

Jednako je važna tačna procjena pojedinih težina. U slučaju nesigurnosti bolje je računati s nešto većim težinama. Ako stvarno ugradene težine budu manje od računski predviđenih, brod će imati nosivost veću od tražene, troškovi gradnje broda bit će manji od predviđenih, tj. manji od troškova gradnje procijenjenih na osnovu težina predviđenih prije početka gradnje, u pretprojektu. Važi pravilo da je nedovoljan stabilitet daleko opasniji od prevelikog, ali treba izbjegavati i preveliku metacentarsku visinu pri malim kutovima nagiba, i to naročito kod putničkih brodova, tankera i brodova za prevoz rude.

Tokom prve razrade generalnog plana odrede se i usporede prostori namijenjeni za različne svrhe. U toj se fazi još detaljnije ne razrađuje oprema ni uređaji tih prostora, nego se određuje jedino njihova veličina. Pri razradi generalnog plana, koji služi za određivanje troškova gradnje, za specifikaciju opreme i za ostale obveze prema naručiocu, treba mnogo detaljnije razraditi uređaje i opremu svih prostora. Tada je već potrebno jasno označiti tip i vrstu pregradnih zidova, uređaj i tipičnu opremu kabina, raspored kreveta, uređaje javnih prostorija, sanitarnu opremu, opremu i raspored u mašinskom prostoru itd. Konačna razrada generalnog plana zahtjeva mnogo rada. Dogodi se da tokom razrade generalnog plana neka ranije predviđena prostorija ili razmještaj prostorija ne zadovoljava. U slučaju izrade novog rasporeda i provedbe potrebnih izmjena nastoji se zadržati položaj težišta broda po visini i po dužini.

Pri razradi konstruktivnih nacrta trgovackih brodova uzimaju se dimenzije konstruktivnih elemenata prema propisima klasifikacionih društava, ali je preporučljivo i pri izradi generalnog plana ovih brodova, bar za neke kritične slučajevе, provesti račun čvrstoće.

Na brodu postoje brojni sistemi cijevnih vodova za razne vrste tekućine, ventilaciju i grijanje kao i mnogobrojni električki kabeli (v. Oprema broda u ovom članku i *Brodska elektrotehnika*). Pri razradi projekta nastaje se na istom planu prikazati shematski svi sistemi cijevi, svi električki kabeli, svi vodovi ventilacije i grijanja. Tako se dobiva uvid u razne vrste vodova koje treba provesti kroz određene prostorije, pa se može odabrati najpogodniji način njihova provođenja. Radni nacrti sistema razrađuju se kasnije. Na modernim brodovima sistemi cijevi i kabelski vodovi postali su toliko mnogobrojni i složeni da ih je ponekad vrlo teško pravilno rasporediti samo pomoću shematskih crteža. Zato se u novije vrijeme počinju upotrebljavati i modeli dijelova broda u koje se postave cijevni i električni vodovi tako da ne smetaju ni jedni drugima ni ostalim brodskim uređajima, pa se konačni nacrti svakog pojedinog sistema presnime sa modela.

Razrađeni projekt mora sadržavati sve podatke potrebne za proračun troškova gradnje broda, a osim toga mora dati potpuno jasnu sliku broda i brodograditelju i brodovlasniku. Pojedinosti nedovoljno jasne na generalnom planu treba objasniti posebnim opisima i specifikacijama. U sastav projekta spada redovno, uz generalni plan, također specifikacija trupa, opreme i uređaja, pogonskih strojeva i električke opreme. Brodogradilišta imaju štampane specifikacije izgrađenih brodova koje služe kao podsjetnik pri razradi specifikacija novih brodova.

S. Šilović

GRADNJA RRODA

Proces građenja broda može se podijeliti na ove faze: pripremne radove, obradu građevnih dijelova trupa i predfabriciranje sklopova (sekcija), izgradnju (montažu) trupa, predaju broda vodi, opremanje broda, primopredaju broda, završne i garantne radove.

Pripremni radovi

Prije početka stvarne gradnje broda, tj. prije početka obrade materijala u radionicama, treba obaviti obimne pripremne radove. Ti radovi obuhvataju: izradu tehničke dokumentacije (teorijskih proračuna, projektnih nacrta, tehničkog opisa i nacrtu prema zahtjevima klasifikacionih društava, radioničkih nacrta, specifikacije materijala i tehnoloških uputstava za gradnju); planiranje nabavki materijala, strojeva i opreme; sastavljanje komercijalnih specifikacija; traženje ponuda; analizu ponuda; narudžbe materijala, uređaja i opreme; planiranje uskladištenja materijala

i opreme; planiranje izgradnje trupa, ugradnje strojeva i opreme; izradu radioničke dokumentacije (radnih listova, radioničkih nacrta, tehnoloških uputstava, izdatnicu materijala).

O kvalitetu pripremних radova i o njihovom pravovremenom dovršenju ovisi trajanje gradnje broda. Smatra se da je brodogradilište dobro organizirano ako su pripremni radovi za neki brod dovršeni do momenta polaganja kobilice broda, odnosno do polaganja prve sekcije na dilj.

Obrađa građevnih dijelova trupa prije ugradnje na dilju

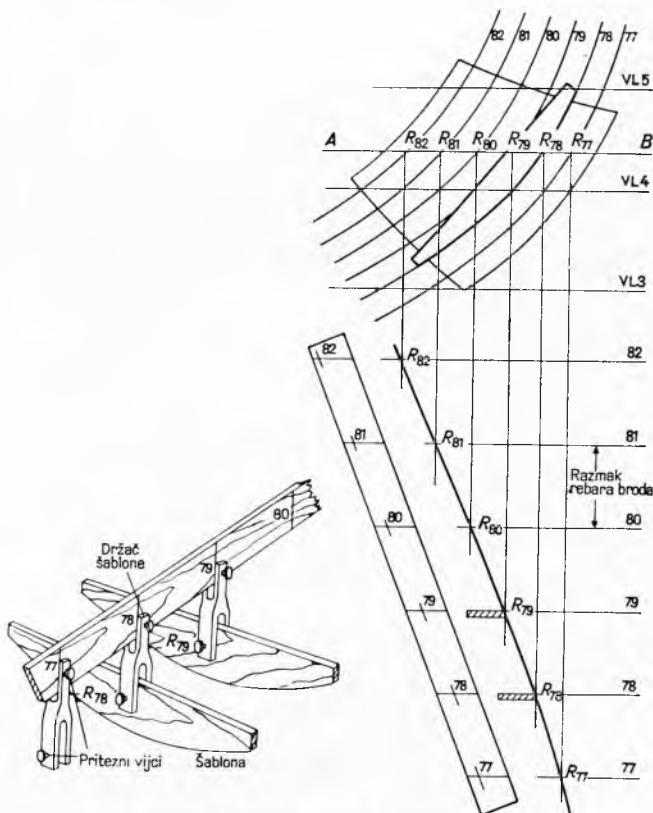
U brodograđevnom odjeljenju brodogradilišta obraduju se građevni dijelovi trupa i zatim spajaju u sekcije. Ta faza gradnje broda obuhvata trasiranje, izradu šablona i blok-modela, označivanje limova i profila, obradu limova i profila, predfabrikiranje sekcija.

Trasiranje. Izrada šablona i blok-modela. U pravoj veličini se trasira iscrtavanjem brodskih linija u mjerilu 1:1 na drvenom podu crtare, bilo urezivanjem linija u izblanjeni pod, bilo crtanjem tušem na bojadisanom podu.

U crtari se linije crtaju prema podacima dobivenim iz tehničkog ureda. To su redovno numerički podaci prikazani u tablici očitanja, a predstavljaju koordinate sjecišta teorijskih rebara s vodnim linijama, okomicama i eventualno širnicama. Umjesto teorijskih rebara, kojih ima 10 ili 20, u crtari se na nacrtu rebara crtaju stvarna rebra, a tih je znatno više. U tom nacrtu, osim rebara, nacrtaju se i šavovi vanjske oplate, linija palube, linija rubne ploče dvodna i niz drugih detalja. Nacrt rebara služi za izradu šablona i određivanje detalja obrade limova i profila.

Prema linijama broda trasiranim u crtari uzimaju se podaci za knjigu izmjera. Knjiga izmjera sadrži sva očitanja trasiranih linija, a služi konstrukcijskom uredu pri izradi nacrta pojedinih strukturnih dijelova trupa, zatim za definiranje dijelova forme broda na mjestima gdje dolaze ždrijela sidara i drugi okovi na vanjskoj oplati, a eventualno i za ponovno trasiranje istih linija nakon dužeg vremena.

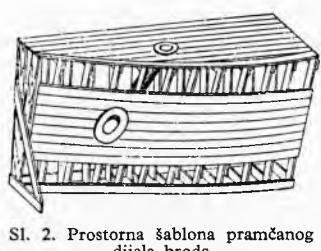
Šabline se izrađuju od tankih dasaka, ukočenih ploča, ljevenke, kartona ili tankog lima. Pomoću šablona se na limu ili profilu označi obris građevnog dijela, raspored i dimenzije rupa



Sl. 1. Podesiva prostorna šablon za kontrolu savijanja lima

za zakovice, skošenje ruba itd. Šablona može služiti i za kontrolu formiranja (savijanja) nekog lima (sl. 1).

Linijske na podu crtare prenose se na šablone ili izravno, ili posredno putem rešetke, ili podesivim spravama. Ako se oznake mogu prenijeti četvrtastim letvama, ne rade se šablone. Četvrtastim letvama prenose se dimenzije limova paralelnog srednjaka, oznake skošenja rubova, pozicije rebala, rastojanje skalopa na ukrepama, razmak i promjeri zakovica itd. Katkada se radi kontrole zakrivljenja formiranog lima ili izrade modela nekog okova izraduje prostorna šablon (sl. 2).



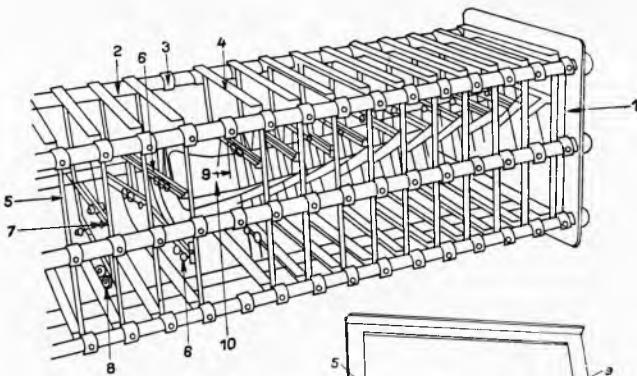
Sl. 2. Prostorna šablon pramčanog dijela broda

Pri izradi šablona često se rješavaju konstruktivni detalji koji su samo principijelno bili riješeni u tehničkom uredu. Npr., u radioničkom nacrtu se označuje broj redova zakovica i njihovo odstojanje, a na šabloni se odredi tačna pozicija svake zakovice.

Šablone treba izraditi za sve limove pa i za one koji nisu potpuno ravni. Prema šabloni se iz ravnog lima izreže obris građevnog dijela koji će kasnije biti zakriven; šablon, dakle, treba da predstavlja obris zakrivenje plohe kad se ona razvije u ravninu. Zakriveni lim koji se može razviti u ravninu tako da se dobije njegova prava površina naziva se »zakrivenim«, a ako je neki lim zakriven u dva smjera ili više njih (izvitoperen ili ispušten), pa se ne može razviti u ravninu, naziva se »formiranim«.

Bilo da je lim zakriven ili formiran, on se nastoji obraditi dok je ravan, jer je to lakše i jednostavnije. Zakriveni limovi se po pravilu dokraja obrađuju razvijeni. Iznimno se na jako zakrivenim limovima rupe za zakovice buše nakon zakrivenja, jer rupe izbušene na takvom limu dok je ravan nakon zakrivenja postaju eliptične.

Formirani limovi se dijele na »lagano formirane«, koji se mogu nekim empirijsko-geometrijskim metodama razviti u ravninu i pri montaži priviti uz formu broda, i na »formirane« limove, koji se prije montaže moraju oblikovati na hladno ili na toplo.



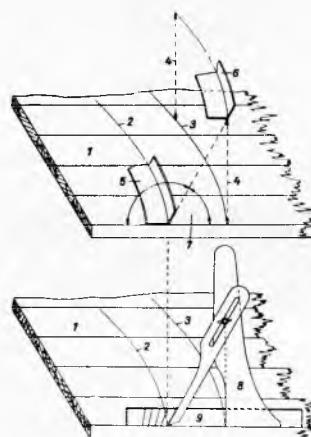
Sl. 3. Sprava za razvijanje trodimensionalnih limova oplate. 1 čelna ploča, 2 uzdužni nosači okvira, 3 pomicni prsten za fiksiranje okvira, 4 okvir, 5 vertikalna strana okvira, 6 horizontalni pomicni nosači igala okvira, 7 vijak za fiksiranje nosača igala, 8 držaći igle, 9 igla, 10 karton za šablon, 11 elastično ravnalo - krivuljar vezano s donjim redom igala

Okvirni elemenat sprave

Lagano formirani limovi oplate nalaze se na pramu i krimu broda gdje se forma broda naglje mijenja. No zbog velikih dimenzija broda nepravilna zakrivenja limova oplate su ipak relativno mala, pa se ravan lim unaprijed određenog obriša može bez teškoće priviti uz formu broda. Prilikom privijanja lim se malo deformira, ali te su deformacije tako neznatne da se mogu zanemariti. Lagano formirani limovi razvijaju se na razne načine, npr. razvijajući središnjice limova, dužine ispuštenja na rebra i dužine šavova, ili dijeleći formirani lim u manje pravilne

površine (pravokutnike, trokute itd.) koje se mogu jednostavno razviti. Razvijene pojedinačne dužine ili manje površine među sobom se usklade ili se slože jedna do druge tako da se dobije ukupna razvijena površina s izvjesnim malim greškama, koje su na formiranom limu praktički zanemarljive.

Za razvijanje se upotrebljavaju letvice kvadratnog ili pravokutnog presjeka, pomoću kojih se zakriviljene dužine snime i razviju u ravninu. Postoji i posebna sprava za razvijanje trodimensionalnih limova koja u mjerilu 1:10 reproducira formu broda. Sprava se sastoji od više okvira (sl. 3) na kojim se pomoću niza dvostrukih igala definira forma rebara. Između igala se čvrsto privje risaći papir i zatim izreže tačno po označenim rubovima, pa se tako dobije obris zakrivenog lima oplate. Pri razvijanju (ravnjanju) crtačeg papira mora se uzeti u obzir korekturu za debjinu papira u odnosu prema stvarnoj deblini lima koji se razvija.



Sl. 4. Priklonjak. 1 pod crtare, 2 linija rebara 4 i 5, 3 linija rebra 6, 4 razmak rebara, 5 uglovnica r. 5, 6 uglovica r. 6, 7 sljubni kut, 8 sljubni kutomer, 9 daščica sljubnih kutova

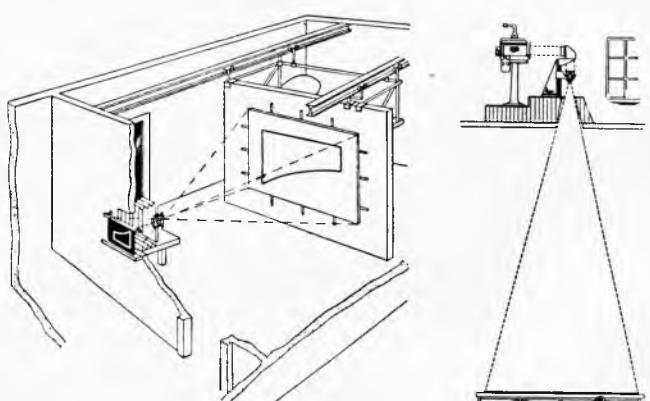
Relativno malo je formiranih gradevnih dijelova koji se ne mogu razviti na ravnom limu i priviti uz formu broda. Od limova vanjske oplate moraju se formirati na hladno ili na toplo limovi statvene cijevi, limovi uz stražnju statvu, limovi uz prednju statvu i limovi od kojih je sastavljena prednja statva.

Priklon hrpta rebara se razvija pomoću sprave nazvane priklonjak (sl. 4).

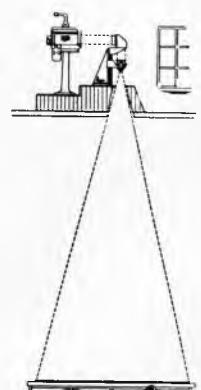
Blok-model je polumodel trupa broda izrađen u manjem mjerilu (1 : 25 ili 1 : 50), a služi za definiranje vanjske oplate i položaja različitih okova, privjesaka i otvora na vanjskoj oplati. Radi narudžbe mate-

rijala mogu se pomoću blok-modela odrediti približne dimenzije limova oplate na jako zakrivenim dijelovima trupa prije nego što su linije trasirane u crtari, odnosno prije nego što su jako i nepravilno zakriveni limovi razvijeni. Ostali, ravnii limovi i profili naručuju se prema nacrtima izrađenim u tehničkom uredu.

Blok-model se izrađuje od dasaka čija je debjinina jednaka razmaku vodnih linija. Daske izrezane po obrisu vodnih linija se slijepi, oštре ivice dasaka se obljanjuju, pa se konačna forma modela dotjera i kontrolira pomoću šablonu rebara. Posebnim okvirom i klizačem se na oblini modela ucrtaju stvarna rebara. Zatim se pomoću elastične letvice na model ucrtaju vojevi limova oplate vodeći računa o estetskom izgledu oplate i širinama limova koje mogu isporučiti valjaonice. Dimenzije zakrivenih limova snime se sa modela pomoću tankog prozirnog papira privijenog uz model.



Sl. 5. Fotografsko snimanje šabline za trasiranje u mjerilu

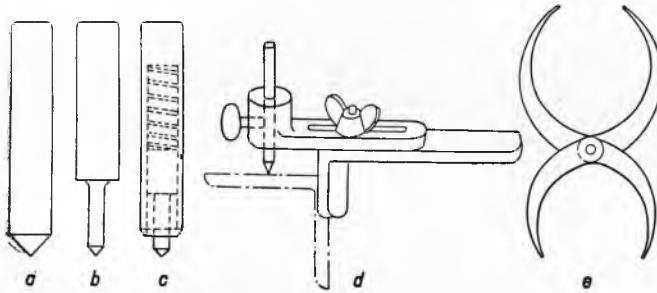


Sl. 6. Projekcijski uredaj za trasiranje u mjerilu

Za izradu šablonu i blok-modela služe obični drvodjelski alati i strojevi za obradu tankih dasaka.

Da se izbjegne skupo trasiranje u naravnoj veličini, danas se sve više prelazi na *trasiranje u mjerilu*. Šabline ili posebni nacrti sa potrebnim oznakama obrade izrade se u mjerilu, redovito 1 : 10, pa se fotografiraju (sl. 5). Pomoću specijalnog projekcijskog aparata smještenog u visokom tornju fotografija se projicira direktno na lim i prema linijama projiciranim u pravoj veličini na lim se unesu oznake (sl. 6). Ovakav način trasiranja zahtjeva precizno crtanje nacrti i precizan fotografski postupak.

Označivanje. Na sve limove i profile od kojih se izrađuju pojedini građevni dijelovi broda moraju se prije obrade nanijeti oznake i informacije. Oznake definiraju konturu građevnog dijela, raspored i promjer rupa za zakovice, položaj simetrala, smještaj ukrepa, položaj i oblik otvora i rupa za olakšanje, itd.

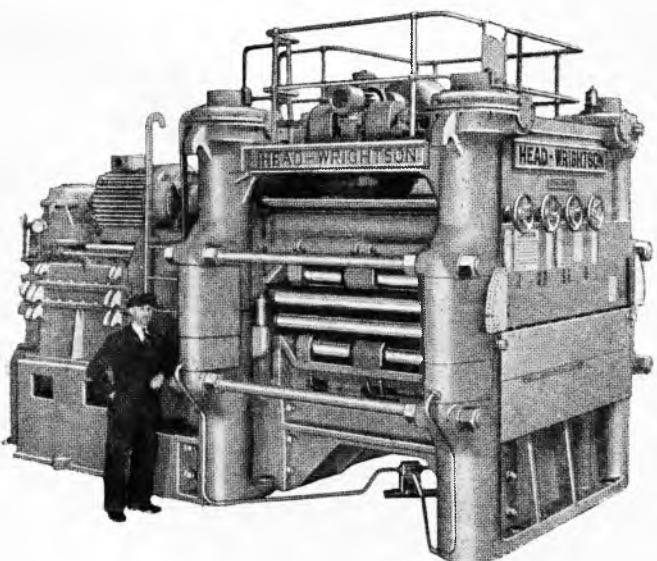


Sl. 7. Pribor za označivanje. a obično tačkalo, b precizno tačkalo, c tačkalo za jednolično označivanje, d crtalo, e prenosni šestar

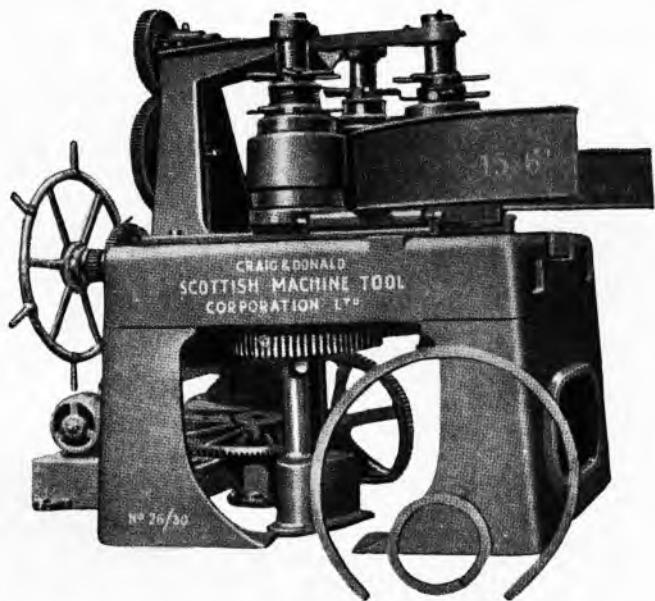
Materijal se označuje na jedan od ovih načina: izravno prema podacima iz nacrtu pomoću četvrtastih letvica, pomoću šablonu, pomoću fotoprojekcije. Na čelični materijal oznake se unose posebnim priborom (sl. 7). Označe se tačke koje definiraju linije obrisa građevnog dijela, simetrale itd., pa se te tačke spoje. Sve informacije o obradi ispisuju se na limu ili profilu bijelom uljenom bojom.

U novije se vrijeme primjenjuje direktno rezanje neoznačenih limova pomoću naprava za rezanje kisikom kojima se automatski upravlja.

Obrada limova i profila. Broj građevnih dijelova trupa je velik i različit. S obzirom na načine obrade, potreban alat i strojeve za obradu, građevni dijelovi se mogu svrstati u ove grupe: veliki ravni limovi koji se pojedinačno obrađuju, veliki ravni limovi koji se serijski obrađuju, cilindrično ili stožasto zakrivljeni limovi, nepravilno zakrivljeni limovi (formirani limovi), manji građevni dijelovi od lima, ravnici dugi i kratki profili, dugi savinuti profili, rubne uglovnice koje se obrađuju kovanjem.

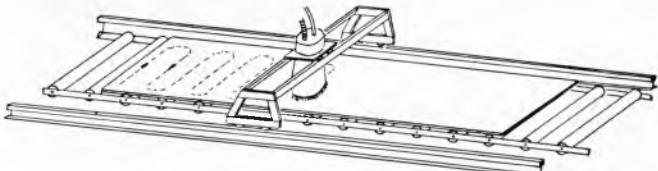


Sl. 8. Stroj za ravnjanje limova



Sl. 9. Stroj za ravnjanje i savijanje profila

Prije početka obrade često je potrebno da se limovi i profili izravnaju, očiste od okujine i rde i premažu zaštitnim premazom. Prilikom transporta od valjaonice do brodogradilišta limovi i profili se deformiraju, pa ih prije obrade treba izravnati. Tanki limovi se ravnaju na stroju s valjcima ili ručno čekićima. Za ravnjanje srednjih i debelih limova upotrebljavaju se strojevi (sl. 8) koji po pravilu imaju 7 valjaka. Profili se obično ravnaju na stroju za savijanje profila (sl. 9), a rijetko se za tu svrhu upotrebljava poseban stroj.



Sl. 10. Uredaj za mehaničko dekapiranje limova (pieskanje) s horizontalno položenim limom

Da bi se čelični materijal trupa broda, a naročito limovi, mogao dobro zaštiti premazom, osnovno je da podloga bude dobro očišćena. Limovi dobiveni iz valjaonice često imaju uvaljanu okujinu koju treba skinuti, jer inače ona nakon nekog vremena otpadne, a s njom zajedno i zaštitni premaz, pa površina ostane nezaštićena. Za skidanje okujine upotrebljavaju se posebni pneumatski čekići ili uredaji s mlazom zraka i oštrog kremanog pjeska ili sjekotina čelične žice. Jednostavniji tip uređaja za mehaničko dekapiranje sastoji se od pokretnog mosta na kojem je mačka sa sapnicom za zrak i pjesak. Most se kreće iznad horizontalno položenog lima i pomakne se automatski kad je jedan pojas lima ispisakaren (sl. 10). Osim toga, sprava ima ekshaustor, spremnik za pjesak i eventualno vlastiti kompresor. Ovaj je uredaj jeftin, ali se rad odvija polagano.

Mehaničko dekapiranje je mnogo brže pomoću uredaja s valičanom stazom po kojoj se pomiče okomito postavljen lim. Lim prolazi kroz komoru na čijim su zidovima postavljene sapnice ili centrifugalni nabacivači, tako da je nakon jednog prolaza lim mehanički očišćen. Limovi ispod 5 mm debeline, čelične cijevi i slični manji osjetljivi građevni dijelovi broda čiste se kemijski u kupjkama s kiselinama.

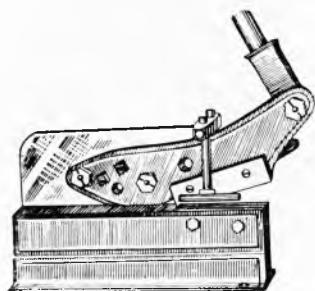
Nakon ravnjanja, čišćenja i označivanja limova i profila počinje njihova obrada. Postupci obrade jesu: obrezivanje rubova, bljanjanje rubova, probijanje ili bušenje rupa, upuštanje rupa, probijanje ili rezanje otvora i provlaka, privijanje (doglovanje), iskljinjavanje, savijanje, prirubljivanje, isijecanje skalopa, krivljivanje na hladno ili na toplo itd. Kroz koje od ovih postupaka

prolazi pojedini lim ili profil ovisi o gradevnom dijelu broda i o tipu konstrukcije (zakivana ili zavarena).

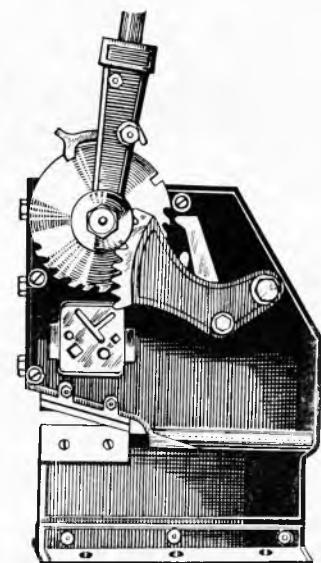
Za sve navedene postupke u brodograđevnim radionicama treba da bude osiguran potreban radni prostor i odgovarajući strojevi. U velikim brodogradilištima, u kojim se obraduje preko 25 000 t limova i profila godišnje, poželjno je da se za svaku grupu gradevnih dijelova koji imaju isti ili gotovo isti redoslijed postupaka predvidi zaseban tok obrade, što zahtijeva da brodograđevna radionica ima više hala. U tom slučaju se brojni veliki gradevni dijelovi u svom toku kroz liniju obrade ne presreću niti ukrštavaju. U manjim brodogradilištima, radi boljeg iskoristavanja strojeva, reduciraju se tokovi obrade spomenutih grupa na manji broj (npr. 4), pa brodograđevna radionica može imati samo dvije lade, a katkada se cijela obrada (za godišnji kapacitet ispod 10 000 tona) obavlja samo u jednoj brodograđevnoj hali. Uz takva rješenja nužno dolazi do ukrštavanja linija obrade, ali se zato skupi strojevi mogu potpuno iskoristiti.

Alati i strojevi za obradu limova i profila. Rezanje je jedan od osnovnih postupaka obrade u gradnji čeličnih brodova. Kad se brod gradi na suvremeni način električnim zavarivanjem, veći dio gradevnih dijelova oblikuje se samo preciznim rezanjem. U brodogradnji se danas primjenjuju dva osnovna načina rezanja: mehanički i pomoću kisika.

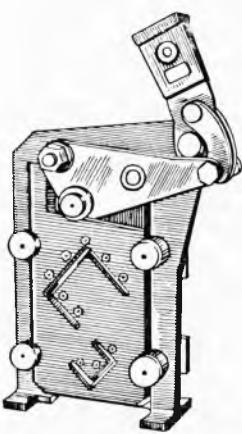
Samo tanji limovi i trake od lima režu se ručnim škarama, ručnim polužnim strojevima i ručnim škarama na električni pogon (sl. 11). Postoje i kombinirani ručni polužni strojevi koji na jednoj strani imaju probijač za rupe i sjekač za izrezivanje stranica profila, a na drugoj strani škare za rezanje lima i lakših profila (sl. 12). Limovi i profili većih dimenzija režu se strojevima na motorni pogon. Oblik noževa i njihov smještaj na stroju ovisi o načinu rezanja lima i o obliku profila (sl. 13). Noževi za rezanje su obično postavljeni tako da je donji nož fiksan a gornji se pri rezanju pomiče. Za rezanje limova primjenjuju se i rotirajući



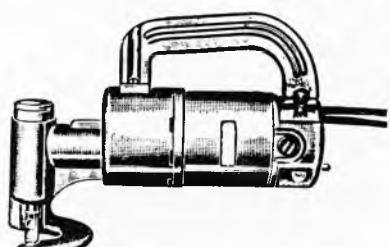
Polužne ručne škare za rezanje lima deblijine do 2 mm



Polužne ručne škare za rezanje traka od lima i kutnih profila

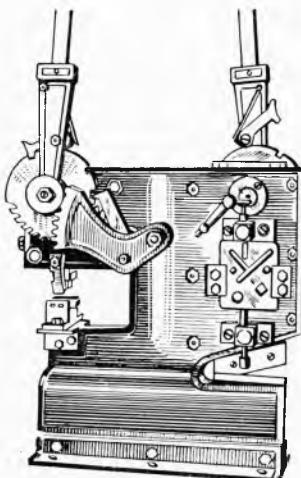


Polužne ručne škare za rezanje kutnih i U-profila deblijine do 2 mm

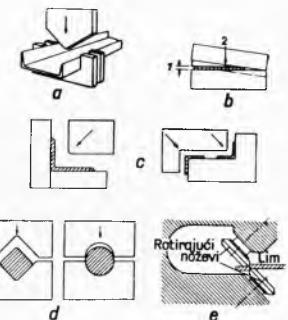


Ručne škare s elektro-pogonom

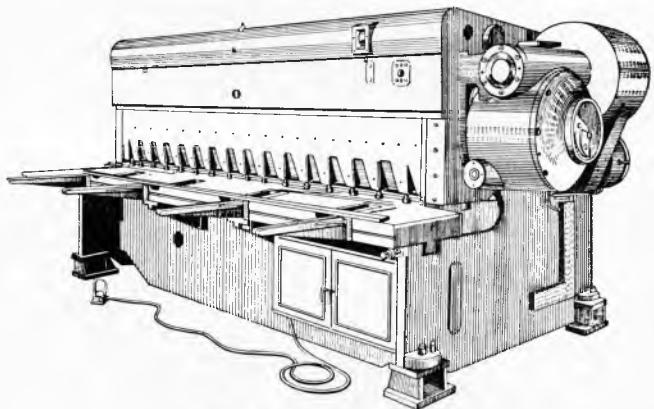
Sl. 11. Škare za rezanje



Sl. 12. Kombinirani polužni ručni strojevi za rezanje limova, izrezivanje stranica profila i probijanje rupa



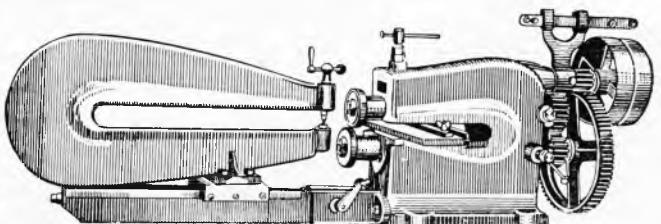
Sl. 13. Razni oblici noževa na strojevima za rezanje limova i profila. a noževi za U-profil; b za rezanje limova (I otvor škara kad je gornji nož potpuno spušten); c za rezanje uglovnica, d za rezanje šipki, e za rezanje limova rotirajućim noževima



Sl. 14. Škare »giljotina«

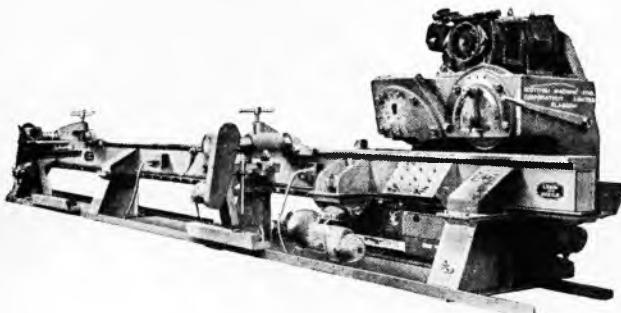
(disk-) noževi: može rotirati i gornji i donji nož, ili samo gornji nož. Za obradu manjih dijelova od lima upotrebljavaju se kratkohodne škare. Tim škarama mogu se rezati i lagano zakriviljeni obrisi. Za ravno obrezivanje velikih limova primjenjuju se škare zvane »giljotina« (sl. 14). Lim je na stroju pritegnut mehaničkim, pneumatskim ili hidrauličkim pritiskačima, a kosi nož daje tačan i čist rez, što je naročito važno za električko zavarivanje.

Postoje dvije vrste strojeva sa disk-noževima. Na jednostavnijem tipu diskovi se okreću u fiksnom okviru stroja (sl. 15) a lim se pomiče. Na takvom stroju se mogu rezati i zaobljeni obrisi. Druga izvedba ima pokretni suport sa noževima koji se kreću duž nepomično pričvršćenog lima. Za rezanje deblijih limova čiji rubovi moraju biti skošeni upotrebljavaju se strojevi sa pomičnim suportom i udvojenim diskom, tako da jedan disk reže lim okomitim rezom, a drugi kosim rezom (sl. 16).

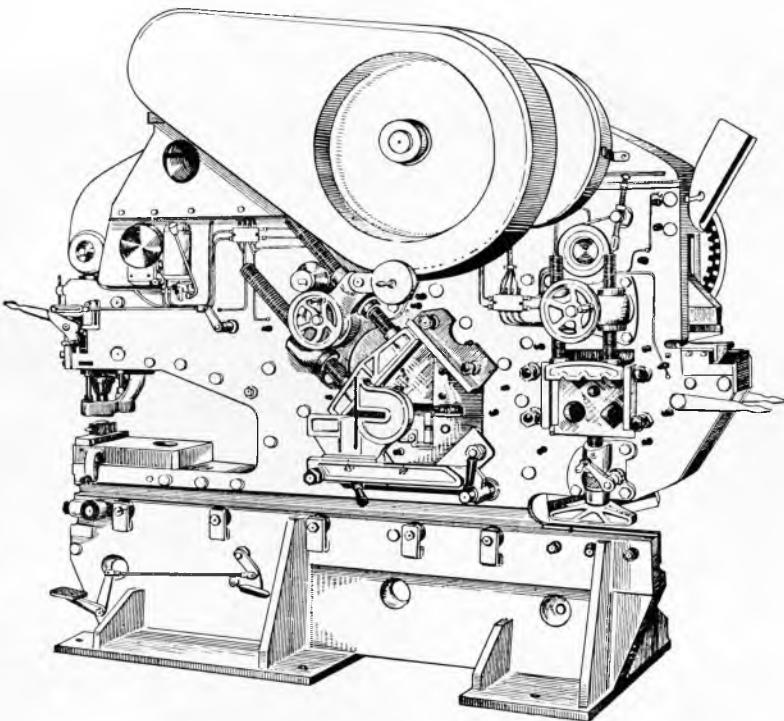


Sl. 15. Škare s disk-noževima

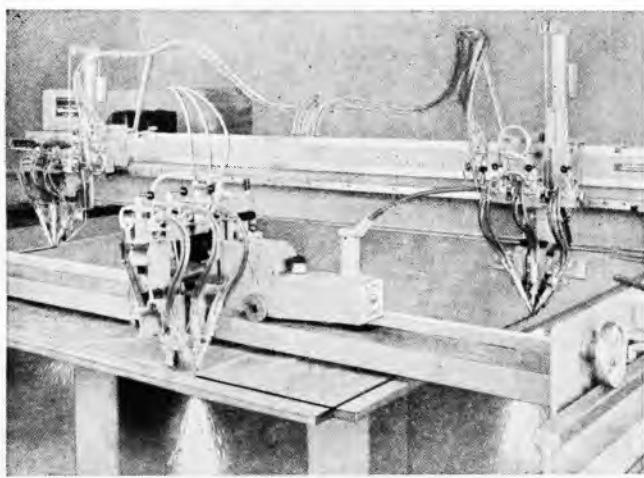
Za obradu gradevnih dijelova trupa broda zakovane konstrukcije, kao i za radove na popravcima brodova, brodogradilišta često imaju kombinirane strojeve koji mogu rezati, isijecati, obrezivati i probijati limove i profile (sl. 17).



Sl. 16. Škare s udvojenim diskovima



Sl. 17. Kombinirani stroj za rezanje i probijanje limova i profila



Sl. 18. Uredaj za pravocrtno rezanje lima kisikom

Rezanje kisikom sve se više primjenjuje u brodogradnji jer su uređaji za rezanje kisikom jeftiniji nego mehanički strojevi a pri radu s njima manji je broj transportnih operacija teških gradevnih dijelova trupa. Troškovi rezanja na mehaničkim strojevima su duduše niži jer je cijena kisika relativno visoka, ali kad se usporede svi troškovi, tj. amortizacija i troškovi manipulacije,

proizlazi da je gotovo uvijek rezanje kisikom jeftinije. Za rezanje je osim kisika potreban i plin za predgrijavanje odnosno zagrijavanje. To je obično acetilen. Utrošak kisika ovisi o debljini lima i mnogo je veći od utroška plina za zagrijavanje. Za čist rez važna je čistoća kisika (99,8%).

Za rezanje manjih dijelova, odsijecanje, a naročito za koso odsijecanje profila služe različiti tipovi ručnih gorionika. Gorionik se sastoji od žiška i drška u kojem je ugrađen dovod plina i kisika. Postoje gorionici sa žišcima za rezanje limova, za spaljivanje glava zakovica, za rezanje cijevi, za rezanje pod vodom i za rezanje mlazom kisika kroz elektrodu.

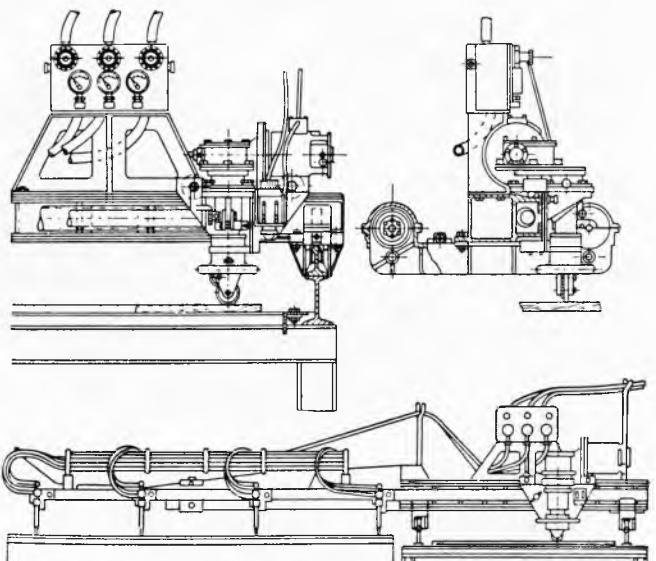
Ručne prijenosne sprave za rezanje kisikom imaju prednost da se lako transportiraju do bilo kojeg radnog mjesta. Sprava ima kotačice pa postavlja na duge čelične vodilice može rezati duge ravne rezove. Ručnim strojevima sa dva ili tri žiška mogu se, radi kasnijeg električkog zavarivanja, rubovi limova rezati koso.

Za obimne radeve rezanja služe djelomično ili potpuno automatizirani uređaji. Uglavnom postoje tri tipa uređaja: uređaji za ravnu obradu rubova limova, uređaji za rezanje obrisa limova prema šablonama, uređaji za rezanje prema nacrtaima ili foto-negativima.

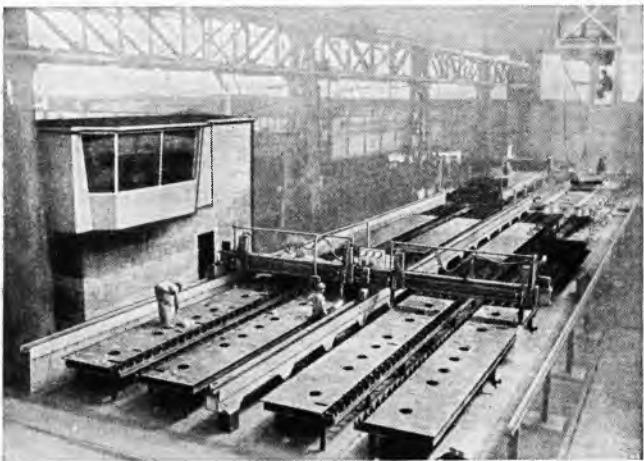
Limovi pravokutnog formata režu se automatskim strojem za rezanje kisikom čiji se žišci postave na odgovarajuće odstojanje i brzina pomaka žižaka se podesi prema debljini lima.

Uredaj za pravocrtno obrezivanje rubova (sl. 18) sastoji se od tračnica, mosta i nosača žižaka, a može istodobno obrezivati dva ruba lima. Svaki nosač žižaka nosi tri žiška, što omogućava rezanje ruba u bilo kojoj kombinaciji potrebnoj za električko zavarivanje. Taj se uređaj upotrebljava i za rezanje većeg broja dugih plosnih traka iz jednog lima ili iz paketa s više limova. Pomicanje suporta s nosačima žižaka je automatizirano.

Uredaji s jednim ili više žižaka čije se kretanje upravlja prema šablonama mogu rezati različite obrise. Mali kotačić, vođen mehanički ili magnetski, obilazi rub šablone, a žišci uređaja slijede tačno put kotačića (sl. 19). Potpunu automatizaciju rezanja bilo kakvih pravilnih i nepravilnih obrisa na ravnim limovima omogućuju uređaji upravljeni fotočelijom koja slijedi crtež na foto-negativu ili na specijalnom nacrtu (sl. 20 i 21), ili uređajem upravlja izbušena ili magnetska vrpca prema numeričkim podatcima koji daju koordinate linija (obrisa) rezanja. Na ovaj način



Sl. 19. Uredaj s tri žiška za rezanje kisikom prema šabloni



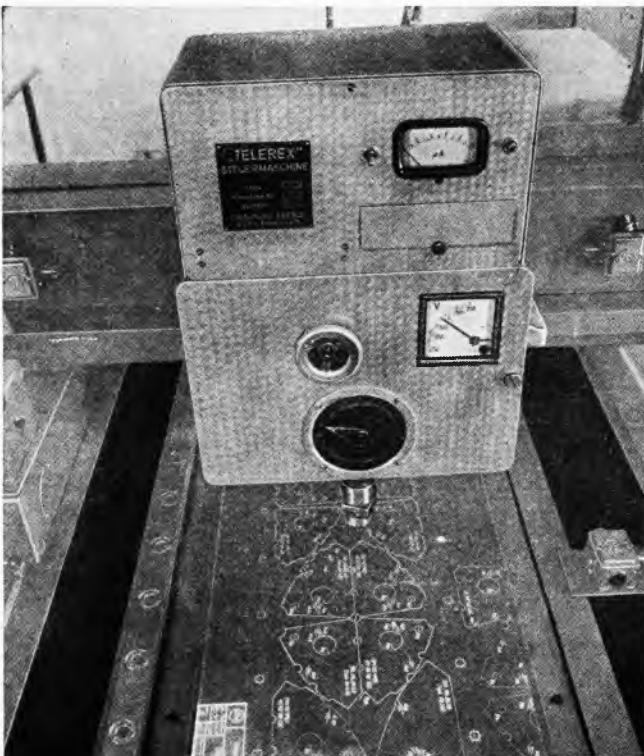
Sl. 20. Uredaj za automatsko rezanje

mogu se bez označivanja obraditi svi limovi paralelnog srednjaka, ali i priličan broj ostalih limova koji se mogu razviti. Danas se u brodogradnji sve više upotrebljavaju takvi potpuno automatizirani uredaji za rezanje.

Odsijecanje je dorada i prilagodivanje nekog već obrađenog građevnog dijela. Odsijecanjem se odstranjuju izdanci i izbočine nakon montaže građevnog dijela. Za odsijecanje čelika služe ručna i pneumatska dlijeta s oštricom prilagodenom vrsti odsijecanja.

U gradnji drvenih brodova odsijecanje se smatra uobičajenim postupkom oblikovanja građevnih dijelova trupa. Kao alat služe sjekire, teške bradve, tesala i dlijeta za drvo.

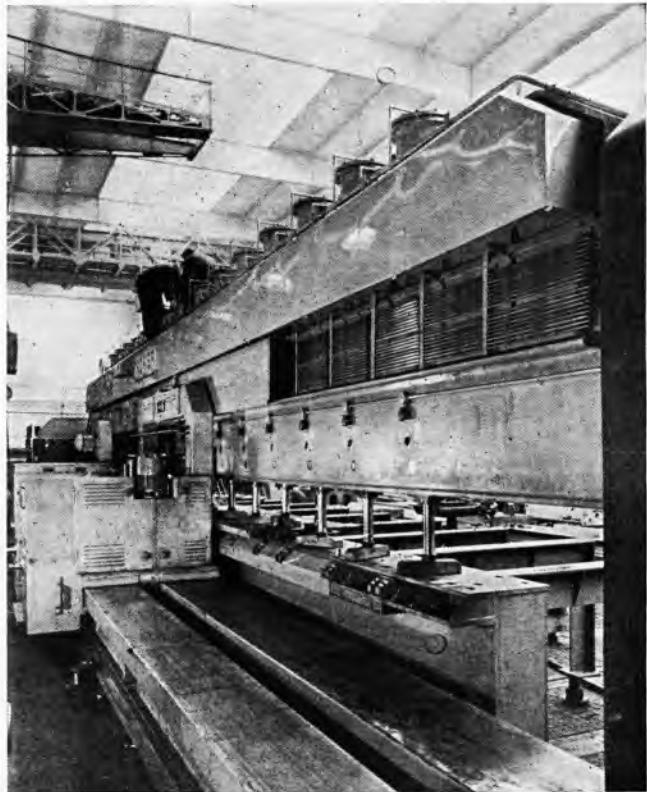
Piljenje primjenjuje se prilično rijetko kao postupak obrade čeličnih dijelova trupa. Za piljenje traka lima, profila i cijevi upotrebljavaju se obično ručne pile za željezo i tračne pile s električkim pogonom. U gradnji drvenih brodova piljenje je jedan od osnovnih postupaka obrade građevnih dijelova broda. Za piljenje drvene građe koja služi za izradu drvenog broda ili drvenih dijelova opreme čeličnog broda (trenica palube, obloga, pregrada, rukohvata itd.) upotrebljavaju se standardne ručne pile, motorne pile i jarmače.



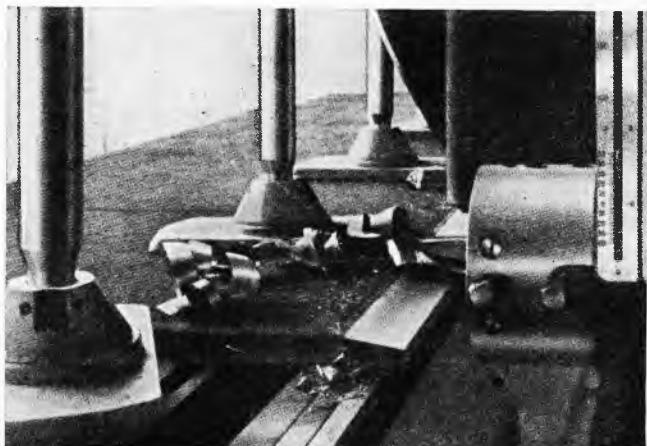
Sl. 21. Fotoćelija za upravljanje uređajem za automatsko rezanje

Za *bljanje* čeličnih građevnih dijelova, uglavnom limova, upotrebljavaju se bljanjalice na kojima se suport s nožem pomiče, a lim je nepomično učvršćen (sl. 22). Strojevi mogu biti podešeni za rezanje i za bljanje, bilo da su suport nosi disk za rezanje i nož za bljanje, pa da se oba postupka obave jednim pomakom suporta, bilo da se na suport pričvrsti poseban držač za nož za bljanje (sl. 23). Za bljanje građevnih dijelova brodova i drvenih dijelova na čeličnim brodovima služe drvodjelske bljane robustnije izvedbe i standardni strojevi za obradu drveta: ravnjače, debljače, blanje i kombinirani strojevi.

Postoje razne vrste ručnih polužnih strojeva i ručnih strojeva s valjcima za pravocrtno *hladno savijanje* i *prirubljivanje* tankih limova, za savijanje tankih cijevi i za manja savijanja lakih



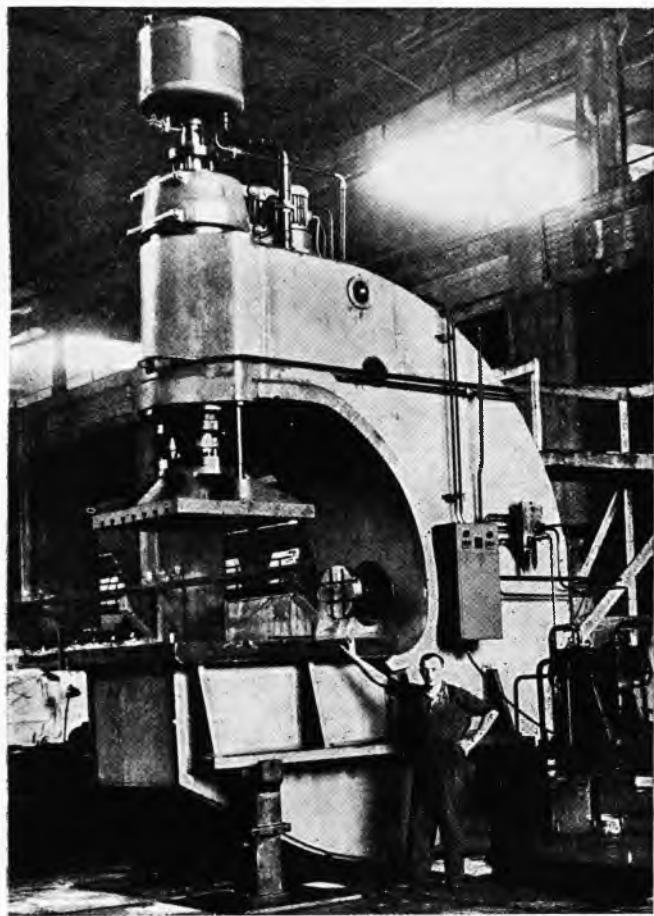
Sl. 22. Blanja za rubove limova



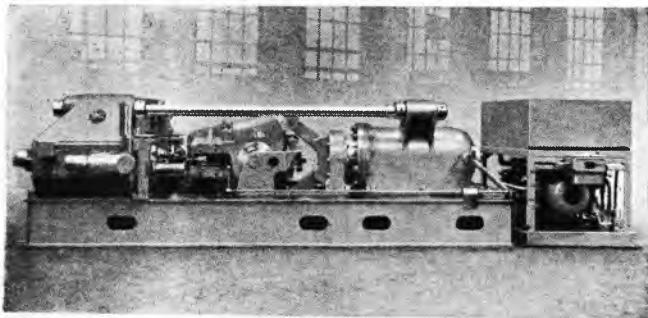
Sl. 23. Koso bljanje ruba lima na kombiniranom stroju za rezanje i bljanje

profila. Deblji limovi i profili se savijaju strojevima s električnim pogonom i hidrauličkim prešama.

Brodograđevni limovi se savijaju na strojevima s valjcima. Na takvim strojevima se mogu i prirubljivati limovi ako se na gornji, vertikalno pomični valjak pričvrsti posebni bridni ume-



Sl. 24. Brodograđevna hidraulička preša 400 MPa



Sl. 25. Hidraulički stroj za savijanje i otvaranje profila

tak. Inače, za prirubljivanje debelih limova najbolje služe teške duge hidrauličke preše. Za savijanje profila upotrebljavaju se isti strojevi kao i za ravnanje profila (v. sl. 9).

U gradnji drvenih brodova na hladno se savijaju manje završeni gradevni dijelovi trupa, npr. pojedine platnice oplate, i to tako da se stegačima priviju uz brodsku konstrukciju i zatim učvrste.

Gradevni dijelovi drvenih brodova koje treba jako savinuti prethodno se zagrijavaju parom u čeličnim cilindrima. Prije ugradnje ti se dijelovi priviju stegačima isto kao pri savijanju na hladno. Dijelovi čamaca i svi tanji gradevni dijelovi kuhaju se u dugim koritima u vodi. Deblje drvene platnice se savijaju jednostavnim postupkom tako da se direktno griju iznad vatre, a dio izložen vatri stalno prska vodom.

Formiranje na hladno, tj. jako i nepravilno savijanje na hladno, redovito se obavlja na prešama. U prešu se postavi kalup odgovarajućeg oblika pa se pritiskom formira lim. Formiranje se rijetko može postići odjednom, već je obično potrebno postepeno pomicati lim pa i mijenjati kalupe. Za formiranje se upotrebljavaju brodograđevne hidrauličke preše »G« (sl. 24) sa dubokim

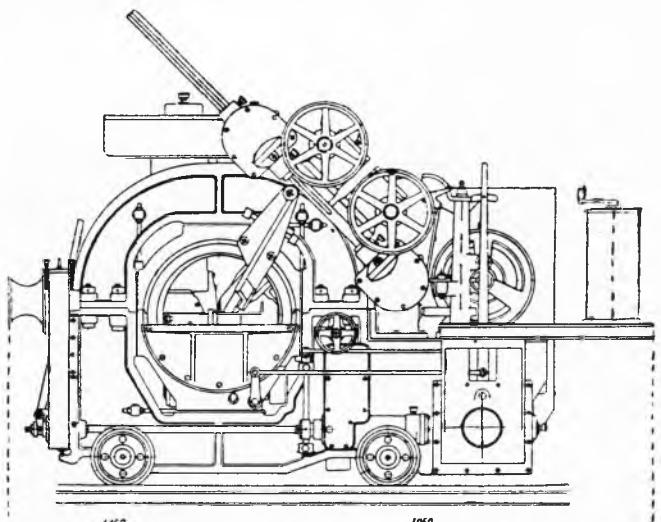
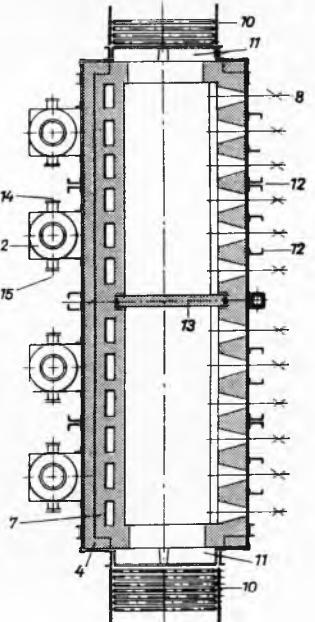
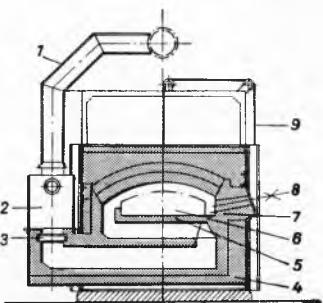
Sl. 26. Peć za zagrijavanje profila.
1 odvod plinova, 2 zagrijac zraka,
3 zasun, 4 zide, 5 platforma peći,
6 prostor za zagrijavanje, 7 šamnotna
obloga, 8 gorionik, 9 protuteg
zasuna, 10 dovod s valjcima, 11 vrata,
12 čelični kostur, 13 zasun za odva-
janje, 14 iz ventilatora, 15 u gorionik

zivjem i mehaničke ekscentarske preše. Za formiranje rebara služi hidraulički stroj koji i savija i otvara profil (sl. 25).

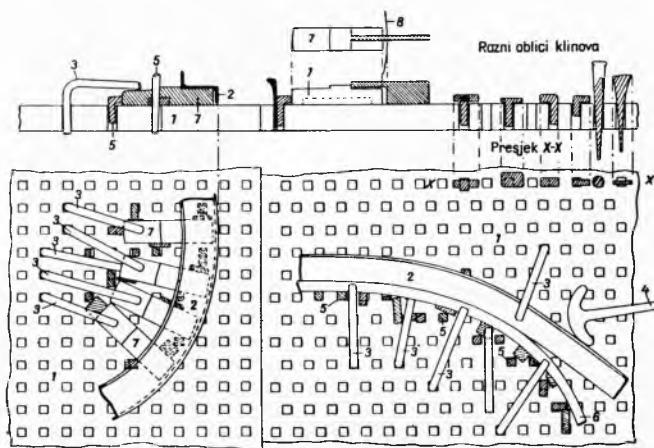
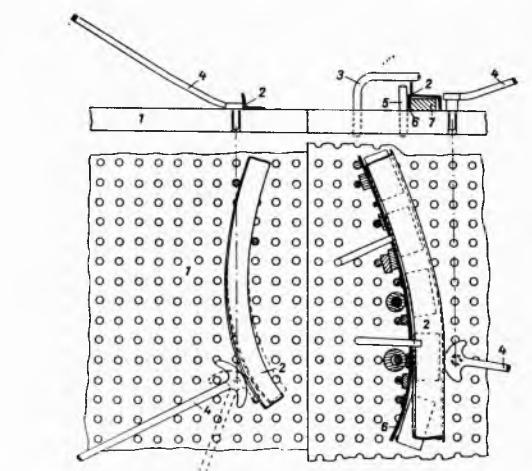
Formiranje na toplo dolazi u obzir za jako i nepravilno završljene profile i limove. Ovim postupkom se većinom formiraju profili, jer u brodskoj konstrukciji postoji velik broj jako savinutih profila (npr. poprečna rebara pramca i krme broda). Formiranje limova na toplo dolazi rjeđe. Ranije su se limovi zagrijavali u posebnim velikim pećima i zatim formirali na pripremljenim kalupima, a danas — ako se već mora neki lim formirati na toplo — on se zagrijava velikim acetilenским plamenicima samo lokalno na onim mjestima koja treba formirati.

Profili poprečnih rebara završavaju se do srednjeg usijanja u posebnim pećima loženim ugljenom, ložnim uljem ili plinom (sl. 26). Odmah po izlasku iz peći, dok je profil još usijan, posebni stroj, *otvaračica* (sl. 27) »otvorit će profil, tj. po lesi potreban priklon između kraka i hrpta profila. Usijani profil se dalje formira (savija) na masivnim izbušenim platformama od ljevenog željeza (sl. 28). U rupe platforme umetaju se i pričvršćuju držaci za držanje i fiksiranje šabline oko koje se savija usijani profil. Držaci drže i onaj dio profila koji je već savijen. Usijani profili savijaju se uz šabline pomoću hidrauličkih i pneumatskih prenosnih pritisikača koji se posebnim izdankom odupiru o rupe u platformi. Za kontrolu i određivanje tačnog kuta priklona hrpta profila služi *priklonjak* (vidi sl. 4). Priklon hrpta može se podešiti pomoću ručnih alata (sl. 29).

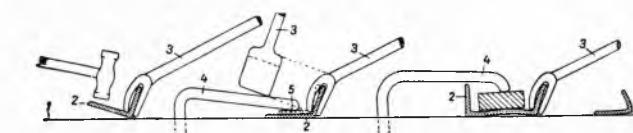
Privijanje (doglovanje) obavlja se na stroju s posebno oblikovanim valjcima ili na hidrauličkim prešama »G« s alatom po-



Sl. 27. Otvaračica profila



Sl. 28. Platforma za formiranje profila na toplo. 1 platforma, 2 uglovnica rebara, 3 stegač, 4 savijalo, 5 umeci (klinovi), 6 šablona od željeza (skrojka), 7 pod metak od ljevenog željeza, 8 linija rebara



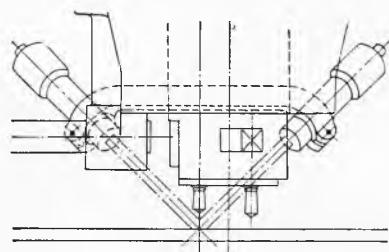
Sl. 29. Alati za podešavanje priklona krakova profila. 1 platforma, 2 profil, 3 poluga za otvaranje profila, 4 stegač, 5 željezni umetak, 6 klin

dešenim za taj postupak. Na zavarenim konstrukcijama privijeni limovi dolaze sve rjeđe.

Moderno brodovi imaju sve manje kovanih građevnih dijelova trupa, pa *kovanje* pretežnim dijelom služi za izradu dijelova opreme broda. Sitniji komadi kuju se ručno običnim kovačkim alatima. Za kovanje većih i robustnijih građevnih dijelova, kao i za kovanje većeg broja manjih dijelova u kalupu, upotrebljavaju se strojni čekići, i to elektropneumatski i na pero.

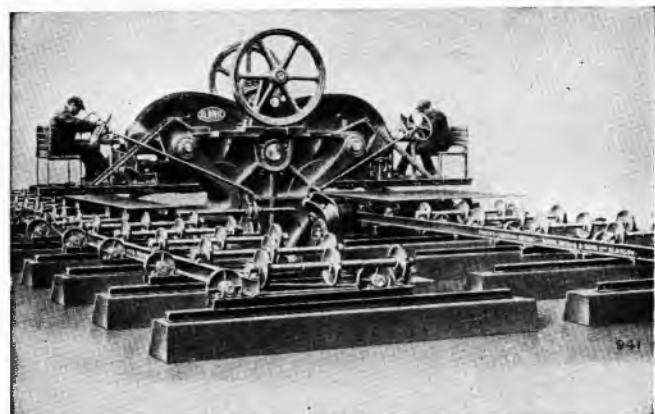
Ako je brodska konstrukcija zakivana, *probijanje rupa za zakovice* je jedan od najvažnijih postupaka obrade limova i profila. Za zavarenu konstrukciju probijanje dolazi u obzir u izradi manjih otvora, provlaka i rupa za olakšanje u limovima. Probijanje

rupa za zakovice se redovno obavlja na posebnim strojevima, a samo izuzetno ručnim napravama. Postoji nekoliko izvedbi strojeva za probijanje limova. Jednostavni jednostruki stroj za probijanje limova probije po jednu rupu, a lim pridržava konzolna

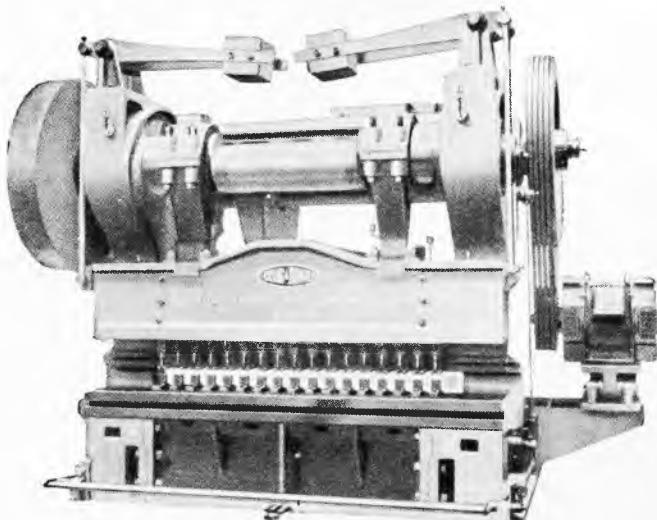


Sl. 30. Optička naprava po Linsholmu za centriranje probijača

dizalica ili je lim postavljen na stupove koji imaju na vrhu kočačice. Da se smanji vrijeme potrebno za centriranje i namještanje lima prilikom probijanja svake nove rupe, upotrebljava se uređaj Linsholm koji pomiče i namješta lim u pravilan položaj centrirajući probijač i oznaku rupe pomoću svjetlosne zrake (sl. 30). Ovaj uređaj se obično upotrebljava na dvostrukim strojevima, tj. strojevima koji istovremeno probijaju rupe na obje strane lima (sl. 31). Za probijanje limova paralelnog srednjaka broda, gdje su dimenzije limova jednake a broj i raspored rupa za zakovice se opetuje, služi stroj sa više probijača (sl. 32). Provlake i rupe za olakšanje na limovima probijaju se na velikim štancama. Strojevi za probijanje profila mogu imati vertikalne ili horizontalne probijače. Na stroju sa horizontalnim probijačem lakše se pomiče i namješta zakrivljeni profil.



Sl. 31. Dvostruki stroj za probijanje s dvije naprave po Lisholmu za koordinatno pomicanje lima



Sl. 32. Stroj sa više probijača

Probijanjem se materijal oko rupe deformira i promijeni mu se struktura, a i sama rupa nije sasvim pravilna. Ti se nedostaci izbjegavaju *bušenjem* rupa svrdlima. Bušenje je skuplje od probijanja, pa se primjenjuje samo za izradu pojedinačnih rupa ili ako se zahtjeva vrlo precizna izvedba. Bušenje ima prednost pred probijanjem ako se odjednom može bušiti više limova složenih u paket (npr. limovi paralelnog srednjaka, pregrada i sl.). Za bušenje služe ručna spiralna svrdla, ručne pneumatske turbin-ske bušilice, ručne jednofazne, trofazne i visokofrekventne električne bušilice i stupne bušilice s velikim korakom. Razlika između alata i strojeva za bušenje metalja i alata i strojeva za bušenje drva samo je u obliku i broju okretaja svrdla. Pomoću istih alata i strojeva se i *upuštaju* rupe, i to spiralnim svrdlima čiji je vrh zaošten prema propisanom kutu upuštanja rupe. Postoje i svrdla koja odjednom i buše i upuštaju rupu.

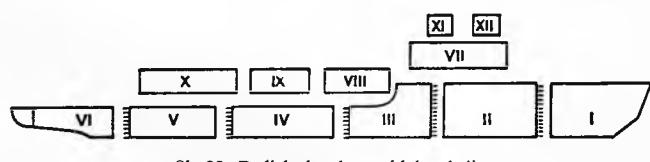
Razvrtavanje je postupak kojim se rupe u limovima i profilima proširuju na tačan promjer. Rupe se obično probiju ili izbušu s promjerom manjim od potrebnog pa se tek prilikom montaže građevnih dijelova prošire na pravilni promjer. Na taj se način isprave eventualne manje greške ako se središta rupa nisu nalazila tačno na određenom mjestu. Razvrtavanje se obavlja pomoću zračnih bušilica s razvrtalima (v. *Alati*, TE 1, str. 87).

Predfabriciranje sklopova (sekcija). Gradnja broda kraće traje i ekonomičnija je ako se što više radova obavi u radionicama, a što manje na diljevima i na opremnoj obali. To znači da u radionicama treba osnovne građevne dijelove trupa ne samo proizvoditi nego i spajati u manje ili veće sklopove (prema specifičnosti samog sklopa i prema mogućnosti transporta gotovih sklopova), pa u takve sekcije trupa ugraditi što više opreme. Uz takav proizvodni proces, na diljevima se samo spajaju velike sekcije brodskog trupa koje su već djelomično opremljene, pa montaža na dilju i oprema gotovog brodskog trupa (tj. svi radovi na otvorenom prostoru) traju znatno kraće.

U radionicama se predfabriciraju dijelovi dvodna, pregrade s ukrepama, bočna oplata s horizontalnim i vertikalnim ukrepama, grotla, dijelovi nadgrađa, kompletne kolizijske prostore itd. Broj sekcija na koji se brod prema planu unaprijed podijeli ovisi u prvom redu o kapacitetima dizalica i transportnih uredaja za prijenos gotovih sekcija iz radionice do diljeva.

Premda težini i obimu dijele se sklopovi na površinske sekcije (npr. sklop vanjske oplate s ukrućenjima), manje prostorne sekcije (npr. dio dvodna), veće prostorne sekcije (npr. krmni pik s krmenom cijevi) i blok-sekcije (kad je čitav brod podijeljen na svega 5 do 12 velikih sekcija u koje je već dobrim dijelom ugrađena i oprema).

Način podjele u sekcije ovisi i o postupku kojim će se sekcije biti montirane. Izgradnja broda montiranjem i spajanjem sekcija na dilju razvila se u dva smjera: konvencionalno montiranje sekcija



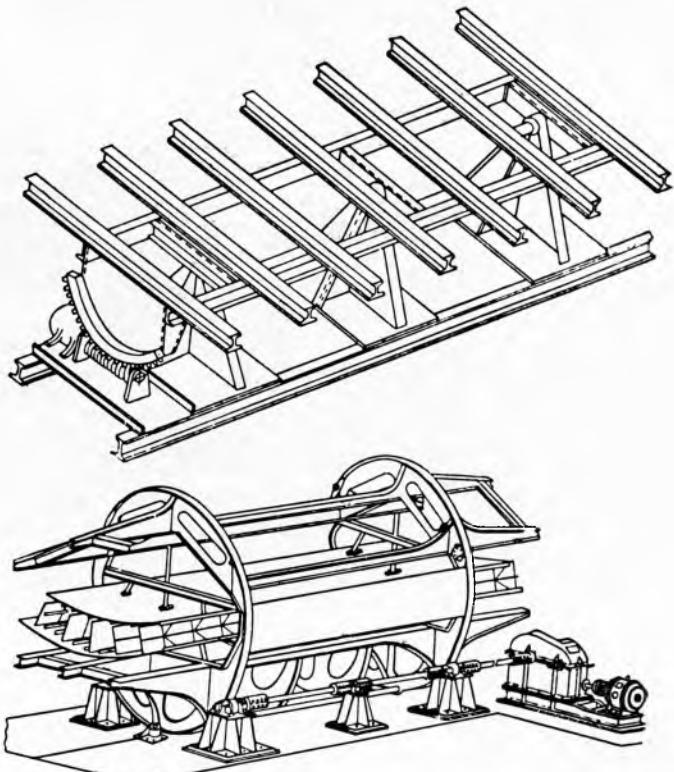
Sl. 33. Podjela broda na blok-sekcije

i spajanje velikih blok-sekcija u suhim dokovima. Za konvencionalno montiranje sekcija, koje se danas primjenjuje u velikoj većini brodogradilišta, brod se podijeli u odgovarajući broj površinskih i volumenskih sekcija. Za spajanje velikih blok-sekcija, koje se počelo primjenjivati u najmodernijim novoizgrađenim brodogradilištima, potrebne su dizalice velikog kapaciteta i specijalni suhi dokovi (sl. 33).

Predfabriciranje sekcija je brže i lakše ako se zavaruje automatima, ali automati za zavarivanje mogu da prave samo ravne ili gotovo ravne horizontalne varove. No bez obzira na to da li će se spojevi zavarivati automatima ili ručno, poželjno je da se što više spojeva zavaruje horizontalno. Zato se pri predfabriciranju dijelovi sekcije namještaju tako da se što više zavaruje horizontalno, pa se prostorne sekcije pričvrste ili umetnu u pozicionere pomoću kojih se mogu postaviti u bilo koji položaj (sl. 34).

Veći se dio sekcija predfabricira na fiksnim platformama, ali i dijelovi sekcije koja će se zavarivati na pozicionerima pret-hodno se provizorno učvršćuju na fiksnoj platformi. Fiksna platforma je zapravo veliki roštilj, pričvršćen ili ubetoniran u pod radionice. Dijelovi sekcije se najprije slože i provizorno privare za platformu ili jedan za drugi, pritisnu se teškim utezima ili stegnu stegačima, pa se zatim zavaruju.

Površinske sekcije se predfabriciraju ovim redoslijedom: limovi se pričvrste na platformu, pomoću automata limovi se zavare u velike plohe, na plohe se provizorno učvrste ukrepe i zatim ručno ili automatima definitivno zavare, i konačno se kontroliraju dimenzije dovršene sekcije.



Sl. 34. Pozicioneri za nakretanje sekcije pri zavarivanju

Za zavarivanje automatima važno je da sljubnice limova budu dobro obradene i da razmak među limovima bude što manji. Ukrepe se počinju zavarivati od sredine plohe, pa se jednakomjerno prelazi prema krajevima.

Manje prostorne sekcije, kao npr. sekcija dvodna, temelji glavnih strojeva, krmna statva sa statvenom cijevi, struktturni tankovi, grotla, dijelovi nadgrađa itd., predfabriciraju se u radionicama. Veće prostorne sekcije zahtijevaju visoke radionice opremljene jakim dizalicama. Često takve radionice imaju pomičan krov, pa vanjske jakе dizalice preuzimaju gotovu sekciju kroz otvor krova. Vrlo se često prostorne sekcije predfabriciraju na otvorenom, a sama sekcija se za vrijeme predfabriciranja zaštići improviziranim nadstrešnicama. Blok-sekcije, tj. sekcije većih dimenzija, obično se grade pod pomičnim nadstrešnicama.

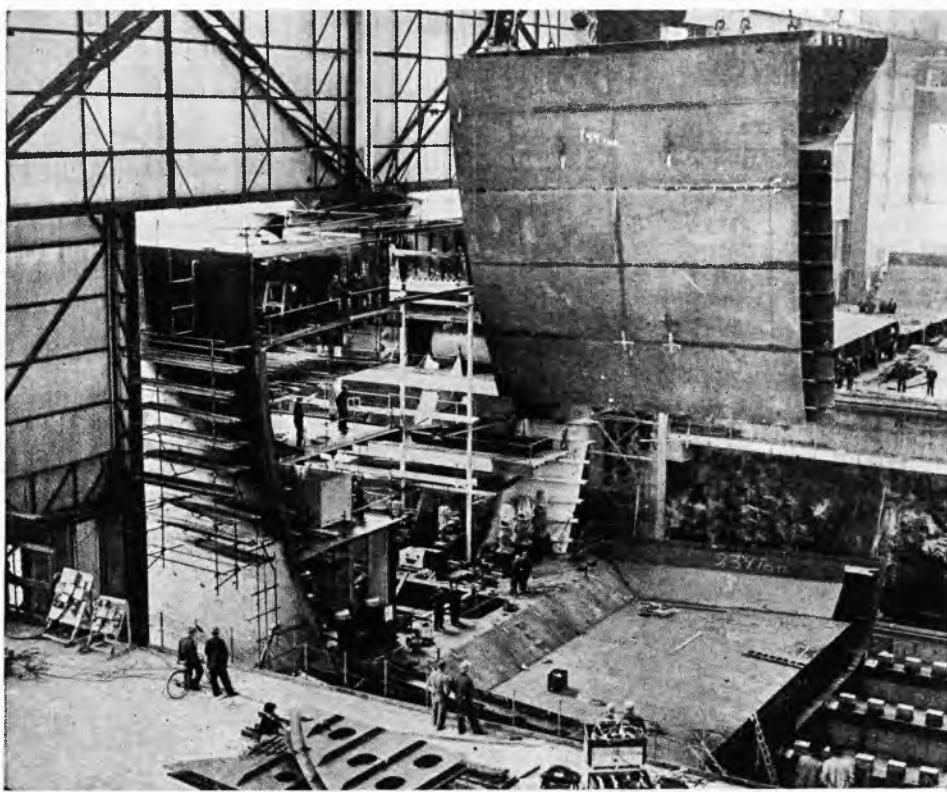
I pri konvencionalnom montiranju sekcija izraduju se pojedini sklopovi kao velike blok-sekcije, npr. pramčani pik, gornji dio pramca, gornji dio krme, kompletno nadgrade, itd. Dovršena blok-sekcija po pravilu sadržava i opremu (sl. 35).

Izgradnja (montaža) trupa

Izgradnja broda na dilju obuhvaća: pripremu dilja, spajanje sekcija, ispitivanje tankova i opremanje broda na dilju.

Priprema dilja. Podloga kosog uzdužnog navoza mora biti dovoljno čvrsta da bez ikakvih deformacija preuzme sva opterećenja koja nastaju prilikom postepenog montiranja broda.

Ispod središnjice broda postavljaju se potklade koje mogu biti od drva, armiranog betona ili čeličnih limova i profila (sl. 36).



Sl. 35. Blok-sekcija tankera s ugradenom opremom (brodogradilište Arendal, Švedska)

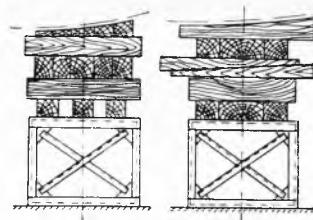
Betonske i čelične potklade imaju na vrhu drveni pokrov. Između brodskog trupa i potklada umetnuta su dva drvena klini malog nagiba. Kad je brod dovršen pa njegovu težinu treba prenijeti na saonice, klinovi se izvuku ili izbiju. Izbijanje klinova je prilično naporan posao koji zahtijeva mnogo radnika jer se obavlja pomoću dugih i teških čeličnih greda a za svaku gredu treba 6...10 radnika. Zato se često umjesto klinova postavljaju drvene ili čelične sprave sa 2 ili 4 klini većeg nagiba koje drži vijak; kad se vijak otpusti, klinovi se razlabave i mogu se izvući.

Potklade se po pravilu postavljaju ispod svakog drugog rebara. Najmanja im je visina 1,20 m, a za veće brodove 1,5...2,0 m, tako da se ispod broda može raditi stojeći.

Osim centralnih potklada, ispod broda se postavljaju bočna sjedala (sl. 37), također sa dva klini ili sa spomenutom spravom za izvlačenje klinova. Bočna sjedala ne postavljaju se gusto kao potklade, nego po pravilu samo ispod pregrada i okvirnih rebara. Osim potkladama i sjedalima brod se podupire još bočnim potpornim gredama od drva.

Ploha navoza je po dužini ili ravna ili zakriviljena po kružnom luku. Osnovna linija kobilice nije uvek postavljena paralelno

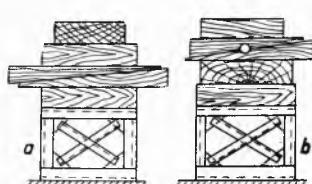
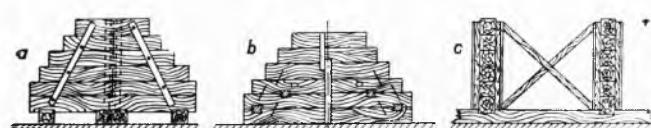
s nagibom navoza. Zbog posebnih uvjeta porinuća krma može biti uzdignuta a pramac spušten (kad je dubina vode za otplov broda malena) ili obratno (da bi se smanjila sila reakcije na čelu saonica pri okretanju broda).



Sl. 37. Bočna sjedala

Montaža broda na dilju. Nakon što je dilj pripremljen i potklade su pomoću viziranja pravilno postavljene, počinje montaža broda. Ranije, kad se konstrukcija samo zakivala, donosili su se na dilj pojedini građevni dijelovi i prema odgovarajućim rupama za zakovice oni su se montirali. Gradnja broda je počinjala od kobilice. I za zakivanu konstrukciju počele su se prefabricirati rebrenice, okvirna rebara, dijelovi pregrada, nadgrada itd., ali je prijelaz na zavarene konstrukcije prekinuo razvoj prefabriciranja zakovane konstrukcije.

Konvencionalni redoslijed izgradnje broda zavarene konstrukcije je ovaj: Prvo se postave sekcije dvodna glavnog rebara, pa se na njih spoje ostale sekcije dvodna prema pramacu i prema krmi. Ako se ne montiraju kompletne sekcije dvodna nego se najprije zavaruju limovi dna a onda postavlja sače dvodna s pokrovom, najprije se zavari dobar dio oplate dna, pa se zatim počinje (opet od glavnog rebra) montirati sače dvodna s već zavarenim pokrovom dvodna. Na dvodno se montiraju nepropusne pregrade tako da se donji lim pregrada zavari na pokrov dvodna. Istodobno s montažom pregrada ugrađuju se temelji glavnih i pomoćnih strojeva, platforme, recesi i tuneli koji stoje na pokrovu dvodna. Nakon toga prelazi se na ugradivanje okvirnih rebara, uzdužnih pregrada, dijelova bočnih tankova i ostalih strukturnih tankova, a zatim na ugradivanje površinskih sekcija bočne oplate s pri-

Potklade s metalnim donjim dijelom.
a obična potklada, b s vijkom za osiguranje

Drvene potklade. a potklade vezane medusobno profilom i vijcima, b potklade vezane drvenim perima lastinog repa, c kose potpore sprečavaju uzdužno pomicanje potklade kobilice

Sl. 36. Potklade

varenim rebrima, provezama i eventualno dijelovima okvirnih rebara. Slijede ove faze montaže broda na navozu: ugradivanje sekcija donjih paluba i pramčanog i krmenog pika, a zatim ugradivanje ostalih paluba, i to najprije glavne palube i medupalubnih pregrada i stijena, a zatim gornje palube i gornjih sekcija krme i pramca. Montaža trupa završava se ugradnjom nadgrađa i palubnih kućica.

Sekcije trupa moraju prije spajanja biti pravilno postavljene i fiksirane. Za namještanje i centriranje sekcija upotrebljavaju se pomoćna sredstva kao što su libele, stezalice, pritezni vijci itd. (sl. 38 i 39). Ponekad su blok-sekcije manjih, pa i srednje velikih ratnih brodova, a naročito brodova unutrašnje plovidbe, postavljene na specijalne platforme i pomoću tih platforma se približe jedna drugo da bi se spojile (sl. 40). Prilikom spajanja blok-sekcija treba naročito paziti na redoslijed zavarivanja, da ne bi nastale deformacije ili nedozvoljeno veliki naponi u konstrukciji.

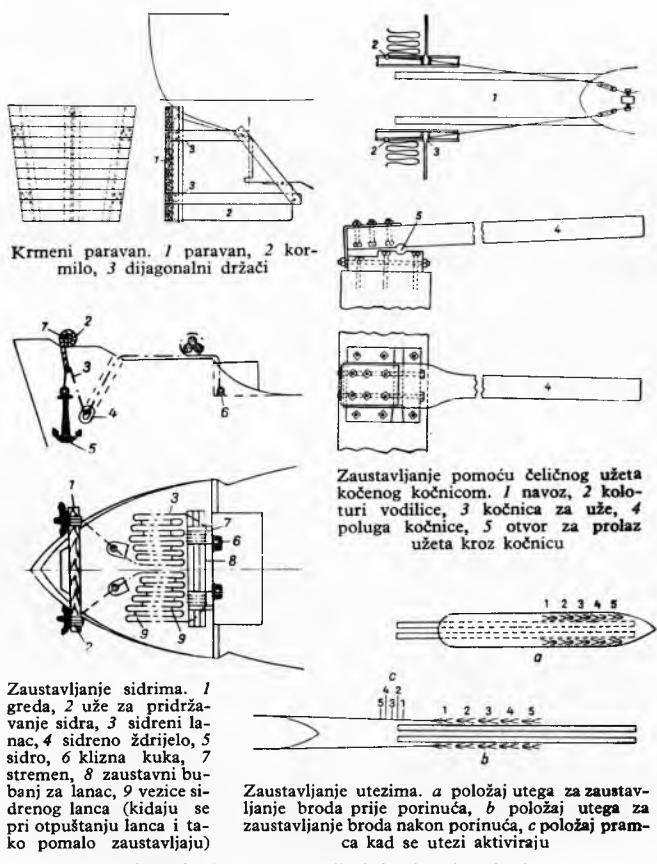
Izgradnja velikih brodova za rasuti teret i tankera preko 50 000 t DW konvencionalnim načinom montiranja sekcija nije efikasna. Da bi se ti brodovi mogli potpuno izgraditi u roku od 5–6 mjeseci, velika suvremena brodogradilišta izgradjuju velike blok-sekcije, što kompletnije dovršene i opremljene, težine 600 pa i više tona. Brod je podijeljen na deset do dvadeset blok-sekcija koje se spajaju u suhom doku. Teške blok-sekcije se primiču jedna drugoj na specijalnim valjanim stazama ili pomoću jakih dizalica.

Predaja broda vodi

Brod se može predati vodi na različne načine: polaganjem u vodu pomoću dizalice, spuštanjem u vodu na platformi, zaplutanjem u suhom doku ili jami i uzdužnim ili bočnim porinućem s kosog navoza. Prije predaje broda vodi treba izvršiti niz priprema i predrađnji i na brodu i na dilju na kojem je brod izgrađen.

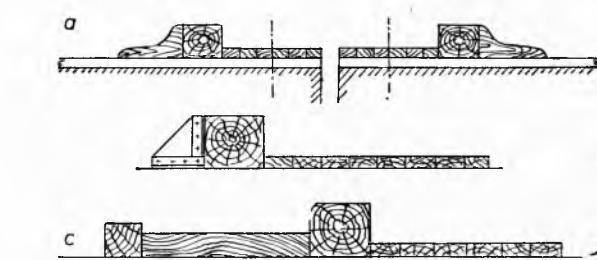
Manji brodovi, koji se dizalicom polažu u vodu, po pravilu su potpuno dovršeni na dilju, pa ih za polaganje u vodu ne treba specijalno pripremati. Isto vrijedi i za brodove srednje veličine koji se na specijalnim platformama dovlače na obalu i zajedno s platformom spuštaju u vodu.

Brodovi građeni u horizontalnom položaju u jami ili u suhom doku moraju biti toliko dogotovljeni da sigurno zaplutaju, ali



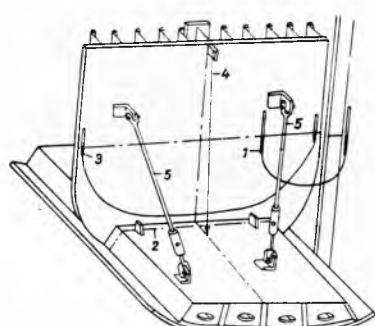
Sl. 41. Sredstva za zaustavljanje broda pri porinuću

treba završiti i sve one radove koji zahtijevaju posebno dokovanje (npr. radove na otvorima i privjescima podvodne oplate trupa, ugradnju i reguliranje osovinskog voda s propelerom itd.). Zapravo, gradnja u jami ili u suhom doku i ima tu prednost da se osovinski vod može ugraditi i centrirati bez poteškoća, što nije slučaj ako se brod gradi na kosom navozu. Brod koji će se porinuti s uzdužnog kosog navoza mora biti toliko dovršen da se konstrukcija trupa može oduprijeti velikim promjenljivim momentima savijanja prije, za vrijeme i poslije početka okretanja broda oko kraja navoza. Kormilo broda za vrijeme porinuća mora biti dobro učvršćeno. Ako je zbog konfiguracije terena dužina slobodnog otplova ograničena, otplov broda nakon porinuća skraćuje se time što se brod zaustavlja različitim sredstvima: na krmi broda mogu se ugraditi drveni paravani koji znatno povećavaju otpor broda, brod može povlačiti sa sobom lance ili čelična užeta koja su na različne načine opterećena i, konačno, brod može bacati sidra (sl. 41).

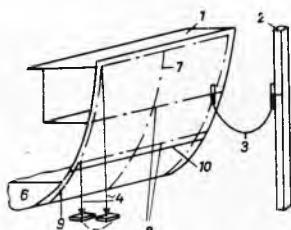


Sl. 42. Saonik. a presjek klizne staze, b podupiranje drvenih vodilica čeličnim koljenima, c podupiranje drvenih vodilica pomoću drvenih rubnjaka

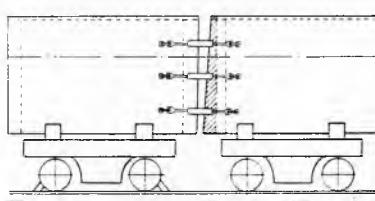
Porinuće broda. Ako se brod polaže u vodu dizalicom, srušta na platformi u vodu ili zapluta u suhom doku, nisu potrebne nikakve naročite pripreme dilja; jedino porinuće broda s kosog navoza zahtijeva brojne predrađnje i pripreme. Treba pripremiti saonik i saonice, težinu broda prenijeti sa centralnih potklada i bočnih sjedala na saonice, podmazati klizne površine saonika i



Sl. 38. Montaža poprečne pregrade. 1 kontrola postavljanja po visini, 2 teorijski presjek okomit na uzdužnicu, 3 kontrola horizontalne osi, 4 visak za kontrolu nagiba (vertikalnosti), 5 pritezač



Sl. 39. Montaža sekcije. 1 sekcija boka, 2 mjeri stup, 3 kontrola po visini, 4 visak i 5 pločica za kontrolu nagiba, 6 sekcija dna, 7 kontrolna linija srednjeg rebra sekcije, 8 oznake vodnih linija, 9 kontrolna linija krajnjeg rebra, 10 montažni utor



Sl. 40. Blok-sekcije na pomicnim platformama

saonica, postaviti zaporne naprave koje sprečavaju da brod prije vremena sklizne niz navoz, itd.

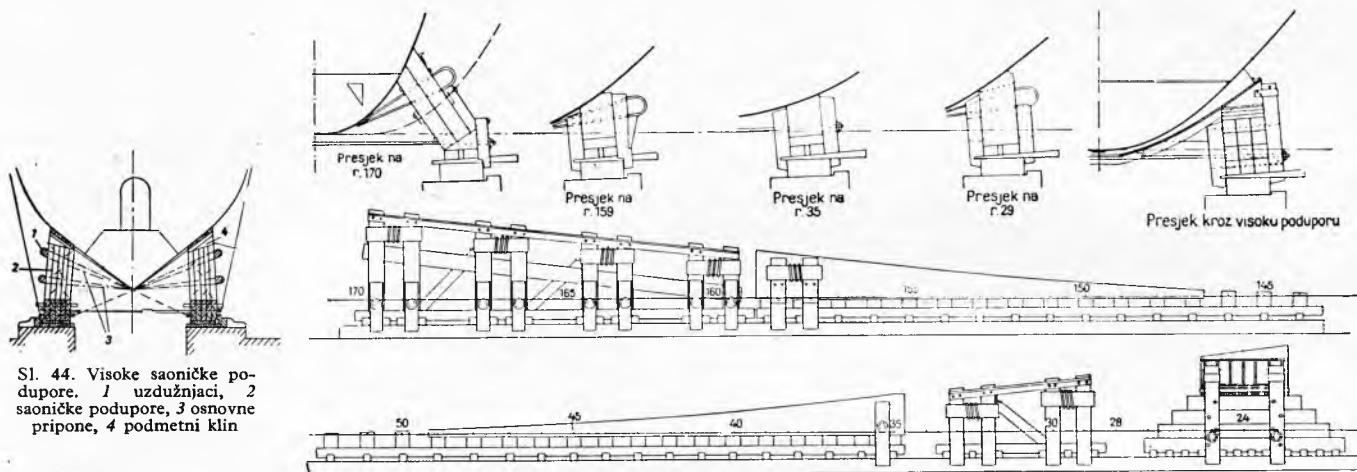
Saonik se sastoji od dvije drvene klizne staze učvršćene na poprečne drvene pragove koji su upušteni u betonsku ploču navoza. Klizne staze su obično od debelih hrastovih dasaka. Uzduž vanjskog ruba svake staze učvršćena je uzdužna drvena greda kao vodilica za saonice s brodom (sl. 42). Razmak između kliznih staza iznosi oko 1/3 širine broda. Saonice na kojima leži brod imaju dva uzdužna nosača od debelih drvenih greda s kliznom podlogom od hrastovih dasaka



Sl. 43. Presjek saoničkog nosača

Na pramčanom i krmenom dijelu broda, gdje se oblik trupa naglo mijenja, konstrukcija je složenija i sastoji se od visokih podupora, koje su donjem krajem uglavljeni u dasku blazinice, a gornjem krajem podupiru trup broda (sl. 44). Pojedine grupe visokih podupora su međusobno povezane gredama, čeličnim profilima i čeličnim užetima. Saonice velikih brodova su redovito izrađene u nekoliko sekacija koje su povezane čeličnim spojnicama (sl. 45) ili savitljivim konopima.

Gotovo svi uzdužni kosi navozi imaju saonik sa dvije klizne staze, ali postoje i saonici s jednom stazom i sa tri, pa i četiri staze. Saonik s jednom stazom, postavljenom ispod kobilice broda, mora biti širok najmanje 600 mm, a da se brod pri porinuću ipak ne

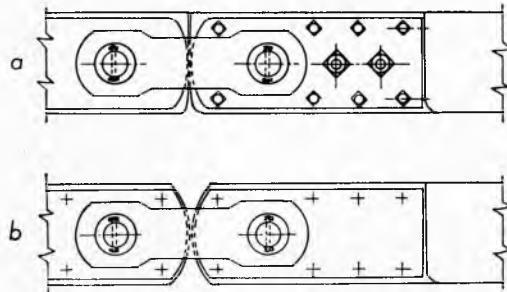


Sl. 44. Visoke saoničke podupore. 1 uzdužnaci, 2 saoničke podupore, 3 osnovne pripone, 4 podmetni klin

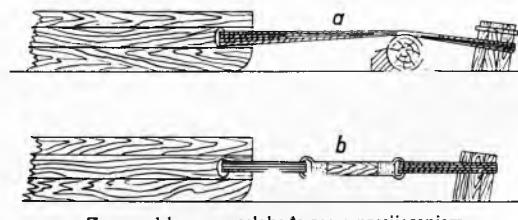
(sl. 43). Razmak između saoničkih nosača fiksiran je pomoću poprečnih podupirača i steznih kotvi postavljenih na svakih 3...5 m dužine saonica. Na saoničke nosače fiksirana je konstrukcija u kojoj leži brod. U području paralelnog srednjaka ta se konstrukcija sastoji samo od dvije drvene blazinice koje se pomoću umetnutih klinova mogu prilagoditi obliku brodskog trupa.

Prevrne, postoje na svakom boku broda lagane pomoćne saonice koje kližu po pomoćnim stazama postavljenim paralelno sa kliznom stazom saonika. Za porinuće vrlo teških ratnih brodova i plovnih dokova ponekad se upotrebljavaju saonici sa tri i sa četiri staze jer je tako u momentu okretanja broda pritisak na čelu saonica raspodijeljen na veću površinu.

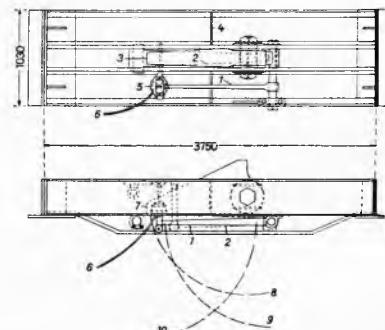
Posebni *zaporni uredaji* sprečavaju saonice da prije vremena krenu niz saonik. Najjednostavniji je zapor od konopa (sl. 46 a): čelo saonica je konopom vezano za stupove na čelu navoza: sao-



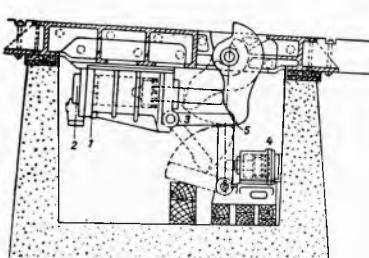
Sl. 45. Veza između sekacija saonica. a čvrst spoj, b gibljiv spoj



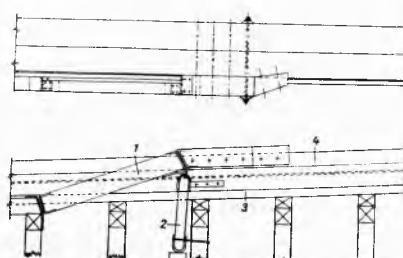
Zapor od konopa, oslojava se: a presijecanjem konopa, b piljenjem



Mehanički zapor. 1 prva poluga, 2 druga poluga, 3 treća poluga, 4 pojačanje, 5 tlačna kutija, 6 spoj s manometrom, 7 kljun zadora, 8 putanja kljuna zadora, 9 putanja prve poluge, 10 putanja druge poluge



Hidraulički zapor. 1 ispust tekućine, 2 spoj pumpe s hidrauličkim cilindrom kljuna zadora, 3 podupirač kljuna, 4 spoj pumpe s hidrauličkim cilindrom otpona, 5 metalni umetak



Gredni zapor. 1 okovana greda, 2 poduporni stupić, 3 saonik, 4 saonice

Sl. 46. Zaporni uredaji

nice se oslobođe kad se konop presiječe. Ovakav zapor dolazi u obzir samo pri porinuću malih brodova. Gredni zapor (sl. 46 b) sastoji se od okovane drvene greda koja je uklještena između utora u saoniku i okova na saoničkom nosaču. Zapornu gredu sa donje strane podupire drveni stupić; kad se on izbjije, može se izbiti i greda pa tako oslobođuti saonice. Mehanički zapor (sl. 46 c) učvršćen je na saoniku; kad treba oslobođuti saonice, pomoći sistem poluga oslobođi se kljun koji se upire o okov saonice. Sličan je hidraulički zapor, samo što polugu s kljuna pomakne klip hidrauličkog cilindra. Prednost je hidrauličkog zapora da se njime daljinski upravlja s centralnog komandnog mjesta.

Vrlo često nije dovoljno oslobođuti zapor pa da brod sam klizne niz navoz. Zato se na čelo navoza postave hidrauličke preše koje gurnu saonice i tako dadu brodu početnu brzinu.

Za uspješno porinuće je naročito važno pravilno *podmazivanje kliznih površina*. Premaz kliznih površina sastoji se od dva sloja: osnovnog premaza, koji osigurava kompaktnost maziva, i kliznog premaza, koji omogućuje klizanje. Sloj premaza je debeo 8...16 mm; da se prilikom pomicanja i namještanja saonica ne bi oštetio, na klizne staze saonika, u razmacima od ~ 4 m, postave se po-prečni ~ 20 mm debeli i ~ 100 mm široki željezni umeci koji preuzimaju težine saonica. Prije samog porinuća željezni umeci se izvuku pomoći konopa provučenog kroz rupu na kraju umetka.

Podvodni dijelovi klizne staze se izvuku na suho nekoliko dana prije porinuća i osuše, ako je potrebno i zagrijavanjem. Nakon sušenja klizna staza se namaže i pokrije zaštitnim prevlakama koje se pojačaju laganim poprečnim gredama. Prije potapanja kliznih staza na grede se postave utezi. Utezi i zaštitne prevlake se skinu tik pred porinućem. Obično se klizna staza ne vadi za svako porinuće, iako bi to bilo dobro, nego povremeno, nakon izvjesnog broja porinuća. Slobodni dio klizne staze saonika, od kraja saonica do razine vode, namaže se također neposredno pred porinućem. Klizne površine saonica se podmazuju na isti način kao i klizne staze saonika.

Maziva za saonik i saonice mogu biti životinjskog, biljnog ili mineralnog porijekla. Koje će se mazivo upotrijebiti ovisi o specifičnom pritisku saonica na kliznu stazu saonika u stanju mirovanja, o vremenskim prilikama i temperaturi okoline, o duljini puta koji prevaljuje čelo saonica i o specifičnom maksimalnom pritisku na čelo saonica pri okretanju broda. Maziva na bazi životinjskih masti ne mogu podnijeti visoke specifične pritiske. U tom pogledu su bolja maziva na bazi sapuna. Najsigurnija su i sve se više primjenjuju mineralna maziva koja su po pravilu sastavljena od parafina, petroleja i težih mineralnih ulja. Prednost je sapunskih i mineralnih maziva da su otporna i kemijski stabilna, pa se mazivo zaostalo nakon jednog porinuća može ponovo upotrijebiti za slijedeće porinuće. Za sastavljanje maziva postoji vrlo mnogo receptata — skoro svako brodogradilište ima svoj vlastiti.

Porinuće je jedna od najvažnijih i najkritičnijih etapa u toku gradnje broda, jer kad se masa broda počne jednom kretati, nema mogućnosti da se ispravi neka greška učinjena u pripremama za porinuće. Upravo zato se priprema navoza detaljno planira, a za samu operaciju porinuća daju se detaljna uputstva i sastavlja se program. U program porinuća unosi se tačno vrijeme svakog postupka, mjesto rada, broj ljudstva koje će raditi određene poslove i način kontrole da se svi radovi na navozi sinhroniziraju i potpuno izvrše.

Iskustva s neuspjelim porinućima ukazuju na najvažnije momente kojim u pripremama i provođenju porinuća treba posvetiti najveću pažnju.

U prvom redu treba kontrolirati teorijski proračun porinuća (v. str. 183), ustanoviti da li je tačan i da li su prema osnovnim podacima proračuna izrađeni nacrti saonica i pripremljen saonik. Ako je brod težak, treba provjeriti čvrstoću navoza, odnosno solidnost njegove podloge, da se uslijed velike težine navoz ne slegne, što bi imalo za posljedicu bočno rušenje saonika i prevertanje broda.

Kvalitet maziva mora odgovarati onim koeficijentima trenja za stanje mirovanja i za stanje gibanja koji su uzeti u obzir u proračunima. Pritisak na čelo saonica pri okretanju broda mora biti raspoređen na što većoj površini, a saonice dimenzionirane za taj pritisak. Pri podmazivanju kliznih staza treba paziti da

neko strano tijelo (matice, zakovice, svornjaci, ključevi, zemlja, pijesak itd.) ne dode na stazu. Željezni umeci za osiguranje sloja maziva moraju se izvaditi kratko vrijeme pred porinuće.

Za bočno porinuće je naročito važno da se svi zapori oslobođe istodobno, jer se inače saonice mogu zaokrenuti, pa se brod nagne ili čak prevrne.

Ako se brod zaustavi na stazi, pokušava se ponovo pokrenuti ga tako da se udara batovima po čelu saonica, ili se nastoji povući brod vitlima i teglačima prema vodi. Ako svi pokušaji ostanu bez uspjeha, moraju se ponovo postaviti zapori, težinu broda treba ponovo prenijeti na potklade i sjedala, saonice demontirati i ustanoviti uzrok neuspjeha (strano tijelo između kliznih ploha, nedostatak maziva itd.). Porinuće se ponovi tek kad se smetnja otkloni i svi uredaji ponovo pravilno postave. Najneugodnije je ako se brod zaustavi kad je već djelomično zašao u vodu. U tom se slučaju pod krmu postave pontoni ili zračni cilindri i tako poveća uzgon broda i omogući otplov.

Desilo se da je brod krenuo prije vremena jer zaporni uredaji nisu bili dobro postavljeni. Posljedice preuranjenog pokretanja broda vrlo su teške: nastrandaju radnici koji još vrše pripreme na navozu, a ako staze saonika nisu oslobođene od svih zapreka, brod se može prevrnuti.

Opremanje broda

Ranije, kad su brodovi bili zakivane konstrukcije, radovi na navozu su trajali prilično dugo, a brod se je opremao nakon porinuća. Na navozu se ugradivala samo ona oprema koja se nalazi na podvodnom dijelu trupa, npr. ventili na oplatni dna broda (kingston-ventili). Po suvremenom načinu gradnje oprema se dobrim dijelom ugrađuje već u predfabricirane sekcije. Da li će se brod većim dijelom opremiti na dilju ili na opremnoj obali zavisi od kapaciteta diljeva i kapaciteta opremnih obala. Ekonomičnije je opremati brod na dilju, naročito ako je to suhi dok, nego na opremnoj obali, jer se na dilju montaža opreme može bolje organizirati, lakše izvesti i tačnije kontrolirati.

Da bi opremanje broda trajalo što kraće i da u skućenim prostorima na brodu monteri različitih struka ne bi smetali jedni drugima, radovi se moraju odvijati prema unaprijed planiranom redoslijedu. Taj redoslijed vrijedi za sve slučajeve, bilo da se brod oprema nakon porinuća bilo da se oprema djelomično na dilju. Pojedine etape opremanja bit će to kraće što je više opreminih dijelova ugrađeno u brod na navozu. Redoslijed opremanja broda po etapama prikazan je u tablici 1.

Tablica 1.
REDOSLIJED RADOVA PRI OPREMANJU BRODA

Eтапа	I	II	III	IV
Vrsta rada	Montaža glavnih i pomoćnih strojeva	Ugradnja nestrukturnih tankova	Montaža jarbola, soha, stepenica	
	Zatvaranje palube	Montaža cijevnih vodova i armatura u strojarnici		
	Montaža ventilacijskih uredaja	Opremanje prostorija		
		Montaža sanitarnih uredaja	Montaža elektroinstalacija	
		Montaža sitnih dijelova	Postavljanje izolacija	
		Čišćenje i skidanje rde		

Opremu broda obavljaju posebne radionice koje pripremaju za montažu opremu nabavljenu od drugih proizvođača i opremu koju su same izradile. Brodogradilište može biti organizirano i tako da ima samo jedno jako montažno odjeljenje u kojem rade montažne ekipe svih struka, snabdjevene odgovarajućim montažnim spravama. Te ekipe obavljaju samo montažne poslove, pa monteri

jedne struke nisu povezani s radnicima iste struke koji su opremne predmete pripremili za ugradivanje. Ovo montažno odjeljenje ima i svoju radionicu snabdjevenu ručnim alatom i manjim strojevima koji služe za doradu potrebnu prigodom ugradivanja. Da se skrate putovi kretanja radnika pri opremanju broda, često se manji alatni strojevi smještaju u neku prostoriju na brodu, pa ta prostorija služi kao privremena radionica. Oprema pripremljena za montažu odlaze se u priručna skladišta uz same radionice ili u posebna skladišta kompletacija.

Brodogradilište po pravilu nabavlja svu električku opremu, strojeve, navigacijske instrumente itd., ali mora samo izraditi cijevne odvode i bravarske i limarske izratke specifičnog oblika. Zato se opremne radionice za ovakve radove razlikuju od priručnih radionica za čisto montažne radove. Brodogradilište izrađuje katkada samo nacrte za cijevne vodove, bravarske, limarske itd. predmete i onda te radove naručuje od kooperanata. Ide se katkada i dalje, pa se kooperantima daje samo generalni plan broda i odgovarajući strukturni nacrti trupa, pa oni sami izrađuju konstruktivne i radioničke nacrte dijelova opreme.

Ako brodogradilište angažira vanjske kooperante radi montaže, odnosno radi izrade i montaže opreme, ono im stavlja na raspolažanje dio svojih radionica i strojeva i dozvoljava priključak na energetske izvore brodogradilišta.

Radovi na opremanju broda mogu se podijeliti na radove u drvu, montažu teške opreme i montažu lake opreme.

Radovi u drvu obavljaju se u brodotesarskoj i stolarskoj radionici. Te radionice izrađuju drvene dijelove opreme broda i montiraju ih na brod.

Brodotesarski radovi obuhvaćaju izradu drvenih paluba, poklopaca grotala, obloge u brodskim skladištima i niz radova na diljevima i dokovima (izradu drvenih sjedala i potklada, potpora, skela i saonica).

Ako brodogradilište ne naručuje čamce za spasavanje u specijaliziranim manjim brodogradilištima, u sastavu je brodotesarske radionice posebna prostorija za gradnju čamaca. U brodotesarske radove spada i laminiranje pojedinih elemenata, bilo nekog gradevnog dijela broda bilo nekog elementa trupa čamca.

Stolarska radionica izrađuje i zatim montira na brodu sav drveni namještaj, drvene pregradne zidove i drvene obloge kabina, drvena vrata, okvire prozora itd. Ova radionica obavlja i sve taptarske i staklarske radove na brodu. Pokuštvo se većim dijelom ugrađuje u brod. Pokuštvo koje se montira uz zaobljene stijene broda doraduje se na licu mjesta.

Pri izradi drvenih palubnih kućica suraduju brodotesari sa stolarima. Brodotesari pripremaju pražnice, katkada noseći strukturu kućica i podova, a stolari dovršavaju ostalo.

Izrada i montaža teške opreme. Brodogradilište obično ima vlastitu ljevaonicu s modelarnicom za proizvodnju odljevaka od željeza i bronce. Zbog vrlo širokog assortimenta i složenosti tih odljevaka, 70...85% radova na izradi kalupa obavlja se ručno. Uredaji, strojevi i tehnički postupci su isti kao u svim ljevaonicama s ručnim kalupovanjem.

Dobar dio otkivaka potrebnih za izradu brodske opreme kuje se u kovačkoj radionici brodogradilišta i kasnije obraduje u mehaničkoj ili drugim radionicama. Za kovanje služe perni i pneumatički čekići, a teži otkivci (zapravo otpresci) prešaju se hidrauličkim prešama. Manji otkivci se prije kovanja zagrijavaju u ognjištima loženim koksom, a veći u pećima grijanima mazutom ili plinom.

Mehaničarski radovi na opremanju broda dijele se na radove na strojevima, ručne radove za stolom, montažne radove u radionici, montažne radove na brodu, ispitivanja strojeva i uredaja i upravljanje strojnim kompleksom za vrijeme pokusnih vožnji broda.

Za strojnu obradu dijelova opreme i uredaja služe standardni alatni strojevi, a ako brodogradilište proizvodi i glavne pogonske motore, onda je mehanička radionica opremljena i većim strojevima za obradu elemenata motora, kao što su: portalne glodalice, jake horizontalne glodalice, tokarilice koljenastih osovina, sprave za tokarenje čepova koljenastih osovina itd. U posebne mehaničarske radove ide dorada različnih dijelova, kao što su ležaji u statvenim cijevima i na skrokovima i slično.

Za montažu u radionici služe solidne platforme i jake dizalice. Ako je posrijedi montiranje dizel-motora, te su platforme ujedno i probni stolovi.

Mehaničari treba da ispitaju sve strojeve i uredaje izrađene u brodogradilištu. Nakon ugradnje strojeva i uredaja u brod ispituje se najprije svaki sistem pojedinačno, a zatim strojni sistem kao cjelina. Za vrijeme pokusnih vožnji strojnim kompleksom upravlja osoblje brodogradilišta i osoblje isporučioца strojeva (garantni monteri).

Izrada i montaža lake opreme. U laku opremu broda se ubrajaju cijevni vodovi, dijelovi opreme koju izrađuju bravari i limari, električke instalacije, izolacije i obloge, šatori, ličenje broda, itd.

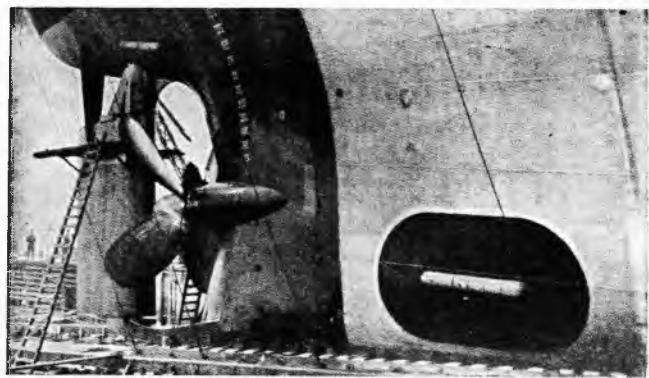
U cjevarskoj radionici se izrađuju svi brodski cijevni vodovi. Cijevi se savijaju i režu ili prema detaljnim radioničkim nacrtima ili prema šablonama. Za izradu definitivnih radioničkih i montažnih nacrtova sve se češće upotrebljavaju modeli brodskih prostora u koje se postavljaju svi cijevni vodovi tako da jedni drugim ne smetaju. Oprema cjevarске radionice se sastoje od platforme za krivljenje cijevi s ručnim vitlima ili pneumatskim prenosnim ručnim strojevima, vatre za zagrijavanje cijevi, strojeva za hladno krivljenje cijevi bez punjenja, strojeva za narezivanje cijevi, aparata za autogeno i električko zavarivanje, električkih ili pneumatskih vibratora za zbijanje pijeska nakon punjenja cijevi, tokarilice i bušilice.

U bravarskoj radionici se izrađuju sitni okovi trupa broda kao okovi vidnika, ograda, šatorski stupovi, metalne stepenice, koloturnici itd.

U limarskoj radionici obraduju se tanki limovi za ventilacijske cijevi, metalna vrata, metalne pregrade itd.

Neki dijelovi nadgrađa brodova izrađuju se od aluminija. Obradi aluminija treba posvetiti posebnu pažnju, jer ako aluminij na oštećenoj površini počne korodirati, ta se korozija vrlo brzo dalje širi.

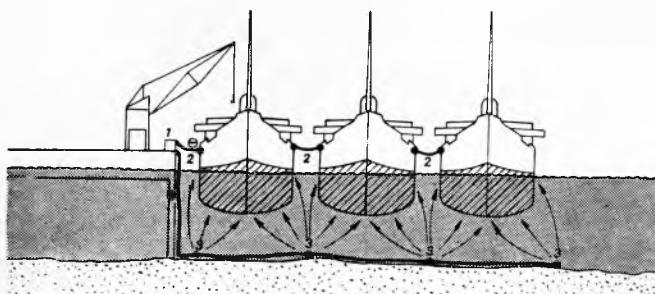
Pojedini gradevni dijelovi trupa od čelika, kao npr. cijevi i armature, zaštićuju se protiv korozije slojevima otpornijih metala, a u prvom redu cinkom. Takvi dijelovi se pocićavaju umakanjem u rastaljeni cink, a elektrolitsko pocinčavanje se u brodogradnji malo primjenjuje. Ali kad treba poniklati, kadmizirati ili kromirati neki manji dio, onda se to po pravilu čini galvanskim putem. Metaliziranje se upotrebljava ako se na nekom većem elementu brodskog trupa mora cinkom zaštititi neka manja površina ili ako treba popraviti neko oštećenje pocićanog gradevnog dijela. Prije metaliziranja treba površinu mehanički očistiti pješkarenjem ili sačmarenjem.



Sl. 47. Galvanski način zaštite sa grupom anoda na krmenom dijelu

Elektromontažni radovi obuhvaćaju montiranje električkih strojeva, razvodnih ploča, električkih vodova, armatura i kabelskih spojeva. U radionici električara prave se obujmice za pričvršćenje vodova, brtve za prolaz električkih vodova kroz nepropusne pregrade itd., a u iznimnim slučajevima i razvodne ploče.

Ličenje broda spada u važne i obimne radove opremanja broda. Razlikuje se grubo ličenje, fino ličenje i lakiranje. Trup broda, skladišta, tankovi itd. liče se grubo velikim kistovima ili pneumatskim prskalicama. Katkada se podvodni dio oplate premazuje



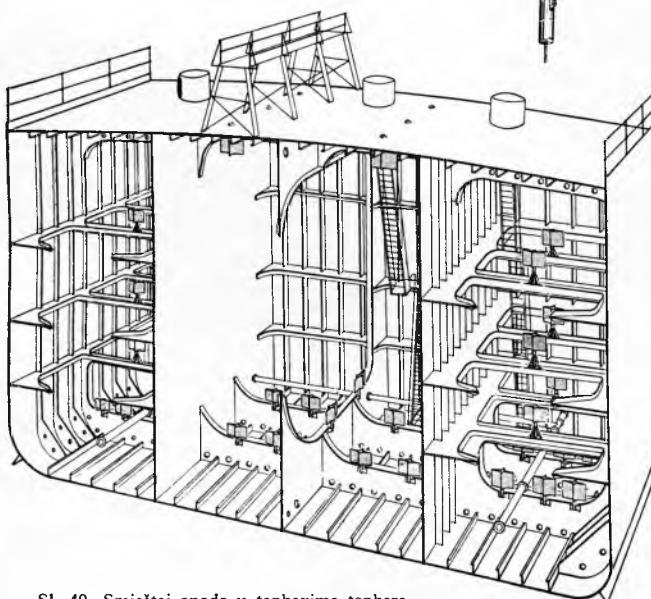
Sl. 48. Katodna zaštita brodova u luci. 1 priključak na gradsku mrežu, 2 kabeli koji povezuju brod s gradskom mrežom, 3 anode

toplom bojom zagrijanom na licu mesta u posebnim posudama. Za premazivanje toplog antivegetativnog sloja boje služi koža s dugim dlakama, omotana oko vrha štapa.

U novije vrijeme se podvodni dijelovi oplate i tankovi zaštićuju od korozije, osim zaštitnim premazima, i tzv. *katodnom zaštitom*. Katodna zaštita od korozije sastoji se u tome da se elektrokemijskom djelovanju koje izaziva koroziju suprotstavi suprotno elektrokemijsko djelovanje. Katodna zaštita se izvodi na dva načina. Galvanski se metalna površina zaštićuje time što se u vodljivom spoju s njome postavljaju anode od metala (magnijeja ili cinka), koji je elektrokemijski negativniji od metala koji se zaštićuje, pa se u takoj stvorenom galvanskom članku otapanje ograničuje samo na anodu i ona se s vremenom istroši (sl. 47). Drugi način je pomoću anoda koje se napajaju električnom strujom iz vanjskog izvora (sl. 48). Iz anode se struja širi prema izloženim površinama brodske konstrukcije, a da se pri tome sama anoda ne troši. U teretnim tankovima tankera rasporede se anode na prikladna mesta tako da u jednom tanku dođe po više anoda (sl. 49).

Drveni brodovi se uglavnom zaštićuju uljanom bojom, ali se upotrebljavaju i sintetički premazi koji, ako se ne oštete, štite mnogo bolje i traju duže nego premazi bojom.

Fino ličenje i lakiranje se obavlja u odeljenjima prostorima koji se često nalaze u sklopu stolarske radionice. U radionici se fino liči i lakira pokućstvo koje će kasnije biti ugrađeno u brod, a drvene i ostale pregrade kabina fino se liče na licu mesta.



Sl. 49. Smještaj anoda u tankovima tankera

Podovi, topilinske izolacije i zvučne izolacije postavljaju se u brodskim prostorijama nakon što je dovršeno ličenje, a prije montiranja namještaja. O vrstama podova i izolacija kao i o načinu njihove izvedbe na brodu v. poglavlje Oprema broda u ovom članku.

Pri opremanju broda obavlja se niz užetarskih radova: izrada omči od biljnih i čeličnih užeta, upletanje konopljanih i čeličnih užeta, umetanje omči i petlji u užeta, izrada uzica za bacanje, izrada peljarskih stepenica itd. Osnovni alat užetara je čelični ili drveni trn za rastavljanje strukova užeta. Jadrarski radovi su krojenje i šivenje šatora, zaštitnih pokrivača, jedara za čamce, prevlaka za palubne strojeve i ostale uredaje, opšivanje pojasa za spasavanje i eventualno opšivanje izoliranih cijevnih vodova. Pored toga, užetarsko-jadrarska radionica oprema brod pomicnom i nepomicnom oputom, tj. montira samarice, čamce za spasavanje, sidra i lance itd.

Primopredaja broda, završni i garantni radovi

Primopredaja završenog broda brodovlasniku sastoji se od raznih kontrola i ispitivanja kojima se mora utvrditi da brod odgovara propisanim tehničkim uslovima i uvjetima ugovora.

Zapravo, za cijelo vrijeme građenja broda kontrolira se i ispituje kvalitet materijala, kvalitet i izvedba varova, funkcioniранje pojedinih dijelova opreme itd. Sav materijal i oprema koji se ugrađuju u brod moraju imati atest klasifikacionog društva, a i pojedine faze gradnje broda kontroliraju eksperti klasifikacionog društva i nadzorni organi brodovlasnika. Za vrijeme građenja vrše se takoder neka ispitivanja konstrukcije broda, npr. ispituju se tankovi vodna čim su dovršeni.

Prije početka primopredajnih ispitivanja broda brodogradilište mora izvršiti ove *predrađnje*: kompenzirati kompase, kontrolirati svojstva goriva i maziva, kontrolirati baždarenje tankova (dnevni tankovi goriva i tankovi za mazivo), baždariti i plombirati sve mjerne instrumente, dokovati brod i nanovo ga podvodno očišćiti, kontrolirati zagaznice i ustanoviti početni stabilitet. Nadalje, brodogradilište mora primopredajnoj komisiji pripremiti tehničku dokumentaciju koja je bila priložena uz ugovor (tehnički opis i generalni plan), kao i dokumentaciju o svim ispitivanjima, kontrolama i izmjenama konstrukcije i opreme tokom gradnje, ateste materijala i opreme, inventarske spiskove opreme i uredaja, popis rezervnih dijelova i tablice težina.

Po dovršenim pripremama obavljaju se najprije ispitivanja na mjestu, a zatim pokusne vožnje broda. Za *ispitivanje na mjestu* brod se veže za plutaču, za obalu ili pod pravim kutom na obalu. Pri tom treba paziti da voda bude dovoljno duboka da se ne bi zamuljili cijevni vodovi, armature i pumpe.

Ispitivanja na mjestu po pravilu obuhvaćaju pregled broda uz uspoređivanje s tehničkom dokumentacijom (projektom i tehničkim uslovima) i kvalitativnu i kvantitativnu kontrolu cjelokupne opreme i svih uredaja broda. Na mjestu se ispituju uredaji za sidrenje, kormilarenje i krcanje tereta, svi sistemi cijevnih vodova, navigacijski instrumenti, funkciranje pogonskog uredaja i električnih instalacija, uredaji za vezu, alarmni i sigurnosni sistemi i uredaji za grijanje i ventilaciju.

Na *pokusnim vožnjama* se ispituju pogon i pomorska svojstva broda. Glavni strojevi, već ispitani na mjestu, ispituju se na pokušnoj vožnji pod različitim uslovima pogona i pri tome se određuje snaga strojeva, broj okretaja, potrošak goriva i brzina broda. Ubrzavanje i zaustavljanje broda ispituje se pokretanjem strojeva od punе snage naprijed na punu snagu natrag, mjereći vrijeme potrebno za prekret i duljinu koju prevali brod dok se ne zaustavi. Kormilarska svojstva broda ispituju se pri različitim brzinama vožnje mjereći reagiranje broda na promjenu kuta kormila. Na pokušnim vožnjama se često mijere i vibracije brodskog trupa i pogonskog postrojenja. Podrobnije o svim ovim ispitivanjima (načinu njihova provođenja, mjernim metodama, analizama i prikazivanju rezultata) v. poglavlje Eksperimentalna istraživanja u brodogradnji u ovom članku.

Uredaji za sidrenje se po pravilu ispituju na dubini vode od najmanje 80 metara. Određuje se brzina podizanja obaju sidara istovremeno, uključujući i otkidanje od dna, djelovanje kočnica vitla itd.

Za vrijeme pokušne vožnje brodom upravlja i za brod odgovara osoblje brodogradilišta.

Po povratku s uspješne pokušne vožnje demontiraju se radi pregleda određeni vitalni dijelovi strojeva. Ako je sve u redu, komisija sastavlja primopredajni zapisnik i predaje brod naručiocu. Primopredaja se ne može provesti dok brodogradilište ne otkloni sve bitne greške koje je utvrdila komisija.

Komisija može ustanoviti da je potreban i niz radova koji su doduše bitni ali koji se mogu dovršiti za vrijeme prvog krcanja broda. Spisak tih tzv. završnih radova sastavlja primopredajna komisija i prilaže ga primopredajnom zapisniku. Ponekad se sitniji nedostaci otklanjaju za vrijeme prve vožnje broda, pa se zato na brod ukrcaju odgovarajući radnici brodogradilišta.

Od momenta predaje komande broda brodovlasniku počinje ugovoren garantni rok. Po pravilu se za prvo putovanje, odnosno za prvih 6 mjeseci eksploracije broda, traži da isporučilac glavnog pogonskog stroja dade tzv. garantnog strojara. Ako na brodu ima drugih specijalnih uredaja, poželjno je da kraće vrijeme na brodu bude i garantni stručnjak za te uredaje. I samo brodogradilište može postaviti garantnog inženjera, u kojem se slučaju može, ali ne mora, isključiti garantni strojar i drugi garantni stručnjaci.

Sve nedostatke uočene za vrijeme garantnog roka, a za koje se utvrdi da nisu nastali pogrešnim radom posade, brodogradilište mora popraviti bez naknade. Ako je brod daleko od matičnog brodogradilišta, otklanjanje nedostataka može uprava broda povjeriti najbližem brodogradilištu, a radovi padaju na trošak brodogradilišta koje je brod izgradilo. Po isteku ugovorenog garantnog perioda gase se sve obaveze brodogradilišta.

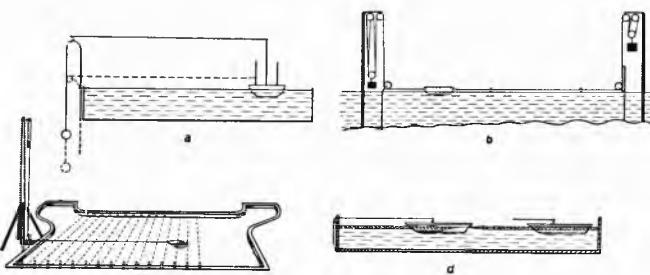
S. Ercegović

EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA U BRODOGRADNJI

Brzi razvoj brodskih konstrukcija i uredaja u posljednjih pedesetak godina velikim je dijelom rezultat eksperimentalnih istraživanja na brodskim modelima i brodovima u prirodoj veličini. Zahvaljujući ispitivanjima modela usavršen je oblik brodskog trupa i oblik brodskih propeler, kormila i privjesaka, a pokusi sa stvarnim brodovima pružili su projektantima i graditeljima brodova i brodskih uredaja vrijedne podatke na temelju kojih se je brod kao cjelina stalno poboljšavao. Konačno, eksperimentalna istraživanja služila su, a i danas služe, kao baza za govorovo sav naučni i teorijski rad na području brodogradnje.

Postoje posebne ustanove namijenjene naučno-istraživačkom radu u vezi s projektiranjem, gradnjom i eksploracijom brodova, kao i s rješavanjem praktičnih problema brodogradevine industrije. Velika većina tih ustanova bavi se brodskom hidrodinamikom, a samo mali broj je ureden za različita specifična tehnološka istraživanja. Sve te ustanove provode gro istraživanja i rješavaju probleme eksperimentalnim putem, proučavajući i istražujući pojedine pojave na modelima brodova, modelima pojedinih dijelova brodske konstrukcije, ili vršeći mjerenja na stvarnim brodovima.

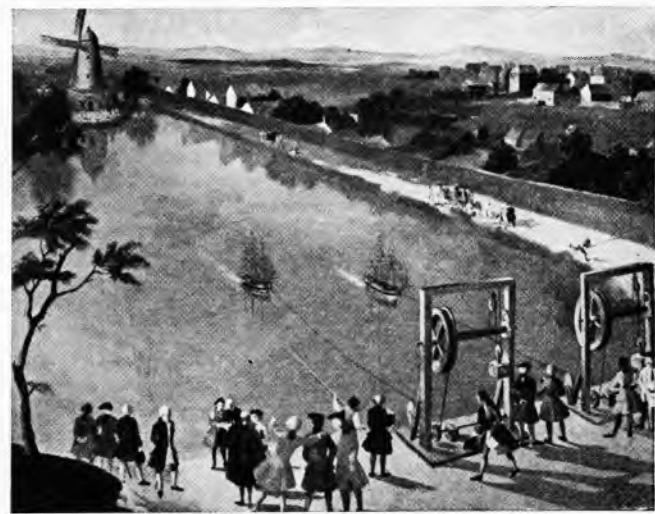
Nemogućnost da se matematičkim putem odredi najpovoljniji oblik brodskog trupa navela je još pred nekoliko stotinu godina brodograditelje, matematičare i fizicare na to da ispitivanjima modela brodova traže oblik broda koji ima najmanji otpor i da odrede zakone zavisnosti otpora broda od oblika njegova trupa.



Sl. 1. Prvi bazeni za ispitivanja brodskih modela. a) Swedenborgov bazen 1721, b) Chapmanov bazen oko 1760, c) bazen u École Militaire u Parizu 1775, d) bazen brodogradilišta Alexander Hall u Aberdeenu 1830

Prvi je ispitivao modele brodova već 1607 Crescenzo u Italiji. U XVII st. Englez Samuel Fortrey (1622—1681) ispitivao je drvene modele brodova, ali je o njegovim metodama ispitivanja i o rezultatima do kojih je došao malo poznato. XVIII stoljeće je naročito obilovalo istraživačima koji su, polazeći uglašnom od Newtonovih postavki, nastojali da nadu idealni oblik brodskog

trupa. 1721 filozof Swedenborg daje opis načina ispitivanja brodskih modela pomoću padajućeg utega koji preko tanke niti tegli model (sl. 1 a). Principi te metode ispitivanja modela primjenjivali su se u različitim varijantama sve do pojave velikih modernih bazena opremljenih kolicima za tegljenje modela, a primjenjuju se još i danas u nekim malim bazenima. 1746 francuski brodograditelji, matematičar i hidrograf Bouquer predlaže ispitivanja brodskih modela u stруju vode i ispitivanje modela dugog do 1 m jednom malom 10-metarskom bazenu. Između 1750 i 1760 švedski brodograditelj Chapman je ispitivanjima modela nastojao potvrditi svoju teoriju o mogućnosti određivanja otpora broda na osnovu linija broda. Chapman je svoja ispitivanja modela vršio pomoću gravitacijskog uredaja sa padajućim utedom, kakav je bio predložio Swedenborg (sl. 1 b). Englez Bird je 1756 ispitivao modele brodova u 33 m dugom bazenu, ne mijereći direktno otpor, već uspoređujući ispitivane modele s jednim standardnim modelom.



Sl. 2. Ispitivanje brodskih modela u Peerless Pool, London, 1761

1758 britanski Royal Society raspisao je nagradu za ispitivanja modela kojima bi se odredile karakteristike broda povoljnog s obzirom na otpor i ponašanje na moru, pa su 1761 u Peerless Poolu u Londonu provedena takva ispitivanja sa šest različitih modela (sl. 2). 1764 američki političar i filozof Benjamin Franklin je ispitivanjima modela nastojao provjeriti svoja zapažanja iz Holandije da se otpor brodova u kanalima povećava. 1775, po narudžbi francuske Akademije, enciklopedisti D'Alembert, Condorcet i Bossuet su u École Militaire u Parizu izgradili bazen dug 32,6 m, širok 17,2 m i dubok 2,10 m (sl. 1 c) u kojem su ispitivali seriju modela jednostavnih geometrijskih oblika, sistematski mijenjajući oblik pramca. Ta ispitivanja je 1778 nastavio Bossut u bazenu dugom oko 65 m. Mark Beaufoy je između 1793 i 1798 u Greenland Docku u Londonu na vodenoj stazi dugoj 120 m ispitivao modele brodova pomoću složenog uredaja s padajućim utedom. Uredaj je sadržavao i automatski sat za registriranje brzine modela. Ta su ispitivanja vršena na poticaj novoosnovanog „Društva za unapređenje brodogradnje“, a osim modela pravilnih geometrijskih formi po prvi put su obuhvatala i tegljenje dugih, tankih dasaka da bi se utvrdilo djelovanje otpora treninga. Oko 1850 izradio je William Hall u svome brodogradilištu u Aberdeenu mali stakleni bazen, dug ~ 3 m, širok ~ 30 cm i dubok ~ 40 cm (sl. 1 d). Bazen je bio napunjeno vodom, a na vrhu vode je bio ~ 3 cm debeli sloj prozirnog, crveno obojenog terpentina. Male modelе je teglio padajući uted. Pri tome se promatralo gibanje obojene tekućine oko modela i tako dobivala slika rasporeda strujanja oko različitih formi trupa broda. To je bio prvi bazen izgrađen u čisto komercijalne svrhe, jer je služio isključivo za ispitivanja modela jedrenjaka-klipera koje je gradilo brodogradilište

Medutim, sva ta rana ispitivanja nisu mogla dati neke korisnije rezultate jer nije postojala naučna osnova za pravilno interpretiranje izmjerenih podataka. Tu osnovu je 1869 dao engleski inženjer William Froude svojim zakonom sličnosti. Taj zakon bio je već 1844 postavio francuski inženjer Rech, ali on nije pokazao mogućnost njegove primjene u praksi. Zahvaljujući svojim postavkama o mogućnosti da se kvalitet oblika brodskog trupa pouzdano odredi ispitivanjima modela, William Froude je uspio od britanskog Admiralitetit ishoditi sredstva za gradnju bazena, pa je 1871 u Torquayu izgrađen bazen 85 m dug, 11 m širok i 3 m dubok. U ovom bazenu prvi put su modelе tegili posebna kolica koja su se kretala po tračnicama postavljennim iznad njega. Današnji moderni bazeni za ispitivanja brodskih modela u principu su jednak Froudeovom bazenu u Torquayu, samo što su znatno veći i opremljeni preciznijim mjernim uredajima. I metode ispitivanja modela brodova još danas se zasnivaju na principima što ih je postavio W. Froude.

Bazen u Torquayu je bio privremenog karaktera, pa je 1886 srušen. Kroz kratki vijek postojanja bazena u Torquayu W. Froude je uspio potvrditi pravilnost svog zakona sličnosti i pokazati kolike mogućnosti pružaju ispitivanja modela brodova u rješavanju niza hidrodinamičkih problema. Direktna posljedica prvih Froudeovih uspjeha s ispitivanjima modela brodova bila je gradnja sličnih bazena u Engleskoj i ostalim zemljama s razvijenom brodogradnjom. Tako su nastale i prve specijalizirane ustanove za naučno-istraživački rad na području brodogradnje.

1873 sagradio je Tideman za potrebe holandske ratne mornarice bazen u Amsterdamu. 1884 brodogradilište Williama Dennyja podiglo je u Dumbartonu vlastiti bazen za ispitivanja brodskih modela; taj je bazen još uvijek u upotrebi. 1886 britanski Admiralitet gradit u Haslaru bazen koji također još i danas postoji. 1889 sagraden je bazen u Speziji, 1891 u Petrogradu, 1892 u Dresdenu, 1899 u Washingtonu, 1903 u Berlinu, 1906 u Parizu, 1908 u Nagasakiju. Nakon tog vremena broj ustanova koje se bave eksperimentalnim istraživanjima u brodskoj hidrodinamici neglo je rastao.

U razdoblju od pojave prvog modernog bazena u Torquayu 1871 pa do konca Drugog svjetskog rata osnovano je 49 institucija koje su se bavile ispitivanjima brodskih modela i u okviru kojih je bilo izgrađeno 74 bazena za ispitivanja brodskih modela. Uslijed razaranja u oba svjetska rata ili zbog zastarlosti u tom periodu prestalo je da se bavi ispitivanjima brodskih modela ili uopće