

**POGLAVLJE 2**

**CJEVARSKI RADOVI U  
BRODOGRADNJI**

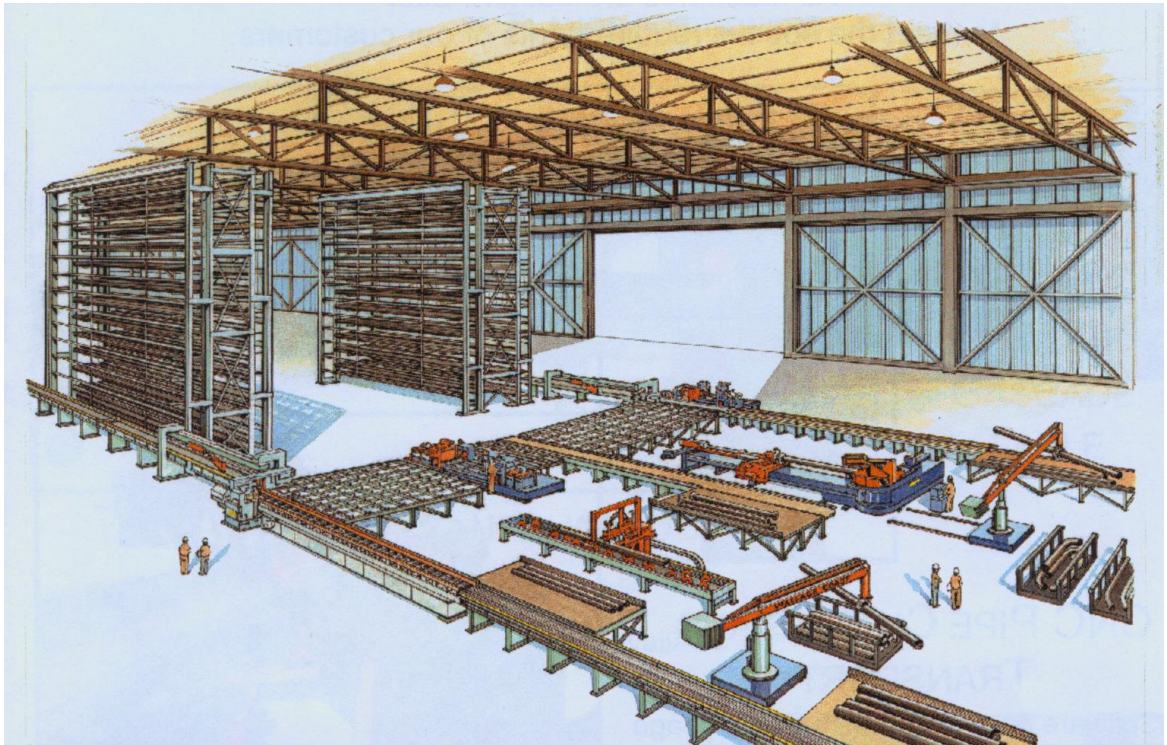
## 1. UVOD

Brodski cjevovodi služe za provođenje različitih medija brodskih službi kao što su: gorivo, mazivo, morska i slatka voda, komprimirani zrak i razni drugi mediji (freon, inertni plin, hidrauličko ulje, itd.), čime se omogućuje normalno funkcioniranje glavnog i pomoćnih motora, pumpi, ventilatora, kompresora, izmjenjivača topline i drugih strojnih uređaja na brodu. Pripadaju vrlo važnoj brodskoj opremi i s pravom ih se naziva "krvotokom broda". Primjenom parnih strojeva, a kasnije i motora s unutrašnjim izgaranjem, na brodovima se javila potreba za ugradnjom cjevovoda koji su bili od primarne važnosti za rad tih strojeva. Najprije su se ugrađivali cjevovodi napojne vode te cjevovodi pare i kondenzata, a zatim cjevovodi goriva, maziva, rashladne vode itd.

Razvojem i ugradnjom brodskih strojeva i uređaja, brodovi postaju sve opremljeniji brodskim cjevovodima. S druge strane međunarodne konvencije zahtijevaju veću sigurnost na moru, što doprinosi daljnjem povećanju složenosti brodskih cjevovoda. Sukladno tome razvijaju se brodske službe s pripadajućim cjevovodima, kao što su cjevovodi kaljuže, cjevovodi balasta, protupožarni cjevovodi, cjevovodi pitke vode, cjevovodi tople i hladne vode, cjevovodi sanitarne vode, te izljevni cjevovodi. Nagli razvoj znanosti i tehnike, posebno nakon drugog svjetskog rata, odrazio se i na brodogradnju. Sve prisutnija automatizacija broskog pogona i veća potreba prijevoza specijalnih tereta, utjecale su na potrebu razvoja cjevovoda hidraulike, cjevovoda rashladnih medija te raznih cjevovoda posebnih namjena (npr. cjevovoda za transport ukapljenih plinova).

Razvoju tehnologije cjevarstva pridonijeli su i sve savršeniji strojevi za izradu cijevi. Posebno se misli na strojeve za savijanje cijevi, strojeve za rezanje cijevi, aparate za zavarivanje, strojeve za narezivanje navoja itd.

Suvremene cjevarske radionice u razvijenim brodograđevnim industrijama opremljene su modernom linijom za izradu cijevi, s numeričkim upravljanim strojevima za rezanje cijevi, obilježavanje cijevi, zavarivanje prirubnica, savijanje cijevi i rezanje prodora za cijevne ogranke.



**Slika xxx.** Moderna linije za izradu cijevi s vertikalnim skladištem



**Slika xxx.** Cjevarska radionica brodogradilišta Oshima - Japan

Svakako je za napomenuti da su važnu ulogu za razvoj cjevarstva imali i novi materijali za izradu brodskih cijevi, brtveni materijali, usavršavanje tehnologije zavarivanja, pronalazak tehnologije za zavarivanje različitih materijala u gotovo svim uvjetima, te široka primjena računala i specijaliziranih programskih aplikacija u cjevarstvu.

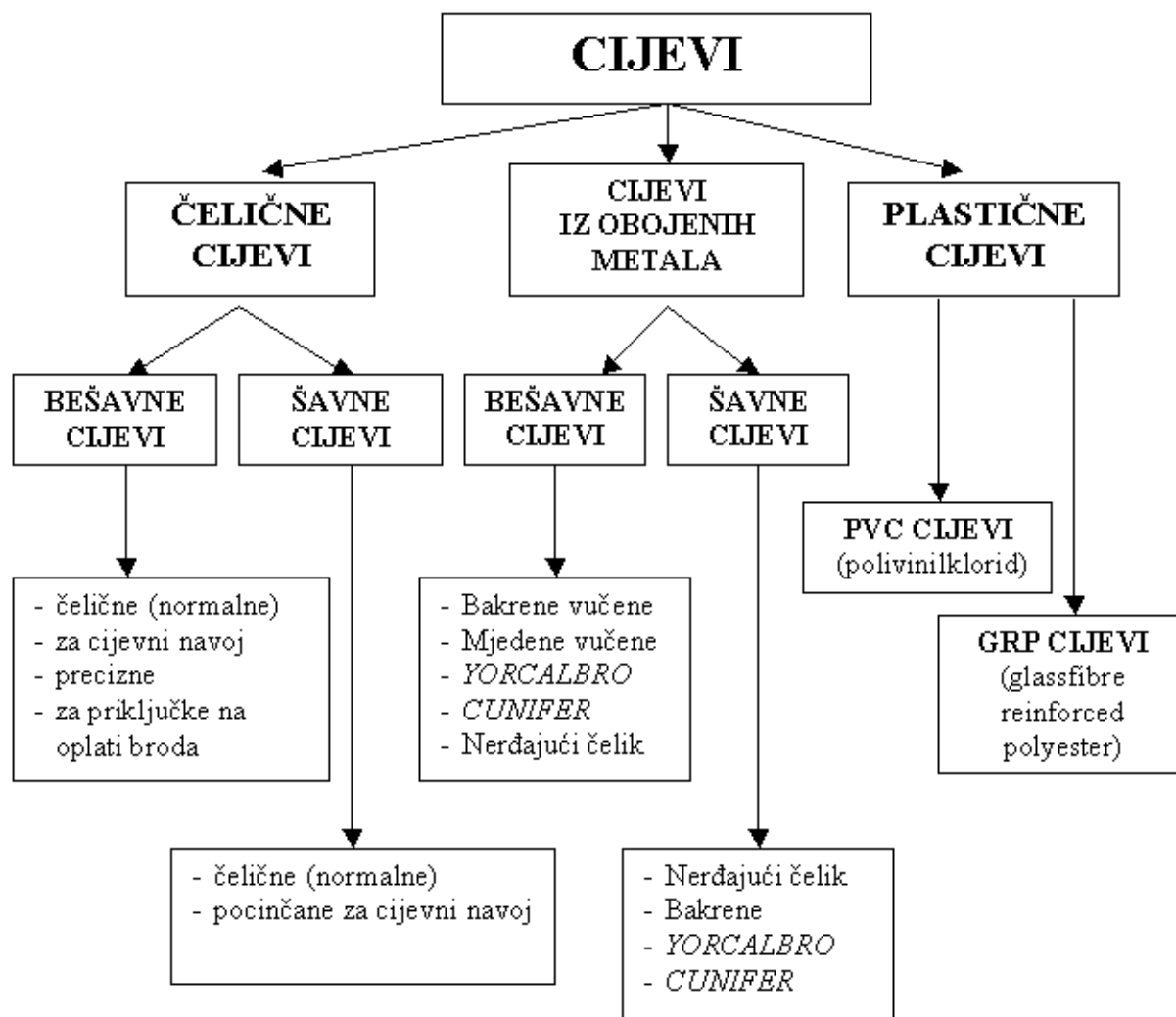
## **2. VRSTE CIJEVI**

U brodogradnji najviše se upotrebljavaju čelične bešavne cijevi u skladu sa standardom SB 1367, tj. prema HRN C.B5.221 odnosno DIN 2448.

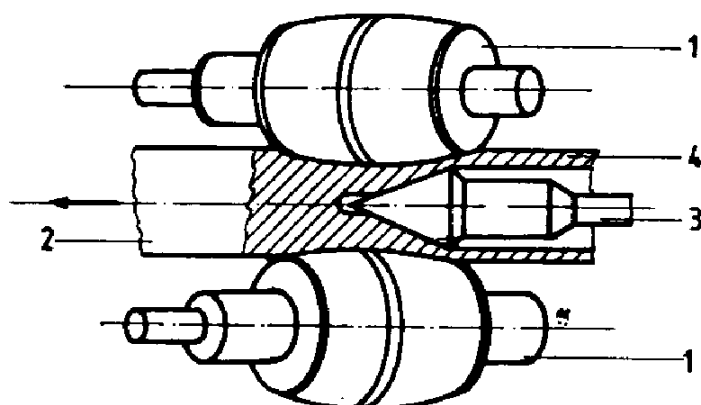
**Čelične bešavne** cijevi proizvode se u valjaonicama, a tehnološki postupak sastoji se od tri faze:

- izrade šupljeg tijela (čahure),
- izrade cijevi iz čahure,
- završne operacije.

Najpoznatiji postupak dobivanja šupljeg tijela je tzv. Mannesmannov postupak (slika xxx) pomoću para dvostrukih konusnih valjaka (poz. 1) koji se rotiraju u istom smjeru. Između tih valjaka propušta se užareni čelični ingot (poz. 2) koji, osim rotacijskog, dobiva i translatorno gibanje izazvano međusobno kosim položajem valjaka. Zbog ta dva kretanja u sredini ingota dolazi do razdvajanja metala. U nastali otvor ulazi trn (poz. 3), tako da između trna i valjaka dolazi do valjanja stijenke čahure.



Slika xxx. Vrste cijevi u brodogradnji

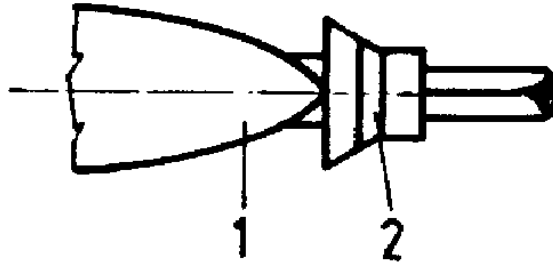


Slika xxx. Valjanje šupljeg tijela Mannesmannovim postupkom  
1- dvostrano konusni valjci; 2 - ingot; 3 - trn; 4-čahura

Ovako obrađene čahure se nakon ponovnog zagrijavanja valjaju u bešavne cijevi, pri čemu se stijenke stanjuju, a cijevi istodobno izdužuju. Postupak se izvodi pomoću kalibriranih valjaka i trna. Razmak između valjaka određuje vanjski promjer cijevi, a promjer trna unutarnji.

Završne se operacije izvode na hladnim cijevima, a sastoje se od reduciranja cijevi valjanjem, kalibriranja, ravnanja, rezanja i pakiranja.

**Čelične šavne cijevi** izrađuju se od valjanih čeličnih traka čija debljina odgovara debljini stijenke buduće cijevi, a širina njezinu opsegu. Traka se po dužini provlači kroz posebnu matricu koja joj daje oblik cijevi. Zatim slijedi uzdužno zavarivanje cijevi, kalibriranje, rezanje na potrebnu dužinu, normalizacija, sortiranje i pakiranje. Cijeli se postupak odvija automatski na automatiziranim proizvodnim trakama.



**Slika xxx.** Oblikovanje cijevi od čelične trake prolaskom kroz matricu 1 - čelična traka; 2 - matrica

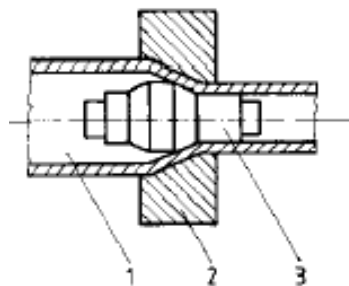
Cijevi se spajaju uzdužnim sučeljenim zavarivanjem. Cijevi velikog promjera, do 2020 mm, i male debljine stijenke, ovako spojene, primjenjuju se u brodogradnji za izradu ispušnog cjevovoda motora unutrašnjim izgaranjem.

Čvrstoća šavnih cijevi manja je od čvrstoće bešavnih cijevi zbog spojnog mjesta, pa se na brodu upotrebljavaju uglavnom za izradu sporednih cjevovoda. Nisu prikladne za obradu savijanjem, jer postoji opasnost da pri tome popusti šav. Jeftinije su od bešavnih cijevi.

**Bakrene cijevi.** Bakar je materijal male tvrdoće, vrlo dobre toplinske vodljivosti i vrlo otporan na utjecaj korozije. Ne podnosi visoke temperature, jer mu se tada čvrstoća naglo smanjuje.

Bakrene cijevi proizvode se kao šavne ili bešavne. Šavne bakrene cijevi izrađuju se savijanjem bakrenog lima i lemljenjem, a bešavne izvlačenjem. Debljina stijenke iznosi 1 do 10 mm. Izvlačenje bakrenih (i ne samo bakrenih) cijevi malog promjera i velikih dužina izvodi se pomoću tzv. letećeg trna (slika xxx) koji nema držača, već slobodno stoji u otvoru matrice pridržavan silama trenja. Takve se cijevi isporučuju u kolutima.

Bakrene cijevi su skuplje od čeličnih, ali je njihova instalacija na brodu jednostavnija zbog njihove velike savitljivosti i time jednostavne prilagodbe oblika cijevi prostoru ugradnje.



**Slika xxx.** Izvlačenje cijevi letećim trnom  
1-cijev, 2-matrica, 3-leteći trn

**Mjedene cijevi.** Mjed ili mesing je slitina bakra i cinka, vrlo otporna prema koroziji i boljih mehaničkih svojstava od bakra. Kao i kod bakra, pri višim temperaturama mehanička

svojstva mjedenih cijevi znatno opadaju. Danas je na brodu primjena mjedenih cijevi ograničena zbog uporabe novih materijala boljih osobina (cunifer).

**Al-MS slitina**, je slitina od 76% Cu, 21,96% Zn, 2% Al i 0,04% As, poznata pod trgovačkim nazivom yorcalbro. Yorcalbro cijevi su vrlo otporne prema koroziji, jer se ubrzo nakon puštanja u rad, puput bakra, presvuku filmom oksida koji ih štiti od daljnje korozije. Otporne su prema djelovanju morske vode, kao i prema djelovanju kiselina i svih naftnih derivata.

**Cu-Ni slitina**, poznata je pod trgovačkim nazivom cunifer. Najčešće se upotrebljava slitina sastavljena od 87,3% Cu, 10% Ni, 1,7% Fe i 1% Mn, a naziva se i cunifer 10. Osobine i mehanička svojstva tih cijevi slične su yorcalbro cijevima, ali im je cijena niža pa se sve više upotrebljavaju u brodogradnji za službe cjevovoda gdje su izložene pojačanom djelovanju korozije (morska rashladna voda, grijanje tankova balasta, tekućeg tereta kod tankera, tankova taloga u strojarnici, cjevovod kondenzata, izmjenjivači topline). Udjeli željeza i mangana povećavaju otpornost cunifer cijevi prema eroziji i koroziji, a zahvaljujući visokom postotku bakra, cijevi koje su izložene djelovanju morske vode nisu jako obraštene. Navedene osobine, mala masa i dobra obradivost čine primjenu ovih cijevi na brodu potpuno opravdanom.

**Cijevi od nehrđajućeg čelika (AISI cijevi)**. Pod nehrđajućim čelikom podrazumijeva se čelik čije trošenje zbog korozije nije veće od 0,1 mm u godini dana, što omogućuje tanki film oksida kroma na površini čelika. Kod nehrđajućih čelika javlja se nekoliko tipova korozije, od kojih su neki vrlo brzi u svom djelovanju tako da za vrlo kratko vrijeme može doći do jakog razaranja materijala i velikih šteta. Koriste se za izradu cjevovoda sistema tekućeg tereta na tankerima za prijevoz kemikalija

**Dupleks cijevi**. Dupleks čelici su čelici dvofazne strukture, tj. oni imaju podjednak udio austenita i ferita. Taj materijal otporan je na koroziju. U brodogradnji se koristi za izradu cjevovoda radne hidraulike za pogon uronjenih pumpi tereta.

**Plastične cijevi**. Zahvaljujući fizikalnim i kemijskim svojstvima, plastične mase pripadaju materijalima budućnosti. U brodogradnji plastične cijevi teško nalaze primjenu. Propisi klasifikacijskih društava dopuštaju njihovu primjenu, uz uvjet da se upotrebljavaju za niske tlakove i temperature. O njihovoj ugradnji na brod odlučuje brodovlasnik. Za sada se na brodu PVC-cijevi uglavnom upotrebljavaju za izradu vakuum-izljeva i cjevovoda hladne sanitarne vode. Vrlo važno svojstvo plastičnih cijevi jest njihova mala gustoća, pa je cjevovod od PVC-cijevi i do deset puta lakši od npr. čeličnog cjevovoda. Većom primjenom tih cijevi povećala bi se korisna nosivost broda. Mala masa cijevi znatno utječe i na ekonomičnost proizvodnje, jer su troškovi transporta i uskladištenja mnogo niži, a montiranje tih cijevi mnogo je lakše. Plastične cijevi otporne su prema morskoj i slatkoj vodi, kiselinama, lužinama, uljima, detergentima itd., a neotporne prema benzolu, acetonu i nekim ugljikovodicima. Velika otpornost prema koroziji omogućuje njihovu uporabu gotovo u svim agresivnim sredinama, a da ih pri tome ne treba zaštićivati nikakvim zaštitnim premazima. Vijek trajanja cjevovoda od plastičnih cijevi vrlo je dug.

### 3. OSNOVNI POJMOVI U CJEVARSTVU

S namjerom da se u cjevarstvu upotrebljavaju isti nazivi koji vrijede za sva hrvatska brodogradilišta, terminologija i definicije propisane su Standardom brodogradnje.

**Cijevi** su šuplja i na obje strane otvorena cilindrična tijela čija je dužina mnogo veća od promjera. Najčešće služe za prijenos odnosno transport tekućina, pare, plinova, te sitnih čvrstih tvari (žita, piljevina, pijeska, sitnog ugljena i sl.) a upotrebljavaju se i za izradu različitih konstrukcija. Imaju širok spektar primjene: brodogradnja, strojogradnja, građevinarstvo, industrija vozila itd.

Presjek cijevi je najčešće okrugli, ali može biti i kvadratni, pravokutni, šesterokutni, eliptični, itd. Svi navedeni presjeci, osim okruglog, rijetko se primjenjuju u brodogradnji i strojogradnji za protok medija.

**Obradena cijev** je potpuno ili djelomično obradena u radionici. Pritom se misli na cijev obrađenu savijanjem, rezanjem te zavarivanjem. Sastavni dijelovi obrađene cijevi jesu jedna ili kombinacija više cijevi, koljena, pribubnica, cijevnih spojnica (košuljica), priključaka, redukcija, i sl.



**Slika xxx.** *Obradena cijev izrađena u radionici*

**Mjerna skica obrađene cijevi** je nacrt (skica) kojim se tehnički prikazuje obrađena cijev, čime se jednoznačno određuje njezin oblik i dimenzije. Mjerna skica cijevi izrađuje se na posebnom obrascu koji se sastoji od četiri dijela: natpisnica (zaglavlje), prostor za mjernu skicu, prostor za trasersku crtu, sastavnice.

Natpisnica (zaglavlje) je prostor s rubrikama za unošenje zajedničkih podataka određene grupe obrađene cijevi (služba, označavanje cijevi, broj nacrtu izrade, broj lista, ispitni tlak, masa).

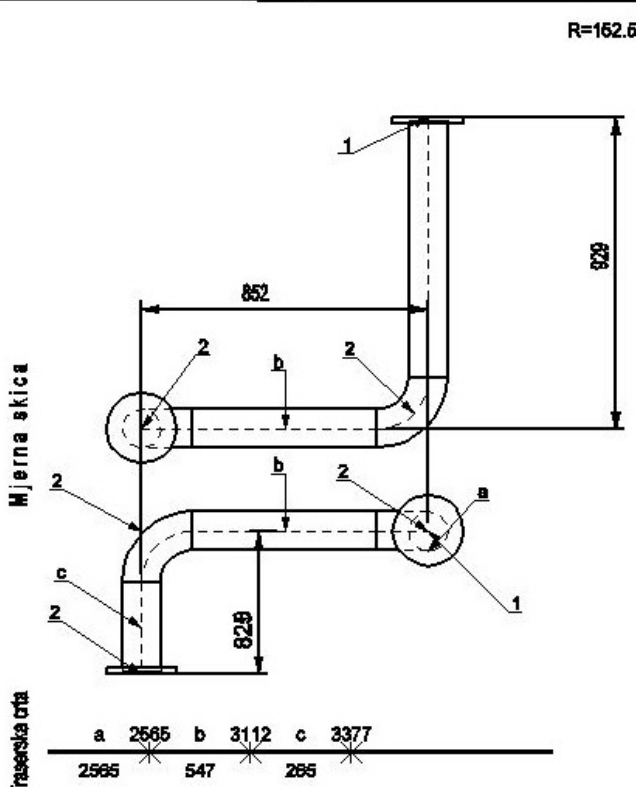
Prostor za mjernu skicu je prostor za nacrt kojim se tehnički prikazuje i definira oblik i dimenzije obrađene cijevi.

Traserska crta je crta na koju se nanose traserske kote i oznake za oblikovanje cijevi (rezanje, savijanje).

Sastavnice definiraju potreban materijal za izradu obrađene po količini, vrsti i kvaliteti.

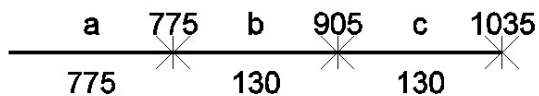
Mjerna skica obrađene cijevi služi za:

- pripremu procesa izrade cijevi (pripremu materijala, određivanje tehnološkog postupka izrade cijevi, itd.),
- izradu cijevi u radionici,
- kontrolu izrađene cijevi,
- praćenje cijevi tijekom procesa izrade sve do skladišta gotovih cijevi.

Služba	KALJUŽA	Označavanje obrađene cijevi:	681,682	227-3-01	K-18 IC	Broj nacrtā izrade	227-2(1)0-203	Broj nac. montaže	201	List broj	42
Mjerna skica 						Komada	Težina kp	Ispitni tlak kp/cm <sup>2</sup>	Svezak		
						1					
						Dimenzije	Standard	Nomenkl. broj			
						a	1	114.3x6.3x2565	HRN C.B5.221		
						b	1	114.3x6.3x547	HRN C.B5.221		
						c	1	114.3x6.3x265	HRN C.B5.221		
						Materijal			C.1212		
						Materijal			C.1212		
						Materijal			C.0461		
						Materijal			POC.		

Slika xxx. Mjerna skica obrađene cijevi

**Traserska crta** je crta na koju se nanose traserske kote i oznake zbog krojenja cijevi. Da bi se cijev izradila i oblikovala potrebno ju je iskrojiti iz ravne cijevi. S traserske crte prenose se na neobrađenu ravnu cijev mjere potrebne za krojenje cijevi i njezino oblikovanje.



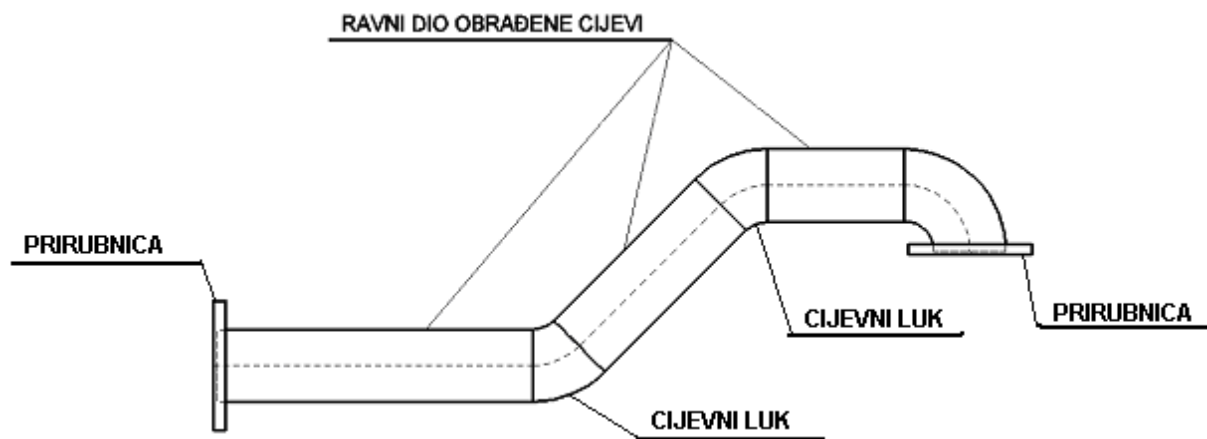
Slika xxx. Traserska crta na mjernoj skici obrađene cijevi



Slika xxx. Trasiranje cijevi na osnovi traserske crte s mjerne skice obrađene cijevi

**Ravni dio obrađene cijevi** je ravni odsječak cijevi između kraja cijevi i luka ili između dvaju lukova.





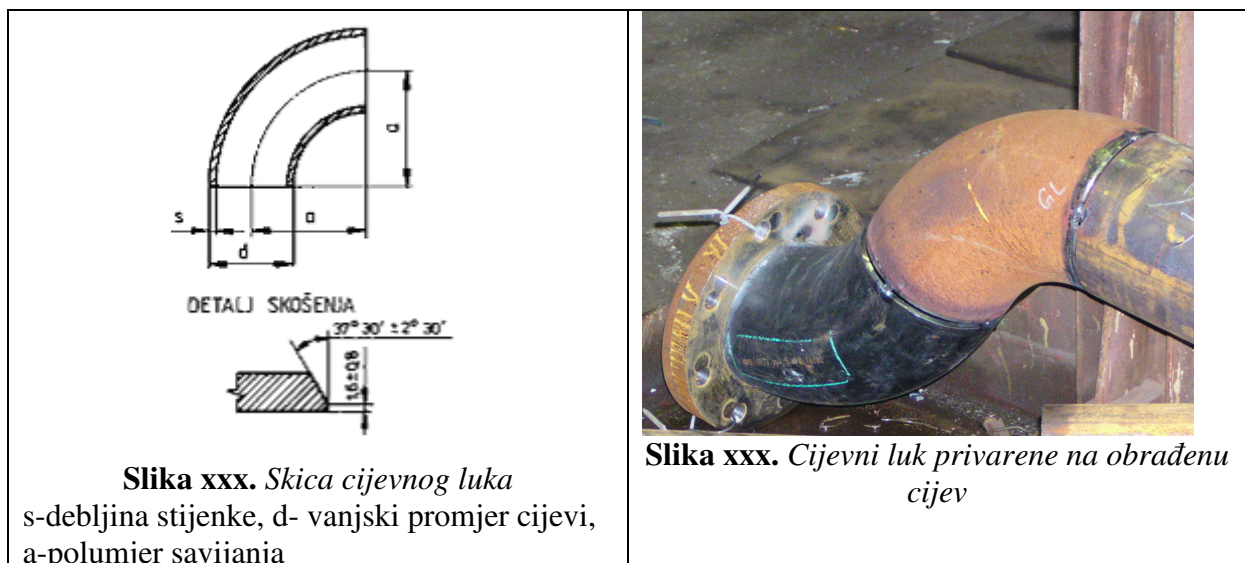
**Slika xxx.** Skica obrađene cijevi izrađena od ravnih cijevi i cijevnih lukova

**Savijena cijev** je zakrivljena cijev koja se izrađuje u cjevarskoj radionici na specijalnim strojevima za savijanje.



**Slika xxx.** Izrada savijene cijevi na stroju za savijanje

**Cijevni luk (koljeno)** je predfabricirani zakrivljeni cijevni element koji se zavaruje na obrađenu cijev.

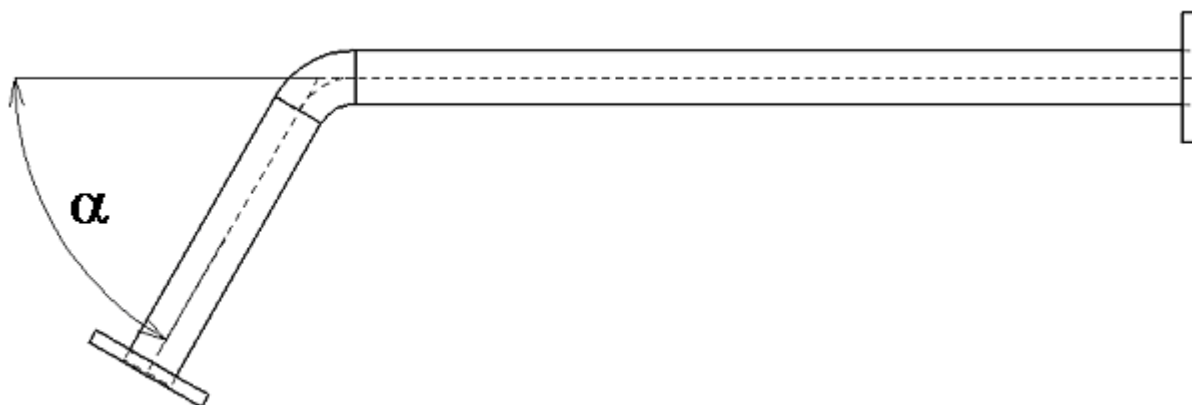


**Slika xxx.** Skica cijevnog luka  
s-debljina stijenke, d- vanjski promjer cijevi,  
a-polumjer savijanja

**Slika xxx.** Cijevni luk privarene na obrađenu cijev

Koljena su, kao i cijevi, standardizirana, a izrađuju se za različite promjere i debljine stijenke. Koljena se naručuju kao gotov proizvod s kutom savijanja 90°. Prema potrebama danih u mjernoj skici cijevi, koljena se režu na zahtijevani kut.

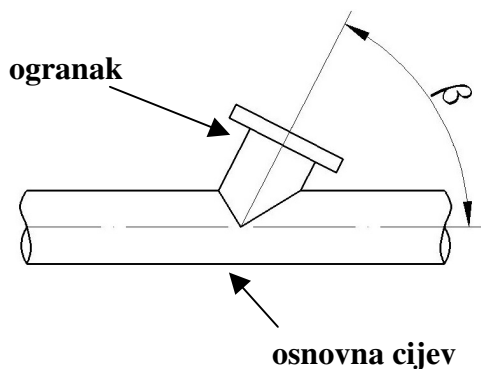
**Kut zakrivljenosti** je kut koji međusobno zatvaraju okomice susjednih simetrala. Kut zakrivljenosti uvijek se mjeri s vanjske strane cijevi.



**Slika xxx.** Prikaz kuta zakrivljenosti na zakrivljenoj cijevi →

$\alpha$ =kut zakrivljenosti

**Ogranci** su dijelovi cjevovoda zavareni na osnovnu cijev (kolektor). Služe za grananje cjevovoda od osnovne cijevne linije. Preporučuje se zavarivanje ogranaka izravno na osnovnu cijev s kutom ogranka ( $\beta$ ) od najmanje 45°.

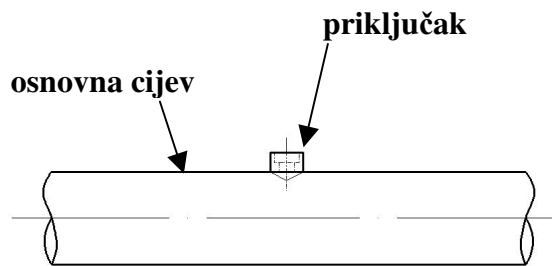


**Slika xxx.** Skica ogranka  
( $\beta$ =kut ogranka)



**Slika xxx.** Detalj ogranka na osnovnoj cijevi

Priključci su također dijelovi cjevovoda zavareni na osnovnu cijev. Služe za montažu mjernih instrumenta (termometara, manometara, raznih temperaturnih osjetnika, i sl).

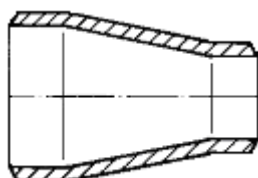


Slika xxx. Skica priključka



Slika xxx. Detalj priključka na osnovnoj cijevi

**Redukcija** je konusno oblikovana cijev, a služi za prijelaz s cijevi većeg promjera na cijev manjeg promjera. Izrađuju se iz bešavnih cijevi, a izuzetno zavarivanjem iz lima. Omjer reduciranja iznosi maksimalno. 3 : 1. Za veće omjere reduciranja koristi se više redukcija u nizu ili se one specijalno izrađuju i naručuju.

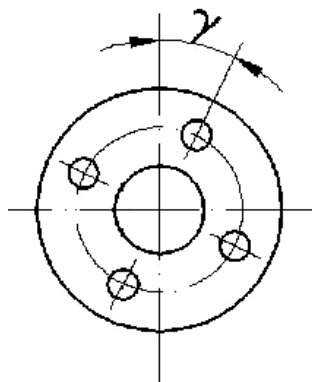


Slika xxx. Skica redukcije



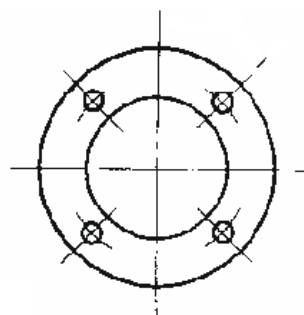
Slika xxx. Detalj redukcije na obrađenoj cijevi

**Kut zaokreta prirubnice** je kut za koji je prirubnica zaokrenuta oko uzdužne osi cijevi tako da se simetrale provrta ne podudaraju s okomitim simetralama cijevi. Kada to posebno nije naglašeno, rupe na prirubnici simetrično su raspodijeljene u odnosu na vertikalnu i horizontalnu os.



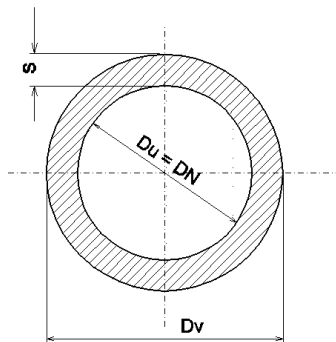
Slika xxx. Skica prikaza zaokrenute prirubnice

$\gamma$ =kut zaokreta prirubnice



Slika xxx. Način mjerenja kuta zaokreta prirubnice

**Nazivni promjer** je osnova za standardizaciju cijevi. To je u pravilu svijetli promjer cijevi odnosno cijevnih elemenata, a označava se s DN. Za lijevane cijevi, GRP cijevi i cijevi iz nehrđajućeg čelika uvijek je unutarnji promjer jednak nazivnom promjeru ( $D_u = DN$ ).

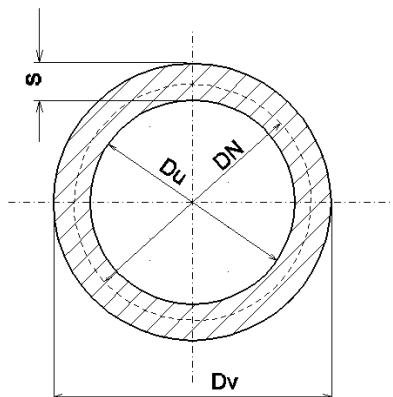


**LEGENDA:**

DN - nazivni promjer  
 $D_u$  - unutarnji promjer cijevi  
 $D_v$  - vanjski promjer cijevi  
 $s$  - debljina stijenke cijevi

**Slika xxx.** Skica osnovnih dimenzija cijevi koje nisu izrađene iz čelika

Međutim, kod čeličnih bešavnih cijevi to nije slučaj. Čelične bešavne cijevi proizvode se zbog različitih tlakova medija s tri odnosno kod većih promjera s dvije različite debljine stijenke. Vanjski promjer je konstantan, jer je standardiziran otvorom alata kojim se cijev izrađuje u valjaonici i samim načinom proizvodnje, a unutarnji promjer se smanjuje za dvije debljine stijenke, koje mogu biti različite. Zato nazivni promjer čeličnih cijevi nije uvijek jednak unutrašnjem promjeru, već se sama oznaka odnosi na neki prosječni svijetli otvor.



**LEGENDA:**

DN - nazivni promjer  
 $D_u$  - unutarnji promjer cijevi  
 $D_v$  - vanjski promjer cijevi  
 $s$  - debljina stijenke cijevi

**Slika xxx.** Skica nazivnog promjera za čelične cijevi

Prirubnice, armatura, i cijevni pribor također su standardizirani prema nazivnom promjeru, čime je osigurana kompatibilnost u izradi i montaži cijevnih linija na brodu.

Budući da su se razni promjeri do kraja 1980. godine često označavali i u inch-ima (1" = 25,4 mm), te se s takvim oznakama mogu kao zaostatak pojaviti i nadalje, u tablici xxx prikazana je usporedna vrijednost nazivnog promjera u mm i inch-ima.

**4. DOKUMENTACIJA ZA IZRADU I MONTAŽU CJEVOVODA**

Za izradu i montažu cjevovoda potrebna je sljedeća dokumentacija:

1. sheme cjevovoda
2. radionička dokumentacija cjevovoda koja se sastoji iz:
  - a) montažnog nacрта cjevovoda
  - b) popisa materijala za montažu cjevovoda

- c) mjernih skica cijevi
- d) mjernih skica nosača
- e) popisa materijala za izradu nosača

#### **4.1 Sheme cjevovoda**

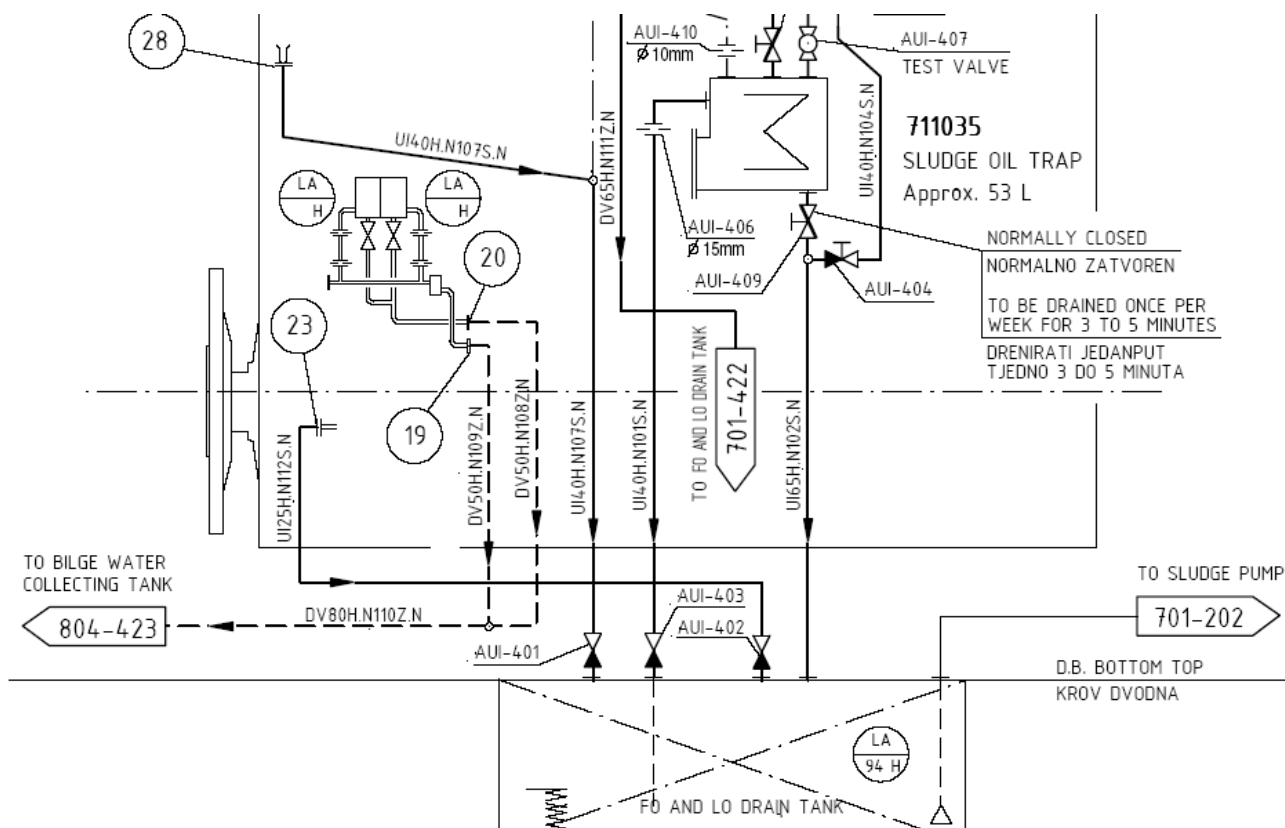
Sheme cjevovoda su nacrti u kojima je pomoću pojednostavljenih oznaka i simbola prikazana funkcionalnost nekog cjevovoda i predstavljaju osnovni dokument za prikazivanje funkcionalnosti nekog sistema cjevovoda. Ne izrađuju se u mjerilu već se cjevovodi prikazuju samo shematski. Bez obzira na zakrivljenost trase predočuju se ravnim crtama, pa stoga ne odražavaju stvarne dužinske veličine. Izrađuju se za svaku službu posebno (kaljuža, balast, sonde, odušnici, gorivo, mazivo, rashladna voda, slatka i topla voda, itd.).

Na shemi se nalaze svi potrebni podaci o sistemu:

- smjer strujanja medija,
- materijal cijevi i potrebna armatura,
- nazivni promjer i debljina stijenke cijevi,
- način spajanja,
- armatura i ostala oprema (prikazana simbolima),
- mjerni instrumenti potrebni za ugradnju u cjevovod,
- sistemi koji podliježu atestu klasifikacijskog društva,
- zahtijevana klasa cijevi,
- ispitni i radni tlakovi cjevovoda.

Sheme cjevovoda služe za:

- odobrenje od strane klasifikacijskog društva i brodovlasnika,
- dimenzioniranje sistema, kao podloga za narudžbu brodske opreme,
- izradu radioničke dokumentacije,
- snimanje cjevovoda koji nije obuhvaćen radioničkom dokumentacijom direktno pri montaži cjevovoda,
- kontrolu montaže cjevovoda na brodu,
- inspekcijski pregled i prijem od strane klasifikacijskog društva i brodovlasnika,
- kao primopredajna dokumentacija kod isporuke broda.



Slika xxx. Detalj iz sheme cjevovoda ispusta vode i ulja iz uljnih prstenova i brtvenica glavnog motora

		G SB 10008 LIST 2
OPĆI SIMBOLI U SHEMAMA INSTALACIJA CJEVOVODA NA BRODOVIMA		
R.br.	SIMBOL	NAZIV I OBJAŠNENJE
1.1	—	CIJEV
1.1.1	—>	CIJEV S OZNAČENIM SMJEROM STRUJANJA
1.2	⋈	VENTILI, ZASUNI, PIPCI, KLAPETI
1.3	□	UREĐAJI
1.4	○	POKAZNI I MJERNI INSTRUMENTI

Slika xxx. Opći simboli u shemama instalacija cjevovoda prema SB 10008

#### 4.2 Radionička dokumentacija cjevovoda



**Slika xxx.** *Izrada radioničke dokumentacije na crtaćoj ploči*

Uporaba radioničkih nacrti cjevovoda novijeg je datuma. Danas računalo daje potpunu podršku u gradnji broda. CAD alati s mogućnošću 3D modeliranja opremljenog brodskog prostora, gotovo u potpunosti zamjenjuju klasičan način projektiranja i konstruiranja na crtaćoj ploči.

Time se postiže:

- projektantu i konstruktoru bolja vizualizacija prostora,
- veća točnost i preciznost izrade dokumentacije,
- povećanje brzine rada i produktivnost,
- jednostavnija i brža obrada i protočnost informacija,
- pojednostavljenije pripreme proizvodnje,
- smanjenje nesukladnosti i škarta.



**Slika xxx.** *Korištenje računala u 3D modeliranju i izradi radioničke dokumentacije*

U primjeni CAD tehnologije izrade radioničke dokumentacije cjevovoda koristi se “*metodologija nasljeđivanja opremljenih prostora*”, koja se sastoji iz nasljeđivanja trodimenzionalnih modela opremljenog prostora prema dinamici i fazama opremanja broda.

Na osnovi usklađenog trodimenzionalnog modela opremljenog brodskog prostora, izrađuje se klasična radionička dokumentacija za izradu i montažu cjevovoda, napravljena u skladu s pravilima za izradu radioničke dokumentacije, tehničkog crtanja i nacrtne geometrije.

Radionička dokumentacija cjevovoda sastoji se od:

- smještajnih (montažnih) nacrti (slika xxx),
- mjernih skica cijevi (slika xxx),
- mjernih skica nosača cijevi (slika xxx),
- popisa materijala za montažu / predmontažu,
- popisa materijala za izradu.

#### **4.2.1 Smještajni nacrt**

Smještajni nacrti izrađuju se u tlocrtima i dovoljnom broju presjeka i pogleda za sve cjevovode u teretnom prostoru, strojarnici, nadgrađu, krmi i pramcu, u principu za nazivne promjere cijevi iznad DN 32 mm. Smještajni nacrti izrađuju se posebno za potrebe predmontaže cijevi u sekcije, module sklopove i blokove, a posebno za potrebe montaže cijevi na navoz i za završno opremanje u opremnom bazenu.

Za potrebe predmontaže u sekcije brodskog trupa uobičajeno je da jedna sekcija obuhvaća jedan smještajni nacrt s pripadajućim mjernim skicama za izradu i popisima materijala. Nacrt sadrži sve službe cjevovoda koje pripadaju toj sekciji.

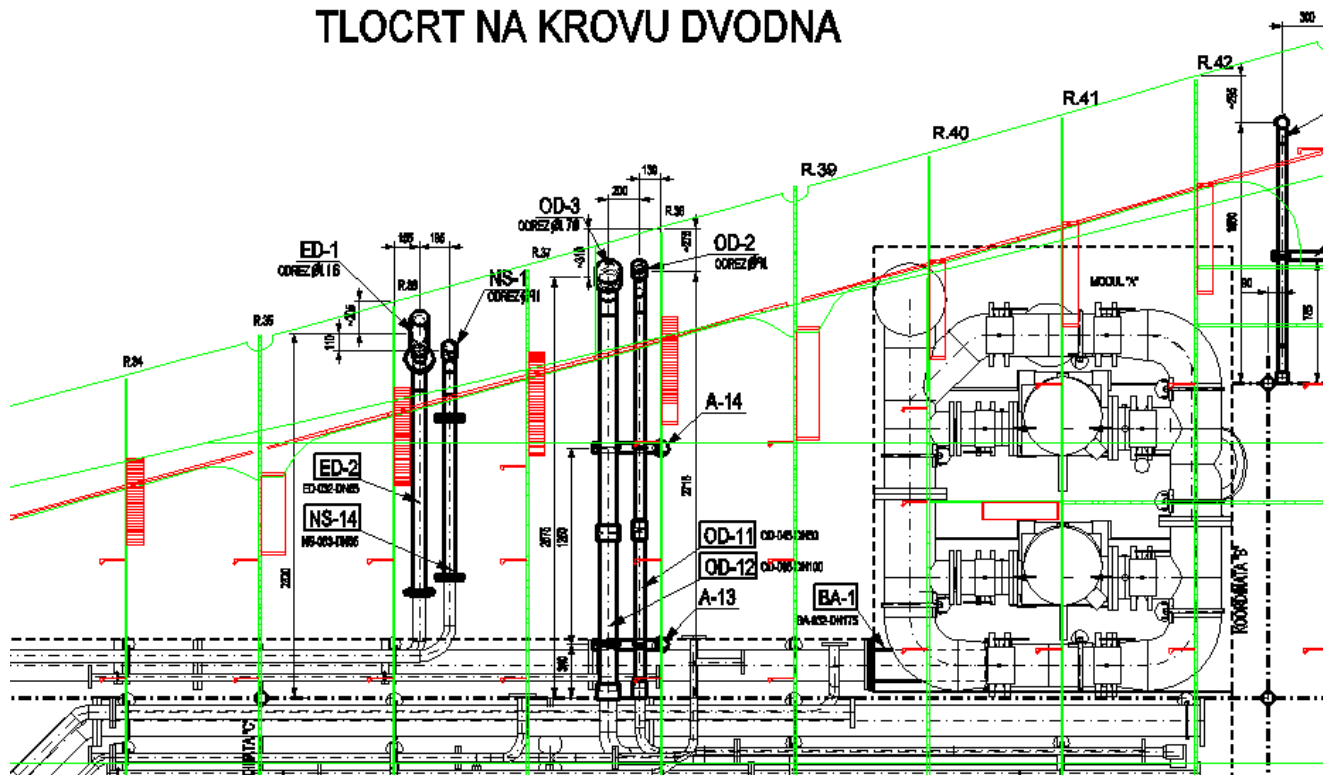
Za potrebe montaže cjevovoda, smještajni nacrti crtaju se po brodskim prostorima ili sekcijama i sadržavaju sve sisteme koji pripadaju određenom brodskom prostoru /sekciji.

Smještajni nacrti sadrže:

- kotirane položaje simetrala cjevovoda,
- kotirane položaje prolaza cijevi kroz pregrade ili strukturne elemente,
- kotirane položaje i razmještaj nosača cijevi,
- smještaj opreme i armature cjevovoda,
- prikaz detalja drugih službi koji nisu dio nacrti, ali pripadaju u isti prostor (kabelske staze, ventilacija, ispušni cjevovod).



## TLOCRT NA KROVU DVODNA



Slika xxx. Detalj iz smještajnog nacrtu izrađenog na osnovi 3D računalskog modela →  
okrenuti sliku da bude veća

### 4.2.2 Mjerne skice cijevi

Mjerne skice cijevi (slika xxx) izrađuju se *prenošenjem* iz montažnog nacrtu, a u novije vrijeme iz trodimenzionalnog modela cjevovoda na računalo, na način da se oblik cijevi i gabaritne mjere prenesu s nacrtu ili modela na mjernu skicu cijevi. Izrađuju se na posebnom obrascu i predstavljaju pojednostavljeni crtež prilagođen tehnologiji izrade svake pojedine cijevi. Svaka cijev ima svoju mjernu skicu izrade.

#### 4.2.2.1 Cijevi za prilagođavanje

Cijevi za prilagođavanje služe za kompenzaciju odstupanja u izradi i montaži brodske strukture, cjevovoda, opreme, i sl. Izrađuju se u radionici s privarenim spojevima (prirubnicama, spojnicama, i sl.), uz 100 mm dodatka (viška) cijevi od teoretske mjere.

Uvijek se postavljaju na spojevima dviju sekcija ili spoju na fiksne elemente gdje nije moguće postići zahtijevanu točnost (nepropusni prolaz, spoj na pumpu, rashladnik i sl.).

#### 4.2.2.2 CIP cijevi («cijevi izrađene praktički»)

CIP cijevi također služe za kompenzaciju odstupanja u izradi i montaži brodske strukture, cjevovoda, opreme, i sl. Koriste se na mjestima gdje se traži posebna preciznost, a nije se u stanju unaprijed predvidjeti i odrediti točne ugradbene mjere (fiksni elementi cjevovoda kao što su spojevi na pumpe, nepropusne prolaze i sl.).

Za takve se cijevi ne izrađuju detaljne mjerne skice, već se u skicama definira samo karakteristični oblik cijevi bez kota s potrebnim materijalom za izradu cijevi. One se snimaju direktno na mjestu montaže cjevovoda, a u montažnom nacrtu i popisu materijala za montažu posebno se označe.

#### 4.2.2.3 Cijevi snimljene direktno na brodu

Ne crtaju se sve cijevi u radioničkoj dokumentaciji, već se određeni cjevovodi *snimaju* direktno na brodu. Uglavnom su to cijevi nazivnog promjera manjeg od DN 32 mm. Cijevi se snimaju po brodskim službama koristeći sheme cjevovoda, popise armatura i radioničke nacрте opremljenog broskog prostora. Snimanje cijevi na brodu izvodi posebna radna grupa brodocjevara koja se naziva "*brodski snimači*". Brodski snimači za snimljene cijevi izrađuju posebnu dokumentaciju koja se naziva "*popis cijevi za izradu izvan mjernih skica*", a sastoji se od skica za izradu cijevi i nacрта za montažu snimljenih cijevi na brodu.

Tendencija je da se što više cijevi obuhvati standardnom radioničkom dokumentacijom, čime se smanjuje potreba snimanja cjevovoda na samom brodu. Širokom primjenom računala i prikladnih programskih aplikacija 3D modeliranja omogućena je izrada radioničke dokumentacije cjevovoda i za cijevi manjih promjera, zaključno do nazivnog promjera DN 20 mm. Na taj način na brodu za praktično snimanje i izradu ostaju sljedeće cijevi: cijevi nazivnog promjera manjeg od DN 20 mm, CIP cijevi, cijevi koje je potrebno prilagoditi na licu mjesta zbog pogrešaka u dokumentaciji, izradi ili montaži te izostavljene cijevi iz radioničke dokumentacije.

#### 4.2.3 Mjerne skice nosača cijevi

Nosači cijevi služe za ovješene i ukrućenje cijevi na brodu (*slika xxx*). Mjerne skice nosača cijevi izrađuju se *prenošenjem* iz montažnog nacрта ili iz trodimenzionalnog modela cjevovoda na računalu, na način da se oblik nosača cijevi i gabaritne mjere prenesu s montažnog nacрта ili 3D modela na mjernu skicu nosača cijevi. Izrađuju se na posebnom obrascu i predstavljaju pojednostavljeni crtež prilagođen tehnologiji izrade svakog pojedinog nosača. Svaki nosač ima svoju posebnu mjernu skicu za izradu.



**Slika xxx.** Detalj montaže nosača cijevi

NOSAČI CIJEVI		Označavanje nosača cijevi : 686,690      225-2-04      A-2/0.2			Broj nacrt izrade 225-2(1)0-208		Broj nec. montaže 204		List broj 2			
Mjerna skica					Komada 1		Težina kp 10,3		Ispitni tlak kp/cm <sup>2</sup>		Svezak P=0.34m <sup>2</sup>	
					Profil		Dimenzije		Standard		Nomenkl. broj	
		1		1		U 8X880		HRN C.B3.14				
		Materijal		Č.0461								
		2		1		142		SB4884				
		3		2		116		SB4884				
		Materijal		Č.0461 POC.								
		4		1		10 X ∅ 100		HRN C.B4.110				
		Materijal		Č.0461								
		5		2		M16		HRN M.B1.601				
		6		2		M16		HRN M.B1.601				
		Materijal		5. POC.								
		Završna obrada		KZ 0.2								

Slika xxx. Mjerna skica nosača cijevi → jasniji ispis

U novije vrijeme koriste se tzv. perforirani nosači cijevi za koje se ne izrađuju mjerne skice nosača cijevi, već se oni direktno izrađuju pri montaži cjevovoda. Takvu tehnologiju rada omogućuju ovalne rupe na profilima.

Profil s ovalnim rupama predstavlja poluproizvod za izradu nosača cijevi, koji se završno oblikuje prilikom montaže cjevovoda, čime način montaže nosača postaje brži i učinkovitiji uz smanjenje škarta kod izrade i montaže.



Slika xxx. Privremeno skladište perforiranih nosača na brodu



Slika xxx. Detalj montaže perforiranih nosača cijevi

#### 4.2.4 Popis materijala za montažu / predmontažu cijevi

Popis materijala za montažu / predmontažu cijevi izrađuje se na posebnom obrascu za svaki smještajni nacrt posebno, upisivanjem svih pozicija ugradnje određenih tim nacrtom (cijevi, nosači, armatura, brtve, vijci, matice, itd.).

Tako izrađen popis materijala služi za:

- obradu i pripremu materijala,
- određivanje izvršitelja montaže,
- određivanje faza montaže po montažnim pozicijama.

#### 4.2.5 Popis materijala za izradu

Popis materijala za izradu izrađuje se također na posebnom obrascu iz nacrtu za izradu (mjernih skica), grupiranjem svih istovrsnih materijala definiranih nacrtom izrade u zbirnu količinu (limovi, profili, obujmice, prirubnice, cijevi, vijci, matice, itd.). Tako izrađen popis materijala služi za:

- obradu i pripremu materijala,
- određivanje izvršitelja izrade,

### 5. OZNAČAVANJE CIJEVI I CJEVOVODA

Označavanjem cijevi i cjevovoda omogućuje se jednoznačno prepoznavanje cijevi u procesu izrade i montaže te funkcije na brodu.

Postoje tri načina označavanja cijevi i cjevovoda:

- Označavanje cijevi za montažu
- Označavanje cijevi za izradu
- Označavanje službi cjevovoda bojenjem na brodu

#### 5.1 Označavanje cijevi za montažu

U montažnim nacrtima svaka cijev obilježava se slovnom i brojčanom oznakom. Slovna oznaka predstavlja službu cjevovoda, a brojčana oznaka predstavlja rastući redni broj cijevi određenog nacrtu odnosno prostora. Rastući redni broj cijevi definira konstruktor cjevovoda, prateći liniju cjevovoda od početne do krajnje točke. Taj broj ne predstavlja redoslijed montaže cijevi.

#### 5.2 Označavanje cijevi za izradu

Označavanje cijevi izvodi se u radionici izrade cijevi ukucavanjem oznake s mjerne skice cijevi na obod prirubnice. Ukucavaju se podaci koji jednoznačno definiraju cijev za montažu: broj gradnje, broj nacrtu odnosno prostora montaže i pozicija ugradnje. Ako cijev nije izrađena s prirubničkim spojevima, oznaka se ukucava na plašt cijevi ili se za cijev priveže pločica s oznakom.





**Slika xxx.** *Oznake ukucane na obod prirubnice*

**Slika xxx.** *Alat za ukucavanje oznaka na obrađenu cijev*

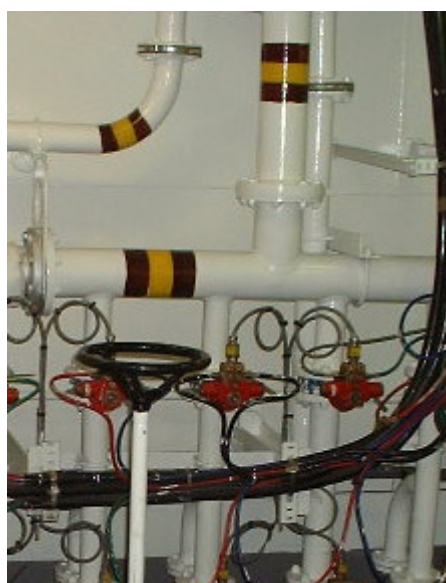
### **5.3 Označavanje službi bojenjem cjevovoda na brodu**

Označavanje cjevovoda bojama na brodu provodi se na način da se na montiran i završno obojen cjevovod na brodu, prugama u bojama obilježe cijevi prema brodskim službama na rastojanju od 1 do 2 m, kako je to prikazano tablicom xxx.

Ovakav način obilježavanja služi brodskoj posadi za lakše snalaženje i lociranje službi cjevovoda na brodu.

Tablica xxxx. Označavanje službi cjevovoda bojama na brodu

OZNAČAVANJE SLUŽBI CJEVOVODA		GLAVNE BOJE ZA MEDJE PREMA ISO 14726	
OZNAKA	BOJA	SLUŽBA	
	ZELENA-OKER ZUTA-ZELENA (RAL 6018, RAL 1021, RAL 6018)	MORSKA VODA	RASHLADNA
	ZELENA-BIJELA-ZELENA (RAL 6018, RAL 9010, RAL 6018)		BALAST
	CRVENA-ZELENA-CRVENA (RAL 3000, RAL 6018 RAL 3000)		GASENJE POZARA
	CRNA-ZELENA-CRNA (RAL 9006, RAL 6018, RAL 9006)	KALJUŽA	
	PLAVA-LJUBICASTA-PLAVA (RAL 5015, RAL 4001, RAL 5015)	RASHLADNA SLATKA VODA	
	PLAVA-ZELENA-PLAVA (RAL 5015, RAL 6018, RAL 5015)	PITKA, TOPLA I HLADNA VODA	
	PLAVA-SIVA-PLAVA (RAL 6015, RAL 7001, RAL 6015)	DESTILIRANA VODA	
	PLAVA-SREBRNA-PLAVA (RAL 6015, RAL 9006, RAL 5015)	NAPOJNA VODA	
	CRVENA-OKER-CRVENA (RAL 3000, RAL 1021, RAL 3000)	PJENA	
	SREBRNA-OKER-SREBRNA (RAL 9006, RAL 1021, RAL 9006)	PARA	
	SREBRNA-BIJELA-SREBRNA (RAL 9006, RAL 9010, RAL 9006)	KONDEZAT	
	SMEDA-CRNA-SMEDA (RAL 8001, RAL 9006, RAL 8001)	TESKO GORIVO	
	SMEDA-OKER ZUTA-SMEDA (RAL 8001, RAL 1021, RAL 8001)	DIESEL GORIVO	
	NARAN-OKER-NARAN. (RAL 2003, RAL 1021, RAL 2003)	MAZIVO ULJE	
	NARAN-SIVA-NARAN (RAL 2003, RAL 7001, RAL 2003)	HIDRAULICKO ULJE	
	SIVA-SMEDA-SIVA (RAL 7001, RAL 8001, RAL 7001)	INERTNI PLIN	
	CRVENA-SIVA-CRVENA (RAL 3000, RAL 7001, RAL 3000)	CO2	
	OKER ZUTA-SIVA-OKER ZUTA (RAL 1021, RAL 7001, RAL 1021)	FREON	
	SIVA-CRVENA-SIVA (RAL 7001, RAL 3000, RAL 7001)	KOMPRIMIRANI ZRAK 3MPa	
	SIVA-NARANCASTA-SIVA (RAL 7001, RAL 2003, RAL 7001)	KOMPRIMIRANI ZRAK 0,6MPa & 0,2MPa	



Slika xxx. Primjer označavanja službi cjevovoda bojenjem na brodu

## 6. SPAJANJE CIJEVI

Spajanjem cijevi omogućuje se međusobno spajanje cijevi u cjevovode, spajanje cijevi s armaturom (ventili, filtri), spajanje cijevi sa strojevima i uređajima (pumpe, rashladnici) i sl.

Spajanje cijevi može se izvesti kao rastavljiv i nerastavljiv spoj. Rastavljivi spojevi izvode se prirubnicama, naglancima i navojnim spojevima, a nerastavljivi spojevi zavarivanjem i uprešavanjem. Spajanje zavarivanjem primjenjuje se tamo gdje se treba osigurati potpuna nepropusnost cjevovoda ili gdje se posebno ne traži da cjevovod bude rastavljiv.

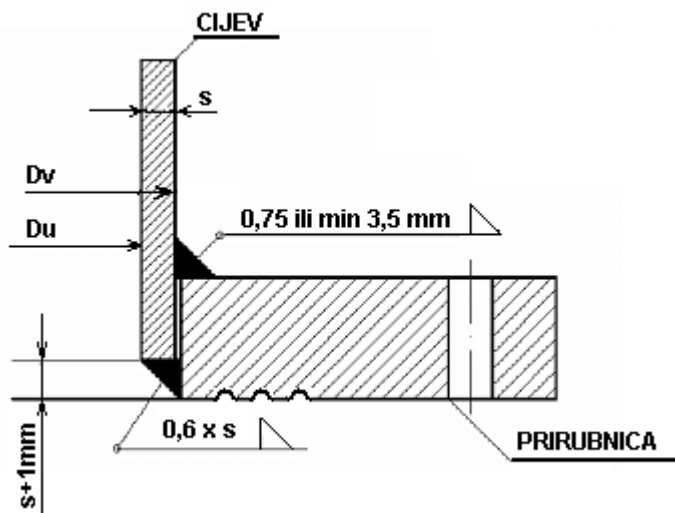
### 6.1 Spajanje cijevi prirubnicama

Spajanje cijevi prirubnicama je najčešći i najjednostavniji način spajanja cijevi. Prirubnice su diskovi izrađeni iz materijala prikladnog za određenu vrstu cijevi. Materijal prirubnice mora biti takav da se može dobro zavarivati ili lemiti. Prirubnice za čelične cijevi izrađene su iz konstrukcijskog čelika Č.0461, prirubnice za cijevi iz nehrđajućeg čelika izrađene su iz nehrđajućeg čelika, dok se za cijevi iz PVC ili GRP materijala koriste prirubnice iz PVC ili GRP materijala. Prirubnice mogu biti pričvršćene na cijev zavarivanjem, navojem, lemljenjem ili uvaljivanjem, a mogu biti i slobodno položene na cijev korištenjem zavarenih naglavaka na rub cijevi. Tipovi prirubničkih spojeva prikazani su u tablici xxx.

Prirubnički spoj je pogodan za visoke tlakove. Njime se lako postiže nepropusnost i lako se demontira. Loša strana prirubničkog spojeva je što povećava masu cjevovoda i što zahtijeva povremeno održavanje, kao što je kontrola spojnog mjesta, pritezanje vijaka, izmjena brtvi i sl.

Nazivni promjer cijevi odgovara nazivnom promjeru prirubnice. Prirubnice se međusobno spajaju vijcima s glavom. Broj vijaka uvijek mora biti djeljiv s četiri i aksijalno simetričan, uz uvjet da nijedan provrt ne bude u vertikalnoj središnjici prirubnice.

**Ravne prirubnice** imaju na brtvenoj površini istokarena dva do tri koncentrična žlijeba, a povoljni su i grubi spiralni žljebovi koji ostaju nakon tokarenja. Zbog takve brtvene površine na brtvi nastaju mjestimično jako stegnute zone, pa brtva počinje ranije brtviti. Da bi se postigla nepropusnost potrebne su manje pritezne sile. Žljebovi također zadržavaju brtvu da je unutarnji tlak ne bi izbacio.



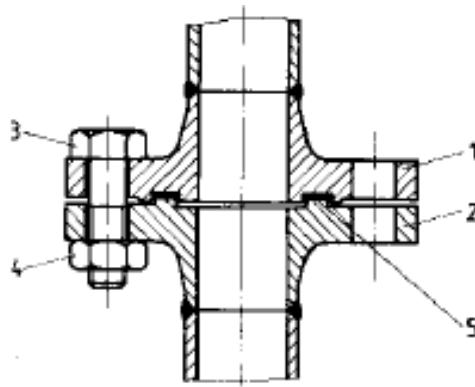
Slika xxx. Detalj spoja čelične cijevi s ravnom prirubnicom



Slika xxx. Detalj čelične cijevi s ravnom prirubnicom

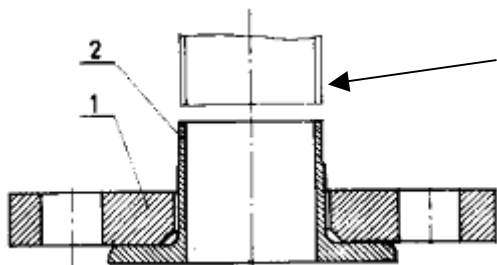
Dv – vanjski promjer cijevi, Du – unutarnji promjer cijevi, s – debljina stijenke cijevi

**Prirubnice s utorima** upotrebljavaju se za tlakove veće od 40 bara. Spoj ovim prirubnicama ostvaruje se tako da izdanak jedne prirubnice uđe u odgovarajući utor druge i pritisne brtvu koja se prethodno tamo postavi. Visina izdanka je veća od dubine utora kako pritezanjem ne bi došlo do nalijeganja prirubnice po cijeloj površini. To bi smanjilo elastičnost prirubnica, a možda prouzročilo i njihov lom. Takva izvedba prirubničkog spoja sprječava istiskivanje brtve, a izdanak ujedno služi za centriranje cijevi prilikom montaže. Nedostatak ovog spoja je u tome što se prilikom demontaže cjevovod mora uzdužno (aksijalno) pomaknuti za visinu izdanka.

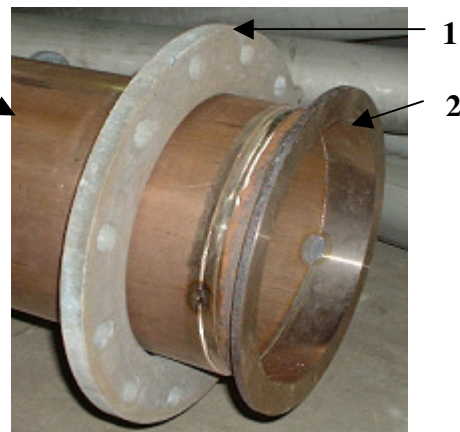


**Slika xxx.** Prirubnički spoj s prirubnicama s utorom odnosno izdankom prema SB 2471  
1- prirubnica s utorom, 2- prirubnica s izdankom, 3- vijak, 4- matica, 5-brtva

**Prirubnički spojevi za cijevi iz obojenih metala.** Bakrene i mjedene cijevi, kao i cunifer i yorcalbro cijevi spajaju se letećim prirubnicama. Leteća prirubnica se ne pričvršćuje na cijev, već se na nju slobodno navuče. Zatim se na kraj cijevi zavari posebno oblikovani naglavak (slika xxx.). Naglavci su tvornički oblikovani komadi koji se na cijev zaleme srebrnim lemom ili zavare u struji inertnog plina (TIG postupak). Materijal naglavka ovisi o materijalu cijevi, pri čemu se za bakrene cijevi upotrebljavaju brončani i mjedeni naglavci, a za yorcalbro i cunifer cijevi naglavci od materijala od kojeg su i cijevi. Prednost uporabe letećih prirubnica je u tome što pri izradi cijevi nije potrebno paziti na položaj rupa za vijke jer se pri montaži prirubnice zaokrenu koliko je potrebno.

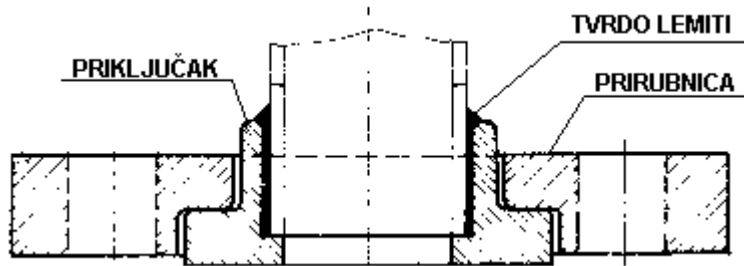


**Slika xxx.** Detalj spajanja cijevi s letećom prirubnicom i naglavkom  
1-leteća prirubnica, 2-naglavak, 3-cijev



**Slika xxx.** Detalj cijevi s letećom prirubnicom i naglavkom

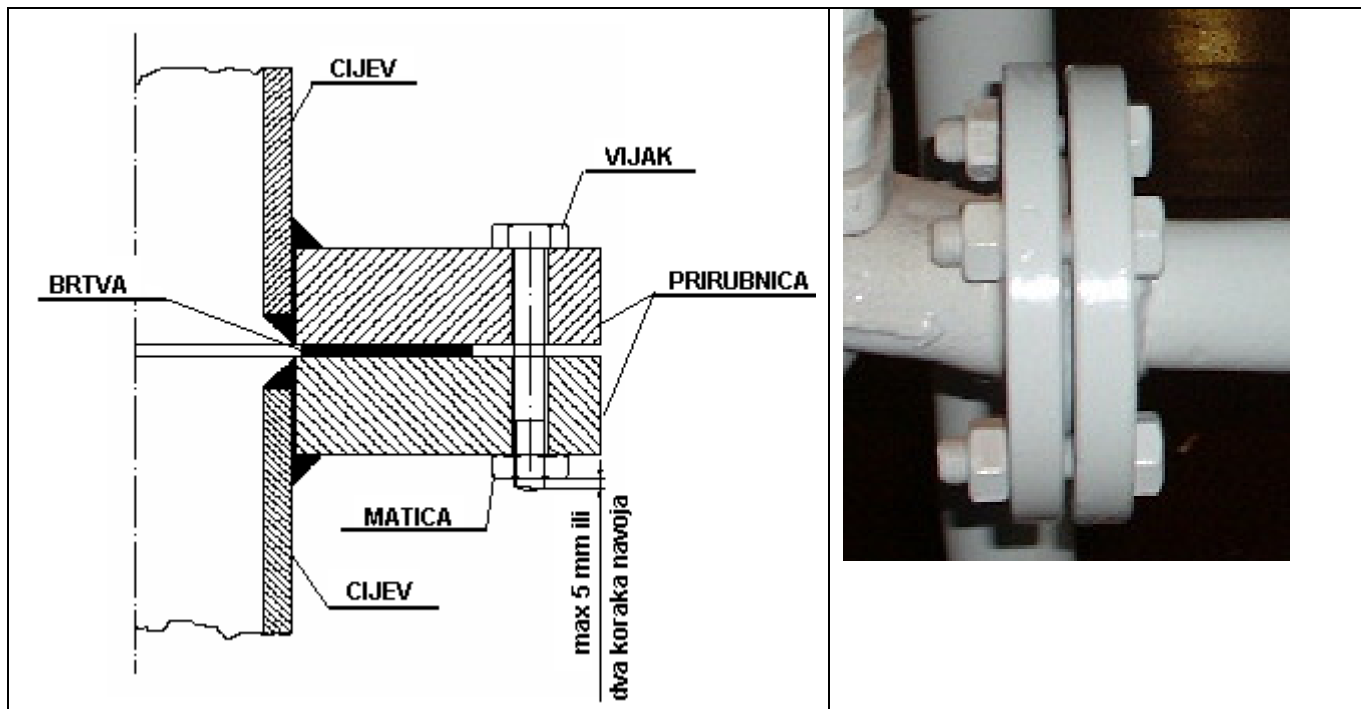




Slika xxx. Prirubnički spoj kod bakrenih cijevi

Kod spajanja cijevi prirubnicama treba voditi računa o sljedećim detaljima:

- Prije spajanja potrebno je provjeriti spojne površine. Spojna površina ne smije imati neravnine, prljavštinu ili ogrebotine. Ako je potrebno, treba izvršiti korekciju nepravilnosti brušenjem, popunjavanjem zavarom i ponovnim brušenjem.
- Potrebno je osigurati paralelnost spojnih površina, npr. rotacijom cijevi ili na neki drugi način.
- Osigurati točan izbor materijala i dimenzija vijaka. Uglavnom se za čelične cijevi, cijevi iz cunifera, yorcalbra i PVC-a koriste pocinčani vijci, a za cijevi iz nehrđajućeg čelika koriste se vijci iz nehrđajućeg čelika. Duljina vijka koja izlazi iz matice nakon pritezanja mora biti oko dva koraka navoja vijka, odnosno max. 5 mm. Sigurnosne dvostruke matice, podloške i elastične podloške ne upotrebljavaju se kod spajanja prirubnicama, osim u iznimnim slučajevima kada se traži sigurnost protiv otpuštanja vijka, kao što je to slučaj kod postavljanje cinkovih anoda i spajanja cjevovoda pare, gdje se spoj osigurava elastičnim podloškama.
- Osigurati ispravno korištenje brtvi. Brtvu treba izabrati prema odgovarajućim dimenzijama cjevovoda, te zahtjevima i karakteristikama medija.
- Poštivati redosljed pritezanja vijaka. Najprije se pritežu vijci na suprotnim stranama, zatim poprijeko, a na kraju se pritegnutost provjerava po redu. Pritezanje se izvodi 2 – 3 puta.
- Za vijčane spojeve u horizontalnoj ravnini (prirubnice, nosači cijevi, temelji, itd.) matica se postavlja na donjoj strani prirubnice.



Slika xxx. Detalj spajanja cijevi prirubnicama

## 6.2 Spajanje cijevi zavarivanjem

U brodogradnji se čelične cijevi često spajaju zavarivanjem. Zavarivanje može biti elektrolučno, plinsko (autogeno) te MIG, MAG ili TIG postupkom. Spajanje zavarivanjem ima niz prednosti pred ostalim načinima spajanja: postupak je brz i jeftin, spoj je kvalitetan i ne zahtijeva nikakvo održavanje, nema raznih spojnih elemenata i brtvi, što čini cjevovod lakšim, itd. Nedostatak ovog načina spajanja cijevi je u tome što je cjevovod krući, a za njegovu demontažu potrebno je cijev rezati. Ovo je posebno opasno i nepraktično ako su medij, odnosno njegove pare u cjevovodu zapaljive.

Ovaj način spajanja uvijek se koristi za sve cijevi u prostorima gdje se zahtijeva veća sigurnost protiv propuštanja cjevovoda, a spojevi su nepristupačni, kao što su tankovi, skladišta tereta, koferdami, suhi prostori, tuneli, spremišta, prostori nastambi, i sl.

Cijevi moraju biti stručno zavarene, a spoj siguran i nepropustan. Zato cijevi smiju zavarivati samo kvalificirani zavarivači. Prije puštanja u pogon obavezno se mora ispitati nepropusnost i čvrstoća zavarenih cijevi.

Kraće cijevi spajaju se u radionici, a pri montaži cjevovoda te se cijevi zavarivanjem spajaju u cjevovode. Zavarivanje cjevovoda u malim brodskim prostorima zahtijeva posebnu spretnost zavarivača. Nerijetko zavarivači koriste zrcalo da bi vidjeli nepristupačnu stranu spoja da bi je mogli lakše i kvalitetnije zavariti.

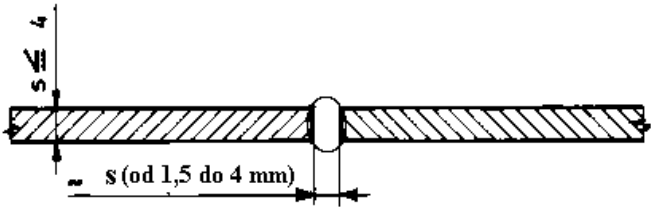
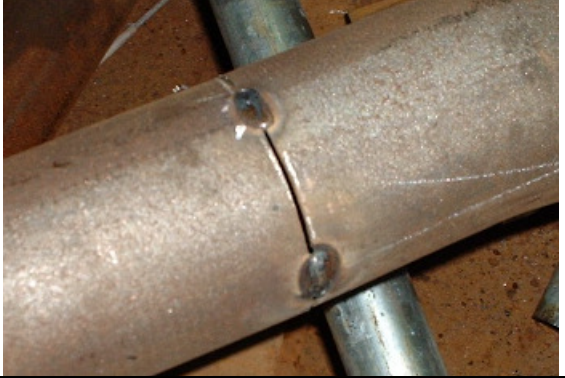
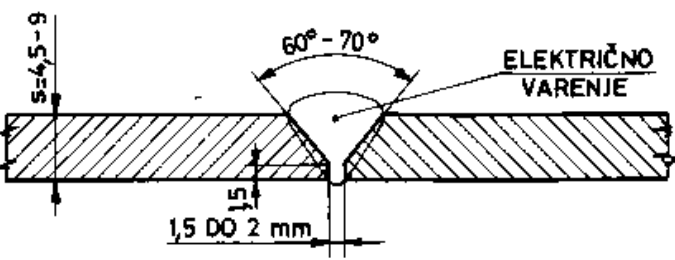

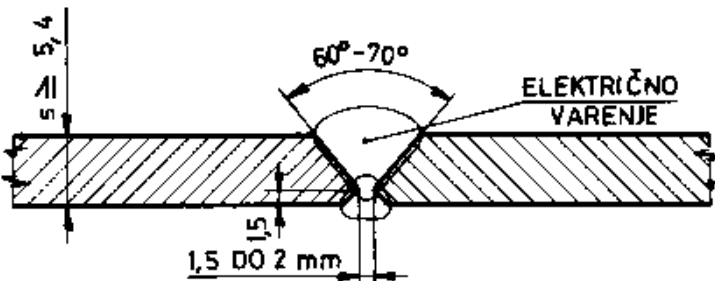
### 6.2.1 Spajanje čeličnih cijevi sučeljenim zavarivanjem

Cijevi se međusobno najčešće zavaruju sučeljenim zavarivanjem. Sučeljeno zavareni spojevi cijevi moraju se izvesti punim provarom. Dopušta se zavarivanje s podložnim prstenom, koji se kasnije uklanja. Primjena podložnih prstenova za sučeljeni spoj koji se ne uklanjaju dopušta se samo na mjestima gdje neće utjecati na korištenje cjevovoda. Sučeljeni spojevi prirubnica s cijevima ne smiju se izrađivati s podložnim prstenima koji se kasnije ne uklanjaju.

Zavareni sučeljeni spojevi s posebnim postupkom koji osigurava visoku kakvoću korijena zavara mogu se koristiti za sustave bilo koje klase cijevi i vanjskog promjera.

Zavareni sučeljeni spojevi bez posebnog postupka koji osigurava visoku kakvoću korijena zavara mogu se koristiti za sustave cjevovoda klase II i III bez obzira na vanjske promjere.

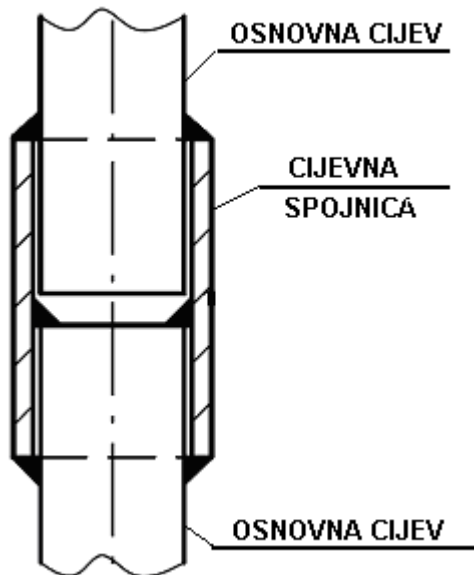
**Tablica xxx. Vrste sučeljenih zavarenih spojeva**

<p style="text-align: center;"><b>sučeljeni šav</b></p>  <p style="text-align: center;">za cijevi debljine stijenke do 4 mm</p>	
<p style="text-align: center;"><b>žljebasti šav</b></p>  <p style="text-align: center;">za cijevi do DN 150</p>	
<p style="text-align: center;"><b>žljebasti šav s korijenskim zavarom</b></p>  <p style="text-align: center;">za cijevi od DN 175 do DN 350 za pristupačne šavove za cijevi od DN 400 za nepristupačne šavove</p>	

Zavarivanje cjevovoda kod montaže za cijevi koje se sučeljeno zavaruju izvodi se na mjestu montaže cjevovoda. Zato ovaj postupak nije pogodan za pocinčane cijevi jer pri

zavarivanju na spoju dolazi do izgaranja sloja zaštitnog cinka. U načelu, pocinčavanje se obavlja nakon izrade cijevi u radionici, ali ako se zavarivanje izvodi nakon pocinčavanja, vanjski dio oštećenih dijelova popravljaju se bojom cinkove otopine visoke čistoće, tzv. postupak *hladnog pocinčavanja*. Unutarnji dijelovi popravljaju se istom bojom, ali u mnogim slučajevima to je teško izvesti, pa spoj ostane nezaštićen.

### 6.2.2 Spajanje čeličnih cijevi cijevnim spojnica (košuljice)



Slika xxx. Spajanje čeličnih cijevi s cijevnim spojnica

Spajanje cijevi cijevnim spojnica izvodi se na način da se na osnovnu cijev zavari umetak cijevi prvog većeg nazivnog promjera odgovarajuće debljine stijenke, koja će osigurati zazor između cijevi i spojnice ne veći od 2 mm.

Spajanje cjevovoda cijevnim spojnica izvodi se na mjestu montaže cjevovoda. Iz tog razloga ovakav tip spoja nije prikladan za pocinčane cijevi, jer prilikom zavarivanja dolazi do izgaranja sloja zaštitnog cinka. Da bi se to izbjeglo, mogu se koristiti dvostruke košuljice čime je izbjegnuta opasnost od izgaranja cinka na unutarnjoj stjenici cijevi koja je u kontaktu s medijem. Popravci zavarenih pocinčanih spojeva izvode se postupkom hladnog pocinčavanja. Spajanje cijevi cijevnim spojnica primjenjivo je za sve vrste cjevovoda klase III.

### 6.2.3 Spajanje cijevi iz obojenih metala zavarivanjem

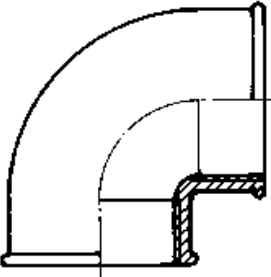

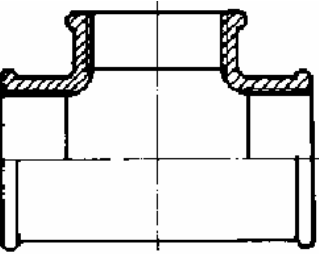

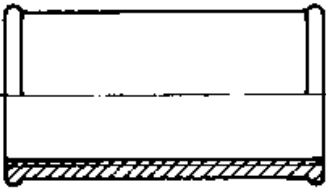

Nerastavljivi spojevi cijevi od obojenih metala ostvaruju se lemljenjem i zavarivanjem, a primjenjuju se uglavnom za cijevi manjih promjera izloženih nižim tlakovima. Način spajanja i izbor lema, odnosno elektrode, ovisi o materijalu cijevi i dopuštenim temperaturama kojima se cijev smije izlagati prilikom izrade i u eksploataciji te o potrebnoj čvrstoći spoja.

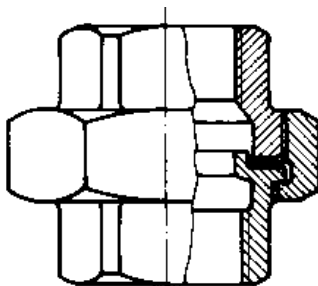
Sve se cijevi iz obojenih metala u brodogradnji leme tvrdim lemom. Spajanje bakrenih i mjedenih cijevi te spomenutih cijevi s čeličnim cijevima izvodi se tvrdim mjedenim ili srebrnim lemom. Yorcalbro i cunifer cijevi spajaju se srebrnim lemom. Tehnologiju spajanja, pripremu cijevi i vrstu lema najčešće propisuje proizvođač cijevi. Yorcalbro i cunifer cijevi također se mogu spajati zavarivanjem, primjenom TIG postupka, pri čemu je dodatni materijal u obliku šipke sličan osnovnom materijalu.

### 6.3 Spajanje cijevi s navojem

Spajanje cijevi s navojem primjenjuje se za spajanje cijevi čiji je nazivni promjer manji od 30 mm, a namijenjene su službama vode. Na krajevima cijevi koje se spajaju izradi se vanjski navoj i uvijek spojni komad. Zbog skidanja čestica materijala cijevi moraju imati deblje stijenke da navoj ne bi oslabio stijenku cijevi. Spojni elementi koji se najčešće upotrebljavaju prikazani su u tablici xxx.

**Tablica xxx.** *Spojnice s navojem*

	<p style="text-align: center;"><b>koljeno</b></p> 
	<p style="text-align: center;"><b>račva</b></p> 
	<p style="text-align: center;"><b>nazuvica</b></p> 
<p><b>spoj s preklopnom maticom («holenderom»)</b></p>	

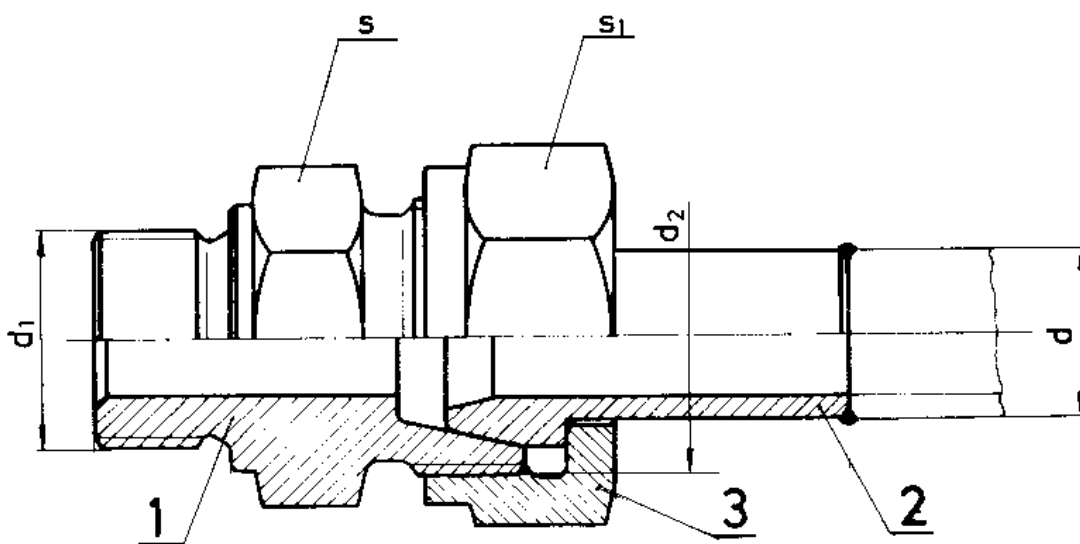


Nepropusnost spoja postiže se umetanjem brtve u obliku kudelje natopljene bojom li lanenim uljem, zatim pomoću teflonske vrpce između navoja ili nepropusnim nalijeganjem navoja. U zadnjem slučaju navoji se premažu raznim premazima da se spoj ne zapeče.

Pri rastavljanju spoja cijev se mora aksijalno pomicati što je jedan od većih nedostataka tih spojeva. To se može izbjeći tako da se jedna cijev nareže dvostruko dužim navojem od potrebnog za nazuvicu, pa se u slučaju demontaže spoja nazuvica odviše po dodatnom navoju na toj cijevi i tako oslobodi spoj.

Ako u pogonu pukne cijev spojena navojem, a ne postoji mogućnost njezina aksijalnog pomicanja, izreže se oštećeni dio cijevi, a na krajevima prekinutog cjevovoda nareže se navoj za dvije dužine nazuvice. Nazuvice se navijaju na ovako obrađene krajeve cijevi, a između se postavi novi komad s narezom na oba kraja. Pritezanjem nazuvica ostvari se spoj i cjevovod može preuzeti funkciju.

Navojem se također spajaju cijevi malog promjera koje služe za provođenje medija visokih tlakova. Takav je, na primjer, cjevovod hidraulike koji se vrlo često primjenjuje na suvremenim brodovima. Prema različitim pogonskim potrebama postoji više konstrukcija ovih spojnih elemenata. Na brodovima se često primjenjuje konusni spoj. Jedna od izvedbi ovog spoja prikazana je na slici xxx.

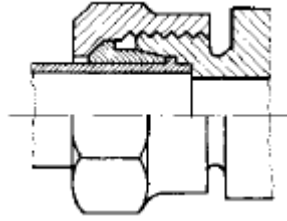


**Slika xxx.** Cijevni konusni spoj s navojem

$d_1$ -vanjski promjer cijevi,  $d_2$ -navoj, 1- tijelo, 2, zaglavak, 3-preklopna matica

Konusni spoj se primjenjuje za cijevi nazivnog promjera DN 10 do DN 25, iznimno do DN 32, a sastoji se od tijela s navojem (1), zaglavka (2) i preklopne matice (holender matica) (3). Zaglavak se zavari na cijev, a spoj se ostvari pritezanjem matice, tj. međusobnim nalijeganjem konusnog dijela tijela i zaglavka. Takav spoj podnosi tlakove do 40 bara.

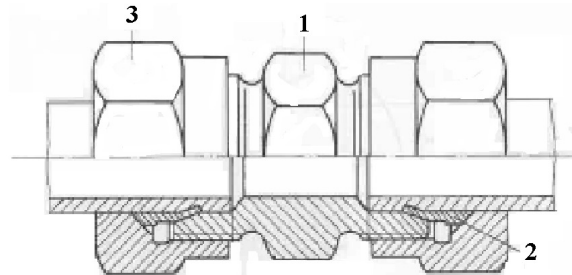
Kod hidrauličkih sistema brodskih cjevovoda s vrlo visokim tlakovima (do 250 bara) upotrebljavaju se uglavnom tzv. ERMETO spojevi (slika xxx).



**Slika xxx.** ERMETO spoj za spajanje cjevovoda pod vrlo visokim tlakovima

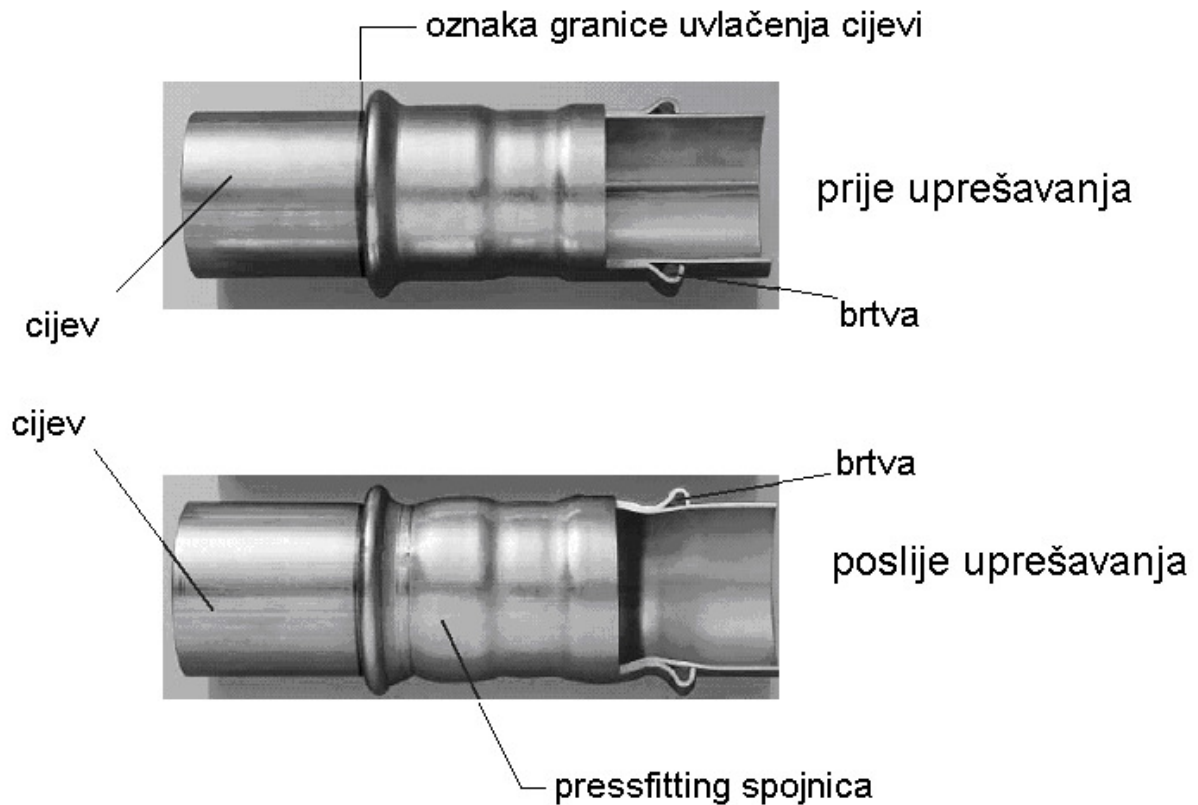
#### 6.4 Ostali načini spajanja cjevovoda

**Cijevni spojevi sa zasječnim prstenima.** Cijevni spojevi sa zasječnim prstenom se primjenjuje za cijevi nazivnog promjera DN 10 do DN 25, iznimno do DN 32, a sastoji se od tijela s navojem (1), dva zasječna prstena (2) i dvije preklopne matice (holender matica) (3). Preklopna matica i zasječni prsten se navuku na cijev, a spoj se ostvari pritezanjem matice preko konusnog dijela tijela, čime se izvodi zasijecanje prstena u cijev.



**Slika xxx.** Spojnica s zasječnim prstenom  
1-tijelo, 2-zasječni prsten, 3-matica

**Uprešani spojevi - pressfitting sistem.** Pressfitting sistem spada u uprešane spojeve, gdje se posebnim alatom (slika xxx) izvodi uprešavanje pressfitting spojnice i cijevi, čime se isti deformiraju i ostvaruje se čvrsti spoj između uprešanih elemenata (slika xxx).



**Slika xxx.** Način ostvarivanja uprešanog pressfitting spoja



**Slika xxx.** Alat za uprešavanje spojeva pressfitting sistema

Maksimalni radni tlak takvog spoja iznosi 16 bara. Prednosti korištenja pressfitting sistema su:

- brza i jednostavna montaža (izvršena sigurno i pouzdano),
- u radioničkoj dokumentaciji nije potrebna izrada mjernih skica za izradu cijevi,
- nije potrebna izrada cijevi u radionici,
- brza i jednostavna preinaka cjevovoda na licu mjesta.

## **7. TEHNOLOGIJA IZRADE CIJEVI**

Zakrivljenja strukture i brodski skućeni prostori, kod izvedbe brodskih cjevovoda, zahtijevaju primjenu velikog broja zakrivljenih cijevi (slika xxx).





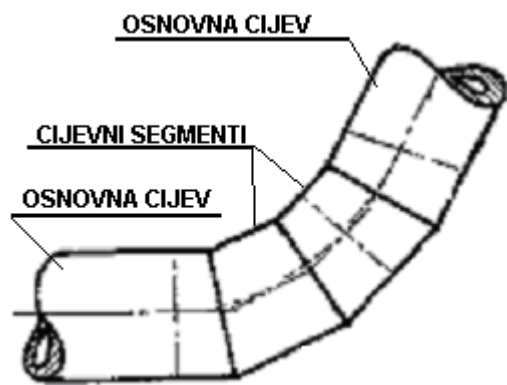
**Slika xxx.** *Detalj smještaja cjevovoda u strojarnici*

Zakrivljene cijevi izrađuju se savijanjem cijevi na stroju za savijanje ili zavarivanjem cijevnih lukova (koljena) na ravne cijevi. Cijevni lukovi koriste se i za slučajeve kada kapacitet snage postojećeg stroja nije dovoljan za savijanje cijevi ili kada je potreban manji polumjer savijanja da bi se olakšao smještaj cjevovoda.

Strojevi za savijanje cijevi na hladno uključuju operaciju savijanja bez zavarenih prirubnica u rasponu od DN 20 do DN 100 (raspon promjera ovisi o karakteristikama strojeva za savijanje). Zakrivljene cijevi većih promjera izrađuju se od ravnih cijevi i cijevnih lukova. Čelični cijevni lukovi naručuju se prema standardima brodogradnje SB 4319 i SB 51540.

Nedostaci korištenja cijevnih lukova kod zakrivljenih cijevi su skuplja izvedba zbog nabavke koljena i zavarivanja spoja te duže vrijeme izrade.

Zakrivljenja na cijevima velikih promjera (ispušni cjevovod motora s unutrašnjim izgaranjem), formiraju se iz segmenata. Segmenti su posebno oblikovani dijelovi, koji se izrežu od cijevi, čiji je promjer isti kao i promjer osnovne cijevi. Slaganjem određenog broja tih segmenata dobije se zadani kut zakrivljenja. Kut od  $15^\circ$  formira se s 2 segmenta, kut od  $30^\circ$  s 3, od  $45^\circ$  s 4, a kutovi  $60^\circ$ ,  $75^\circ$  i  $90^\circ$  od 5 segmenata. Oblik segmenta ucrtava se na cijev pomoću šablone koja se obavija oko cijevi. Označivačem se prenesu njezine konture. Autogenim plamenikom ili plazmom izrežu se segmenti, a rubovi se pripreme za zavarivanje. Nakon pažljivog slaganja i dobivanja zadanog kuta zakrivljenja, segmenti se elektrolučno privare.



**Slika xxx.** *Detalj ispušnog cjevovod izrađen iz cijevnih segmenata*

Standard brodogradnje opisuje način izrade šablona. Zbog uštede vremena radionica bravara može imati spremne šablone, bar za one veličine koje se najčešće pojavljuju u praksi.

Osnovne tehnološke faze izrade cijevi su:

1. ulazno skladištenje cijevi,
2. trasiranje (obilježavanje) cijevi,
3. rezanje cijevi,
4. savijanje cijevi
5. trasiranje i rezanje prodora za cijevne ogranke i priključke,
6. postavljanje i pripajanje prirubnica,
7. postavljanje i pripajanje priključaka,
8. postavljanje i pripajanje redukcija,
9. postavljanje i pripajanje cijevnih lukova,
10. zavarivanje cijevi,
11. brušenje cijevi
12. kontrola i tlačenje cijevi,
13. čišćenje cijevi,
14. antikorozivna zaštita cijevi.

Navedene tehnološke faze nisu zajedničke svim cijevima. Cijevi do DN 100 ili najviše do DN 150, ovisno o strojevima za savijanje kojima radionica raspolaže, oblikuju se savijanjem, a cijev čiji je promjer veći pomoću cijevnih lukova ili segmenata. Ravne cijevi preskaču fazu savijanja, već odmah nakon rezanja idu na radni stol za oblikovanje cijevi. Ako se neka cijev spaja navojem, na njezinim je krajevima potrebno izraditi navoj.

### **7.1 Ulazno skladištenje cijevi**

Ulazno skladištenje cijevi izvodi se prema vrstama i promjerima, uglavnom u standardnim trgovačkim duljinama cijevi od 6 m. Cijevi se prema potrebama dnevne ili tjedne proizvodnje, a prema specifikacijama iz tehničko-tehnološko-planske dokumentacije, podižu s centralnog skladišta, prevoze transporterom (čeoni/bočni) i slažu na privremeno međuskladište smješteno na ulazu u cjevarsku radionicu (Slika xxx).

### **7.2 Trasiranje (obilježavanje) cijevi**

Nakon temeljitog upoznavanja s radioničkom dokumentacijom (mjerna skica cijevi), radnik će prema specifikaciji, iz ulaznog međuskladišta podignuti odgovarajuće cijevi i

postaviti ih na stol za obilježavanje, odnosno trasiranje. Ako je prema mjernoj skici potrebno izrezati neku kraću cijev, najprije treba provjeriti može li se iskoristiti odbačeni ostatak cijevi u radionici, i tek onda izvršiti trasiranje i rezanje cijevi trgovačke duljine 6 m.

Obilježavanje ili raskroj cijevi obavlja se na stolu za trasiranje. Metrom i traserskom kredom prenese se sve dužine s traserske crte na cijev. Mjesto na kojemu će se cijev odrezati označi se posebnom oznakom.

Traserske kote nalaze se na traserskoj crti. Na njoj su obilježena mjesta rezanja cijevi s duljinom cijevi za rezanje, mjesta na kojima se nalaze hvatišta za strojeve za savijanje sa razvijenom duljinom luka savijanja. Nakon obilježavanja cijev se dalje obrađuje rezanjem.

### 7.3 Rezanje cijevi

Trgovačka duljina cijevi koja se obrađuje u cjevarskoj radionici iznosi 6 m, a često i više, dok srednja dužina ugrađenih cijevi na brodu iznosi oko 3 m. To znači da je rezanje cijevi najčešća i vrlo važna tehnološka faza koju ne mimoilazi nijedna cijev. Zato cjevarska radionica mora biti opskrbljena dovoljnim brojem strojeva za rezanje i općenito tom problemu treba posvetiti posebnu pozornost.

Cijevi se mogu rezati mehaničkim ili toplinskim postupkom. Mehanički postupak je piljenje ili rezanje brusnom pločom, dok je toplinski postupak plinsko (autogeno) rezanje.

Prednost mehaničkog rezanja pred toplinskim je u tome što se mehaničkim postupkom, posebno piljenjem, dobiju ravne i glatke rezne površine na kojima se može kvalitetnije izvesti zavarivanje. Nadalje, piljenje je ekonomičnije, potrošnja materijala je manja, a učinak je relativno velik.



**Slika xxx.** Tračna pila

Ne preporuča se nepotpuno rezanje, pa zatim lomljenje dijela cijevi koji bi se morao zapravo odrezati. Način na koji će se odrezati neka cijev ovisi o njezinom promjeru, materijalu i namjeni.

Kvaliteta zavara umnogome ovisi o pripremi površina koje se zavaruju. Ti detalji moraju biti očišćeni od korozije, ulja, boje i drugih nečistoća, a njihovi krajevi oblikovani prema zahtjevima tehnologije zavarivanja.

Priprema krajeva cijevi za zavarivanje ovisi o debljini stijenke cijevi i o pristupačnosti drugoj strani zavora. Način obrade krajeva cijevi određen je standardom brodogradnje. Priprema krajeva cijevi može se izvesti na CNC/NC stroju za plinsko rezanje cijevi, posebnom strojem za tokarenje krajeva cijevi ili pak brušenjem rubova cijevi, što je ujedno najteži i najskuplji način.



**Slika xxx.** Priprema kraja cijevi za zavarivanje

Krajevi cijevi predviđeni za spoj prirubnicama ne obrađuju se posebno, osim što se brusilicom ili turpijom skinu neravnine zaostale od rezanja te izravna baza. Prirubnica se pričvrsti na kraj cijevi, pri čemu se cijev uvuče u prirubnicu za debljinu stijenke uvećane za jedan milimetar kako bi se dobio prostor za zavar.

#### 7.4 Savijanje cijevi

U brodogradnji za savijanje cijevi primjenjuju se dva načina savijanja: savijanje na hladno i savijanje na toplo. Na koji će se način cijev savinuti ovisi ponajprije o dimenzijama cijevi, materijalu cijevi i o mogućnostima strojeva kojima radionica raspolaže.

##### 7.4.1 Deformacije pri savijanju cijevi

**Smanjenje debljine stijenke.** Pri savijanju, materijal cijevi izložen je djelovanju sila i to na vanjskoj strani luka vlačnim, a na unutrašnjoj strani tlačnim silama. Ove sile izazivaju naprezanja u materijalu koja štetno djeluju na cijev. Vlačna naprezanja dovode do stanjenja stijenke na vanjskom dijelu luka, a tlačna do zadebljanja materijala na njegovom unutrašnjem tijelu, a time do mogućnosti stvaranja nabora. Spomenute promjene ovise o polumjeru zakrivljenosti i s njim su u obratnom razmjeru: veći polumjer zakrivljenosti – manje deformacije i obratno.

Smanjenje debljine stijenke oslabljuje cijev na tom mjestu, pa zato ona ne smije iznositi više od 15% do 18% debljine stijenke kako ne bi bila ugrožena čvrstoća cijevi.

$$T = \frac{t - t_r}{t} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

gdje je:

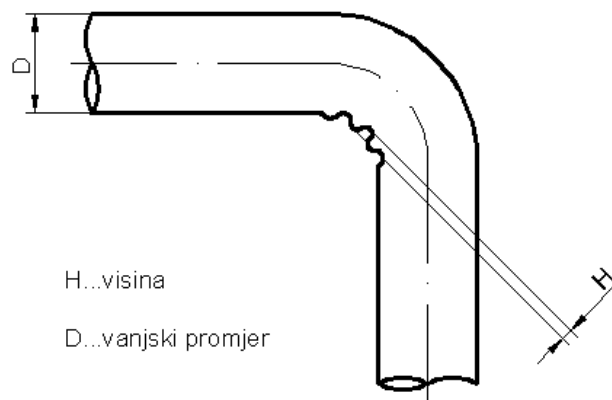
$t$  – originalna debljina stijenke

$t_r$  – debljina stijenke nakon savijanja

$T$  – vrijednost oslabljenja stijenke

Dozvoljeno smanjenje debljine stijenke iznosi  $T \leq 15\%$  do  $18\%$

**Valovitost.** Nepažljivim i nestručnim savijanjem stvaraju se veći nabori na unutrašnjem dijelu luka, što može uzrokovati pucanje cijevi. Napuklu cijev treba odbaciti. Dopuštena visina nabora iznosi 3% od vanjskog promjera cijevi. Stvaranje nabora je izraženije kod cijevi s tanjom stijenkom.



**Slika xxx.** Valovitost kod savijanja cijevi

$$K_v = \frac{H}{D} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

gdje je:

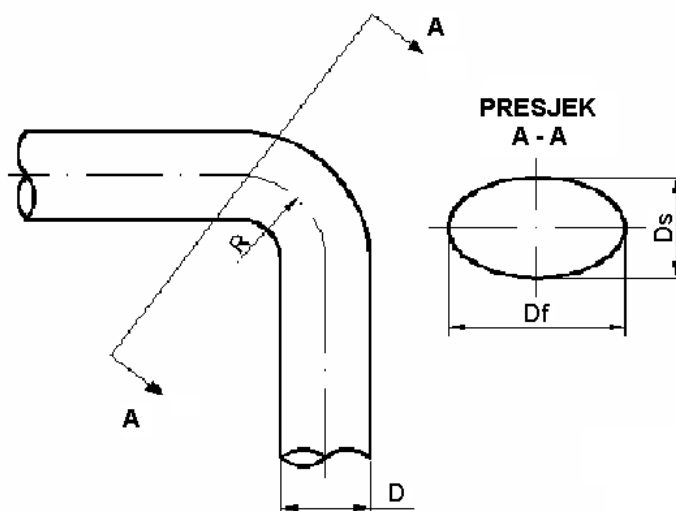
$H$  – visina nabora

$D$  - vanjski promjer cijevi

$K_v$  - koeficijent valovitosti

Dozvoljeni koeficijent valovitosti iznosi  $K_v \leq 3\%$

**Ovalnost.** Pri savijanju cijevi javlja se još jedna nepovoljna pojava: po radijalnom presjeku cijev se spljošti, tj. okrugli profil cijevi postane eliptičan. Najveća je deformacija u tjemenu luka, dok se prema periferiji ta eliptičnost postupno gubi. Dopuštena odstupanja od okruglog presjeka cijevi iznose 8% vanjskog promjera cijevi.



**Slika xxx.** Ovalnost kod savijanja

$$K_o = \frac{D_f - D_s}{D} \cdot 100 [\%]$$

gdje je:

$D_f$  – max vanjski promjer cijevi

$D_s$  – min vanjski promjer cijevi

$D$  – vanjski promjer cijevi (okruglog profila)

$K_o$  – koeficijent ovalnosti

Dozvoljeni koeficijent ovalnosti iznosi  $K_o \leq 8 \%$ , a izuzetno za manje polumjere savijanja  $R = 1,5$  do  $2 D$  taj koeficijent može iznositi  $K_o \leq 10\%$ .

Smanjenje debljine stijenke cijevi, nabori i eliptičnost profila pojave su koje se štetno odražavaju na rad sistema cjevovoda jer uzrokuju smanjenje čvrstoće cijevi, povećavaju hidraulički otpor te izazivaju promjenu brzine medija.

Prvenstveni je zadatak radnika da pri savijanju cijevi deformacije svede na najmanju moguću mjeru kako bi se smanjio njihov štetan utjecaj.

### 7.4.3 Savijanje cijevi na hladno

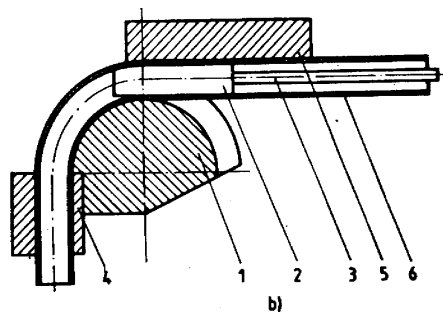
Savijanje cijevi na hladno obavlja se pomoću posebnih strojeva za savijanje. Jednostavnije je i praktičnije od toplog savijanja jer nema nabijanja cijevi pijeskom i zagrijavanja. Savijanje na hladno osigurava vrlo kvalitetan luk, a postupak savijanja je brz. Po nekim analizama taj postupak je za 3 do 6 puta jeftiniji od savijanja na toplo, što je razlog široke primjene postupka savijanja cijevi na hladno u izradi cijevi. Za to služe snažni hidraulični strojevi – savijačice, kao i ručne hidraulične naprave.

U osnovi postoje tri načina savijanja na hladno, i to:

- savijanje cijevi na savijačici s unutarnjim trnom,
- savijanje cijevi na savijačici bez unutarnjeg trna,
- savijanje cijevi u kalupu.

#### 7.4.3.1 Savijanje cijevi na savijačici s unutarnjim trnom

Osnovni dijelovi savijačice s unutarnjim trnom su: kućište s hidrauličnim pogonom, upravljački pult, okretni stol, stezne čeljusti, kalup, vodilica i trn na čijem se vrhu nalazi kalibrirana glava. Za savijanje svake pojedine dimenzije cijevi potrebna je garnitura pribora, koji se sastoji od okretnog diska (kalupa), steznih čeljusti, valjkastih vodilica cijevi i glave trna. Kalup u presjeku ima profil polucijevi, tako da zajedno sa steznom čeljusti, koja ima isto takav profil, potpuno obujmi cijev koju treba saviti. Glava trna je kalibrirana, a njezin promjer mora biti nešto manji od unutrašnjeg promjera cijevi. Funkcija je trna u tome da spriječi spljoštenost cijevi, da smanji ili onemogući pojavu nabora i da podmazuje cijev iznutra.



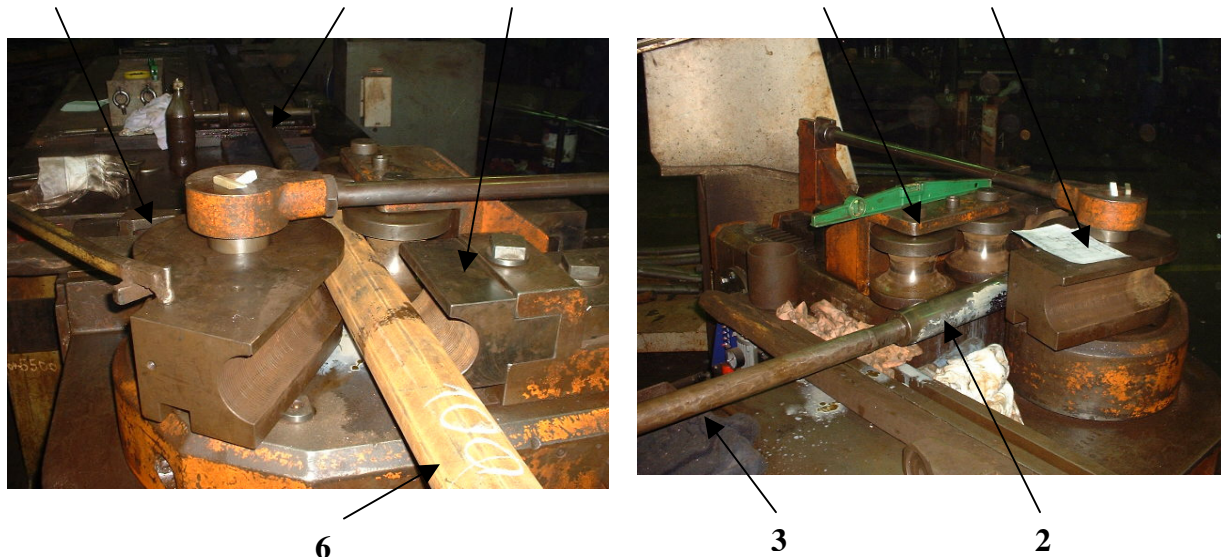
1

3

4

5

1



**Slika xxx. Dijelovi savijačice sa trnom**

1 kalup, 2 glava trna, 3 trn, 4 stezne čeljusti, 5 vodilice, 6 cijev

Strojno savijanje odvija se tako da se cijev navuče na prethodno podmazan trn, a zatim učvrsti između okretnog diska i steznih čeljusti. Polaganim zakretanjem okretnog stola za zadani kut, disk povlači cijev za sobom, pri čemu se formira luk. Nakon prestanka savijanja, cijev se vraća za stanoviti kut zbog elastične deformacije. Zbog toga radnik na savijačici zadanom kutu dodaje i kut elastičnih deformacija (tablica xxx), čiju veličinu odredi prema vlastitom iskustvu. Taj dodatni kut ovisi o promjeru cijevi, kutu zakrivljenja i polumjeru zakrivljenosti. Što su ove veličine veće, to je zbog elastičnih deformacija, potrebno dodati veći kut. Veličina tog kuta ovisi i o materijalu cijevi, pa je za yorcalbro i cunifer cijevi taj kut nešto veći nego za čelične cijevi. Kao primjer u tablici xxx navedene približne vrijednosti kutova koji se dodaju zadanom kutu zbog elastičnih deformacija pri savijanju čeličnih cijevi ND 50.

**Tablica xxx. Kut elastičnih deformacija za čeličnu cijev DN 50**

za kut zakrivljenosti	$\alpha = 15^\circ$ dodani kut $1^\circ$
za kut zakrivljenosti	$\alpha = 60^\circ$ dodani kut $2^\circ$
za kut zakrivljenosti	$\alpha = 90^\circ$ dodani kut $2^\circ - 3^\circ$
za kut zakrivljenosti	$\alpha = 180^\circ$ dodani kut $5^\circ$

Polumjeri savijanja cijevi su standardizirani i određeni dimenzijama kalupa. Prije strojnog savijanja cijevi se moraju očistiti od naslaga korozije i ostalih nečistoće izvana i iznutra. Pri savijanju cijev iznutra treba obilno podmazivati kroz trn, ali zato s vanjske strane ne smije biti tragova ulja.

U brodogradnji nema većih serija cijevi istog promjera koje treba savijati, pa je potrebno često mijenjati garniture pribora, što zahtijeva duže pripreme radove. Zato je opravdana nabavka dva do tri stroja, što ovisi o veličini radionice i asortimanu cijevi, tako da su dva stroja podešena na promjere cijevi koje se najčešće savijaju, a treći se podešava prema potrebi.

Povoljnije su izvedbe strojeva koji mogu savijati cijevi na kojima su prethodno zavarene prirubnice. Na taj način znatno se skraćuje vrijeme potrebno za obradu cijevi, jer je zavarivanje prirubnica na ravnu cijev lakše i brže od zavarivanja na zakrivljenu cijev. Primjenom posebnog pribora na ovim se strojevima mogu savijati cijevne serpentine i spirale.

Suvremene cjevarske radionice opremljene su modernim CNC strojevima za savijanje (slika xxx).



*Slika xxx. CNC stroj za savijanje cijevi*

CNC stroj za savijanje cijevi opremljen je računalom. Potrebni podaci za savijanje cijevi mogu se dobiti alfanumerički putem iz centralnog računala (transformiranjem informacija iz mjerne skice cijevi u numerički kod stroja za savijanje), ili u ručni režim rada - unošenjem potrebnih informacija za savijanje cijevi na operativnom računalu stroja za savijanje.

Da bi stroj ispravno savio cijev, u program računala moraju biti instalirani određeni parametri cijevi (konstante), kao što su kut elastičnih deformacija, produljenje cijevi kod savijanja, dodaci za savijanje na krajevima i u sredini, najveća duljina prostorno zakrivljene cijevi kod koje prilikom rotacije cijevi oko svoje osi prilikom prostornog savijanja neće doći do udaranja cijevi u pod. Program automatski uzima u obzir navedene konstante i interpolira ih u odnosu na zahtijevane podatke savijanja. Ako oblik ili karakteristike cijevi ne zadovoljavaju kriterije stroja, program će javiti grešku i stroj neće izvršiti savijanje. Cijevi na CNC strojevima za savijanje izrađuju se s potpunom preciznošću, te se ne zahtijeva dodatna kontrola dimenzija. CNC savijačica može savijati čelične cijevi i cijevi iz obojenih metala ako se za njih pripreme adekvatni alati za savijanje (kalup i trn).

#### **7.4.3.2 Savijanje cijevi na savijačici bez unutarnjeg trna**

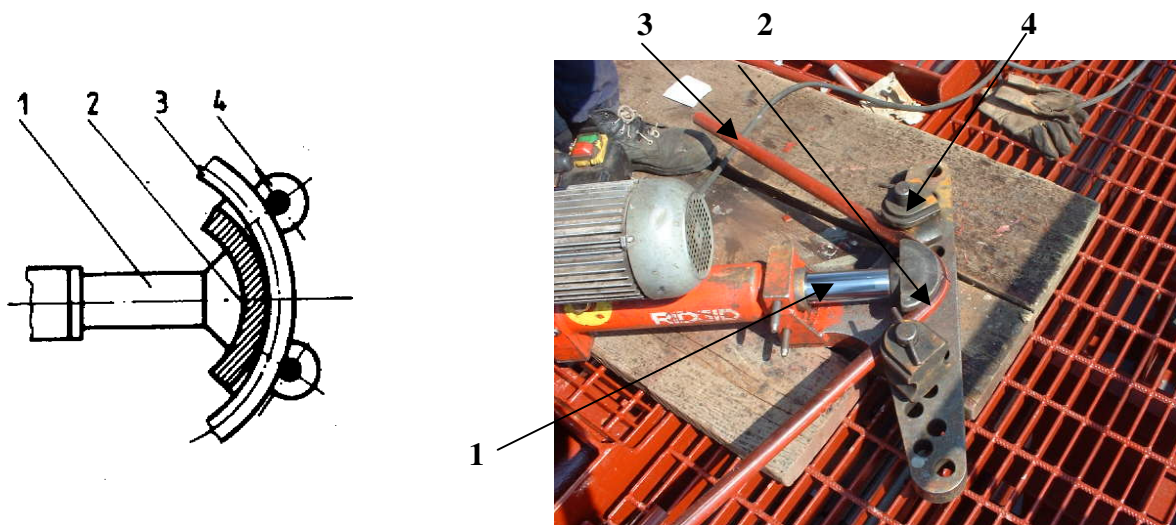
Savijanje cijevi na savijačici bez unutarnjeg trna ima veliku primjenu na savijanju čeličnih cijevi i cijevi iz obojenih metala manjih promjera do DN 32. Ovaj način savijanja vrlo je praktičan i brz, jer ne traži dodatnu izmjenu alata (kalupa i trna), a sama konstrukcija i snaga savijačice omogućava kvalitetno izvođenje savijanja cijevi manjih promjera.





**Savijanje cijevi savijačicom bez unutarnjeg trna**

### 7.4.3.3 Savijanje cijevi u kalupu



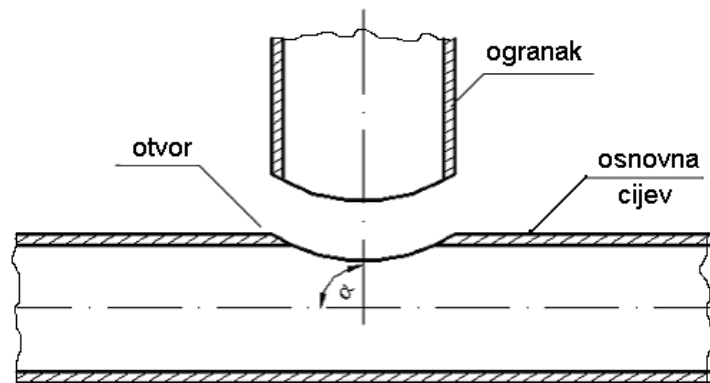
**Slika xxx. Savijačica za savijanje cijevi u kalupu**

1- hidraulički cilindar s klipom, 2-kalup, 3-cijev, 4-profilirani valjci

Savijanje cijevi u kalupu bez uporabe unutarnjeg trna može se izvršiti i priručnim savijačicama, kao što je to prikazano na slici xxx. Konstrukcija ovakve savijačice je jednostavna i sastoji se od ručne ili elektromotorne hidraulične pumpe s klipom na koji se postavi kalup te od okvira po kojemu se u ovisnosti o polumjeru zakrivljenosti, pomiču profilirani valjci.

Kalup i valjci su izmjenjivi i odabiru se prema veličini promjera cijevi. Ovi strojevi za savijanje cijevi su jeftini i praktični (iako im je vijek trajanja kratak), a savijanje se izvodi bez ikakve ranije pripreme. Prikladni su za rad izvan radionice, posebno pri izradi cijevi direktno na brodu.

## 7.5 Trasiranje i rezanje prodora za cijevne ogranke i priključke



**Slika xxx.** Skica prodora osnovne cijevi i ogranaka

Spoj ogranaka i osnovne cijevi predstavlja prodor dvaju valjaka. Oni mogu imati isti ili različit promjer i biti pod različitim kutovima u odnosu prema osnovnoj cijevi.

Otvori za ogranak na osnovnoj cijevi trasiraju se prema pozicijama na mjernoj skici cijevi. Oblik i dimenzije otvora ucrtavaju se pomoću šablona, ocrtavanjem krivulje prodora dvaju valjaka. Poželjno je da cjevarska radionica ima već gotove šablone za nekoliko različitih promjera i kutova nagiba, čime se umnogome štedi vrijeme. Šablona se obavije oko cijevi, pa se pomoću krede ili točkala njezine konture prenesu na cijev i po tim se oznakama plinskim plamenikom izreže otvor. U mnogim slučajevima (pogotovo za cijevi manjeg promjera) radnik sam praktički, na osnovi iskustva izreže i prilagodi otvor na glavnoj cijevi i pripadajući ogranak.

Suvremene cjevarske radionice opremljene su CNC ili NC strojevima za rezanje prodora. Ti strojevi potrebne ulazne podatke dobivaju putem centralnog ili lokalnog računala. Programirani su i osposobljeni za izrezivanje otvora različitih promjera cijevi i ogranaka pod različitim kutovima, kao i pripremu rubova za zavarivanje. Time se znatno povećava produktivnost i preciznost izrade cijevi s cijevnim ogranacima.



**Slika xxx.** NC stroj za rezanje otvora i prodora



**Slika xxx.** *Unošenje podataka za rezanje prodora*



**Slika xxx.** *Rezanje prodora na NC stroju*

## **7.6 Postavljanje i pripajanje prirubnica**

Prirubnica se mora pažljivo postaviti na cijev tako da zavar ne strši iznad čeonu stranu prirubnice. Šljaka i drugi ostaci zavarivanja prirubnice na cijev trebaju se odstraniti brušenjem tako da se kod spajanja cjevovoda ne oštećuje brtveni spoj.

Prirubnica se u odnosu na os cijevi mora postaviti pod pravim kutom, s tolerancijom odstupanja pravog kuta od  $\pm 0,5^\circ$ . U izuzetnim slučajevima, ako to zahtjevi montaže cjevovoda traže, prirubnica se može zavariti s odstupanjem do max.  $2^\circ$  od pravog kuta u odnosu na os cijevi.

## **7.7 Privarivanje i zavarivanje cijevi**

Cijevi i cijevni elementi najčešće se spajaju zavarivanjem. Tehnika zavarivanja toliko se usavršila da se uspješno mogu zavarivati gotovo svi metali i njihove slitine. Pritom je samo potrebno odabrati odgovarajući postupak, elektrodu, te vrstu i jakost struje.

Nakon dobro izvedene pripreme i oblikovanja cijevi na radnom stolu za oblikovanje, može se prići privarivanju, odnosno zavarivanju cijevi. Privarivanje cijevi na radnom stolu izvode cjevvari, a konačno zavarivanje cijevi isključivo kvalificirani i atestirani zavarivači na posebno za to pripremljenim radnim mjestima.

Sučeljavanje u pripremi spoja mora biti vrlo točno ( $\pm 0,5\text{mm}$ ). Radi toga se cijevi tanjih stijenki kalibriraju, a deblje stijenke se obrađuju strojno. Pri većim odstupanjima u sučeljavanju, ne mogu se kvalitetno protaliti oba ruba.

Tijekom zavarivanja, zavarivač mora neprestano pratiti i kontrolirati stanje taline i stanje površine formiranog zavara. Poslovođa i kontrolor zavarivanja također provode stalnu kontrolu propisane tehnologije zavarivanja.

Cijevi koje su u horizontalnom položaju zavaruju se odozdo prema gore. Redosljed kod zavarivanja cijevi manjeg promjera nije bitan. Kod cijevi većeg promjera, naročito iz nehrđajućeg čelika, zavaruje se najprije jedna četvrtina opsega, a potom se prelazi na suprotnu četvrtinu, odnosno zavarivanje se izvodi na preskok.

### **7.7.1 Elektrolučno privarivanje i zavarivanje**

Elektrolučno privarivanje sastoji se od nanošenja kratkih zavara ili privara na mjestu spoja. Time se tek učvršćuju dijelovi koji se zavaruju.

Iako cjevar u cjevarskoj radionici samo privaruje cijevi i cijevne spojeve, on mora dobro rukovati uređajem za zavarivanje i mora bar donekle poznavati tehnologiju zavarivanja.

Izbor elektrode ovisi o mehaničkim i kemijskim svojstvima materijala cijevi, kao i o zahtijevanim osobinama zavarenog spoja. Dimenzije elektroda odabiru se prema debljini osnovnog materijala, prema tipu spoja i položaju zavarivanja. Za privarivanje i zavarivanje cijevi u normalnim okolnostima najčešće se upotrebljava elektroda promjera 3,25 mm, a za zavarivanje korijena cijevi elektroda promjera 2 ili 2,5 mm.

Cijevi se privaruju na radnoj platformi. Sve cijevi, a naročito one savijene i s ograncima, učvrste se i podupru pomoću raznih naprava i stalaka koji se mogu podešavati prema obliku cijevi. Električni luk za privarivanje ne smije se uspostavljati na površini osnovnog materijala izvan mjesta zavarivanja, već u žlijebu gdje će doći zavar. Luk se uspostavlja na kraju budućeg pripoja, a zatim se elektroda povuče na početak pripoja i nastavi se s privarivanjem. Tijekom zavarivanja elektrodu treba držati pod pravilnim nagibom, koji iznosi 90° u odnosu prema cijevi i oko 8° u smjeru zavarivanja.

Prirubnice se elektrolučno privare na cijev obično s četiri pripoja koji se nanesu s vanjske strane i to na dijelu između provrta. Na cijevima za prilagođavanje prirubnice se privare s jedan do dva pripoja na oko 150 mm od ruba cijevi. Ona će se konačno pričvrstiti nakon točnog određivanja dužine cijevi prilikom montaže cjevovoda.

Nakon privarivanja cijevi i svih potrebnih detalja, potrebno je obaviti kontrolu geometrije obrađene cijevi prema mjernoj skici i izvršiti eventualnu doradu.

Pripoje treba očistiti od troske i pregledati ih. Troska se odstranjuje čekićem ili čeličnom četkom, a greške na pripoju ispravljaju se brušenjem, odnosno naknadnim prevarivanjem.

Pri zavarivanju prirubnica važan je redosljed zavarivanja. Najprije se zavaruju prirubnica i cijev s unutrašnje, a zatim s vanjske strane. Suprotan postupak izazvao bi mnogo veće deformacije, a prirubnica bi poprimila kalotasti oblik. Posljedica toga bilo bi smanjenje nalijegajuće brtvene površine.

### **7.7.2 Zavarivanje plinskim plamenom**

Osim elektrolučnog zavarivanja za zavarivanje tankih limova i cijevi primjenjuje se i zavarivanje plinskim plamenom (autogeno zavarivanje). Praktičnost ove metode naročito dolazi do izražaja pri remontnim radovima ili pri spajanju cijevi na mjestu ugradnje.

Zavarivanjem plinskim plamenom mogu se spajati niskougljični i niskolegirani čelici, bakar, mjed, aluminijske slitine, olovo i ostali obojeni metali. Zavarivanje svakog od nabrojanih materijala ima svoje specifičnosti, koje pripadaju tehnologiji zavarivanja i zavarivači ih moraju temeljito upoznati.

Zavarivanje plinskim plamenom je jednostavan i praktičan način zavarivanja i u brodogradnji još uvijek nailazi na široku primjenu. Međutim, u svijetu se sve više zamjenjuje TIG i MIG postupkom.

### **7.8 Brušenje cijevi**

Sve zavarene cijevi i cijevne elemente potrebno je nakon zavarivanja izbrusiti, a cijevi od nehrđajućeg čelika i pasivizirati. Troska se odstranjuje čekićem ili četkom, a greške na pripojima ispravljaju se brušenjem, odnosno naknadnim prevarivanjem. Najprikladniji alat za brušenje cijevi je pneumatska brusilica s valjkastim ili stožastim brusovima.



**Slika xxx.** *Brušenje zavarenog prirubničkog spoja*



**Slika xxx.** *Zavareni prirubnički spoj prije brušenja*



**Slika xxx.** *Brušenje zavarenog cijevnog luka*

## 7.9 Kontrola cijevi

**Faznu kontrolu** provodi sam radnik poslije svake operacije izrade cijevi (nakon savijanja, zavarivanje prirubnica, priključaka i ogranaka te oblikovanja cijevi). Kontrolom je obuhvaćena provjera gabaritnih mjera i oblika cijevi zahtijevanih radioničkom dokumentacijom, te kvaliteta i točnost faza izrade i oblikovanja cijevi (rezanje, zavarivanje, brušenje).



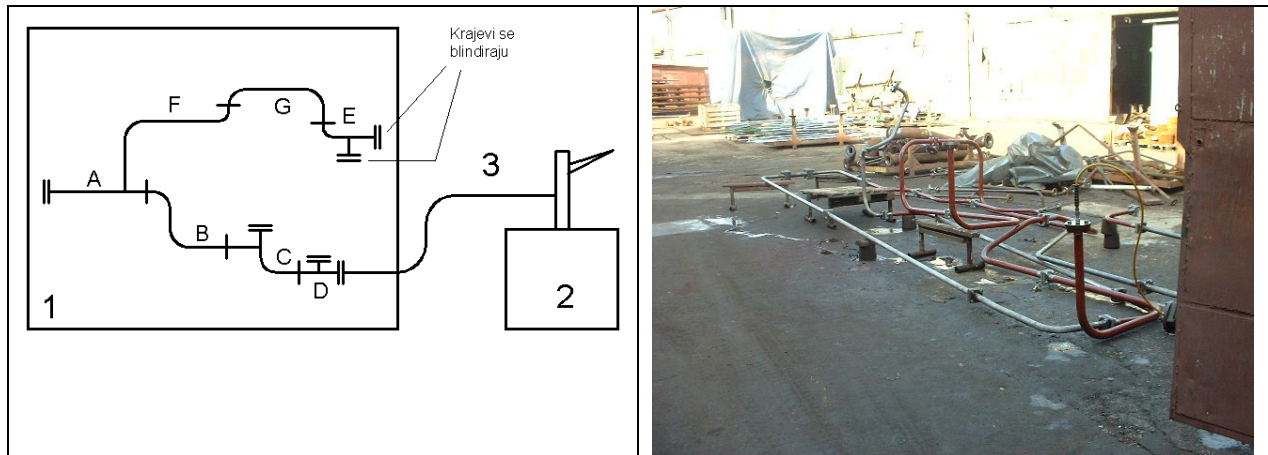
**Slika xxx.** *Fazna kontrola izrade cijevi na stolu za oblikovanje*

**Završnu kontrolu** provode kontrolori. Provjerava se kvaliteta izrade (kvaliteta zavarivanja, brušenja i završne obrade) i dimenzionalna kontrola. Prvo se izvrši vizualan pregled cijevi kojim se mogu ustanoviti vidljivi nedostaci na cijevi, kao što su deformacije i oštećenja cijevi, nedostaci zavarenih spojeva, i sl.

Prilikom zavarivanja može doći do deformacija (kaže se da zavar povuče), a time i do odstupanja od zadanih dimenzija, pa sljedeća kontrola obuhvaća provjeru geometrije obrađene cijevi. Cijev se postavi na vodoravnu površinu, te se pomoću viska, kutnika i metra uspoređuju kote s onima na mjernoj skici. Posebna se pozornost poklanja priključnim kotama, kutovima zavarenih ogranaka, kutovima zakrivljenja cijevi, kutu pričvršćenja prirubnice u odnosu prema cijevi i dr. Nakon svega, pregleda se i unutrašnjost cijevi, pa ako nisu potrebne nikakve dorade cijev se smatra obrađenom.

**Ispitivanje nepropusnosti.** Kontrola zavarenog spoja mora pokazati koliko su bile efikasne mjere osiguranja kvalitete, te efikasnost provođenja propisane tehnologije. Najprije se provodi vizualna kontrola, a u skladu sa zahtjevima klasifikacijskih društava daljnja ispitivanja kvalitete mogu se provoditi metodama bez razaranja kao što su radiografsko ispitivanje, ispitivanje ultrazvukom, ispitivanje magnetnim česticama i ispitivanje penetrantskim tekućinama.

Ispitivanje nepropusnosti cijevi izvodi se hidrauličnim tlačenjem cjevovoda vodom na za to posebno pripremljenoj platformi u sklopu radionice izrade cijevi. Izrađene cijevi međusobno se spoje, bez obzira na redoslijed montaže cjevovoda i podvrgnu hidrauličnom tlaku čime se ispituje nepropusnost i čvrstoća zavarenih spojeva cijevi. Na tim mjestima, dok se cijevi nalaze pod tlakom, ne smije doći do propuštanja vode.



**Slika xxx.** *ispitivanje tlačenja cjevovoda u radionici*

1-platforma za ispitivanje, 2-tlaćna pumpa, 3-fleksibilna spojna cijev, A, B, C - razne cijevi

Cijevi cjevovoda klase I i II, kao i cjevovodi pare, napojne vode, stlaćenog zraka i goriva s proračunskim tlakom većim od 0,35 MPa, moraju se nakon izrade i konačne obrade prije bojenja, u prisutnosti predstavnika klasifikacijskog društva podvrgnuti hidrauličkom ispitnom tlaku koji je za 50% veći od proračunskog tlaka za određeni cjevovod. Proračunski tlak predstavlja najviši radni tlak koji se može pojaviti u sistemu cjevovoda, a koji ne može biti manji od najvišeg tlaka za koji je podešen bilo koji sigurnosni ventil, ili ventil za rasterećenje.

Cijevi klase III, koje nije potrebno tlaćiti u radionici u prisustvu klasifikacijskog društva, tlaće se na brodu nakon montaže cjevovoda. Zbog unutarnje kontrole, u radionici se mogu tlaćiti i takve cijevi, čime se eliminira mogućnost propuštanja zavarenih spojeva cijevi kod njihove montaže i puštanja u pogon.

## 7.10 Čišćenje cijevi

Za veliki dio brodskih cjevovoda potrebno je ugrađivati čiste cijevi, kako ne bi došlo do onečišćenja ili kemijske reakcije s medijem ili oštećenja uređaja, opreme i strojeva. To se naročito odnosi na cjevovode mazivog ulja, goriva, hidraulike, sanitarne, napojne i pitke vode, i sl.

Čišćenje se posebno odnosi na cijevi izrađene savijanjem. Pri savijanju na toplo, cijevi se pune i nabijaju pijeskom i zagrijane savijaju pa zbog toga u njima zaostanu zapečene čestice pijeska i metala, koje se svakako moraju ukloniti. Cijevi savijene na hladno na savijačici, s unutrašnje se strane podmazuju strojnim uljem koje također ne smije dospjeti u neke cjevovode, kao što je cjevovod pitke i napojne vode, cjevovod kisika itd.

Čišćenje cijevi može biti mehaničko i kemijsko.

### 7.10.1 Mehaničko čišćenje cijevi

Mehaničko čišćenje cijevi iznutra je složen posao, naročito ako su cijevi dugačke i savijene. Primjenjuje se za cijevi čiji je promjer veći od 50 mm. Rezultati nisu uvijek zadovoljavajući, pogotovo kada je riječ o uklanjanju ulja i napredovaloj koroziji.

Čišćenje se sastoji od mehaničkog djelovanja pribora za čišćenje na unutrašnju stijenku cijevi. Pribor za čišćenje čine dugačke motke na čijem kraju su učvršćene čelične četke ili kotačići koji se mogu udaljavati od središta i pogonskog uređaja na elektromotorni ili pneumatski pogon. Zbog djelovanja centrifugalne sile pribor za čišćenje struže stijenku i tako

je čisti. Aksijalnim pomicanjem motke očisti se cijela cijev, tj. njezin pristupačni dio. Za čišćenje savijenih cijevi pribor se montira na savitljivo čelično uže.

Bolji rezultati se postižu sačmarenjem cijevi iznutra. Uređaj za sačmarenje sastoji se od komore, spremnika sačme, priključka na spremnik komprimiranog zraka i cijevnog voda koji se uvuče duboko u spremnik. Na kraju tog cijevnog voda montiraju se posebne mlaznice. Čestice sačme u struji komprimiranog zraka izlijeću velikom brzinom iz mlaznice i erozivnim djelovanjem čiste stijenku cijev.

Često je potrebno odstraniti korozivne naslage, masnoću, boje i drugo s vanjske stijenke cijevi, kako bi temeljna, a kasnije i završna boja, bolje prionule na podlogu. Vanjsko čišćenje cijevi obavlja se pneumatskom brusilicom na koju se montira čelična četka. Za čišćenje većeg broja cijevi izvana najčešće se cijevi sačmare u posebnim komorama za sačmarenje.



**Slika xxx.** Komora za sačmarenje cijevi

U mehaničko čišćenje može se ubrojiti i čišćenje cijevi ispiranjem na brodu. Ovim postupkom čiste se unutrašnje stijenke montiranog cjevovoda od sitnih nečistoća koje se mogu naći u cjevovodu tijekom njegove izrade i montaže. Na taj se način sprječava oštećenje osjetljivih strojeva i uređaja koje bi ove nečistoće mogle uzrokovati. Čišćenje ispiranjem daje vrlo dobre rezultate, a kvaliteta čišćenja ovisi o temperaturi i brzini medija. Nakon ispiranja, otvori cijevi zaštite se plastičnim folijama ili plastičnim poklopcima. Nakon montaže cjevovoda na brod cijevni sistemi ispiru se odgovarajućim sredstvima, prema tablici xxx.



## 7.10.2 Kemijsko čišćenje cijevi

Kemijsko čišćenje cijevi također daje dobre rezultate. Kemijsko čišćenje cijevi u radionici izvodi se na cijevima za sljedeće sisteme: cjevovod hidraulike, cjevovod ulja za podmazivanje glavnog i pomoćnih motora, cjevovod ulja za prekretanje krila propelera, cjevovod plina i kisika i cjevovod ulja za podmazivanje statvene cijevi. Za takvo čišćenje koriste se prostrani bazeni u kojima se odjednom može čistiti veliki broj cijevi, bez obzira na njihov oblik i veličinu.

Cijevi se najprije izlože djelovanju lužnate otopine radi uklanjanja masnoća. Zatim se operu toplom vodom i podvrgnu djelovanju kiseline (klorovodična kiselina), pa se ponovo operu hladnom vodom i osuše komprimiranim zrakom. Koje će se lužine, odnosno kiseline upotrijebiti, u kojim koncentracijama, pri kojim temperaturama i za koje vrijeme će djelovati na cijev, ovisi o materijalu cijevi.

Spomenuta sredstva su vrlo štetna za zdravlje, pa se postupak mora provoditi prema uputama i vrlo oprezno. Obavezna je uporaba zaštitnih sredstava.

## 7.11 Antikorozivna zaštita

Jedan od nedostataka primjene čeličnih cijevi na brodu jest njihovo brzo korodiranje, pogotovo ako su u dodiru s morskom vodom. Da bi se to spriječilo, čelične cijevi se moraju adekvatno zaštititi protiv korozije. To se izvodi pocinčavanjem i bojenjem cijevi.

### 7.11.1 Pocinčavanje cijevi

Najbolja antikorozivna zaštita čeličnih cijevi izvana i iznutra postiže se njihovim pocinčavanjem. To se posebno odnosi na cjevovode kaljuže, balasta, cjevovode gašenja požara morskom vodom, brodskih izljeva, te sisteme pitke, tople i hladne vode (ako nisu izvedeni iz PVC ili nekih drugih nehrđajućih materijala).

Otpornost pocinčane cijevi prema koroziji ovisi o debljini sloja cinka. Međutim, na površini cijevi može biti i prekid cinkova sloja do 12 mm<sup>2</sup> površine, a da cink i dalje štiti čeličnu cijev (kao galvanski članak). Površina pocinčane cijevi je siva i nije sjajna. Na pocinčanim cijevima nije poželjno obavljati nikakve naknadne radove (npr. rezanje, zavarivanje i sl.) koji bi mogli oštetiti sloj cinka, osim turpijanja debljih i neravnomjernih naslaga cinka na dosjednim površinama prirubnica.

Pocinčavanje se izvodi u cinkarnama koje mogu, ali i ne moraju biti sklopu cjevovodske radionice. Postupak pocinčavanja obavezno obuhvaća i prethodno čišćenje cijevi koje mora biti besprijekorno izvedeno, jer o tome umnogome ovisi kvaliteta zaštitnog sloja cinka.

Kod brodskih cjevovoda najčešće se upotrebljava vruće pocinčavanje. Vruće pocinčavanje sastoji se od uranjanja čeličnih cijevi u rastaljeni cink. Postupak pocinčavanja cijevi sastoji se od sljedećih operacija:

- kada to zahtijeva stanje površine, cijevi je potrebno odmastiti sredstvima za odmašćivanje ili visokotlačnom pumpom toplom vodom ili detergentom,
- skinuti staru boju (oznake, brojeve, greškom obojene cijevi i sl.) mehaničkim putem rotacionom čeličnom četkom, brusnom pločom ili sačmarenjem,
- osaćmariti sve zavare izvana i iznutra, te ostalu vanjsku i unutarnju površinu cijevi,
- otprašiti površinu cijevi,
- uroniti cijev 1 do 2 sata, uz konstantno miješanje otopine, u klorovodičnu kiselinu (koncentracije od 5% do 15%), kojoj je dodano 0,5% do 1% sredstva za istovremeno otklanjanje rđe i odmašćivanje (KEBOSOL 2000),

- nakon toga cijev uroniti 1 do 16 sati, uz konstantno miješanje otopine, u klorovodičnu kiselinu (koncentracije od 5% do 15%), kojoj je dodano  $1000 \text{ g/m}^3$  inhibitora (ADACID 337). Vrijeme uranjanja ovisi o jačini kiseline i zaostalim produktima korozije – rđe na površini cijevi. U slučaju da je koncentracija kiseline veća od 15%, vrijeme uronjenosti cijevi u kiselinu potrebno je skratiti, što se može utvrditi na licu mjesta vađenjem cijevi iz kiseline.
- zatim se cijev uranja 1 do 2 minute u otopinu elektrolita (amonij klorid  $\text{NH}_4\text{Cl}$  + cink klorid  $\text{ZnCl}_2$ ),
- cijevi se osuše pomoću pare, toplog zraka i sl.,
- ovako pripremljene cijevi uranjaju se u kadu s rastaljenim cinkom 1 do 4 minute, dok cink ne prestane ključati.. Za to vrijeme cijev se prevuče zaštitnim slojem cinka debljine 100 – 120  $\mu\text{m}$ , što predstavlja vrlo dobru antikorozivnu zaštitu. Vrijeme potrebno za pocinčavanje ovisi o debljini stijenke. Duljim držanjem cijevi u kadi, sloj cinka se može povećati na 250 – 300  $\mu\text{m}$ . Temperatura kade sa cinkom kreće se od  $450^\circ\text{C}$  do  $465^\circ\text{C}$ , dok je radna temperatura otopine cinka  $455^\circ\text{C}$ ,
- nakon završetka pocinčavanja cijev se izvadi iz kade,
- nakon hlađenja, cijevi se očiste, tj. otklanja se suvišan cink grubom turpijom, brusnom pločom i sl.



**Slika xxx.** Kada s klorovodičnom kiselinom za kemijsko tretiranje cijevi prije pocinčavanja



**Slika xxx.** Kada za pocinčavanje cijevi

Pri pocinčavanju potreban je veliki oprez, jer pri uranjanju cijevi u kadu s cinkom dolazi do prskanja. Prilikom pocinčavanja radnici se nalaze u zaštitnoj kućici iz koje upravljaju dizalicom kojom se cijevi spuštaju i dižu iz kade s rastaljenim cinkom. Cijev se vadi u okomitom položaju kako bi se preostali cink ocijedio.

### 7.11.2 Bojenje cijevi i cjevovoda

Bojenje se izvodi kistom, valjkom ili visokotlačnim štrcaljkama. Cijevi se mogu, u ovisnosti od sistema i zahtjeva medija u cjevovodu, bojiti izvana i iznutra. Iznutra se mogu bojiti cijevi DN 80 i više. Bojenje cjevovoda izvode radnici specijalizirani za tu vrstu poslova i radnih zadataka.

Poželjno je da se što više cijevi završno oboji u radionici. No određeni sistemi cjevovoda koji ne traže bojenje cjevovoda iznutra (sistemi mazivog ulja, goriva, pare, napojne vode, slatke rashladne vode, i dr.), a smješteni su u strojarnici i suhim prostorima broda, ne boje se završno izvana u radionici, već se isto izvodi na brodu nakon njihove montaže. Takve cijevi se na mjesto montaže isporučuju sa temeljnim premazom. Slično vrijedi i za pocinčane

cijevi. Pocinčane cijevi smještene u suhim prostorima i strojarnici na mjesto montaže isporučuju se pocinčane, a završno bojenje cjevovoda izvana izvodi se na brodu. Za otvorene i nepristupačne prostore te tankove balasta, pocinčane cijevi se u radionici završno oboje izvana odgovarajućim sistemom boje prostora na brodu.