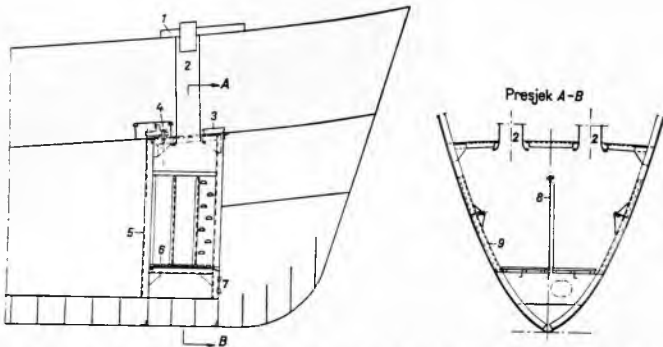
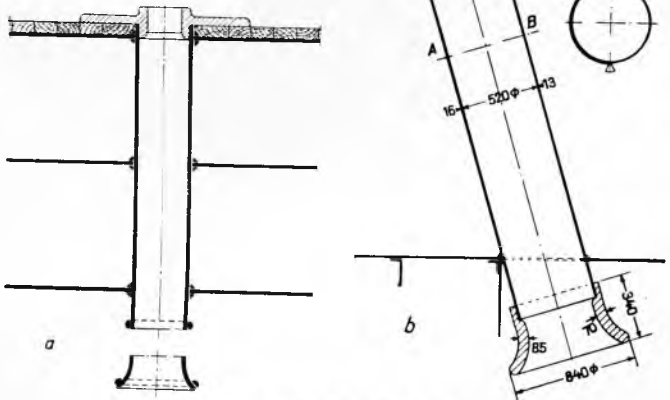


u statvenoj cijevi. Po pravilu oba nosača (lijevi i desni) krajnjeg ležaja osovine sižu do sredine broda i solidno su spojeni jedan s drugim da bi konstrukcija krmenog dijela trupa bila što čvršća.



Sl. 44. Smještaj lančanika. 1 postolje vitla, 2 uvedne cijevi lančanika, 3 ulaz lančanika, 4 uređaj za ispuštanje lanca, 5 kolizijska pregrada, 6 drveni pod, 7 provlaka, 8 pregrada lančanika, 9 obloga lančanika

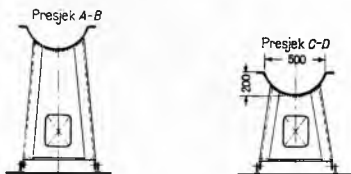
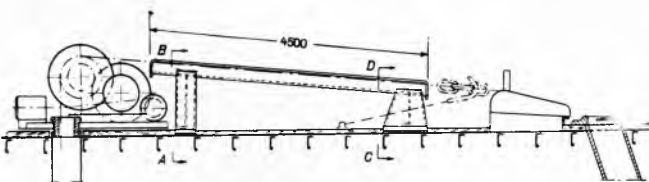
**Sidrena ždrijela i lančanici.** Svaki veći brod ima na oba boka pramca sidreno ždrijelo, spojeno prirubnicama na vanjsku oplatu i na palubu bro-



Sl. 45. Uvodne cijevi lančanika

da. Sidrena ždrijela su od ljevenog čelika ili ljevenog željeza, ili su samo prirubnice od ljevenog čelika a cijev od čeličnog lima. Ždrijelo može biti i potpuno zavarene konstrukcije (sl. 43).

Lančanik je prostor u kojem su smješteni sidreni lanci. U lančaniku se nalaze dva lanca (za svako sidro po jedan), pa je



Sl. 46. Vodenje sidrenog lanca po žlijebu

lančanik podijeljen uzdužnom pregradom na dva dijela. Pod lančanika je pokriven drvenim trenicama (sl. 44). Cijevi kojima se uvodi lanac u lančanike imaju na ulazu jako pojačane i zaobljene prirubnice (sl. 45). Gibljivo ukotvljenje kraja sidrenog lanca mora

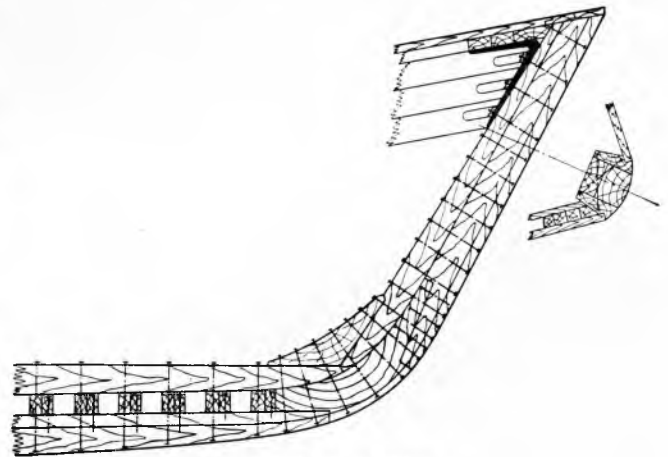
biti izvedeno tako da se lanac u slučaju potrebe može lako i brzo otkvačiti a da se ne ulazi u prostor lančanika; stoga se često nalazi na palubi koja čini pokrov lančanika. Ako se sidreno vitlo ne može smjestiti blizu sidrenog ždrijela, lanci se do ulaza u lančanik vode posebnim žlijebom (sl. 46).

S. Ercegović

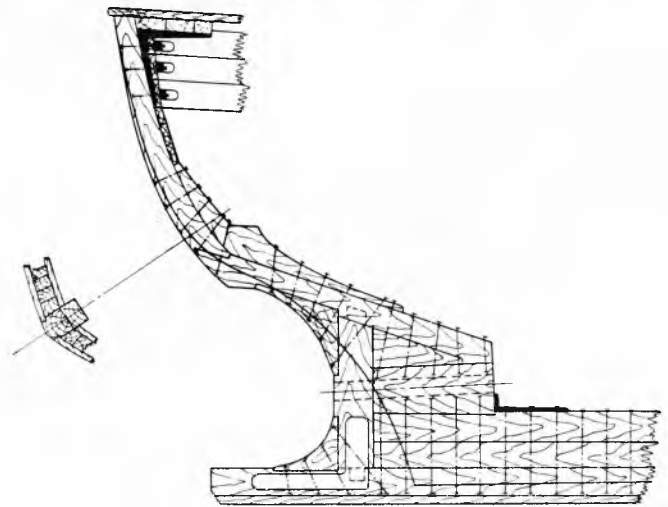
**KONSTRUKCIJA DRVENOG BRODA**

Glavni elementi konstrukcije drvenog broda nisu se bitnije mijenjali dugi niz godina. Štaviše, velik broj tih elemenata je s većim ili manjim izmjenama usvojen i za željezne brodove, pa današnji čelični i drveni brodovi imaju u principu slične osnovne elemente brodske trupa.

**Glavni građevni dijelovi trupa drvenog broda.** Glavni uzdužni element konstrukcije drvenog broda je *kobilica*. To je jaka uzdužna greda na dnu broda koja preuzima najveća naprezanja pri uzdužnom savijanju broda, te udarce i pritiske kad se brod nasuče ili dokuje. Na svakom kraju se na kobilici nastav-



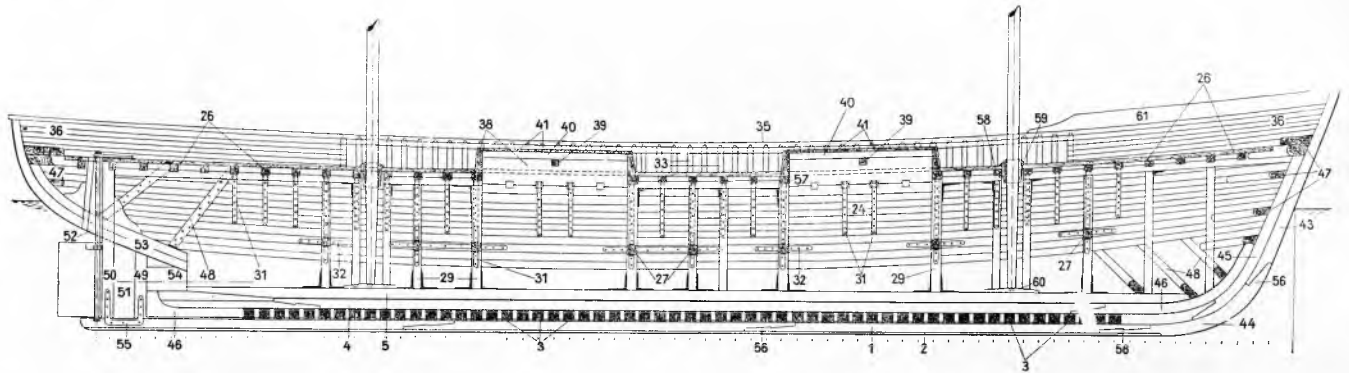
Sl. 1. Pramčana statva



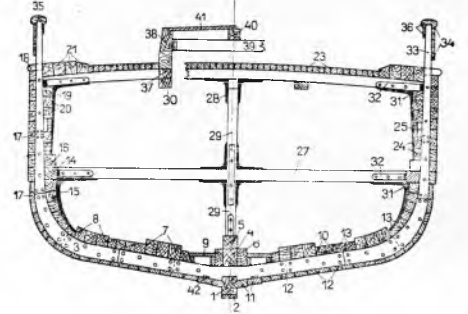
Sl. 2. Krmena statva

ljaju *statve*, pramčana i krmena (sl. 1 i 2). U poprečnim okomitim ravninama sa kobilicom su spojene simetrične zakrivljene grede, *rebra* broda. Rebra određuju vanjski oblik brodske trupa, na njima je pričvršćena vanjska oplata broda, a ona osiguravaju i poprečnu čvrstoću broda. U simetriji broda, paralelno s kobilicom, položena je iznad rebara jaka uzdužna greda, zvana brodsko *pasmo* (sl. 3).

Rebra većih brodova su u uzdužnom smjeru sastavljena od dva sloja. Svaki sloj se sastoji od više komada tako raspoređenih da spojevi komada u jednom sloju dolaze između spojeva u drugom sloju. Razmak rebara drvenog broda je mnogo manji nego razmak rebara čeličnog broda istih osnovnih karakteristika



Sl. 3. Elementi drvenog broda. 1 kobilica, 2 štitna kobilica, 3 rebro, 4 središnje pasmo, 5 središnje natpasma, 6 središnje dopasma, 7 bočno pasmo, 8 uzvojno pasmo, 9 pokrov sliva, 10 unutarnja oplata dna, 11 dokobilicne platice, 12 platice vanjske oplata dna, 13 unutarnja oplata uzvoja, 14 bočna proveza, 15 bočna potproveza, 16 bočna natproveza, 17 platice vanjske oplata boka, 18 sržnica, 19 podspojak, 20 dopodspojaci, 21 palubna proveza, 22 palubne doproveze, 23 palubne trenice, 24 unutarnja oplata, 25 produžnik, 26 palubna sponja (obična), 27 prostorna sponja, 28 palubna podveza, 29 upora, 30 veznica sponja, 31 vertikalno koljeno (čelično), 32 horizontalno koljeno (čelično), 33 izdanak rebra, 34 oplata ograde (vanjska), 35 razma, 36 oplata ograde (unutarnja), 37 temelj grotla, 38 praznica grotla, 39 sponja grotla, 40 uzdužnjak grotla, 41 poklopci grotla, 42 slivnice, 43 pramčana statva, 44 peta pramčane statve, 45 protustatva, 46 statveno koljeno, 47 rašlje, 48 vjenčnice, 49 statva vijka, 50 statva kormila, 51 zdenac vijka, 52 zdenac kormila, 53 uzdužne statvene grede, 54 ulošci sklopa statvene cijevi, 55 metalna »U«-veznica, 56 ključ, 57 glavna sponja grotla, 58 sponje jarbola, 59 klinovi jarbola, 60 temeljnica jarbola, 61 povišenje obodnice na pramcu

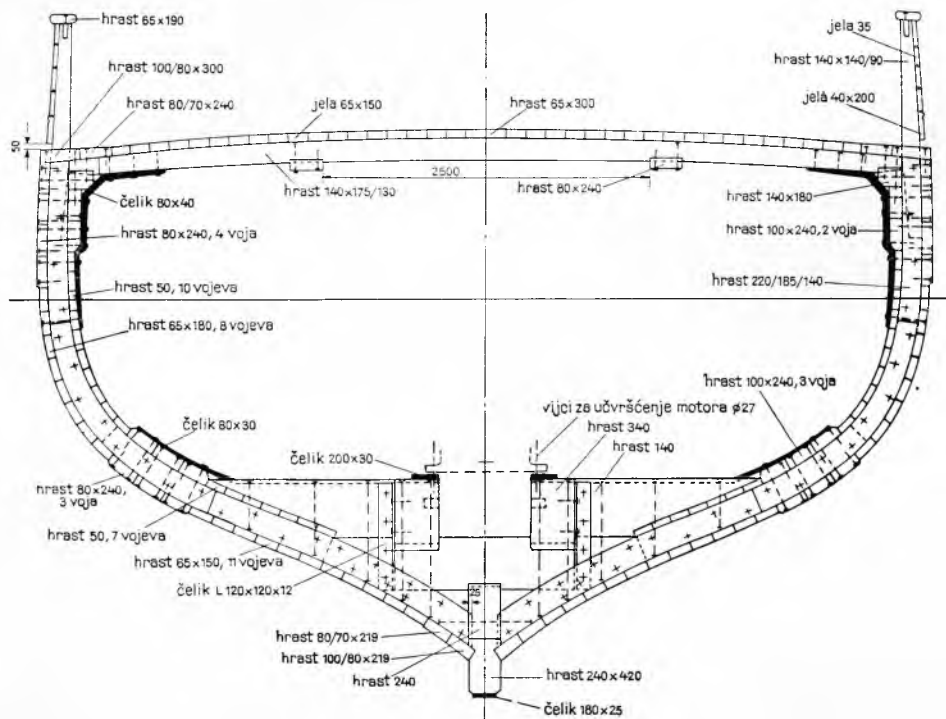


jer je krutost drvenih rebara manja nego čeličnih i način konstrukcije drvene vanjske oplata je drugačiji nego čelične. Trenice drvene oplata nisu svojim uzdužnim rubovima među sobom spojene nego se samo priljubljuju jedna uz drugu (v. sl. 9). Nепropusnost takvog spoja postiže se šuperenjem, tj. između trenica nabije se kudjelja. (Takav način gradnje vanjske oplata naziva se karvel-sistem, a primjenjuje se za veće brodove.) Kad bi razmak između rebara bio vrlo velik, trenice se ne bi mogle dobro priljubiti jedna uz drugu, pa se šuperenjem ne bi postigla nepropusnost oplata za vodu. Stoga po pravilu razmak rebara ne bi smio biti veći od trinaesterostruke debljine vanjske oplata.

Uzduž bokova broda, pri samom svom vrhu, rebra su među sobom spojena uzdužnom gredom zvanom *podspojak*. Osim toga, na dnu i na bokovima broda rebra su također povezana uzdužnim gredama, *provvezama*. Podspojaci i proveze ugrađeni su s unutarnje strane rebara tako da je dužina rebara između kobilice i podspojaka podijeljena na približno jednake dijelove.

Gornje dijelove kostura trupa spajaju poprečne grede, *sponje*, koje se krajevima oslanjaju na podspojake. Razmak između sponja iznosi jedan do dva razmaka rebara.

Dakle, osnovni elementi drvenog broda sastoje se od poprečnih elemenata, rebara i sponja, koji su među sobom povezani uzdužnim elementima, kobilicom, pasmom, podspojacima i provvezama. Taj je kostur obložen vanjskom *oplatom* i oplatom palube, a eventualno i unutarnjom oplatom na unutarnjoj strani rebara. Vanjska oplata i oplata palube moraju biti izvedene nepropusno. Ovakvu konstrukciju, sa više ili manje varijanata ovisnih uglavnom o veličini broda, imaju svi drveni brodovi građeni po tradicionalnom, »klasičnom« sistem. Nacrtni glavni rebar, tj. poprečni presjek približno na polovini dužine jednog drvenog broda, prikazan je na sl. 4.



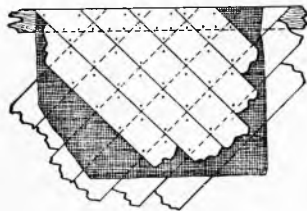
Sl. 4. Glavno rebro kočara dugog 25 m

Za gradnju rebara i dijelova statvi moraju se odabrati komadi drva koji imaju već uslijed svojeg rasta prirodnu zakrivljenost koja odgovara traženom obliku rebara. Osim prirodno zakrivljenih rebara upotrebljavaju se i umjetno savijena rebra, napravljena tako da se unutar vanjske oplate, postavljene pomoću šablona, saviju letvice. Radi lakšeg savijanja i prilagođivanja tih letvica obliku vanjske oplate, one se prethodno kuhaju u vodi ili se stave u paru. Za manje objekte, kao što su čamci, mogu se primijeniti i samo takva savijena rebra, a na nešto većim brodovima savijena rebra mogu doći samo u kombinaciji s prirodno zakrivljenim rebrima, i to tako da se jedno ili dva savijena rebra stavi između dva prirodno zakrivljena rebra.

Za vanjsku oplatu čamaca, a naročito za motorne čamce i čamce za spasavanje, primjenjuje se također preklapni (klin-ker) sistem (sl. 5) i sistem višestrukih oplata. Oplata preklapnog sistema ima susjedne platnice spojene na preklap u uzdužnim šavovima, pa razmak rebara može biti veći nego u slučaju glatke



Sl. 5. Preklapni (klinker) sistem oplate

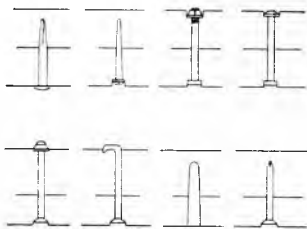


Sl. 6. Dvostruka vanjska oplata

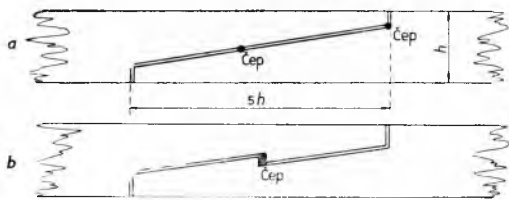
karvel-oplate, a otpada šuperenje uzdužnih spojeva trenica. Brodovi sa preklapnom oplatom mogu imati razmak rebara jednak dvadeseterostrukoj debljini vanjske oplate. Višestruke vanjske oplate sastavljene su od dva ili više slojeva tankih platnica koje su položene jedna preko druge tako da se križaju pod određenim kutom. Između svakog sloja vrlo tanke oplate umetne se platno natopljeno uljem, katranom, bojom ili specijalnim ljepljivom. Takva oplata daje trupu veću čvrstoću nego obična jednostruka oplata, a osigurava i potpunu nepropusnost. Razmak rebara može biti to veći što je veći broj slojeva, te se uz peterostruku oplatu mogu rebra uopće izostaviti. Međutim, taj je način gradnje skup i kompliciran, pa se danas izvodi uglavnom samo oplata od dva sloja. U sl. 6 prikazana je dvostruka vanjska oplata sa platnicama položenim u svakom sloju pod 45° prema horizontali, tj. smjer platnica jednog sloja je okomit na smjer platnica drugog sloja. Osim ovakve dvostruke oplate upotrebljava se i dvostruka oplata s vanjskim slojem platnica postavljenih horizontalno, a unutarnjim pod 45°.

**Spajanje građevnih dijelova trupa drvenog broda.**

Čvrstoća drvenog trupa ovisi u velikoj mjeri o načinu kako su među sobom spojeni pojedini građevni dijelovi broda. Postoje različiti tipovi svornjaka i čavala za spajanje drvenih elemenata broda (sl. 7), a koji će se tip upotrijebiti ovisi o vrsti i položaju samog spoja.

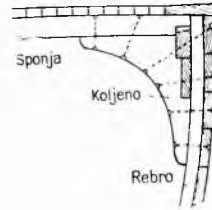


Sl. 7. Tipovi svornjaka i čavala za spajanje drvenih dijelova trupa

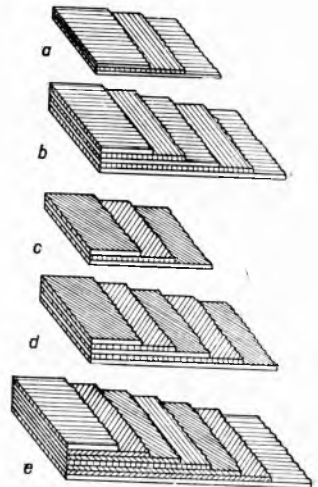


Sl. 8. Ključ. a jednostavni ključ, b ključ sa dvostrukim zubom

Za spajanje sastavnih dijelova istog grednog elementa primjenjuje se spoj nazvan ključ (sl. 8). Dijelovi kobilice ma-



Sl. 9. Spoj sponje s rebrom pomoću drvenog koljena



Sl. 10. Vrste ukočenog drva. a 3-slojno okomito ukočeno drvo, b 5-slojno okomito ukočeno drvo, c 3-slojno dijagonalno ukočeno drvo, d 5-slojno dijagonalno ukočeno drvo, e 7-slojno kombinirano ukočeno drvo

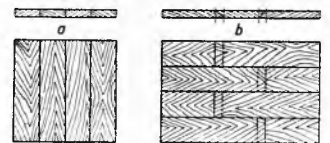
njih dimenzija, odnosno dijelovi unutrašnjih uzdužnih elemenata spajaju se jednostavnim ključem. Ako takav ključ dolazi na kobilici, potrebno je staviti dva čepa da se spriječi prodiranje vode u trup broda (sl. 8 a). Ovi su čepovi valjkastog oblika, a izrađeni su od dobro prosušene čamovine. Za spajanje dijelova kobilice većih brodova primjenjuje se ključ sa dvostrukim zubom (sl. 8 b), a umjesto dva čepa dolazi samo jedan čep prizmatičnog oblika, umetnut između vertikalnih ploha srednjeg zuba. Građevni dijelovi koji stoje približno pod pravim kutom spajaju se pomoću koljena. Koljeno može biti drveno (sl. 9) ili čelično (v. sl. 4).

**Primjena lijepljenog drva za građevne dijelove trupa.**

Da bi se izbjegli neki nedostaci prirodnog masivnog drva, kao što su: komplicirana izvedba dugih građevnih elemenata sastavljenih od više dijelova, dovoljna čvrstoća samo u smjeru vlakanaca, pomanjkanje prirodno savijenog drva za rebra i dijelove statvi, itd., prešlo se posljednjih decenija na upotrebu lijepljenog drva. Lijepljeno drvo dolazi u brodogradnji u dva oblika: kao ukočeno drvo (šperploče) i kao lamelirano drvo.

Ukočeno drvo (šperploče) su ploče sastavljene od više slojeva tankih, među sobom slijepljenih drvenih ploča (furnira). Brodograđevne šperploče su obično sastavljene od tri, pet ili sedam slojeva, debljina pojedinog sloja je 0,5...3,5 mm, a omjer debljina pojedinih slojeva iste ploče ne iznosi više od 1 : 2. S obzirom na smjer vlakanaca pojedinih slojeva šperploče razlikuje se okomito ukočeno drvo (sl. 10 a, b), dijagonalno ukočeno drvo (sl. 10 c, d) i kombinirano ukočeno drvo (sl. 10 e). Vlakanca u oba vanjska sloja šperploče treba da su paralelna, pa je stoga obično broj slojeva neparan, ili je, kad je broj slojeva paran, smjer vlakanaca dviju susjednih ploča u sredini ploče paralelan.

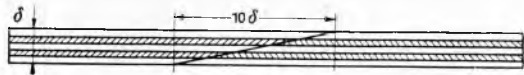
Neki klasifikacioni zavodi izdali su propise za gradnju brodova od lijepljenog drva i za izradu i ispitivanje ukočenih ploča. Šperploče se mogu izradivati od iste ili od različite vrste drva, ali se preporuča da cijela ploča bude od iste vrste drva, a specifična masa da ne pređe 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Kao drvo za izradu šperploča može se po pravilu upotrijebiti svaka od vrsta koje se upotrebljavaju u brodogradnji, tj. od domaćih drva uglavnom hrast, breza, bukva, ariš, jasen i bor, a od izvanevropskih: teak, mahagoni, cedar, čempres i okume.



Sl. 11. Spajanje slojeva šper-ploče. a uzdužni sastav (šav), b poprečni sastav (stik)

Za lijepljenje se smiju upotrijebiti samo ljeplila koja su ispitata i odobrila klasifikaciona društva. Od ljeplila se zahtijeva da osigura određenu čvrstoću lijepljenog spoja i da bude otporno prema vodi, vlazi i atmosferskim utjecajima. Ta su ljeplila uglavnom na bazi umjetnih smola, kao fenolske, rezorcinske, mela-

minske smole i sl. Veće šperploče smiju imati u pojedinim slojevima lijepljene sastave. Uzdužni sastavi (šavovi), približno paralelni smjeru vlakancu, lijepe se »tupo« (sl. 11 a). Šavovi u pojedinim slojevima moraju biti razmaknuti, tj. ne smiju biti jedan iznad drugog. Poprečni sastavi (stikovi) koji leže poprečno na smjer vlakancu moraju se izvesti skošeno, i to ili

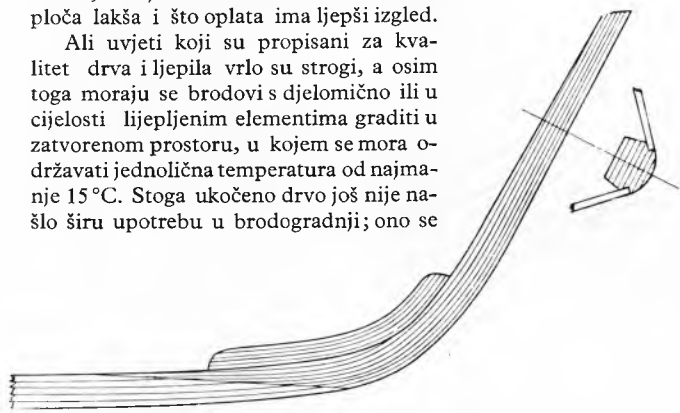


Sl. 12. Spoj dviju šperploča

između pojedinih slojeva jedne šperploče (sl. 11 b) ili između dviju cijelih šperploča (sl. 12). U prvom slučaju moraju skošeni spojevi biti razmaknuti.

Prednosti ukočenih ploča u odnosu na obične drvene ploče jesu što im je čvrstoća jednaka u svim smjerovima, što je stezanje odnosno širenje uslijed promjene vlage minimalno i jednoliko, što je uz istu čvrstoću ukočena ploča lakša i što oplata ima ljepši izgled.

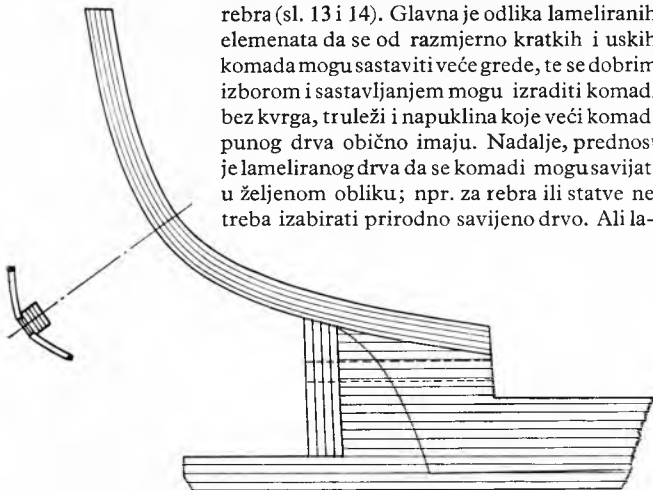
Ali uvjeti koji su propisani za kvalitet drva i ljepljiva vrlo su strogi, a osim toga moraju se brodovi s djelomično ili u cijelosti lijepljenim elementima graditi u zatvorenom prostoru, u kojem se mora održavati jednolična temperatura od najmanje 15 °C. Stoga ukočeno drvo još nije našlo širu upotrebu u brodogradnji; ono se



Sl. 13. Pramčana statva od lameliranog drva

za sada, uglavnom, upotrebljava samo za vanjsku i palubnu oplatu manjih brodova.

Druga vrsta lijepljenog drva u brodogradnji jest *lamelirano drvo*. Za razliku od slojeva ukočenog drva, pojedini slojevi (lamelle) lameliranog drva položeni su jedan na drugi tako da su vlakanca svih slojeva približno paralelna. Od lameliranog drva se izrađuju uglavnom kobilica, statve i rebra (sl. 13 i 14). Glavna je odlika lameliranih elemenata da se od razmjerno kratkih i uskih komada mogu sastaviti veće grede, te se dobrim izborom i sastavljanjem mogu izraditi komadi bez kvrga, truleži i napuklina koje veći komadi punog drva obično imaju. Nadalje, prednost je lameliranog drva da se komadi mogu savijati u željenom obliku; npr. za rebra ili statve ne treba izabirati prirodno savijeno drvo. Ali la-



Sl. 14. Krmena statva od lameliranog drva

melirano drvo je skuplje od punog drva pa se najviše primjenjuje za serijsku izradu brodova, jer se u tom slučaju cijena serije smanjuje u većoj mjeri nego pri serijskoj gradnji na klasični način. Dobro izrađeno lamelirano drvo ima i veću čvrstoću nego puno drvo, npr. Germanski Lloyd dopušta za jahte da visina kobilice od lameliranog drva može biti za 10% manja nego kobilice od punog drva ako debljina pojedinih lamela nije veća od 10 mm. Debljina pojedinih slojeva lameliranog drva ovisna je u prvom redu o polu-

mjeru savijanja: u ravnom elementu mogu pojedini slojevi biti deblji nego u savijenom elementu. Međutim, debljina lamela ne smije biti manja od 5 mm niti veća od 20 mm. Tvrdo drvo se može saviti na manji polumjer nego meko drvo. Npr. za hrastovinu se preporuča da najmanji polumjer savijanja iznosi 70...90 debljine lamela (odnosi se na debljine lamela od 6 do 20 mm, i to manji polumjer na manje debljine). Nadalje, polumjer savijanja ne smije biti manji od 1,6 prosječnog polumjera pri kojem se dotično drvo pri savijanju lomi. Vlažno drvo se može savijati na manji polumjer nego suho drvo. Vlaga drva za lameliranje smije iznositi 6...17%, ali se preporuča kao najprikladniji iznos 10...12%. Važno je da sadržaj vlage pojedinih lamela istog sastava bude što jednoličniji, te da razlika ne iznosi više od 3%.

Osim dobrom jednoličnom obradom površine lamela i dobrom ljepljivom, uspješno lijepljenje uvjetovano je i temperaturom drva pri premazivanju ljepljivom. Najpovoljnija temperatura drva je između 21 i 26 °C, a dopuštene granice te temperature su 10 i 38 °C. Nadalje je važno da se odmah nakon premaza ljepljivom lijepljeni spojevi podvrgnu određenom pritisku. Taj je pritisak za drvo manje gustoće 7...10,5 kp/cm<sup>2</sup>, a za drvo veće gustoće 10,5...18 kp/cm<sup>2</sup>. Važno je da je pritisak jednoličan po cijeloj dužini ravnog ili savijenog lameliranog komada. Nakon lijepljenja lamelirani sastav se pod pritiskom toplinski obrađuje u posebnoj prostoriji koja ima automatsku regulaciju temperature i vlage. Toplinska obrada sastoji se u zagrijavanju i naknadnom ohlađivanju uz određenu vlagu u prostoriji, a trajanje ovisi o dimenzijama lameliranog sastava.

Dok ukočeno drvo — šperploče — brodogradilište naručuje od specijaliziranih fabrika, lamelirano drvo mora izraditi samo brodogradilište. Šperploče se mogu naručiti u željenim dimenzijama, kao i limovi za gradnju čeličnih brodova, a lamelirani komadi (rebra, statve i sl.) su za svaki brod drugog oblika, koji im se daje pri sastavljanju (lameliranju) u naročitom kalupu. Dakle, brodogradilište mora imati specijalne uređaje i kadar specijaliziranih stručnjaka, pa je primjena tog načina gradnje rentabilna samo ako se izvjesni tipovi drvenih brodova izrađuju u serijama.

A. Leibenfrost

#### OPREMA BRODA

U opremu broda spadaju svi uređaji, naprave i dijelovi broda osim golog broskog trupa i pogonskog postrojenja. Prema namjeni, standardna oprema broda se može podijeliti na ove glavne grupe: oprema koja služi za baratanje teretom, za zaštitu i čuvanje tereta; oprema stambenih prostorija i prostorija potrebnih za normalan život na brodu; navigacijska oprema; oprema koja služi za sigurnost i zaštitu broda; oprema za spasavanje; oprema za privez i sidrenje broda; oprema za grijanje, hlađenje i ventilaciju brodskih prostorija; obloge i izolacije prostorija i paluba; sanitarna oprema i razni sistemi cijevnih vodova; oprema za signalizaciju i održavanje veze s vanjskim svijetom. Specijalni tipovi brodova imaju osim standardne i različitu specijalnu opremu, neophodnu da brod može obavljati svoje specifične funkcije.

Obično većinu te opreme ne izrađuje brodogradilište već je isporučuje ostala industrija. U prosjeku se može uzeti da na normalnom teretnom brodu od 12 000 t nosivosti oprema predstavlja 30...35% ukupne vrijednosti broda. Na putničkim brodovima taj je procent veći, a ovisi o veličini broda, o luksuznosti njegove izvedbe i o geografskom području na kome saobraća.

Iako veći dio brodske opreme po svojoj namjeni služi istoj svrsi kao i odgovarajući uređaji na kopnu, ipak se brodska oprema po izvedbi i karakteristikama razlikuje od kopnenih uređaja. Razlog tome su specifični uvjeti rada broda. Za razliku od kopnenih uređaja, brodska oprema je izvrtnuta velikim i često naglim promjenama klimatskih uvjeta, stalnoj vlazi, djelovanju soli, vibracijama, potresima i velikim promjenama opterećenja. S druge strane, težina brodske opreme treba da bude što manja, jer svako povećanje težine ide na uštrb korisne nosivosti broda, a dimenzije pojedinih dijelova opreme često su ograničene raspoloživim prostorom. Od svih dijelova brodske opreme zahtijeva se maksimalna pouzdanost i sigurnost funkcioniranja, jer kvar nekog dijela može dovesti u pitanje sigurnost čitavog broda ili života putnika i posade, a mogućnosti da se na otvorenom moru kvar otkloni i defektni dio popravi ili zamijeni znatno su manje nego na kopnu.