TLAKOM ZA BIOPLIN

**Završni rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1.

2. doc.dr.sc. Pavo Baličević, mentor

3.

Osijek, 2014.

# SADRŽAJ


**1. UVOD** 1

**2. SPREMIŠTE ZA BIOPLIN** 2

2.1. Niskotlačni spremnici 3
2.2. Visokotlačni spremnici 3

**3. ČVRSTOĆA MATERIJALA** 4

3.1. Prikazivanje rezultata ispitivanja 6
3.2. Dozvoljeno naprezanje 7
3.3. Čimbenici koji utječu na učinkovitost 8

**4. ZAVARIVANJE MATERIJALA** 11

4.1 Postupci zavarivanja 11
4.2 Kategorije zavarenih spojeva 13

**5. MOGUĆI NAČINI I UZROCI OTKAZA ZAVARENIH KONSTRUKCIJA** 16

5.1 Krhki lom 16
5.2 Zamor materijala 17

**6. TLAČNO ISPITIVANJE POSUDA POD TLAKOM** 19

6.1 Hidrostatski test 20
6.2 Pneumatski test 21

**7. ZAKLJUČAK** 23

**8. POPIS LITERATURE** 24

**9. SAŽETAK** 25

**10. SUMMARY** 26

**11. POPIS TABLICA** 27

**12. POPIS SLIKA** 28

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

# 1.Uvod

Proizvodnja i korištenje bioplina ima pozitivan učinak na okoliš i društveno-gospodarske koristi za društvo u cjelini kao i za uključene poljoprivrednike. Iskorištavanje unutarnjeg vrijednosnog lanca bioplina poboljšava lokalne gospodarske uvjete i osigurava radna mjesta u ruralnim područjima te povećava kupovnu moć u regiji. Samim time poboljšava životni standard i doprinosi ekonomskom i socijalnom razvoju. Jedna od glavnih prednosti proizvodnje bioplina je transformacija većih količina otpada u vrijedan izvor energije. Mnoge europske zemlje suočene su s problemom nastanka velikih količina otpada organskog porijekla ponajprije iz industrije, poljoprivredne proizvodnje, kućanstava i postrojenja za obradu otpadnih voda. Bioplinska postrojenja izvrstan su način za ispunjavanje sve restriktivnijih nacionalnih i europskih propisa iz područja gospodarenja otpadom i iskorištavanja organskog otpada za proizvodnju energije prilikom čega se organski otpad može reciklirati u gnojivo. Tehnologija bioplina doprinosi smanjenju volumena otpada i troškova zbrinjavanja.Bioplinska postrojenja su složena instalacija koja se sastoji od prihvatne jedinice, prostora za skladištenje i kondicioniranje sirovine, sustava za punjenje, grijanje i miješanje, digestora  te spremnika za bioplin.

Spremnici bioplina se izrađuju od čelika te ćemo u ovom istraživanju prikazati osnovne koncepte i kriterije za oblikovanje te utvrđivanje različitih svojstava čelika.Oni uključuju dopušteno naprezanje (stres), sigurnosne čimbenike, čimbenike koji utječu na učinkovitost, krhki lom, zamor te tlačno ispitivanje. O detaljima izrade te pravilima analize pojedinačnih komponenti raspravlja se u daljnjim poglavljima istraživanja.

## 2. SPREMIŠTE ZA BIOPLIN

Kako bi se optimizirao izlaz, proizvodnja bioplina mora se održavati što stabilnijom i što ravnomjernijom. Unutar fermentatora, bioplin se stvara u fluktuirajućim količinama i ima proizvodne vrhunce. Nadalje, potražnja za bioplinom, primjerice u kogeneracijskom postrojenju isto varira. Kako bi se takve varijacije u proizvodnji, ali i potražnji bioplina kompenzirale, neophodno je privremeno skladištiti proizvedeni bioplin u prikladnim objektima za skladištenje. Danas su dostupne brojne mogućnosti i rješenja za skladištenje bioplina. Skladište za bioplin može biti postavljeno na vrhu fermentatora korištenjem posebne membrane koja ujedno ima i ulogu pokrivala fermentatora. Za veća bioplinska postrojenja obično se radi odvojeno skladište za bioplin, ili kao samostojeći objekt, ili je uključen u skladišne zgrade. Sadržaji za skladištenje bioplina mogu funkcionirati pri niskom, srednjem ili visokom tlaku. Točan odabir i dimenzioniranje sustava za skladištenje bioplina značajno doprinosi učinkovitosti i sigurnosti bioplinskog postrojenja. Prikladno skladište za bioplin osigurava neophodnu opskrbu, smanjuje gubitke bioplina i doprinosi sigurnosti i pouzdanosti bioplinskog postrojenja. Svi sadržaji za skladištenje bioplina moraju biti plinonepropusni i otporni na tlak te, u slučaju da se ne nalaze u sklopu građevinskog objekta, moraju biti i otporni na UV zračenje, temperature i vremenske okolnosti. Prije početka rada postrojenja mora se provjeriti jesu li spremišta za skladištenje plina pričvršćena i nepropusna. Radi sigurnosti spremišta moraju biti opremljena sigurnosnim ventilima (za potlak i pretlak) kako bi se spriječile štete i rizik po sigurnost, a mora se jamčiti i zaštita od eksplozije. Nadalje, mora imati baklju za spaljivanje u slučaju nužde, a spremište mora imati kapacitet za uskladištenje od barem jedne četvrtine dnevne proizvodnje bioplina. U normalnim okolnostima se preporuča kapacitet skladišta jednak proizvodnji bioplina za jedan ili dva dana.



**Slika 1. sigurnosni tlačni objekti i ventili** (Foto:Agrinz, 2006.)

## 2.1. Niskotlačni spremnici

Niskotlačni spremnici se sastoje od membrana koje moraju odgovarati sigurnosnim zahtjevima. Membranski rezervoari postavljaju se kao vanjski rezervoari za plin ili plinski tornjevi na fermentatoru. Najčešće se koriste niskotlačna spremišta s rasponom pretlaka od 0,05 do 0,5 mbara. Vanjski niskotlačni rezervoari mogu biti oblikovani kao jastuci od membrane. Takvi jastuci stavljaju se u građevinske objekte kako bi se zaštitili od vremenskih prilika ili imaju još jednu membranu koja je otporna na sve vremenske uvjete. Ako se fermentatori ili post-fermentatori koriste za skladištenje bioplina, trebaju se pokriti tornjevima od plinonepropusne membrane (rezervoari s dvostrukom membranom) koji su učvršćeni po gornjem rubu fermentatora. Na fermentatoru se može instalirati nosiva konstrukcija za držanje prazne membrane. Membrana se širi prema volumenu plina kojeg sadrži. Preko membrane se može prebaciti posebna mreža koja sprječava nekontrolirano širenje.



**Slika 2. izgled niskotlačnog spremnika** (Foto:Ruitz, 2007.)

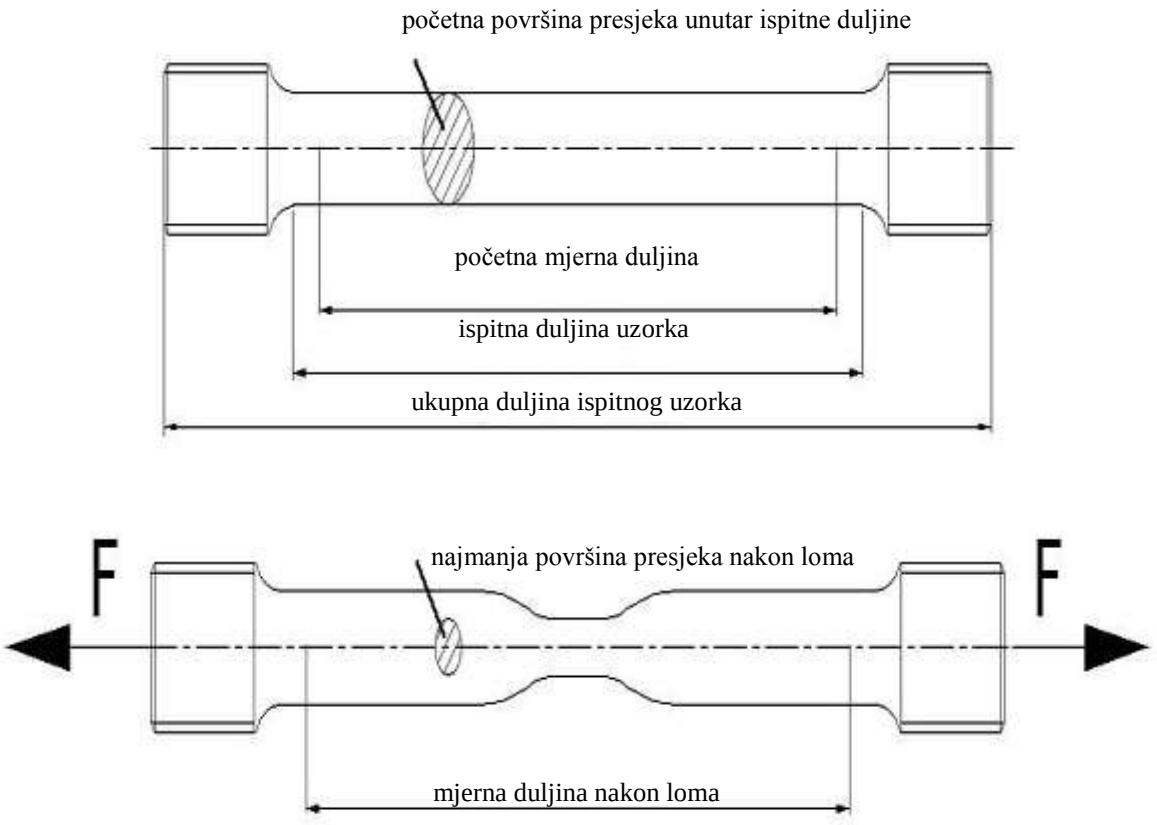
## 2.2 Visokotlačni spremnici

Bioplin se može skladištiti u srednjim i visokotlačnim rezervoarima (čelične tlačne posude), na tlaku od 5 do 250 bara. Ovakvi spremnici imaju visoke troškove rada i potrošnje energije. Za plinske rezervoare do 10 bara, moraju se uzeti u obzir zahtjevi za energijom do 0,22 kWh/m3 , a za visokotlačne rezervoare od 200 do 300 bara, energetski zahtjevi su oko 0,31 kWh/m3. Zbog visokih troškova ovakvi se spremnici za bioplin rijetko koriste kod malih bioplinskih postrojenja na poljoprivrednu biomasu.

## 3. ČVRSTOĆA MATERIJALA

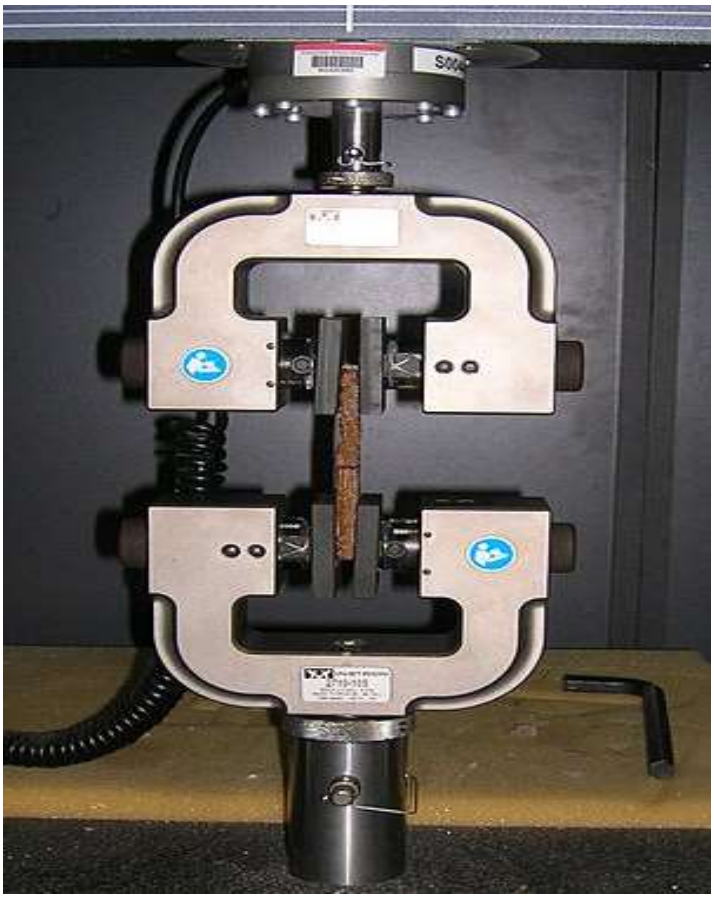
Čvrstoća je sposobnost suprotstavljanja pojavi nedopuštenih oštećenja koja mogu nastati zbog opterećenja. Ta granična opterećenja, zbog naprezanja i deformacija koja proizvode, uzrokuju dvije osnovne vrste nedopuštenih oštećenja: lom (ili nastanak pukotine, koja vodi k lomu) i plastičnu deformaciju.Čvrstoća također prestavlja svojstvo otpornosti koje je izraženo u uvjetima statičkog kratkotrajnog opterećenja. Zato se ispitivanje rastezne čvrstoće obavlja u takvim uvjetima. Za ispitivanje rastezne čvrstoće rabimo epruvete raznih oblika s obzirom na veličinu i oblik raspoložive tvari i s obzirom na zahvatne čeljusti kidalice. Epruvete mogu biti kružnog, kvadratnog i pravokutnog presjeka, pri čemu je odnos stranica pravokutnika najviše 4:1.

Epruveta kružnog presjeka sastoji se od srednjega jednoličnog dijela, na kojem nastaju glavne deformacije, proširenih krajeva koji se stavljaju u čeljusti kidalice i prijelaznog dijela. Prijelazni dio je koničan i zaobljen kako bi se izbjegla koncentracija naprezanja i lom na mjestu. Jednolični dio mora biti vrlo gladak i bez ikakvih zareza koji bi eventualno izazivali koncentraciju naprezanja i početak loma.




**slika 3. epruveta kružnog presjeka** (www.sfsb.hr)

Često je predmet ispitivanja kratak pa je jedino moguće izraditi kratku epruvetu za razliku od dugačke. Kod dugačke epruvete imat ćemo razmjerno manje deformacije nego kod kratke, pa se rezultati ispitivanja neće moći uspoređivati. Ovo je jednostavan primjer utjecaja oblika na mehanička svojstva. Epruveta za ispitivanje rastezne čvrstoće tokari se, gloda ili blanja. To je obrada na hladno, pri čemu se struktura ne mijenja. Naime, promjena strukture odrazila bi se na rezultate ispitivanja. Dogovorena brzina opterećenja ne smije prijeći vrijednost 10 Mpa u sekundi. Osobito su na brzinu opterećivanja osjetljivi metali niskog tališta, npr. kositar i cink, a metali s visokim talištem, npr. čelik i sl. su manje osjetljivi.



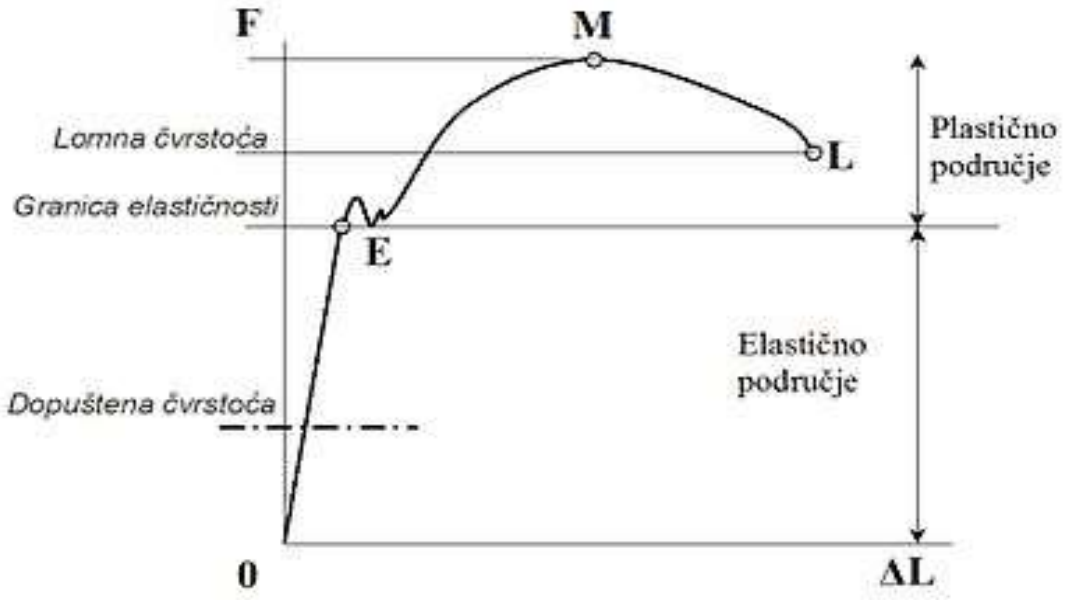
**slika 4. univerzalna kidalica** (www.cmk.vuka.hr)

Univerzalna kidalica sastoji se od više dijelova. Ulje za crpku ulazi u cilindar, gdje podiže stap, i u cilindar tlakomjera s klatnom, gdje tlači stap tlakomjera. Tom tlaku drži ravnotežu okretni moment klatna, koji se okreće za toliko veći kut iz normalnog položaja koliko je viši tlak u kidalici. Na skali se može pratiti porast opterećenja. Preko okvira uspravnih poluga stap diže most, na kojemu se nalazi glava s gornjom čeljusti za pričvršćivanje epruvete, a donja čeljust vezana je za nepokretno postolje stroja.

Podizanjem utega na različitu visinu kidalice se može podesiti na rad sa silama u različitim mjernim područjima- Nagornjem dijelu mosta nalaze se oslonci za postavljanje epruvete pri ispitivanju otpornosti na savijanje. Na istom mjestu postavlja se i epruveta pri tlačnom ispitivanju.

### 3.1. Prikazivanje rezultata ispitvanja

Kidalica daje dva osnovna podatka: veličinu opterećenja i veličinu deformacije epruvete. S pomoću tih veličina možemo nacrtati dijagram funkcionalne ovisnosti F- Δl , nanoseći opterećenje F na ordinatu, a produženje ili deformaciju na apscisu




**Slika 5. najopćenitiji tip dijagrama F- Δl** (www.sfsb.hr)

Dijagram prikazuje tipičnu krivulju rastezanja uobičajenih čeličnih materijala. Početni dio krivulje je linearan, tj. produženje epruvete proporcionalno je sili rastezanja do točke E, koju zovemo granicom elasticiteta. Ako se obustavi rastezanje bilo gdje u području između 0 i E, epruveta će se vratiti na prvobitnu dužinu bez ikakvih trajnih deformacija, tj. u rasponu naprezanja 0 – E materijal se ponaša potpuno elastično.Prekoračenjem točke E, rastezanjem u uzdužnom smjeru uzrokuje se suženje epruvete na najslabijem mjestu (što je posljedica nehomogenosti materijala), što se na dijagramu čvrrstoće reflektira koljenom iza točke E. Daljnje povećanje opterećenja uzrokuje daljnji porast dužine epruvete, međutim područje E – M više nije elastično, tj. u slučaju prekida pokusa epruveta će se nešto skratiti, ali će ipak ostati trajno deformirana. To se stoga zove područjem plastične deformacije.

Najveće dostignuto opterećenje kome odgovara točka M bilježi se kao maksimalna čvrstoća materijala, koja međutim u slučaju trgovačkih čelika nema praktične vrijednosti. Nakon dosizanja točke M, epruveta se produžuje čak i ako opterećenje smanjujemo. Suženje presjeka na najslabijem mjestu epruvete naglo raste i u točki L nastupa lom epruvete. Naprezanje u Mpa ili $N/mm^2$ kod kojega je nastupio lom, nazivamo lomnom čvrstoćom materijala.

Oblik dijagrama ponajprije ovisi o svojstvima materijala. Postoje dijagrami:

a – bez područja klonulosti (mjed, zakaljeni čelik i sl.)

b – bez područja elastičnosti (bakar, aluminij i sl.)

c – s umetkom između područja proporcionalnosti i popuštanja (meki čelik): umetak se zove *područje tečenja* u općem slučaju , u slučaju opterećenja rastezanjem *područje razvlačenja*, a u slučaju opterećenja sabijanjem *područje deformiranja.*

d – poseban slučaj – sivi lijev. Kod sivog lijeva krivulja vrlo malo odstupa od osi ordinate, zbog čega su deformacije neizmjerive.

Najvažniji dijagram je dijagram c, jer se ta vrsta čelika u praksi najviše primjenjuje. To je dijagram s umetkom između područja proporcionalnosti i popustanja. Nastaje pri kidanju niskougljičnog nelegiranog čelika ili tzv. mekog čelika, a to je materijal koji se najčešće primjenjuje i ispituje.

### 3.2. Dozvoljeno naprezanje

Čelik se pri zagrijavaju rasteže. Naglo zagrijavanje uzrok je nejednolične temperature različitih dijelova obrađivanog predmeta, što može izazvati jaka zaostala naprezanja. Pri razmjerno žilavoj tvari naprezanja se ublažuju plastičnom deformacijom i izvijanjem odnosno deformiranjem predmeta, dok se u tvrđoj tvari, pojavljuju pukotine jer je tada toplinska vrijednost manja. Da bismo postigli što bolje rezultate toplinske obrade, potrebno je što je moguće točnije postići temperaturu, određenu za pojedini postupak.

Dozvoljeno naprezanje na temperaturi izrade za većinu materijala iznosi manje od 1/3 djelotvorne vlačne čvrstoće ili 2/3 minimalne granice razvlačenja materijala za temperature ispod granice puknuća i deformacije. Minimalna djelotvorna vlačna čvrstoća na povišenim temperaturama dobiva se iz krivulje vlačne čvrstoće s određenim

preinakama. Iznos vlačne čvrstoće dobiven iz krivulje množi se sa omjerom minimalnog vlačnog pritiska na sobnoj temperaturi navedenom u specifikacijama za određeni materijal i stvarnog vlačnog pritiska na sobnoj temperaturi dobivenog iz krivulje vlačne čvrstoće. Dobivena vrijednost se zatim množi sa faktorom 1.1 koji predstavlja konstantu koja je utvrđena prema ASME (American Society of Mechanical Engineers) standardima te se također zasniva na procjeni inženjera. Pri procjeni uzimaju se u obzir brojni čimbenici poput vlačne čvrstoće većine ugljičnih i niskolegiranih čelika na sobnoj i povišenoj temperaturi, težnji za održavanje stalnog dozvoljenog pritiska između sobne temperature i 260°C te viših temperatura za ugljična vlakna. Iznad 260°C dopušteno naprezanje ugljičnih čelika kontrolira se prema kriterijima puknuće-deformacija te prema kriterijima vlačni pritisak-razvlačenje.

U praksi često ocjenjujemo temperature čelika pri popuštanju u temperaturnom području od 200 do 350 °C po oksidacijskim bojama. Boje koje odgovaraju pojedinim temperaturama vrijede za većinu čelika, no ne vrijede za nehrđajuće čelike u kojih su temperature pripadnih boja znatno više. Za toplinsku obradu čelika veoma važno je i trajanje grijanja predmeta na određenoj temperaturi. To ovisi o debljini stijenki predmeta, njegovoj toplinskoj vodljivosti i o sredstvu u kojem predmet grijemo. Ako je grijanje prekratko, nutrina se debljih predmeta ne ugrije do potrebne temperature te može izostati uvjet za uspiješan tijek određenog procesa toplinske obrade. Ako je pak grijanje predugo, može se pojaviti grubozrnata struktura i smanjivanje količine ugljika u čeliku. Ako zagrijavamo predmete samo pri nižim temperaturama do 180°C, redovito rabimo kupke mineralnih ulja. Najčešće rabimo solne i kovinske kupke. Zagrijavanje u kupkama je brže od zagrijavanja u pećima. Zato su temperature naprezanja pri zagrijavanju u kupkama veće, što pri nižim temperaturama povećava opasnost od deformiranja i pucanja.

### 3.3 Čimbenici koji utječu na učinkovitost

U ASME standardima za kotlove, svi važniji uzdužni i kružni sučeoni spojevi moraju se ispitivati radiografski, s nekim iznimkama. S druge strane, za važnije spojeve dopušta različite načine ispitivanja poput ultrazvučne i magnetne metode ispitivanja. Oni obuhvaćaju čitav spektar ispitivanja, od radiografskih do vizualnih, ovisno o različitim čimbenicima određenim od strane korisnika. Stupanj ispitivanja kroz čimbenike koji utječu na učinkovitost ($E$) utječe na potrebnu debljinu komponenti. Ovi čimbenici, koji se nekad označavaju i kao čimbenici kvalitete ili zavarivanja, služe kao pojačivači pritiska

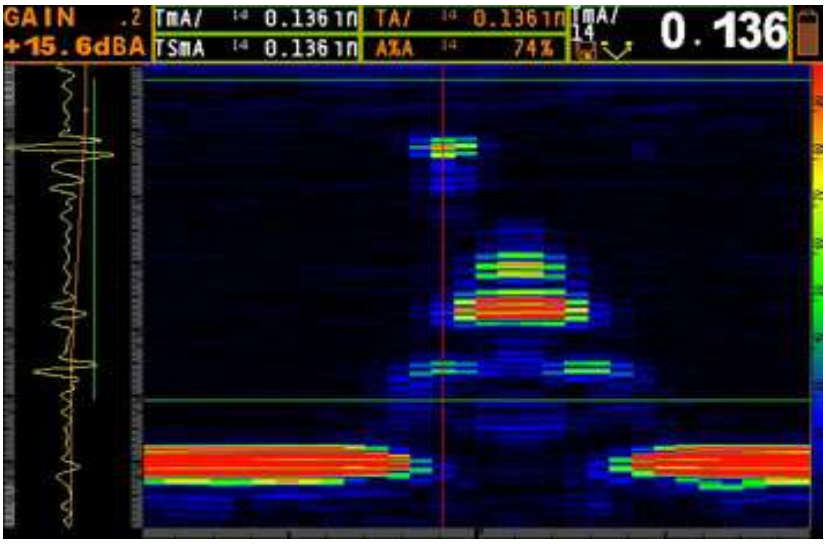
komponenti kada neki od spojeva nisu u potpunosti radiografski ispitani. Ovi pojačivači povećavaju sigurnosne čimbenike i debljinu samih komponenti. U osnovi, komponente imaju različite sigurnosne čimbenike, zavisno od stupnja radiografske analize glavnih spojeva.

Metoda radiografije se najviše primjenjuje pri otkrivanju tehnoloških grešaka tj. grešaka koje nastaju zbog nekog tehnološkog procesa, a osobito zavarivanja, lijevanja ili plastične obrade. Metoda radiografije se sastoji u tome da se označavanjem objekta ispitivanja ionizirajućim zračenjem dobije slika objetka na filmu, tzv. radiogram, s kojeg se mogu učitati unutrašnje greške



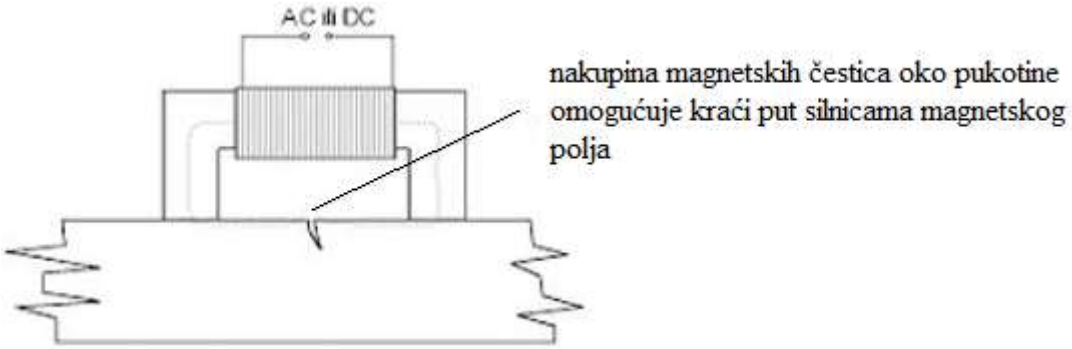
**slika 6. radiogram** (www.am.unze.ba)

Ultrazvučna metoda se najviše primjenjuje za otkrivanje velikog broja grešaka koje nastaju kao posljedica različitih tehnoloških postupaka i grešaka koje nastaju u toku eksplotacije. Greške se otkrivaju pomoću snopa visokofrekventnih ultrazvučnih valova. Područje frekvencije se kreće od 0,5 do 25 MHz. S obzirom na veliku osjetljivost ove metode i velike debljine koje se mogu ispitati, metoda se naveliko primjenjuje u industriji. Za provođenje ultrazvučnog ispitivanja potrebno je imati ultrazvučni aparat, sonbe i etalone.




**slika 7. detektiranje korozije pomoću ultrazvučne metode** (www.idef.hr)

Magnetna metoda otkria površinske i potpovršinske greške u feromagnetnim materijalima, nastale najčešće tehnološkim postupcima kao što su zavarivanje, lijevanje, obrade metala deformiranjem i odvajanjem čestica i toplinskom obradom.Metoda se isto tako dobro primjenjuje na ispitivanju u eksplotaciji za otkrivanje pukotina od zamora te mehaničkih ili toplinskih „šokova“. Princip metode sastoji se u tome da se objekt ispitivanja magnetizira te ako u objetku postoje greške koje sijeku magnetski tok, deformirat će se silnice magnetnog toka oko greške. Vanjska manifestacija može se uočiti na taj način da se objekt posipa česticama magnetskog praška.




**slika 8. magnetsko ispitivanje površine materijala** (www.zavar.hr)

# 4. ZAVARIVANJE

Zavarivanje je proces izrade nerazdvojivog spoja uspostavljanjem međuatomskih veza između dijelova koji se zavaruju, pri čemu se pojedinačno ili kombinirano koristi toplinska i mehanička energija, a po potrebi i dodatni materijal. Postupci zavarivanja, koji se najčešće koriste u praksi, zasnovani su na zagrijavanju materijala iznad temperature taljenja, kada zavareni spoj nastaje očvršćivanjem (elektrolučno), ili na lokalnom zagrijavanju materijala do temperature taljenja, kada zavareni spoj nastaje uz dodatno djelovanje tlaka (elektrootporno). Zavarivanjem je moguće spajanje metala s metalom, nemetala s nemetalom i metala s nemetalom, ali se u praktičnom smislu podrazumijeva spajanje metala s metalom. Zavarivanje je jedan od najvažnijih tehnoloških procesa u suvremenoj industriji, posebno u strojogradnji, graditeljstvu, brodogradnji i procesnoj industriji. Najčešća primjena zavarivanja je za izradu nosivih metalnih konstrukcija, spajanjem pojedinih dijelova, limova i profila, za izradu procesne opreme - posuda i cjevovoda pod tlakom, i za popravak polomljenih ili istrošenih metalnih dijelova. Izrada odgovornih konstrukcija složenijeg oblika je moguća i zakivanjem i lijevanjem, ali se primjenom zavarivanja ostvaruju višestruke prednosti. Tako se, u odnosu na zakovane konstrukcije, zavarivanjem postiže ušteda u materijalu oko 20%, a u odnosu na odljevke 20-50%, pri čemu se skraćuje vrijeme izrade. S obzirom na to da se kod zakovanog spoja sila koja djeluje u jednom limu preko zakovica prenosi na drugi lim, jasno je da je kod nosivih spojeva potreban veći broj odgovarajuće raspoređenih zakovica, što komplicira njihovu izradu. Osim toga, da bi se ostvarila kvalitetna zakovana veza potreban je relativno veliki preklop, što povećava masu konstrukcije. Zavareni spoj je stoga bolje tehničko rješenje, pod uvjetom da je dobro izveden, što nije uvijek jednostavno postići.

## 4.1. Postupci zavarivanja

Postupci zavarivanja mogu podijeliti na postupke topljenjem i postupke pritiskom, pri čemu u prvu skupinu spadaju oni postupci kod kojih se proces spajanja odvija topljenjem i očvršćivanjem na mjestu spoja, a u drugu grupu oni postupci kod kojih se proces spajanja odvija bez taljenja. Osim toga, postupci zavarivanja se često dijele prema izvoru energije: električna (luk, otpor, snop), kemijska (Plamen, eksploziv,), mehanička (tlak, trenje, ultrazvuk) i ostale (npr. Svjetlost). Njihova podjela na 6 grupa (elektrolučno,

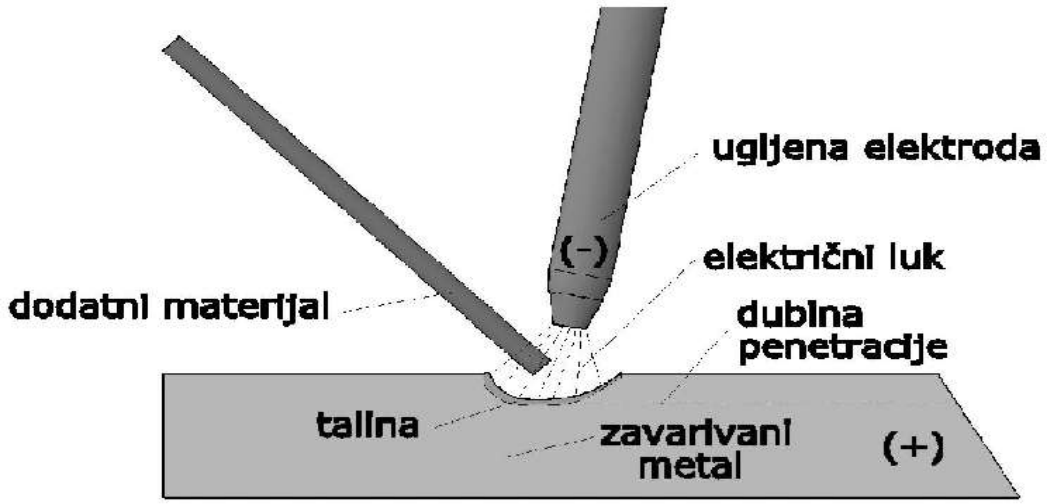
elektrootporno, plinsko, zavarivanje u čvrstom stanju, drugi postupci zavarivanja, lemljenje) i način označavanja su definirani u normi HRN EN ISO 15614.

Tablica 1. Klasifikacija postupaka zavarivanja

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Elektrolučno zavarivanje | 4 | Zavarivanje u čvrstom stanju |
| | Obloženom elektrodom<br>punjenom žicom<br>pod praškom<br>topljivom elektrodom žicom<br>netopljivom elektrodom<br>plazmom | | ultrazvukom<br>trenjem<br>kovačko<br>eksplozijom<br>difuzijom<br>na hladno |
| 2 | Elektrootporno zavarivanje | 5 | Drugi postupci zavarivanja |
| | točkasto<br>šavno<br>bradavičasto<br>zbijanjem | | aluminotermitsko<br>električno – EPT<br>indukcijsko<br>laserom |
| 3 | Plinsko zavarivanje | 6 | tvrdo lemljenje |
| | oksi-acitelinskim plamenom | | u peći<br>uronjavanjem u soli<br>indukcijsko<br>meko lemljenje<br>zavarivačko lemljenje |

Elektrolučno zavarivanje jedan je od najčešće upotrebljavanih načina zavarivanja u praksi. Izvor energije za zavarivanje je električni luk. Dio koji se zavaruje obično je plosnat, dok je elektroda štapičasta. Ako se elektroda ne tali (ugljena, volframova), zavarivati se može bez dodavanja ili s dodavanjem materijala. Pri zavarivanju taljivom elektrodom, ona je ujedno dodatni materijal (obično istorodan s osnovnim materijalom koji se zavaruje). Elektrode za zavarivanje mogu biti gole (ugljeni ili metalni štap, žica ili traka), obložene (metalna jezgra, a obloga mineralni materijal) ili punjene (mineralna jezgra i metalna obloga) ili nekih drugih oblika. Dodatni materijali i elektrode za

elektrolučno zavarivanje (i druge načine zavarivanja) su standardizirani za pojedine načine zavarivanja i prema vrsti osnovnog materijala. Priprema, odnosno oblici dodirnih površina koje se zavaruju i njihovih rubova, je standardizirana za pojedine načine zavarivanja i prema vrsti osnovnog materijala.



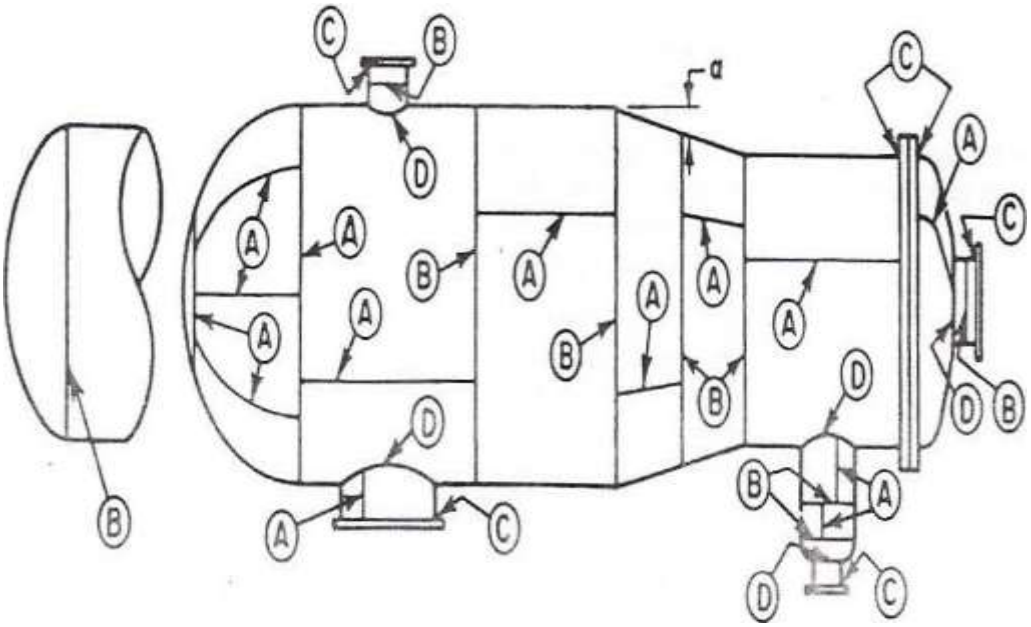

**slika 9. Elektrolučno zavarivanje** (autor: Mmare)

Elektrootporno zavarivanje je način zavarivanja električnom energijom gdje se uvijek koristi pritisak i toplina, koja nastaje zbog velikog električnog otpora na mjestu dodira zavarivanih dijelova. Samo pri sučeljnom elektrootpornom zavarivanju dolazi do zavara u čvrstom stanju, bez rastaljivanja, dok pri svim drugim načinima elektrootpornog zavarivanja dolazi i do taljenja metala. Velika je prednost ovog postupka da je čist, brz i bez dodatnog materijala.

### 4.2 Kategorije zavarenih spojeva

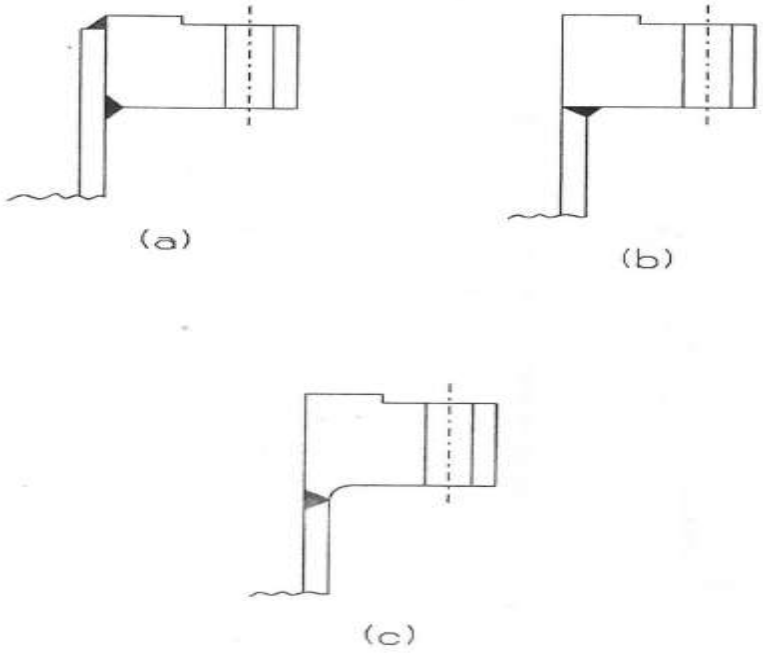
Razlikujemo četiri kategorije spojeva koji zahtijevaju određenu učinkovitost. To su kategorije A, B, C i D, prikazani na Slici 8. Spojevi kategorije A većinom se sastoje od uzdužnih i kružno zavarenih spojeva između polukuglaste glave i plašta. B kategorija obuhvaća kružno zavarene spojeve između različitih komponenti, kao što je vidljivo iz Slike 3., s iznimkom kružno zavarenih spojeva između polukuglaste glave i plašta. Spajanjem prirubnica glavi i plaštu dobivamo spojeve C kategorije. Dodavanjem mlaznica glavi, plaštu i prijelaznim dijelovima dobivamo spojeve D kategorije. Četiri kategorije spojeva ne odnose se na šipke za zatvaranje s plaštom, spoj sa cijevnom oplatom te

obodnim prstenom. Stupanj analize zavarenih spojeva koji spajaju ove komponente s plaštom i glavom nisu obrađeni .Većina proizvođača pridaje im učinkovitu vrijednost (E) 1.0 kada računaju debljinu plašta ili glave kod takvih spojeva. To je opravdano budući da u većini slučajeva naprezanje djeluje u smjeru obruča i blizu je nuli na spojevima zbog ograničenja cijevne oplate ili šipke.



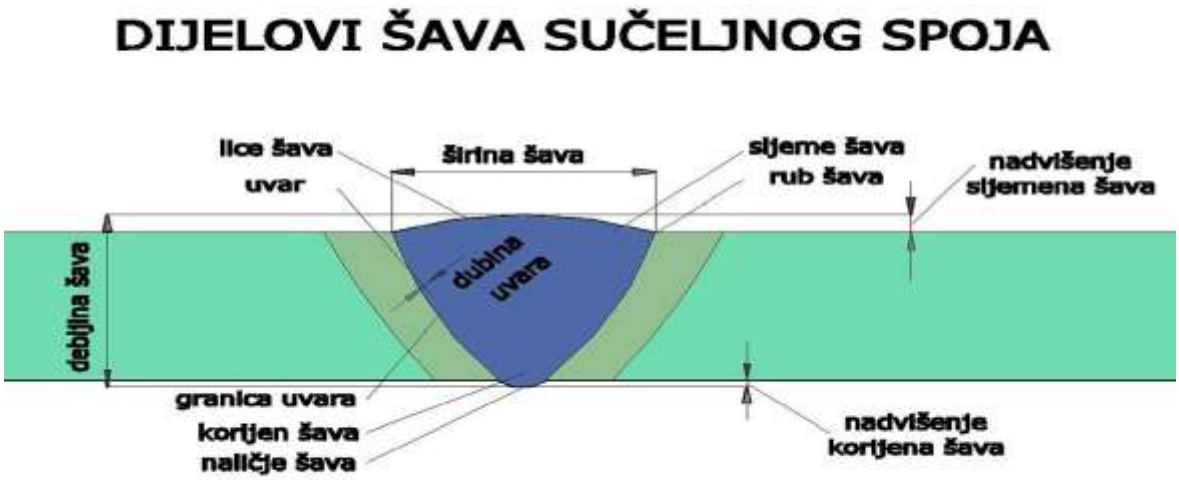

**slika 10. kategorije zavarenih spojeva** (Knjiga:Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels)

Vrste konstrukcija i učinkovitosti A, B, C, D se odnose na položaj unutar posude, a ne na detalje izrade. Prema tome, zavareni spoj C kategorije, koji označuje spoj prirubnice i plašta, može biti dvostrani kutni, kutni ili sučeoni šav. Čimbenici učinkovitosti koji se koriste za izradu komponenti ovise o vrsti analize provedene nad zavarenim komponentama. Primjerice, u potpuno radiografski analiziranom uzdužnom šavu ljuske čimbenik E = 1.0. Međutim, ovaj se broj može i smanjiti ovisno o stupnju analize kružno zavarenih šavova na krajevima uzdužnog šava.




**slika 11. šavovi C kategorije** (Knjiga:Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels)

Prije zavarivanja potrebno je pripremiti ivice osnovnog metala, čime se dobija žlijeb za zavarivanje, čiji su osnovni pojmovi definirani standardom JUS C.T3.001 te su prikazani na slici 11. Oblik i dimenzije žlijeba su određeni standardom JUS C.T3.030.




**slika 12. dijelovi šava (autor: Mmare)**

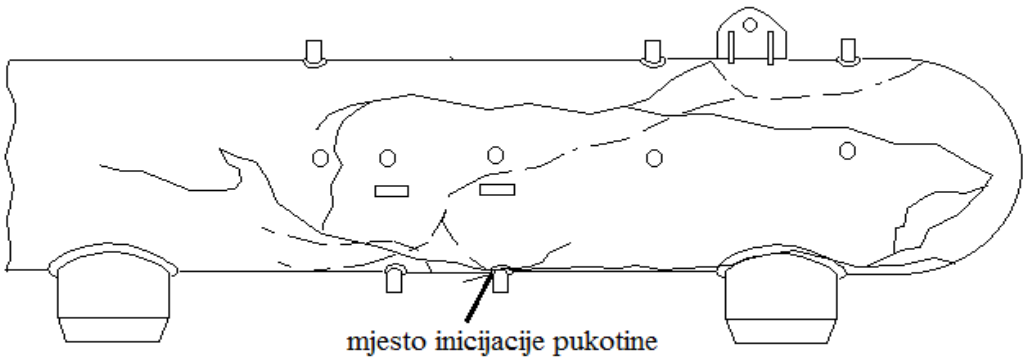
# 5. MOGUĆI NAČINI I UZROCI OTKAZA ZAVARENIH KONSTRUKCIJA

Uobičajeni načini otkaza prema fizikalnim pojavama, koje dovode do otkaza su sljedeći: žilavi lom, krhki lom, trajne deformacije, lom zbog umaranja, puzanje, prevelike elastične deformacije, gubitak stabilnosti, opća korozija,ostali oblici korozije poputkorozija uz naprezanje, interkristalna korozija, selektivna, pitting, korozija u rascjepu (zazoru), abrazija, erozija, kavitacija i slične pojave, termički šokovi i termički umor, propuštanje, prevrtanje, klizanje, sudar, projektilno djelovanje, bičevanje, razne kombinacije (korozija uz naprezanje, korozija uz umaranje). Lom materijala se može odrediti kao makroskopsko razdvajanje materijala, koje dovodi do gubitka nosivosti čvrstog tijela. Uzrok loma je fizikalni, a nastaje djelovanjem naprezanja koje razara atomsku ili molekularnu vezu, te se na taj način stvara nova slobodna ploština.

## 5.1 Krkhi lom

Krhki lom je takav lom kod kojeg pod djelovanjem naprezanja ne postoji plastična deformacija, već se početna mikropukotina širi duž kristalneravnine. Osim sklonosti samog materijala, krhki lom se javlja i kod sniženih temperatura i velikih brzina naprezanja. Sklonost krhkom lomu je uvjetovana:

- svojstvima materijala (prelazna temperatura, starenje),
- stanje radnih naprezanja, (troosno stanje naprezanja, povećava sklonost krhkom lomu),
- zaostala naprezanja; najopasnija su troosna, koja se javljaju, ako je debljina zavara (lima) veća od 25 mm (ili >38 mm ovisno o propisima), pa se preporučuje popuštanje zaostalih naprezanja, da se smanji sklonost krhkom lomu;
- koncentracija naprezanja, greške zavarenih spojeva,
- niske temperature.




**slika 13. primjer krhkog loma na čeličnoj posudi** (www.sfsb.unios.hr)

Pogodnim izborom materijala, oblikovanjem konstrukcije ispravnom tehnologijom i propisanim uvjetima eksploatacije moguće je izbjeći krhki lom. Inicijacija krhog loma je najčešće uzrokovana greškama zavarenih spojeva. Propisana pravila pri izdradi spremnika za tlak zahtijevaju od proizvođača da pri odabiru materijala i dizajniranju imaju u vidu pravila krhkog loma. Proizvođaču se dopušta da izuzme građevne materijale tijekom ispitivanja na udarni lom u slučajevima kada su ispunjeni sljedeći kriteriji:

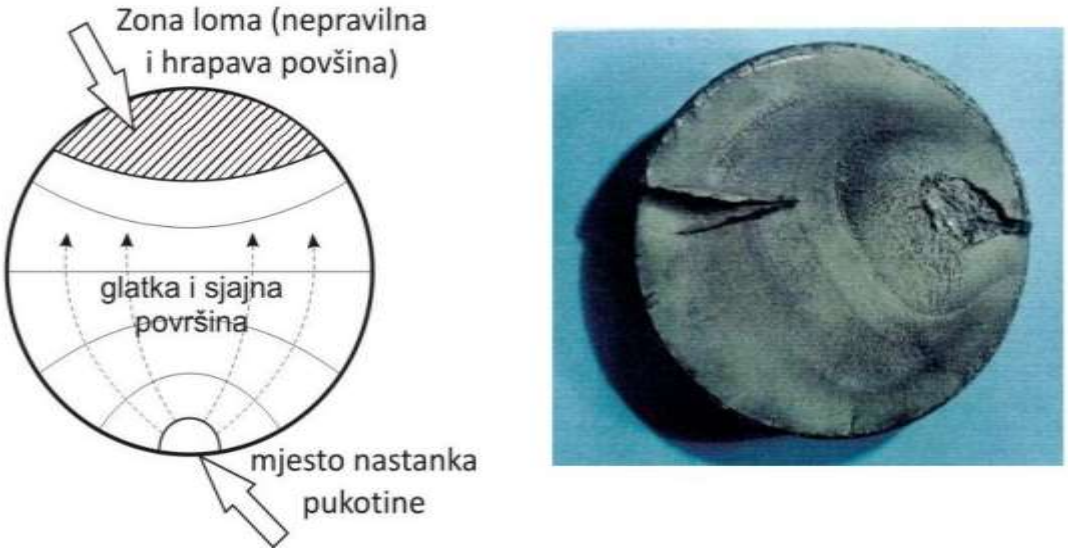
- Materijal je ograničen.
- Maksimalna debljina je 1.27 cm
- Maksimalna debljina 2.54 cn
- Završni konstrukt mora se hidrostatski testirati.
- Temperatura izrade između -29°C i 343°C.
- Termalni, mehanički šok i ciklička opterećenja ne utječu na dizajn.

Gore navedeni uvjeti koriste se za relativno tanke konstrukte od ugljičnog čelika namijenjene za rad koji se ne odvija u teškim termalnim i cikličkim opterećenjima ni pod previše niskim temperaturama.

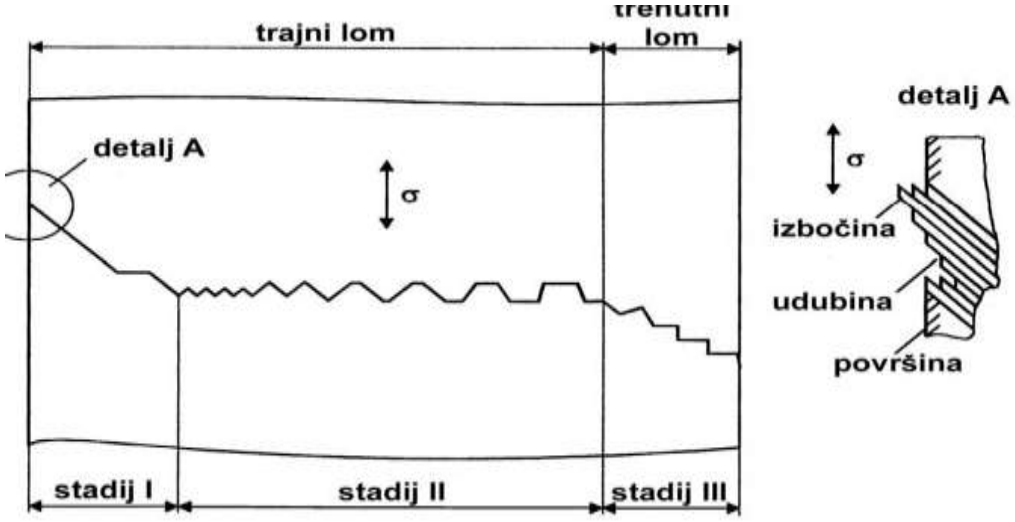
### 5.2 Zamor materijala

Najveći broj lomova u pogonu nastaju zbog zamora materijala. Zamor materijala je pojava loma dijela stroja ili konstrukcije, ako je on dovoljno dugo izložen promjenljivom opterećenju i može nastupiti pri znatno nižem opterećenju nego da je isti dio stroja ili konstrukcije izložen statičkom opterećenju. Pri promjenljivom opterećenju dolazi do pojave promjenljivih ili cikličkih naprezanja. Lomovi zbog prekoračenja statičke čvrstoće

do četiri puta su rjeđi nego kod promjenljivih opterećenja, te iz toga proizlazi velika važnost koju moramo posvetiti promjenljivim naprezanjima. Kod lomova uslijed zamora plastične deformacije se ne pojavljuju prije lomova što znatno povećava opasnost i osim toga početne su pukotine od zamora vrlo tanke i teško se otkrivaju prije samog loma. Zamorni lom najčešće nastaje na nekom mjestu gdje postoji visoka koncentracija naprezanja i od početnog mjesta se širi u koncentričnim kružnicama dok se površina dijela poprečnog presjeka ne smanji toliko da više ne može podnijeti ni statičko opterećenje.




**Slika 14.skica nastanka loma uslijed zamora i primjer iz prakse gdje se dobro vidi zona rasta loma i zona krhkog loma** (www.intranet.fesb.hr)




**slika 15. Shematski prikaz nastanka zamornog loma**(www.tehnika.page.tl)

Proces zamora sastoji se od tri faze:

1. Začetka (stvaranja) pukotine
2. Širenja (napredovanja, rasta) pukotine
3. Konačnog loma (preostalog dijela poprečnog presjeka).

Fizikalno razumijevanje mehanizama koji se odvijaju unutar tih faza nužno je kako bi se mogli kvalitetno razmotriti različiti tehnički uvjeti koji utječu na zamorni vijek, poput kvalitete površine materijala, zaostalih naprezanja, okolišnih uvjeta i slično.

## 6. TLAČNO ISPITIVANJE POSUDA POD TLAKOM

Posude pod tlakom, osim navedenih ispitivanja samog materijala prije same konstrukcije, moraju proći zakonom propisana testiranja prije stavljanja u uporabu. Svi postupci za stavljanje tlačne opreme u uporabu propisana u pravilniku o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom. One moraju proći ili hidrostatski ili pneumatski test prije nego dobiju žig odobrenja. Svaka komponenta mora proći tlačno ispitivanje koje zahtjeva ispitivanje na ili iznad maksimalno dozvoljenog tlaka naznačenog na pločici te u izvješću proizvođača.

Postoji razlika u mišljenjima između toga što je željeno, a što je dobiveno tlačnim ispitivanjima. Neki vjeruju da se tlačnim ispitivanjima traže veća curenja, dok drugi vjeruju da ne bi smjelo biti ni manjih ni većih curenja. Neki smatraju da ispitivanja moraju koristiti težine i naprezanja jednaka ili veća od onih koje će posuda trpiti tijekom rada. Drugi smatraju da tlačno ispitivanje treba utvrditi potencijalne greške nastale tijekom izrade ili izračuna. U nekim slučajevima, čini se da tlačno ispitivanje pomaže izgladiti neke manje nepravilnosti ili pak služi kao neka vrsta umanjivača naprezanja određenih komponenti. Pod određenim uvjetima, pneumatski se test može kombinirati sa ili zamjenjivati hidrostatski test. Kada uvjeti zahtijevaju kombinaciju hidrostatskog i pneumatskog testa, slijede se uvjeti pneumatskog testa. U svim slučajevima, izraz hidrostatsko odnosi se ne samo na vodu kao testni medij, već i ulje i druge tekućine koje nisu opasne ili zapaljive. Također, pneumatsko se ne odnosi samo na zrak, već i na ostale bezopasne plinove koji bi mogli biti poželjni za detekciju.

## 5.1 Hidrostatski test

Hidrostatski tlačni test najpoželjnija je testna metoda. Pneumatski test ili kombinacija pneumatsko-hidrostatskog testa provodi se samo ukoliko je nemoguće izvesti hidrostatski test. Osim za određene vrste posuda,hidrostatski test treba biti najmanje 1.3 puta veći od maksimalno dozvoljenog naprezanja tijekom rada i pomnožen s omjerom dozvoljene vlačne čvrstoće na testnoj temperaturi podijeljen s maksimalno dozvoljenom vlačnom čvrstoćom na temperaturi proizvodnje. Kao alternativu, pritisak hidrostatskog testa može se utvrditi izračunom odobrenim od strane korisnika i proizvođača. U ovom slučaju, maksimalno dozvoljeno radno naprezanje svakog elementa utvrđuje se i množi s 1.3 te zatim namješta za hidrostatsku glavu. Najmanja se vrijednost koristi za testni tlak, koji se namješta prema omjeru testne temperature i temperature izrade. U svakom slučaju, testni pritisak ograničen je onim pritiskom koji neće dovesti do trajnih izobličenja (popuštanja) elemenata. Preporučuje se da temperatura metala posude ili komponenti za testiranje bude najmanje 1.1°C iznad minimalne temperature izrade materijala označene na posudi, no ne mora prelaziti 49°C. Također, preporučuje se namještanje ventila za reguliranje tlaka tekućina od 1/3 testnog pritiska.

Nakon što se dosegne testni pritisak, on se smanjuje na iznos testnog pritiska podijeljenog s 1.3, te se zavareni spojevi i druga područja vizualno pregledaju kako bi se utvrdila moguća curenja i pukotine. Vizualni pregled ne mora se provesti ukoliko se primjenjuje test na curenje plinova, ukoliko su skriveni ventili prethodno pregledani i ukoliko posuda neće prenositi opasne substance. Sva visoka područja u kojima postoji mogućnost formiranja zračnih džepova tijekom testiranja treba prozračiti. Opća pravila za hidrostatska testiranja ne propisuju točno određeno vrijeme provedbe tlačnog ispitivanja. Dužinu može odrediti ovlašteni inspektor ili se određuje prema specifikacijama ugovora.

Osim staklenih i emajliranih posuda, hidrostatski test na svakom dijelu posude treba iznositi 1.25 puta pritisku izrade označenom na posudi, pomnoženom omjerom iznosa naprezanja pri izradi na testnoj temperaturi, podijeljenom iznosom naprezanja pri izradi na temperaturi proizvodnje. Za staklene i emajlirane posude, hidrostatski pritisak pri testiranju treba biti jednak, ali ne prelaziti, pritisak izrade. Također, hidrostatski se testni pritisak može utvrditi i izračunom odobrenim od strane korisnika i proizvođača te upisanim u Izvješće o izradi.



**slika 16. oprema za hidrostatski test** (www.hidrotest.com)

### 5.2 Pneumatski test

Za neke je posude potrebno provesti pneumatski test umjesto hidrostatskog testa. To može biti zbog više razloga, uključujući takvu izradu posude koja ne dopušta sigurno ispunjavanje tekućinama, odnosno ukoliko posuda ne može tolerirati vodu ili neke druge tekućine. Osim za određene posude, pneumatski se test provodi na 1.1 puta maksimalno dozvoljenom radnom pritisku pomnoženom s omjerom dozvoljene vlačne čvrstoće na testnoj temperaturi podijeljenom s maksimalno dozvoljenom vlačnom čvrstoćom na temperaturi proizvodnje. Temperatura metala posude ili komponenti tijekom pneumatskog testa mora biti najmanje 1.1°C iznad minimalne temperature izrade materijala označene na posudi.

Testni pritisak postepeno se povećava na ne manje od pola punog testnog pritiska i nakon čega se postepeno povećava za jednu desetinu testnog pritiska dok se ne postigne puni pritisak. Nakon toga, pritisak se smanjuje na testni pritisak podijeljen s 1.1. te slijedi pregled svih područja. Sve druge zabilješke za hidrostatsko testiranje također se prate, uključujući neprovođenje vizualnog pregleda ukoliko su ispunjeni svi uvjeti.

Pneumatski je test dozvoljen samo u sljedećim uvjetima:

- Izrada posude koja ne dopušta sigurno ispunjavanje tekućinama
- Posuda ne može tolerirati tragove vode ili neke druge tekućine

Kada se pneumatsko testiranje provodi umjesto hidrostatskog, osim za staklene i emajlirane posude, pneumatski testni pritisak na svakom dijelu posude treba iznositi 1.15 puta pritisku izrade označenom na posudi, pomnoženom omjerom iznosa naprezanja pri izradi na testnoj temperaturi, podijeljenom iznosom naprezanja pri izradi na temperaturi proizvodnje. Za staklene i emajlirane posude, hidrostatski pritisak pri testiranju treba biti jednak, ali ne i prelaziti, pritisak izrade.



**slika 17. oprema za pneumatski test** (www.pmc-controls.com)

# 7. ZAKLJUČAK

Bioplinski spremnici predstavljaju vrlo važnu ulogu u bioplinskim postrojenjima. Koristimo niskotlačne i visokotlačne spremnike koji zahtjevaju izrazito visoku razinu sigurnosti i pouzdanosti. Upravo zbog toga rade se mnogobrojna ispitivanja materijala prije same izrade te ispitivanje trenutnog stanja spremnika.

Ispitivanje čvrstoće materijala pokazuje nam sposobnost suprotstavljanja pojavi nedopuštenih oštećenja koja mogu nastati zbog opterećenja. Također, rade se ispitivanja dozvoljenog naprezanja materijala pod različitim temperaturama jer su spremnici pod tlakom pod velikim toplinskim opterećenjima. Velika pažnja mora se posvetiti zavarenim vezama koje se nalaze na tlačnim posudama jer su upravo ta mjesta pod velikim tlačnim pritiscima.

Posude pod tlakom, osim navedenih ispitivanja samog materijala prije same konstrukcije, moraju proći zakonom propisana testiranja prije stavljanja u uporabu. Svi postupci za stavljanje tlačne opreme u uporabu propisana su u pravilniku o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom. Testiranja se obavljaju pomoću hidrostatskog i preumatskog testa, koji nam pokazuju kako će se posude ponašati pod stvarnim opterećenjima. Ukoliko sva ispitivanja, pravila i testitanja prođu po propisima posuda za tlak je spremna za upotrebu.

## 8. POPIS LITERATURE

1. James R. Farr i Maan H. Jawad (2010.): Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels, drugo izdanje

2. Kuzman Ražnjatević, dipl.ing. i sur. (1997.): Krautov strojarski priručnik. Kratis,Zagreb

3. Dušan Hrgović (1996.): Tehnički materijali 2. Školska knjiga, Zagreb

4. Đulbić, Mirsad (1986): Biogas: dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja. Tehnička knjiga, Beograd

5. Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner,Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen (2009): Priručnik za bioplin. Energetski institut Hrvoje Požar,Zagreb

6. Cindrić Ines,Biščan Vlatka (2009): Rizici i sigurnost u primjeni komprimiranih plinova. Zbornik radova, IV. znanstveno-stručna konferencija s međunarodnim sudjelovanjem Menadžment i sigurnost. Hrvatsko društvo inženjera sigurnosti, Čakovec

Internet:

- http:// http://www.propisi.hr/
- http://www.em.com.hr/
- http://www.sfsb.hr/
- http://www.unizd.hr/
- http://www.asme.org/
- http://afrodita.rcub.bg.ac.rs/

## 9. SAŽETAK

Spremnici za bioplin predstavljaju jedne od najvažnijih dijelova bioplinskog postrojenja. Pri konstruiranju bioplinskog prostrojenja, koristimo visokotlačne ili niskotlačne spremnike za bioplin. Spremnici se najčešće izrađuju od čelika, od kojeg se zahtjeva izrazito visoka kvaliteta izrade te otpornost na visoke temperature i tlakove. Pri oblikovanju materijala vrlo je važno poznavati njegova svojstva , u našem slučaju čelika, te njegovo ponašanje u različitim uvjetima. Zbog toga , radimo ispitivanja od kojih su najvažnija ispitivanja čvrstoće,tvrdoće, lomljivosti, dozvoljenog naprezanja te tlačnog i vlačnog naprezanja. Također, za pravilno oblikovanje spremnika, moramo poznavati vrste i načine zavarivanja. Dobiveni rezultati ispitivanja daju nam uvid u kvalitetu i svojstva, te uz pomoć njih možemo odabrati najbolje materijale za izradu spremnika.

Ključne riječi: spremnici pod tlakom, čvrstoća materijala, tlačno ispitivanje

## 10. SUMMARY

Tanks for biogas represent one of the most important parts of the biogas plant. In constructing biogas plant, we use high-pressure or low-pressure tanks for biogas. These tanks are usually made of steel, which requires an extremely high level of quality and resistance to high temperatures and pressures. In the design of materials, it's very important to know its characteristics, in our case, steel, and its behavior under different conditions. Because of that fact, we must do tests. The most important are tests of strength, hardness, brittleness, allowable stress and pressure and tensile stress. Also, for the proper design of the tank, we need to know the types and methods of welding. The obtained test results give us insight into the quality and characteristics, and with their help we can select the best materials for making tanks

**Keywords:** pressure vessel, tensile stress, pressure test

## 11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija postupaka zavarivanja str.12

## 12. POPIS SLIKA


Slika 1. sigurnosni tlačni objekti i ventili (Foto:Agrinz, 2006.) str.2

Slika 2. izgled niskotlačnog spremnika (Foto:Ruitz, 2007.) str.3

Slika 3. epruveta kružnog presjeka (www.sfsb.hr) str.4

Slika 4. univerzalna kidalica (www.cmk.vuka.hr) str.5

Slika 5. najopćenitiji tip dijagrama F- Δl (www.sfsb.hr) str.6

Slika 6. radiogram (www.am.unze.ba) str.9

Slika 7. detektiranje korozije pomoću ultrazvučne metode (www.idef.hr) str.10

Slika 8. magnetsko ispitivanje površine materijala (www.zavar.hr) str.10

slika 9. elektrolučno zavarivanje (autor: Mmare) str.13

Slika 10. kategorije zavarenih spojeva (Knjiga:Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels) str.14

Slika 11. šavovi C kategorije (Knjiga:Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels) str.15

Slika 12. dijelovi šava (autor: Mmare) str.15

Slika 13. primjer krhkog loma na čeličnoj posudi (www.sfsb.unios.hr) str.17

Slika 14.skica nastanka loma uslijed zamora i primjer iz prakse gdje se dobro vidi zona rasta loma i zona krhkog loma (www.intranet.fesb.hr) str.18

Slika 15. shematski prikaz nastanka zamornog loma(www.tehnika.page.tl) str.18

Slika 16. oprema za hidrostatski test (www.hidrotest.com) str.21

Slika 17. oprema za pneumatski test (www.pmc-controls.com) str.22

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Završni rad**

## OBLIKOVANJE SPREMNIKA POD TLAKOM ZA BIOPLIN

**Kruno Marijanović**

**Sažetak:** Spremnici za bioplin predstavljaju jedne od najvažnijih dijelova bioplinskog postrojenja. Pri konstruiranju bioplinskog prostrojenja, koristimo visokotlačne ili niskotlačne spremnike za bioplin. Spremnici se najčešće izrađuju od čelika, od kojeg se zahtjeva izrazito visoka kvaliteta izrade te otpornost na visoke temperature i tlakove. Pri oblikovanju materijala vrlo je važno poznavati njegova svojstva , u našem slučaju čelika, te njegovo ponašanje u različitim uvjetima. Zbog toga , radimo ispitivanja od kojih su najvažnija ispitivanja čvrstoće,tvrdoće, lomljivosti, dozvoljenog naprezanja te tlačnog i vlačnog naprezanja. Također, za pravilno oblikovanje spremnika, moramo poznavati vrste i načine zavarivanja. Dobiveni rezultati ispitivanja daju nam uvid u kvalitetu i svojstva, te uz pomoć njih možemo odabrati najbolje materijale za izradu spremnika.

**Ključne riječi:** spremnici pod tlakom, čvrstoća materijala, tlačno ispitivanje

## FORMING OF PRESSURE VESSEL FOR BIOGAS

**Summary:** Tanks for biogas represent one of the most important parts of the biogas plant. In constructing biogas plant, we use high-pressure or low-pressure tanks for biogas. These tanks are usually made of steel, which requires an extremely high level of quality and resistance to high temperatures and pressures. In the design of materials, it's very important to know its characteristics, in our case, steel, and its behavior under different conditions. Because of that fact, we must do tests. The most important are tests of strength, hardness, brittleness, allowable stress and pressure and tensile stress. Also, for the proper design of the tank, we need to know the types and methods of welding. The obtained test results give us insight into the quality and characteristics, and with their help we can select the best materials for making tanks

**Keywords:** pressure vessel, tensile stress, pressure test

Datum obrane: