

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Filip Aralica**

Zagreb, 2012.

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Voditelj rada:

doc. dr. sc. Boris Ljubenković

Student:

Filip Aralica

Zagreb, 2012.

Izjavljujem da sam rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Ovom prilikom bih se također zahvalio rukovoditeljici Odjela gradnje broda u brodogradilištu, Karmeli Prlac, na ustupljenoj dokumentaciji. Također bih se zahvalio svom mentoru i voditelju rada, doc. dr. sc. Borisu Ljubenkovu, na uvijek korisnim savjetima, strpljenju i pomoći u izradi rada.

Hvala.

Filip Aralica

# SADRŽAJ

<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>I</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>II</b>
<b>POPIS NACRTA</b> .....	<b>III</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PODJELA TRUPA I REDOSLJED MONTAŽE</b> .....	<b>3</b>
2.1 KARAKTERISTIČNI BROD IZ PROIZVODNOG PROGRAMA .....	3
2.2 PODJELA TRUPA BRODA NA GRUPE, SEKCIJE I BLOKOVE.....	4
2.3 REDOSLIJED MONTAŽE TRUPA NA NAVOZU .....	7
2.4 PRIPREMA NAVOZA ZA MONTAŽU .....	8
2.5 OSNOVNI PRAVAC I RAVNINA ZA GRADNJU BRODA .....	10
2.6 TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI TRANSPORTA U BRODOGRADILIŠTU .....	10
2.7 SPECIFIČNOSTI VEZANE UZ GRADNJU KARAKTERISTIČNOG BRODA .....	11
<b>3. AKTIVNOSTI I FAZE RADA PRI MONTAŽI SEKCIJE NA NAVOZ</b> .....	<b>12</b>
3.1 TIJEK OPERACIJA KOD MONTIRANJA SEKCIJE NA NAVOZ.....	12
3.2 PRIPREMA SEKCIJA ZA MONTAŽU .....	13
3.3 DOPREMANJE I POZICIONIRANJE SEKCIJE NA MJESTO MONTAŽE .....	14
3.4 PODEŠAVANJE SEKCIJE ZA MONTAŽU .....	15
3.5 PRIVARIVANJE SEKCIJE .....	17
3.6 ZAVARIVANJE SEKCIJE.....	18
<b>4. KONTROLA, ISPITIVANJE I PRIMOPREDAJA U MONTAŽI</b> .....	<b>19</b>
4.1 KONTROLA I ISPITIVANJE SEKCIJA U PREDMONTAŽI.....	19
4.1.1 Alati za kontrolu sekcija .....	19
4.1.2 Aplikacija sekcije.....	20
4.2 KONTROLA DIMENZIJA I OBLIKA NA NAVOZU .....	21
4.3 ALATI KOJIMA SE ODREĐUJE TOČNOST U MONTAŽI TRUPA.....	21
4.4 KONTROLA IZMJERA I OBLIKA BRODA.....	23
4.4.1 Kontrola progibne linije broda .....	23
4.4.2 Kontrola visine broda.....	24
4.4.3 Dopuštena odstupanja.....	24
4.5 KONTROLA SEKCIJA NAKON MONTAŽE .....	24
4.5.1 Kontrola zavora .....	24
4.5.2 Provjera konstrukcije .....	25
<b>5. OCJENA STANJA MONTAŽE TE PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE</b> .....	<b>26</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>28</b>
<b>POPIS LITERATURE</b> .....	<b>29</b>

## POPIS SLIKA

<b>SLIKA 1.</b> BROD NA NAVOZU.....	1
<b>SLIKA 2.</b> SEKCIJE POTPALUBNIH BOČNIH TANKOVA U PRIPREMI ZA MONTAŽU .....	2
<b>SLIKA 3.</b> BROD ZA PRIJEVOZ RASUTOG TERETA.....	3
<b>SLIKA 4.</b> PODJELA BRODA NA GRUPE I SEKCIJE.....	6
<b>SLIKA 5.</b> PODJELA BRODA NA BLOKOVE .....	6
<b>SLIKA 6.</b> TRUP BRODA NA POTKLADAMA.....	8
<b>SLIKA 7.</b> PJEŠČANA POTKLADA .....	9
<b>SLIKA 8.</b> ČELIČNO DNO PJEŠČANE KUTIJE SA RUPAMA ZA PIJESAK .....	9
<b>SLIKA 9.</b> DVIJE 100T DIZALICE U RADU NA NAVOZU .....	10
<b>SLIKA 10.</b> SEKCIJE POTPALUBNIH BOČNIH TANKOVA U PRIPREMI ZA MONTAŽU .....	12
<b>SLIKA 11.</b> UŠKA ZA TRANSPORT SEKCIJE .....	13
<b>SLIKA 12.</b> SEKCIJA POTPALUBNOG BOČNOG TANKA U PRIPREMI .....	13
<b>SLIKA 13.</b> MJESTO NA KOJE ĆE SE MONTIRATI SEKCIJA WING TANKA .....	14
<b>SLIKA 14.</b> SEKCIJA SE POZICIONIRA NA ODGOVARAJUĆE MJESTO .....	14
<b>SLIKA 15.</b> RADOVI PRI POZICIONIRANJU SEKCIJE .....	15
<b>SLIKA 16.</b> PROBLEMATIČNA LOKACIJA KOD MONTAŽE SEKCIJE.....	15
<b>SLIKA 17.</b> TRAKA PRETHODNO ZAVARENA NA SEKCIJU, SLUŽI KAO PRITEZNI ELEMENT .....	16
<b>SLIKA 18.</b> MEHANIČKI PRITEZIVAČ SEKCIJE.....	16
<b>SLIKA 19.</b> KLINOVI ZA KOREKCIJU OBLIKA I POLOŽAJA SEKCIJE.....	17
<b>SLIKA 20.</b> MJESTO SPOJA DVAJU SEKCIJA PRIJE PRIPREME ZA ZAVARIVANJE .....	17
<b>SLIKA 21.</b> "ŽABICA" ZA AUTOMATSKO ZAVARIVANJE.....	18
<b>SLIKA 22.</b> NIVELIR .....	21
<b>SLIKA 23.</b> TEODOLIT.....	22
<b>SLIKA 24.</b> ELEKTRONSKI TAHIMETAR .....	23

## POPIS NACRTA

[1] Plan dizanja sekcija na ležaj, brodogradilište 2011.....	8
[2] Glavni plan gradnje, brodogradilište 2011.....	8

## SAŽETAK

Ovaj završni rad za temu ima montažu trupa broda na navozu, što je i dan danas najzastupljeniji oblik montaže trupa brodova u Hrvatskoj. Ono što taj proces čini iznimno kompliciranim i opsežnim je ogromno preklapanje u svim poljima tehnologije koja se pojavljuje u brodogradnji.

U prvoj točki rada prikazat će karakteristični brod iz proizvodnog programa brodogradilišta te na koje se načine on dijeli na grupe i sekcije, glavne građevne jedinice u montaži trupa. Zatim će prikazati redosljed montaže trupa i što mu sve prethodi.

Druga točka rada bavi se specifičnim sekcijama trupa koje su montirane na brod i to baš onima koje su se montirale pri mom boravku u brodogradilištu. Tu su također opisani alati i uređaji koji se koriste, te vrijeme i ljudstvo potrebno za obavljanje rada tog opsega.

U trećoj točki će definirati aktivnosti kontrole i tijek aplikacije sekcije. Kontrola pri predmontaži i montaži na navozu bit će promatrane odvojeno.

Posljednja, peta, točka rada satoji se od ocjene stanja faze montaže te nekoliko prijedloga poboljšanja.

## 1. UVOD

Što zapravo znači montirati trup broda na navozu? U suštini, odgovor na to pitanje krije se u mnoštvu manjih podpitanja koja definiraju opseg projekta. U ovome radu ću se fokusirati na jedan specifični projekt iz proizvodnog programa brodogradilišta, a taj je montaža broda za prijevoz rasutog tereta na kosom navozu, koji će se uzdužno porinuti u jednom dijelu.

Montaža trupa broda na navozu, prikazana na slici 1, znači međusobno povezati ili sastaviti sekcije trupa, koje su ranije predmontirane, u jednu cjelinu, brod. Montaža trupa plovni objekata spada u jednu od ključnih tehnoloških faza u gradnji plovni objekata koja uključuje veoma opsežnu koordinaciju, stručno znanje, poštivanje tehničkih specifikacija, razumijevanje tehnološke dokumentacije te kontrolu rezultata.



Slika 1. Brod na navozu

Postoje razni faktori koji utječu na brzinu i kvalitetu radova montaže, ali najvažniji je propusna moć mjesta montaže. Propusna moć mjesta montaže nas ograničava u veličini sekcija koje možemo dopremiti do navoza, a sporedno utječe na vrijeme gradnje broda, jer manje sekcije direkto znače više zavara, više dizanja na navoz, više vremena potrebnog da bi se sekcija montirala.

Nadalje, dinamika montaže sekcija trupa i broj sekcija drastično utječu na konačni vremenski rezultat u montaži trupa, a time i na brzinu gradnje broda, što indirektno utječe i na poslovanje brodogradilišta i dostizanje zadanih ciljeva.

Veličine montažnih jedinica uglavnom ovise o tehnološkim mogućnostima sredstava za horizontalni i vertikalni transport na i do mjesta montaže, dok redosljed montaže sekcija trupa može biti različit od brodogradilišta do brodogradilišta. On se obično određuje operativnim planom gradnje trupa, vodeći računa o tome da se sekcije montiraju tako da se najprije zatvore brodske prostori u kojima treba montirati više opreme ili je oprema kompliciranija tako da se s opremanjem može započeti ranije te u većoj mjeri opremiti brod prije porinuća. Taj princip redosljeda montaže zove se piramidalni, i primjenjen je u gradnji karakterističnog broda iz proizvodnog procesa brodogradilišta.



U konačnici, radovi montaže trupa broda su među najzahtjevnijima u bilo kojem brodogradilištu. A njihovo stručno izvršavanje govori mnogo o kvaliteti radova te poznavanju struke samog brodogradilišta.

Same građevne jedinice broda se mogu razlikovati. One variraju ovisno o tehnološkim mogućnostima brodogradilišta. Glavne tri građevne jedinice u montaži su sekcije, blokovi i moduli. Svaka od te tri građevne jedinice ima svoje prednosti i nedostatke. Sekcije su manje, lakše je njima manevrirati i zahtjevaju puno manju širinu transportnih puteva, ali zauzvrat traže veći broj spojeva (sekcijskih), te duže trajanje montaže. Na slici 2 prikazane su dvije sekcije uzvojnih potpalubnih tankova (eng.: Wing tank) koje će se montirati na brod. Moduli su pogodni jer drastično smanjuju broj spojeva koje je potrebno obaviti u montaži, no oni su karakteristični po ekstremno velikim masama i veoma intenzivnim zahtjevima za propusnost mjesta montaže, kako u širini transportnih puteva, tako i u mogućnostima dizanja na navoz.

Prednost blokova je što nisu toliko veliki kao moduli, a i dalje uvelike mogu smanjiti broj manipulacija sekcijama. Naravno, ukoliko brodogradilište ima dovoljno široke transportne puteve, te mogućnosti dizanja na navoz.



Slika 2. Sekcije potpalubnih bočnih tankova u pripremi za montažu

## 2. PODJELA TRUPA I REDOSLJED MONTAŽE

### 2.1 Karakteristični brod iz proizvodnog programa

Za karakteristični brod iz proizvodnog programa brodogradilišta uzet je brod za prijevoz rasutog tereta (eng.: Bulk carrier, vidi sliku 3).

To je teretni brod namijenjen prijevozu sipkih tereta: žitarica, rudače, ugljena, cementnog klinkera, čeličnih žica i cijevi, drvene građe i drvenih klada.

Teretni prostor se sastoji od pet skladišta tereta, odijeljenih korugiranim poprečnim nepropusnim pregradama. Brod ima jednu neprekinutu palubu, palubu kaštela, bulb pramac, zrcalo na krmi i polubalansno kormilo. Strojarnica je smještena na krmi i odvojena je od teretnog prostora poprečnom nepropusnom pregradom.

Nadgrađe koje se sastoji od 4 kata i kormilarnice smješteno je na krmi, a opremljeno je za smještaj 25 osoba.



Slika 3. Brod za prijevoz rasutog tereta

Glavne dimenzije broda:

- |  |              |                  |
|--|--------------|------------------|
| • Dužina preko svega   | ( $L_{oa}$ ) | 189,90 m         |
| • Dužina između okomica  | ( $L_{pp}$ ) | 182,00 m         |
| • Širina   | (B)          | 32,24 m          |
| • Visina do gl. palube   | (D)          | 17,10 m          |
| • Gaz  | (T)          | 11,00m / 12,35 m |
| • Nosivost   | (DWT)        | 44300t / 51900t  |
| • Brzina   |              | 14,5 čv          |
| • Glavni motor sporohodni „Split“ MAN - B&W tip 6S50MC-C8.2-TII<br>SMCR = 7500kW pri 110 o/min |              |                  |

Klasifikacijska društva zadužena za ovaj projekt su **Bureau Veritas** i **HRB**.

## 2.2 Podjela trupa broda na grupe, sekcije i blokove

Generalno govoreći, trup broda se dijeli na manje, zaokružene, tehnološki osmišljene cjeline. Najmanja od tih cjelina je sekcija.

Masa i obuhvatnost sekcije ovise o: dijelu broda u kojem se sekcija nalazi, kompleksnosti brodske forme, tehnološkim procesima kroz koje prolazi i slično.

Više istovrsnih sekcija se formira u tzv. grupe. Formiranje grupa, odnosno sekcija, su osnovne aktivnosti u realizaciji gradnje broda. Grupa je jedinica planiranja u projektiranju, nabavi čelika, trasiranju i rezanju brodske strukture, dok je u izradi i montaži trupa osnovna jedinica sekcija.

Kod podjele broda u grupe i sekcije treba voditi računa o:

- količini čelika u grupi
- protoku materijala kroz fazu obrade
- organiziranju linijske proizvodnje u fazi izrade sekcija
- veličini cjelina koje je moguće, bez povećanja troškova, uranjeno opremiti i obojati
- mogućnosti ugradnje na navozu
- širinama proizvodnih linija, transportnih puteva te nosivosti dizalica u svim fazama procesa

Kako u brodogradilištu postoje ustanovljene linije za proizvodnju ravnih volumenskih sekcija u teretnim prostorima, moramo se kod podjele broda u grupe strogo<sup>1</sup> držati slijedećih linija:

- Dvodno bez uzvojnih tankova
- Uzvojni tankovi
- Dupla oplata s pripadnim dijelom palube (kod broda za prijevoz rasutog tereta zasebno oplata boka, i zasebno potpalubni bočni tankovi sa pripadajućim dijelom glavne palube)
- Pregrade
- Glavna paluba

Još jedna podjela broda je jako važna, a to je podjela na makroprostore. Ta podjela grupira dijelove broda koji dijele zajedničke funkcije. To su:

- pramčani pik
- teretni prostor
- strojarnica
- krmni pik
- nadgrađe

---

<sup>1</sup> Odnosi se na zonu 300, tj. teretni prostor broda. Zone su još jedna podjela broda, koju koristi "Brodosplit". One prikazuju tematsku grupaciju sekcija sa obzirom na faze opremanja.

Zbog zadovoljenja uvjeta izrade zatvorenih cjelina pogodnih za uranjeno opremanje i bojanje, sekcije iz ovako definiranih grupa sortiraju se u blokove do maksimalne nosivosti sredstava transporta i kao jedna cjelina idu nakon izrade u sljedeći stupanj proizvodnog ciklusa. Ovo su okvirne vrijednosti optimalnih količina čelika po grupama:

• Dvodno (bez uzvojnih tankova)	400-600 t
• Uzvojni tankovi	200-400 t
• Gornji bočni tankovi	300-500 t
• Dvobok	300-500 t
• Pregrade (u zoni 300)	150-300 t
• Stool (gornji i donji)	150-200 t
• Glavna paluba (u zoni 300)	300-500 t
• Strojarnica	150-250 t
• Krma	50-200 t
• Pramac	150-250 t
• Nadgrađe	100-180 t

Kod formiranja grupa treba poštovati osnovno pravilo: jedna grupa smije u sebi sadržavati materijal samo jedne tehnološke linije. Ovakav način proizvodnje zove se "linijska izgradnja trupa". Tehnološke linije koje postoje te koje je moguće organizirati su:

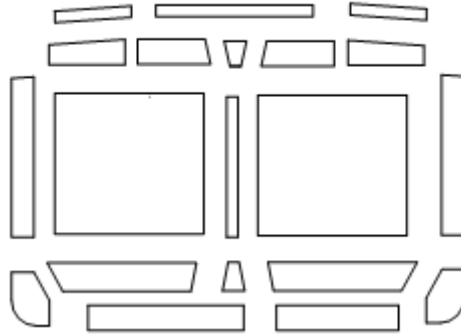
- Linija ravnih volumenskih sekcija (podlinije su: OSW linija za izradu ravnih ukrepljenih panela, linija za izradu sklopova strukture (mala predmontaža), linija za izradu otvorenih polusekcija dvodna i duple oplata, linija za zatvaranje volumenskih sekcija dvodna i duple oplata
- Linija za izradu sekcija uzvojnih tankova (i potpalubnih počnih tankova)
- Linija za izradu sekcija glavne palube (u zoni 300)
- Linija za izradu sekcija pregrada (u zoni 300)
- Linija za izradu zakrivljenih sekcija (prvenstveno u zoni 300)
- Linija za izradu sekcija strojarnice
- Linija za izradu sekcija krajeva broda (pramac, krma)
- Linija za izradu blokova - okrupnjenje sekcija iz različitih grupa kao npr:

- blok dvodna (u zoni 300) koji se sastoji od sekcija ravnog dna, sekcije uzvojnog tanka i sekcije donjeg stoola (uzdužni i poprečni)

- blok dvoboka koji se sastoji od sekcije duple oplata, sekcije palube, sekcije gornjeg stoola (poprečni) i sekcije poprečne pregrade

- blok glavne palube koji se sastoji od sekcije palube (zona 300) i sekcije gornjeg stoola (uzdužni i poprečni)

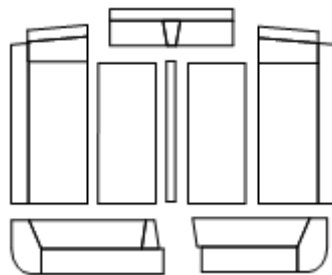
Na slici 4 jasno se vidi primjer podjele trupa na grupe i sekcije u skladu sa načelima linijske proizvodnje. Brod je podjeljen na 20 sekcija u jednom presjeku glavnog rebra (zona 300).



Slika 4. Podjela broda na grupe i sekcije

Sa slike je jasno vidljivo da se brod u poprečnom smislu dijeli na:

- dvodno
- uzvojne tankove
- donji stool (poprečni)
- donji stool (uzdužni)
- dupla oplata
- poprečne pregrade (pri podjeli na blokove, dvije poprečne pregrade se dijele na četiri, što ukupno čini 22 sekcije)
- uzdužna pregrada
- gornji stool (poprečni)
- gornji stool (uzdužni)
- glavna paluba



Slika 5. Podjela broda na blokove

Prateći sliku 5, vidljivo je da je 20 (22) sekcija grupirano u 5 blokova, dok se tri sekcije montiraju zasebno. To znači da je 20 manipulacija smanjeno na 8, a samim time i sve operacije koje slijede poslije montaže na ležaju.

### 2.3 Redoslijed montaže trupa na navozu

Glavni korak u montaži broda na navozu je odabir redoslijeda montaže. Taj korak, koji se mora napraviti veoma rano u planu gradnje broda, određuje koji materijal mora prvi biti dobavljen, obrađen te u konačnici koje sekcije moraju prve biti montirane na navoz. Na nacrtu plana dizanja sekcija na navoz prikazano je koje sekcije se prve montiraju.

Kod montaže trupa, dvije značajke su od iznimne važnosti: broj sekcija te dinamika montaže sekcija trupa. Broj sekcija primarno ovisi o kapacitetima brodogradilišta i nosivosti raznih transportnih sredstava koja moraju moći dovesti sekciju do navoza te je podići na navoz i pridržavati dok se ona ne montira, dok dinamika gradnje trupa prikazuje redoslijed kojim se sekcije slažu na navoz. Taj redoslijed je obično određen operativnim planom gradnje trupa broda. Primarno se vodi računa da se zatvore brodski prostori koje je važno uranjeno opremiti.

Postoje tri tipa redoslijeda montaže:

- slojeviti
- piramidalni
- prstenasti

Za ovaj specifični brod, redoslijed gradnje trupa na ležaju ide po principu piramidalne metode, a slijedi ova dva općenita pravila:

- Prvo se montiraju sekcije grupe dvodna i uzvoja u teretnom prostoru lijevo te desno, kod pramčane pregrade na granici sa strojarnicom.
- Te se daljnja montaža kreće u smjeru pramca i krme istovremeno.

Razlozi zbog kojih montaža počinje kod poprečne pregrade strojarnice su višestruki, ali dva glavna su zatvaranje strojarnice tako da se može početi sa uranjenim opremanjem i mogućnost gradnje i uranjenog opremanja nadgrađa prije nego li se izgradi ostatak trupa. Uranjeno opremanje predstavlja početak instalacije opreme na brodu dok je brod još na navozu. Obavlja se primarno radi uštede vremena te smanjenja troškova zbog eventualnih tehnoloških otvora koji bi se morali otvarati da bi se brod u potpunosti opremio nakon montaže. Ova ušteda vremena se može iščitati sa nacrtu glavnog plana gradnje koji je priložen.

Redoslijed montaže jednog poprečnog presjeka karakterističnog broda, tj. redoslijed gradnje sekcija trupa teretnog prostora u sredini broda odvija se ovako:

1. Dvodno s uzvojem – lijevo
2. Dvodno s uzvojem – desno
3. Poprečna pregrada – cijela
4. Vanjska oplata – lijevo
5. Vanjska oplata – desno
6. Potpalubni bočni tankovi – lijevo
7. Potpalubni bočni tankovi – desno
8. Glavna paluba – sredina

## 2.4 Priprema navoza za montažu

Prije nego li možemo početi montirati brod na navozu, potrebno je pripremiti podlogu. Trup broda na navozu za izgradnju oslanja se na potklade. Broj potklada treba biti toliki da prenesu težinu broda spremnog za predaju vodi na navoz. Također treba voditi računa o tome da se potklade rasporede tako da sila reakcije djeluje na kruti dio strukture. To se radi tako da se potklade postavljaju ispod križanja jakih uzdužnih nosača i rebrenica te ispod poprečnih pregrada broda.

Raspored potklada najviše ovisi o rasporedu masa broda, a pošto je najveća masa broda smještena u strojarnici tamo je raspored potklada gušći. Općenito potklade su najgušće postavljene ispod kobilice broda jer se baš preko tih središnjih potklada prenosi oko 75% od ukupne težine broda, na slici 6 prikazan je trup broda na potkladama.



Slika 6. Trup broda na potkladama

Što se same izvedbe tiče, postoje razni tipovi potklada: drvene, kombinacija drva i betona, drva i čelika. U hrvatskim brodogradilištima najčešće se viđaju potklade sa čeličnom bazom te drvetom koje ide uz trup broda.

Radi što lakšeg rušenja potklada tokom pripreme porinuća broda, u većini hrvatskih brodogradilišta koriste se pješčane potklade.

Primarno, svrha pješčane kutije je prijenos opterećenja na čeličnu konstrukciju te sa čelične konstrukcije baze na sam navoz, a sekundarno, veoma brzo i efikasno rušenje potklada prije porinuća broda kako bi se brod postavio na sustav saona - saonice. Rušenje se obavlja tako da se maljem izbije metalna ploča, prikazana na slici 8, ispod pješčane potklade, koja u sebi ima rupu kroz koju procuri pijesak, te se na taj način potklada može odstraniti bez rezanja. Ušteda u vremenu, materijalu i radu.



Slika 7. Pješčana potklada  
1- čelična baza, 2- pješčana kutija, 3- meko drvo, 4- trup broda



Slika 8. Čelično dno pješčane kutije sa rupama za pijesak



Još jedna važna stavka koju je potrebno osigurati pri pripremi potklada je da one budu dovoljno visoke da se ispod broda može obavljati sva potrebna djelatnost, te da se omogući postavljanje saonica na saonik.

## 2.5 Osnovni pravac i ravnina za gradnju broda

Prije nego li položimo prvu sekciju broda na navoz, potrebno je odrediti osnovni pravac gradnje broda. Od tog pravca, koji se prostire uzduž sredine navoza, računaju se svi ostali podaci potrebni za montažu trupa, jedan od njih je poklapanje simetrale navoza sa simetralom broda.

Njime se također određuje visina kobilinih potklada, jer nagib osnovnog pravca i nagib navoza ne moraju biti isti. Stoga, visina potklada nije svugdje ista po dužini broda.

Osnovni pravac se postavlja tako da meko drvo koje je točka dodira između potklada i trupa bude u jednoj ravnini. Taj posao obavlja posebna brigada geodeta u brodogradilištu, a uglavnom se koriste nivelirima.

Druga važna ravnina je ravnina dna broda. Zbog polumjera zakrivljenosti navoza, visine potklada nisu iste, pa je potrebno kontrolirati njihove visine kako bi se dobila ravnina dna broda.

## 2.6 Tehnološke mogućnosti transporta u brodogradilištu

Transportna sredstva i nosivosti su zapravo glavne odrednice koje diktiraju masu sekcija koje se mogu montirati u bilo kojem brodogradilištu.

Naravno, svako povećanje transportnih sredstava u jednoj fazi proizvodnog procesa automatski traži i povećanje transporta u svim prethodnim fazama. Evo nekih od glavnih transportnih sredstava u brodogradilištu, vidi sliku 9:

### Navoz 1

- 2x60t (dvije dizalice, svaka sa jedne strane navoza)
- 2x100t (dvije dizalice, svaka sa jedne strane navoza)

### Navoz 2

- 1x60t (dizalica sa istočne strane navoza)
- 2x100t (dvije dizalice, svaka sa jedne strane navoza)



Slika 9. Dvije 100t dizalice u radu na navozu

Kako je u brodogradilištu uveden sustav paletizacije, u ukupnu masu sekcije koju prenosi samohodni transporter moramo uračunati i masu palete na kojoj se nalazi sekcija, odnosno od stvarne nosivosti transportera oduzeti masu palete. Na taj način dobivamo da je maksimalna masa sekcije koja se može transportirati 150t.

Sredstva parternog transporta:

- Samohodni transporter «Cometo» nosivosti 180t
- Samohodni transporter «Kamag» preostale nosivosti 140t
- Samohodni transporter «Gorica» preostale nosivosti 45t
- Samohodni transporter «Cometo» nosivosti 90t

Maksimalna masa sekcija koja se može podići na navoz:

- Navoz 1: 160t (gledano u CL navoza)
- Navoz 2: 160t (gledano u CL navoza)

Kada uzmemo u obzir položaje navoza, te dostupnosti dizalica u slučaju većih širina, dolazimo do podatka o gabaritima maksimalnog broda koji se može proizvesti na kojem navozu:

- Navoz 1: 282x50m
- Navoz 2: 250x37.75 (39.15; 42)m
- Navoz 3: 175x25m

Kod gradnje brodova širine od 39.15m dolazi do blokiranja rada dizalice na desnom boku budući da brod preklapa kransku stazu do simetrane, a kod gradnje brodova širina od 42m nije moguće koristiti skele na bokovima broda.

Za gradnju brodova većih dužina treba razraditi tehnologiju gradnje trupa iz dva dijela sa spajanjem u moru.

## 2.7 Specifičnosti vezane uz gradnju karakterističnog broda

Karakteristični brod se gradi na navozu 2. Taj navoz opremljen je sa dvije 100t dizalice te jednom dizalicom nosivosti 60t.

Sam tok okrupnjivanja sekcija obavlja se u predmontaži, gdje će se formirati blokovi do maksimalne nosivosti sredstava transporta, i kao jedna cjelina idu na sljedeći stupanj proizvodnog ciklusa. Okrupnjeni blokovi su:

- dvodno strojarnice s oplatom boka do visine proveze
- dvodno skladišta s uzvojnim tankovima
- poprečne pregrade s donjim rampama i nasipnim kosinama
- blokovi nadgrađa 3 kata po visini, s montažnim spojem u simetrali
- pramčani pik gornji dio
- potpalubni bočni tankovi do mase prikladne za transport iz radionice
- potpalubni bočni tankovi (L/D u duljini jednog skladišta - 3 sekcije)
- poprečne pregrade u punoj širini

### 3. AKTIVNOSTI I FAZE RADA PRI MONTAŽI SEKCIJE NA NAVOZ

Prilikom posjeta brodogradilištu, na navozu su montirane dvije sekcije potpalubnih bočnih tankova. Obje su locirane na pramcu broda, te su među zadnjim sekcijama koje su trebale biti montirane na trup, a prikazane su na slici 10.

#### 3.1 Tijek operacija kod montiranja sekcije na navoz

Općenito, tok operacija kod montaže sekcija, te njihovog međusobnog montiranja na navozu teče ovim redoslijedom:

- priprema sekcije (montaža preliminarnog oskeljenja te pomoćnih elemenata)
- dopremanje sekcija na poziciju montaže
- pozicioniranje sekcije, postavljanje sekcije u određeni položaj prema drugim sekcijama i njeno privremeno učvršćivanje
- podešavanje sekcija da bi ih se moglo međusobno zavariti (sastoji se od obrezivanja spojnih mjesta da bi se dobio ravnomjerno odmaknuti lim na stičnom spoju, te u ravnanju limova ili profila sekcija na mjestu spoja sa drugom sekcijom, bilo termički ili hladnim postupkom)
- privarivanje sekcije (ručno zavarivanje na nekim mjestima spoja sa drugom sekcijom)
- zavarivanje sekcije (potpuni zavar svih stikova i šavova, strojno ili ručno)



Slika 10. Sekcije potpalubnih bočnih tankova u pripremi za montažu

### 3.2 Priprema sekcija za montažu

Prije nego li se montiraju sekcije na trup, važno ih je pripremiti. Ta priprema se uglavnom sastoji od privarivanja pomoćnih elementata za montažu, npr:

- klinovi za pozicioniranje
- trake za pritezanje (lamele, vidljive na slici 12)
- preliminarno oskeljenje sekcije
- uške za okretanje i dizanje (vidi sliku 11)



Slika 11. Uška za transport sekcije

U ovoj fazi uglavnom sudjeluju samo zavarivači, koji trebaju elemente zavariti na sekciju.



Slika 12. Sekcija potpalubnog bočnog tanka u pripremi

### 3.3 Dopremanje i pozicioniranje sekcije na mjesto montaže

Pošto je sekcija pripremljena, potrebno ju je dizalicama podići na navoz, te pažljivo pozicionirati i montirati na njeno mjesto. Na slici 13 vidi se lokacija pramca na koju treba montirati potpalubni bočni tank.

U ovom slučaju obje 100t dizalice koje su dostupne na navozu 2 rade sinhrono te podižu sekciju na njenu lokaciju na pramcu broda, što je prikazano na slici 14. U ovoj fazi posla sudjeluju dizaličari (transport sekcije) te brodomonteri (prihvat sekcije čeličnom užadi).



Slika 13. Mjesto na koje će se montirati sekcija wing tanka



Slika 14. Sekcija se pozicionira na odgovarajuće mjesto

### 3.4 Podešavanje sekcije za montažu

Podešavanje sekcije se sastoji od manjih radova na sekciji. Uglavnom su to obrezivanje montažnih viškova da bi se sekcija mogla točno pozicionirati na mjesto određeno tehničkom dokumentacijom. U ovoj fazi sudjeluju zavarivači, rezači, brodomonteri i dizalčari, i svi moraju ostvariti visoku razinu komunikacije da bi se posao obavio, prikaz na slici 15.



Slika 15. Radovi pri pozicioniranju sekcije

Na slici 16 prikazan je jedan detalj iz podešavanja sekcije. Postojao je problem pri smještanju sekcije na njenu poziciju, jer je lim unutarnje oplata potpalubnog bočnog tanka bio izvučen previše izvan svoje sekcije. Tehnološki ta izvučenost je postojala da bi se izbjeglo dupliciranje zavara na istom mjestu radi izbjegavanje unosa topline, a time i zaostalih naprezanja koja bi se pojavila.

Da bi se riješio problem, odrezano je više nego predviđeno tehnološkim viškom sa ranije montirane sekcije kako bi potpalubni bočni tank sjeo na svoje mjesto, te da bi bili u mogućnosti pravilno montirati sekciju.



Slika 16. Problematična lokacija kod montaže sekcije

Jedan od alata koji se koriste pri ovom poslu je mehanički pritezivač, vidljiv na slikama 17 i 18. Jednim krakom se spoji sa sekcijom koja je već montirana, drugim na pomoćnu traku sekcije koja se montira. Nakon toga se rotacijom središnjeg elementa ostvaruje primak jedne sekcije drugoj. Također se koriste hidrauličke pumpe kad je potrebna veća sila da bi se sekcija postavila na željenu poziciju.



Slika 17. Traka prethodno zavarena na sekciju, služi kao pritezni element u kombinaciji sa mehaničkim pritezivačem



Slika 18. Mehanički pritezivač sekcije

Pošto je sekcija pozicionirana, kontrolira se njen poprečni i uzdužni nagib, te da li je pravilno centrirana, a ukoliko je potrebno sekcija se fino podešava u smjeru duljine i širine broda, mehaničkim ili hidrauličkim sredstvima.

Klinovi su jedan od načina podešavanja sekcija, prikazani su na slici 19, a također se koriste kao elementi za regulaciju zavara sekcijskog spoja.



Slika 19. Klinovi za korekciju oblika i položaja sekcije

### 3.5 Privarivanje sekcije

Privarivanje ili jemčenje sekcija sastoji se u ručnom zavarivanju na nekim mjestima spoja sa drugom sekcijom. Nakon što se sekcija privari, a prije nego li se potpuno zavari, mora se izvršiti kontrola pripojenog spoja za zavarivanje. Tu kontrolu obavlja brodogradilište, ali konačnu odluku da li je sekcija pogodna za zavarivanje donose predstavnici registra i brodovlasnika. Kod privarivanja sudjeluju samo zavarivači.



Slika 20. Mjesto spoja dvaju sekcija prije pripreme za zavarivanje



### 3.6 Zavarivanje sekcije

Nakon što su predstavnici registra i brodovlasnika odobrili da je sekcija spremna za zavarivanje, počinju radovi.

Prvo se korjen šava sučeljenog spoja između dvaju sekcija popuni MAG postupkom, a nakon toga se režu pomoćni elementi da bi se šav pripremio za automatsko zavarivanje pod praškom, na slici 21 prikazan je jedan uređaj za automatsko zavarivanje.

Nakon što je šav popunjen, slijedi navarivanje oštećenja, popravak zavara te brušenje oštećenja na limu. Česta oštećenja su kapljice od prskanja taline i razni oblici mehaničkih oštećenja. Ukoliko se sekcija deformirala, potrebna je i intervencija ravnača.

U ovome dijelu posla sudjeluju zavarivači, brusачi, rezači i ravnači.



Slika 21. "Žabica" za automatsko zavarivanje

## 4. KONTROLA, ISPITIVANJE I PRIMOPREDAJA U MONTAŽI

### 4.1 Kontrola i ispitivanje sekcija u predmontaži

Nakon što se sekcija okrupni u fazi predmontaže, slijede još dva finalna koraka: kontrola i primopredaja. Sekciju treba pregledati, kontrolirati radove na njoj, te mora biti odobrena od strane predstavnika brodovlasnika i predstavnika registara.

Svaka gotova sekcija mora zadovoljavati neke osnovne uvjete prije nego li se ona može početi kontrolirati.

- mora biti izrađena točno prema radioničkim nacrtima
- sekcija mora biti gotova, ne smiju se obavljati nikakvi radovi dok traje kontrola
- sav škart, otpad, ostaci od obavljanja radova te uređaji moraju biti odstranjeni, a sekcija očišćena
- obavezno se mora osigurati prohodnost i pristupačnost svakom dijelu sekcije
- u slučaju loše vidljivosti unutar sekcije, osigurati izvor svjetlosti

Kontrola sekcija je veoma delikatan i diplomatski posao. Predstavnicima brodovlasnika<sup>2</sup> uvijek žele kvalitetniji rad i izvođenje svih radova u skladu sa propisima. Inspektor registra također kontrolira da li je brod napravljen prema specifikacijama te da li ispunjava sve uvjete registra. On je također neovisan kontrolor koji služi kao arbitar u slučaju konflikta između predstavnika brodovlasnika i brodogradilišta. Finalna zadaća koju ispunjava inspektor registra je da izda valjanu svjedodžbu o kvaliteti radova, a koja je neophodna za osiguranje broda.

Sa druge strane stoje inspektori brodogradilišta, čija je zadaća da poslovi budu izvršeni na vrijeme i dovoljno kvalitetno, bez povećanja troškova proizvodnje. U tom polju uvijek ulaze u konflikte sa interesima brodovlasnika, koji želi bolji brod za manje novca.

#### 4.1.1 Alati za kontrolu sekcija

U fazi kontrole gotove sekcije inspektori su naoružani primarno svojim poznavanjem IACS standarda te alatima koji moraju biti standardizirani te ovjereni od strane IACS<sup>3</sup>-a. Alati koje koriste (i njihova namjena) su:

- metar (debljina lima, dimenzije)
- špaga (deformacije)
- čekić (stanje strukture)
- svjetiljka (deformacije, osigurava vidljivost)
- neizbrisiva plava ili žuta kreda (označavanje problema)
- zrcalo (teleskop, pregled teško dostupnih mjesta)
- mjerilo za grlo zavara
- radno odijelo, kaciga, rukavice, radne cipele (primarna sredstva sigurnosti u svakom brodogradilištu)

<sup>2</sup> Sastoje se od tri grupe, inspektori kontrole trupa, inspektori kontrole opreme i inspektori kontrole boje

<sup>3</sup> IACS - Međunarodna udruga klasifikacijskih društava

#### 4.1.2 Aplikacija sekcije

Smisao kontrole nakon predmontaže sekcija jest osigurati kvalitetu radova te poštivanje tehničke i tehnološke dokumentacije. Bez toga sekcija se ne može montirati na navoz, a mogući su daljnji problemi te ogromni troškovi u slučaju da se problematična sekcija provuče kroz kontrolu te montira na navozu, a slijedeća po redu se ne može montirati zbog nedostataka prethodne.

Proces kontrole i primopredaje zgotovljene sekcije zove se aplikacija sekcije.

Inspektori brodovlasnika i registra poslije predmontaže kontroliraju slijedeće stvari na sekciji:

- kvalitetu i izvedbu zavara
- deformacije elemenata strukture
- dimenzije te poštivanje nacрта
- zadovoljava li sekcija IACS standarde

Generalno govoreći, najčešće pogreške su u poštivanju nacрта, ponekad nedostaje kakav element, ponekad se elementi postave na krivu stranu itd.. Znaju se dogoditi i veće pogreške koje kolidiraju sa IACS standardima (npr. preuzak protupožarni otvor). Svi problemi sa sekcijom se naznačuju plavom kredom i dodatno se sve pogreške i nedostaci zapisuju na dokument – fakturu.

Svaka sekcija ima svoju fakturu i ukoliko se sekcija pregledava više puta, moraju biti dostupne sve prethodne fakture tako da sekcija ne mora biti pregledana u cijelosti, već je dovoljno kontrolirati prepravljene dijelove.

Nakon što je sekcija pregledana, ona ide na doradu ako je potrebno. Na doradi je potrebno prepraviti sve što su inspektori naznačili, a oznake koje se pri tome koriste su:

- VB/BV (vari-brusi/brusi-vari)
- Ø (zaokruženje, kod HP profila<sup>4</sup>)
- V (vari)
- KOP (kopanje starog zavara, te novo zavarivanje)
- UT/US (traži se ultrazvučno ispitivanje zavara)
- Δ (deformacija – treba izravnati ako moguće; ako ne, zamijeniti)

Nakon što je sekcija prošla kontrolu, a utvrđeno je da svi radovi zadovoljavaju, predstavnici brodovlasnika i registra potpisuju aplikaciju sekcije. Time se naznačuje da je sekcija odobrena za sljedeći korak u proizvodnom procesu.

---

<sup>4</sup> HP označava Holland Profil, tj. Bulb Profil.

## 4.2 Kontrola dimenzija i oblika na navozu

Na navozu kontrola dimenzija i oblika poprima pomalo drugačije značenje u usporedbi sa kontrolom u predmontaži, jer se mora osigurati točnost od samog početka gradnje trupa. Svaka pogreška se zbraja, jer se na pogrešku pri postavljanju sekcija dvodna nastavljaju progreške napravljene pri postavljanju sekcija uzvoja, sekcija poprečnih pregrada itd.. U konačnici, kad se zbroje sve te manje pogreške, rezultat može biti nenadoknadiiva greška u dimenzijama.

Osnovne točke kontrole na navozu su:

- kontrola centriranja sekcije
- kontrola poprečnog i uzdužnog nagiba sekcije

Osim te dvije glavne točke, neke sekcije imaju posebne zahtjeve za kontrolu, npr:

- kod sekcija dvodna kontrolira se i okomitost poprečnog presjeka sekcija i centralne linije broda te udaljenost dna broda od navoza
- kod uzvojnih sekcija dodatno se kontrolira poluširina broda
- kod sekcija dvoboka osim poluširine kontrolira se i visina palube

## 4.3 Alati kojima se određuje točnost u montaži trupa

Alati kojima se koristimo pri kontroli uglavnom su optički instrumenti za mjerenje položaja točaka u prostoru. U najširoj primjeni su tri uređaja:

- teodolit - slika 23
- nivelir - slika 22
- tahimetar - slika 24



Slika 22. Nivelir

Ovi uređaji su zamijenili tradicionalne uređaje kontrole dimenzija i oblika, pogotovo u fazi sastavljanja sekcija i montaže trupa gdje su geometrijske karakteristike građevnih jedinica velike, a tradicionalne metode i uređaji nisu efikasni.

- Teodolit se koristi za mjerenje horizontalnih i vertikalnih kuteva, a u primjeni je zamijenio visak.
- Nivelir se koristi za mjerenja razlika visina, a zamjena je za vodenu vagu.
- Tahimetar služi za mjerenje horizontalnih i vertikalnih kuteva te duljina, a ujedinjuje funkcije teodolita i daljinomjera. Daljinomjer je optički instrument za mjerenje duljine.



Slika 23. Teodolit

Princip rada mjernih uređaja je kontinuirano emitiranje infracrvene ili laserske zrake elektrooptičkog daljinomjera prema mjernoj točki. Nužan uvjet je da se mjerna točka vidi tj. između točke i instrumenta ne smije biti prepreka. Zraka se reflektira od mjerne točke i vraća u prijemnik na instrumentu u kojem se registrira. Nakon registracije prema faznoj razlici ulazne i izlazne zrake računa se udaljenost od točke do instrumenta.



Slika 24. Elektronski tahimetar

#### 4.4 Kontrola izmjera i oblika broda

Kontrola izmjera broda obavlja se nakon montaže trupa, a prije porinuća. S obzirom na dimenzije objekta, koriste se optički mjerni instrumenti: teodolit i nivelir.

Kontrole izmjera obuhvaćaju sljedeće oblike provjere:

- mjerenje visine, širine i duljine broda
- mjerenje progibne linije dna
- mjerenje deformacije oplata pokrova dvodna između dvije pregrade u teretnom prostoru
- mjerenje izdizanja pramčanog i krmenog dijela trupa

Ove kontrole izmjera su definirane standardom kakvoće gradnje koji definira IACS. Ovdje ću prikazati na koji način se provode kontrola progibne linije te kontrola visine broda.

##### 4.4.1 Kontrola progibne linije broda

Deformacija oplata dna je odstupanje dna broda od osnovne horizontalne ravnine gradnje trupa. Mjerni rezultati u obliku izvješća o progibu dna predaju se inspektorima registra po čijim propisima se gradi brod.

Mjerenje se provodi teodolitom i mjernom vrpcom. Mjerni uređaj se postavlja ispod glavnog rebra u ravnini simetrale građevinskog mjesta i u tom položaju se fiksira. Prva mjerna točka postavlja se na glavnom rebu gdje se okomito na dno broda postavlja mjerna vrpca na kojoj se očitava visina. Mjerni rezultat točke na glavnom rebu je referentan za ostala očitavanja koja se provode na odabranim rebrima. Vrijednosti se zapisuju te koriste za konstrukciju progibne linije dna broda.

#### 4.4.2 Kontrola visine broda

Visina broda kontrolira se nivelirom i mjernom vrpcom na pozicij glavnog rebra. Nivelir se postavlja u simetralu na poziciji glavnog rebra ispod broda na građevnom mjestu. Prvi korak mjerenja je određivanje visine vizurne osi nivelira od dna broda tako da se od glavnog rebra spusti mjerna vrpca i očita visina. Nakon toga se s jednog i drugog boka spušta mjerna vrpca, te se nivelirom očitaju visine sa obje strane. Od izmjerenih vrijednosti oduzima se visina od dna broda do vizurne osi nivelira te se dobije visina broda na glavnom rebro. Izmjerene vrijednosti se zapisuju i uspoređuju sa teoretskom visinom broda.

#### 4.4.3 Dopuštena odstupanja

Dopuštena odstupanja u brodograđevnom procesu definirana su IACS standardom, gdje su uključene sve vodeće klasifikacijske ustanove.

IACS standardom za montirani trup bbroda na građevnom mjestu definiraju se vrijednosti dopuštenih odstupanja linije kobilice broda, izdizanje pramčanog i krmenog pika te dna na sredini broda. Nadalje definiraju se tolerancije duljine između okomica, širina i visina broda te duljina između stražnjeg kraja statvene cijevi i glavnog motora.

U fazi montaže sekcija u trup broda definira se standard dosjeda elemenata koji obuhvaća njihova dopuštena odstupanja, te standard popravaka. Kontrola dimenzija i oblika u brodogradnji je stoga zahtjevan posao koji traži balansiranje mnogih faktora poput strukture, mase, dimezija blokova i sekcija.

#### 4.5 Kontrola sekcija nakon montaže

Nakon montaže sekcije na navozu, potrebno je prekontrolirati radove. Cilj ove kontrole je da se dobija jasna predodžba o prisutnosti ili odsutnosti kritičnih nepravilnosti tj. potrebno je osigurati da ne postoje ikakvi neprihvatljivi defekti na vitalnim točkama broskog trupa. Pod kontrolu i ispitivanje konstrukcije trupa na navozu spadaju:

- ispitivanje zavora
- provjere konstrukcije (ispitivanje nepropusnosti pregrada, palube, tankova)
- provjera glavnim dimenzija broda

##### 4.5.1 Kontrola zavora

U brodograđevnoj struci nije dovoljno osigurati funkcionalnost proizvoda, već naše znanje i kvaliteta rada mora obuhvaćati cijeli vijek trajanja i eksploatacije. Stoga, da bi se udovoljilo propisima, te povećala sigurnost i ekonomičnost, potrebno je vršiti kontrolu zavarivanja kao najvažnije tehnološke operacije sastavljanja brodskih sekcija. Montažnim zavarima treba posvetiti posebnu pažnju.

Kontrola zavora se nakon montaže vrši na sličan način kao i prije montaže sekcije.

Uglavnom se ispitivanja zavora provode vizualno, ultrazvučno ili rijeđe rendgenski. Nastoji se obuhvatiti i ispitati mjesta najvećih naprezanja. Tako, npr. treba ultrazvučno ispitati stične spojeve oplata, opločenja palube čvrstoće i drugih djelova trupa broda koji doprinose uzdužnoj čvrstoći broda. Preporuča se da se veći dio tih ispitivanja obavi na mjestu križanja stikova i šavova plošnih sekcija, čiji položaji su najkritičnija mjesta zavarenog spoja.

Također, ultrazvučno se ispituju elementi podvrgnuti posebno visokom lokalnom opterećenju te vrlo debeli elementi i spojevi (krmena statva).

Ukoliko nakon kontrole predstavnici registra i brodovlasnika nisu zadovoljni sa radovima, brodogradilište je dužno odrediti opseg popravaka. Nakon popravaka potrebno je ponovno ispitati zavar, te njemu susjedne radi mogućih promjena. Ukoliko vizualno, i nerazornim metodama kontrole zavara utvrdimo više od 10% pogrešaka, pogotovo ako se radi o stikovima završnog voja, palubne proveze, uzvojnog voja ili kobilice, stručnjak registra može zatražiti i veći opseg ispitivanja i kontrole zavara.

#### 4.5.2 Provjera konstrukcije

Pregled konstrukcije trupa vrši se postepeno, nakon što se za određeno područje završi ispitivanje spojeva između sekcije.

Prvo je potrebno mjesto temeljito očistiti i pregledati. Nakon toga, po dolasku predstavnika brodovlasnika i registra, daje im se na uvid tehnološka dokumentacija vezana uz dio broda koji se provjerava, te se predstavljaju dokazi o kvaliteti zavara.

Vizualno se pregledaju zavari i cijeli prostor sekcije, a cilj je uočiti moguće deformacije elemenata. Sva odstupanja od propisa klasifikacijskog društva potrebno je ispraviti.

Kada je montaža određenog dijela broda potpuno završena, i ispitivanje spojeva sekcija i ostalih zavara na konstrukciji pokazuje zadovoljavajuće rezultate, pristupa se pripremnim radovima za ispitivanje nepropusnosti. Također se mora osigurati pristup strani sekcije na kojoj se vrši pregled.

Ispitivanje nepropusnosti pregrada koje nisu stjenke tankova dovoljno je obaviti mlazom vode. Na isti način ispituju se i nepropusna vrata, tuneli, čelični poklopci grotala, izloženi djelovi palube i otvori na vanjskoj oplati.

Ispitivanje se vrši tako da se mlaz vode pod tlakom usmjeri na mjesto spoja, te se sa druge strane promatra da li dolazi do propuštanja. Svi nedostaci se zaokružuju kredom, te je te lokacije potrebno doraditi.

Ispitivanje nepropusnosti tankova se vrši na drugačiji način, a to ispitivanje obavljaju radnici koji su specijalizirani baš za taj posao. Ovo ispitivanje vrši se punjenjem tanka vodom ili stlačenim zrakom ili plinom.

Kod ispitivanja punjenjem vodom, tank se puni do visine stupca tlaka koji odgovara najvećem tlaku kojem određeni tank može biti podvrgnut. Visinu stupca vode propisuju klasifikacijska društva, a vrijednosti se razlikuju prema namjeni tanka u eksploataciji.

Uz samo obavljanje ispitivanja vodom, potrebno je ispod lokacije gdje se nalazi tank postaviti dodatne potklade.

Ispitivanje zrakom ili plinom izvršava se tako da se svi otvori tanka zatvore, te se postavlja naprava za mjerenje tlaka u tank. Potom se u tank upuhuje zrak ili plin. Sa vanjske strane spojeva se montira vakuumska komora, a spoj se premazuje sapunicom. Pošto su untuar tanka veliki tlakovi, a izvan tanka u vakuumskoj komori je potlak, ako dođe do propuštanja vidljivi su mjehurići. Nakon prepravaka ispitivanje se ponovno provodi.



## 5. OCJENA STANJA MONTAŽE TE PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE

Montaža trupa na navozu je najvažnija i najzahtjevnija faza gradnje broda, gdje se troši ogromna količina radnih sati, radnih operacija i dodatnog materijala. Na fazu utječu svi prethodni proizvodni procesi u brodogradilištu, od nabave materijala, preko predobrade materijala, predmontažnih radionica pa sve do dostupnosti transportnih sredstava te naposljetku redoslijeda montaže. U slučaju bilo kakvog zastoja u bilo kojoj pojedinoj fazi proizvodnog procesa montaža je ta koja trpi negativne posljedice u vidu zaostataka ili nemogućnosti rada na određenom dijelu trupa. Stoga je bitno poznavati sve relevantne čimbenike koji utječu na montažu broda na navozu. Ti čimbenici se razlikuju od vanjsko-unutarnjih, tehničko-tehnoloških do organizacijskih.

Vanjsko-unutarnji čimbenici su manje u kontroli brodogradilišta kao organizacijske cijeline, a više stvar pojedinaca. Mogućnosti trižišta, cijene limova i profila, kašnjenja u isporuci materijala, mogućnosti transporta određenih dimenzija limova i profila do brodogradilišta su samo neki od problema koji se pojavljuju na tom polju. Utjecati na njih je teško, ali koristeći strateško planiranje nije nemoguće izbjeći neke od problema koji se pojavljuju. Izdvojen je veoma važan problem dimenzija transportnih puteva, naime u Hrvatskoj smo ograničeni u dobavi materijala na maksimalnu dimenziju 12 metara sa 3 metra. To ograničenje predstavlja problem za brodogradnju jer manji limovi zahtijevaju više zavara te više radnih sati utrošenih na montažu.

S druge strane, iduće dvije kategorije, tehničko-tehnološka i organizacijska, su primarno pod kontrolom brodogradilišta. Rezultat organizacije je kraći proces montaže koji zauzvrat daje manji utrošak radnih sati i dodatnog materijala ukoliko su sekcije koje se montiraju veće i ukoliko se što više opreme ugradi u predmontaži. Time se povećava težina sekcija koja je ograničena nosivošću dizalica na navozu, ali baš zbog toga je to jedna veoma strateški važna investicijska točka. Povećanje nosivosti na jednom navozu traži povećanje nosivosti i u prethodnim dijelovima procesa, stoga bi moj prvi prijedlog poboljšanja bio povećanje kapaciteta dizalica, te povećanje nosivosti uređaja horizontalnog transporta. Ovo povećanje moguće je ostvariti na više načina, jedan od njih je izgradnja velike portalne dizalice nosivosti 450t preko navoza 1 i navoza 2. Time bi se vrijednost investicije mogla isplatiti korištenjem na dva navoza. Naravno takav pothvat zahtijevao bi da se obnove dizalične trase, dodatno učvrsti teren te rušenje navoza 3, koji se ne koristi.

Sa organizacijskog gledišta, sve je povezano sa prva dva čimbenika, a ta ovisnost se očitava u organizaciji i podjeli poslova, vrsti poslova, vremenu potrebnom za izvršavanje zadataka, broju radnih sati te veličini brigada potrebnih za izvršavanje tih zadataka u brodogradilištu. Do unazad 5 godina, hrvatska su brodogradilišta patila od kroničnog manjka komunikacije među radionicama, što se uglavnom očituje u postotku sekcija koje se predaju ispravne iz prve aplikacije. Taj postotak je uglavnom poražavajući. Prijedlog za poboljšanje se sastoji od detaljnijih kontrola u predmontaži prije predaje sekcije, te moguće uvođenje poučnog programa za radnike, koji dolazi iz raznih struka, a ne nužno tehničkih.

Za kraj, jedan radikalni prijedlog koji je razmatran mnogo puta, ali nikada ostvaren, a po mojem saznanju nikada nije niti detaljno razrađen: izgradnja suhog doka. Brodogradilište stoji na veoma velikom zemljištu iznimne kvalitete i lokacije. To je jedan važan resurs koji bi se trebao iskoristiti najviše moguće. Jedna od potencijalnih lokacija za izgradnju bio bi južni

dio opremne obale gdje bi se, zbog mogućnosti proširenja nauštrb prvog navoza mogla ostvariti ušteda u izgradnji. Naime, smanjila bi se potreba iskapanja zemlje jer na toj poziciji bi bilo dovoljno zatvoriti prostor te isušiti more. Dok bi se također trebao proširiti u kopneni dio brodogradilišta primarno zbog velikih dimenzija doka. Za izgradnju brodova do 300m potreban bi bio dok duže ono 400m. Povećanje kapaciteta gradnje korištenjem suhog doka bilo bi uistinu dramatično. To bi pomoglo privući neke nove, a vratiti neke stare brodo vlasnike. Kombinacija hrvatskog "tailor-made"<sup>5</sup> principa gradnje brodova i suhog doka mogla bi odzvanjati veoma pozitivno te bi uvelike doprinijelo konkurentnosti brodogradilišta na tržištu.

Ukoliko bi se investiralo u povećanje propusnosti mjesta montaže na navozu, te povećale mogućnosti dizanja na navoz, moguće bi bilo uvesti princip gradnje iz modula. Uvođenje blokova i modula bi zahtijevalo razne investicije i razmatranja diljem brodogradilišta, ali nema sumnje da bi se brzina gradnje povećala, te da bi se smanjili ukupni radovi na navozu.

Zadnji prijedlog bio bi moguća ogradnja navoza radi smanjenja vremenskih uvjeta na proces montaže. Redovito radovi staju zbog kiše, vjetrova ili niskih temperatura, što su sve nepotrebni gubici koji se mogu izbjeći zatvaranjem navoza. To je investicija koja bi se mogla izvesti relativno jeftino u usporedbi sa ostalim načinima povećanja konkurentnosti, a njeni utjecaji bi se trebali očitovati odmah po izvedbi radova.

---

<sup>5</sup> Princip gradnje gdje se brod kroji po točnim željama i specifikacijama brodo vlasnika.

## 6. ZAKLJUČAK

Montaža trupa je kompleksan proces. Proces koji se mora obavljati u ekstremno teškim uvjetima, u uskom vremenskom periodu gdje su svi dijelovi montaže trupa na navozu u uskoj vezi sa svim prethodnim procesima gradnje.

To je posao koji se mora obaviti stručno, točno, brzo i efikasno, a upravo u toj efikasnosti i brzini rješavanja. Upravo u tim poljima važna je stručnost i kvaliteta radnika. Brodomonteri, zavarivači, dizaličari, rezači i brusaci, svi oni sudjeluju u procesu montaže a njihova međusobna komunikacija iznimno doprinosi zadovoljavajućem finalnom proizvodu.

Da bi se trup broda montiralo potrebno je prvo brod podjeliti na manje građevne jedinice i prostore kako bi smo i posao razdjelili na savladive cjeline. Potom treba te jedinice izgraditi a potom i prekontrolirati. Na taj način osiguravamo kvalitetu radova koja je nužna kako bi se te sekcije mogle montirati u jednu cjelinu, brod.

U konačnici obavljanje svih poslova na zadovoljavajući način osigurava sredstva potrebna za izgradnju te pokrivanje troškova brodogradilišta, gdje je naš finalni proizvod konkurentan na tržištu, ispunjava svoju svrhu te treba izdržati protok vremena. Svi ti ciljevi su dosada ispunjavani, a hrvatski tailor-made brodovi su oličenje kvalitetnog proizvoda. Ukoliko hrvatska brodogradnja nastavi tim tempom, mogla bi preživjeti krizu koja je zahvatila svjetsko tržište.

## **POPIS LITERATURE**

- [1] Sladoljev, Ž.: Tehnologija gradnje plovnih objekata, skripta - interno izdanje, FSB
- [2] Muselin, A.: Montaža trupa broda na navozu, izborni projekt FSB, 2007.
- [3] Tehnička i tehnološka dokumentacija montaže broda, 2011.
- [4] Žiha, K.: Konstrukcija broda, Digitalni udžbenik, FSB