

Tatjana STANIVUK, Pomorski fakultet u Splitu, Zrinsko Frankopanska 38, HR-21000 Split, Hrvatska, tstanivu@pfst.hr

Ivana ZORE, BIS-Trup d.o.o., Put Supavla 21, HR-21000 Split, Hrvatska, ivana.zore@brodosplit.hr

Matko BALIĆ, BIS-Trup d.o.o., Put Supavla 21, HR-21000 Split, Hrvatska, matko.balic@brodosplit.hr

TEHNOLOGIJA IZRADE, MONTAŽE I TESTIRANJA STABILIZACIJSKIH PONTONA KAO DIJELA BRODA ZA PRIJEVOZ TEŠKIH TERETA

Sažetak

Brodovi za prijevoz teških tereta (two sister ships) predstavljaju visoko sofisticirane offshore brodove. U svojoj klasi ističu se prvenstveno kapacitetom dizalica (2x1500 tona), palubnim poklopcima, DP2 sustavom, itd. Upravo spomenute dizalice uvjetuju zahtjevne standarde gradnje i dimenzionalne točnosti izrade. U svrhu operabilnosti sustava dizanja i spuštanja tereta, uz standardni „heeling system“, javlja se potreba za dodatnim stabilizacijskim sustavom broda u vidu stabilizacijskih pontona. Stabilizacijski pontoni kao takvi predstavljaju “projekt unutar projekta”. Kutijaste strukture, sa vlastitim sustavom balasta i heelinga, težine 55 t, odnosno 77 t, predstavljaju izazov ne samo u izradi, već i u montaži, a ponajviše u samom testiranju i operabilnosti heeling sustava broda. Ovaj rad opisuje složenu tehnologiju gradnje pontona, od zavarivanja posebnih čelika, dimenzionalne točnosti, do testiranja pontona kao zasebnih jedinica i na kraju testiranja cijelog sustava na brodu. Pri tome valja naglasiti da ploveća dizalica, a to upravo jest ovaj brod, bez stabilizacijskih pontona gubi svoju primarnu funkciju, a to je prihvat teških tereta.

Ključne riječi: brod za prijevoz teških tereta, stabilizacijski pontoni, offshore, montaža, stabilitet

PRODUCTION TECHNOLOGY, ASSEMBLING AND COMMISSIONING OF STABILIZING PONTOONS FOR HEAVY LIFT VESSEL

Abstract

Heavy lift vessels (two sister ships) represent highly sophisticated offshore vessels. Among many outstanding characteristics, lifting capacity is most important (2x1500 tone), along with main deck and twin deck hatches, DP2, etc. Demanding building standards together with dimensional accuracy are conditioned precisely with cranes structure. For the purpose of rising of cargo within the standard heeling system there is a need for additional stabilization system of the ship in the form of stabilizing pontoons. “Project within the project” as they can be described are two box structures (55 t and 77 t) with their own ballast and heeling system. This paper deals with production technology, assembling and fitting of geometry together with commissioning on board. It is necessary to emphasize that the “floating crane”, and that is essential purpose of this vessel, without stabilizing pontoons loses her main aim and that is rising and transport of heavy cargo.

Key words: heavy lift vessel, stabilizing pontoons, offshore, assembling, stability

1. Uvod

Brod "Heavy lifter J6", opskrbljen je sa po dvije palubne dizalice nosivosti od po 1500 t. Dizalice su smještene na desnoj strani broda, te uvjetuju visoke kriterije konstrukcije trupa, osobito na desnoj strani broda, pojačanu konstrukciju, čelike povećane čvrstoće, posebne parametre zavarivanja, 100 % ispitanoost zavarenih spojeva, itd. Kapacitet dizalica ujedno rezultira i posebnim sustavom stabiliteta broda prilikom operacija podizanja i spuštanja tereta. Naime, poznato je da tzv. "heeling" sustav regulira nagib broda prilikom ukrcaja i iskrcaja tereta. U ovom slučaju samo navedeni sustav nije dostatan za reguliranje velikih sila (i nagiba) koji se javljaju prilikom prihvata 3000 t tereta. U tu svrhu, patentiran je (konstrukcijski) poseban stabilizacijski sustav – pontoni, koji prilikom operacija sa dizalicama regulira nagib broda. U radu će biti dan opis sustava pontona, sa naglaskom na strukturu, odabir materijala, te uvjete testiranja.

Konstrukcijski gledano pontoni imaju sličnu strukturu kao npr. klasične brodske sekcije dvodna. No, posebnost u konstrukciji pontona je izrada i montaže tzv. kuka. Kuke su elementi strukture pontona koji se direktno spajaju na brodske vodilice. Izrađene su od posebne vrste mikrolegiranog, sitnozrnatog čelika, visoke čvrstoće i udarne žilavosti. Ova vrsta čelika koristi se za izradu dizalica, mostova, offshore konstrukcija, visoko – tlačnih konstrukcija, itd. Preciznije rečeno čelik ove klase upotrebljava se za složene konstrukcije, izložene velikim i dugotrajnim opterećenjima, a gdje ujedno postoji zahtjev za što lakšom konstrukcijom.

Sama tehnologija gradnje pontona je vrlo složen i interesantan proces. U pitanju su vrlo visoki unosi topline, toplinske deformacije kao posljedica, a dimenzijska odstupanja gotovo da uopće nisu dozvoljena.

Testiranje pontona odvija se u nekoliko faza; provjerom geometrije, kinematike mehanizma i stabiliteta sustava. Ispitivanja su detaljna i opsežna, te predstavljaju strogo kontrolirane procese, što je još jedna od osobitost ovog projekta.

2. Konstrukcijske značajke pontona

Stabilizacijski sustav pontona, sastoji se od dva pontona (pontona 1 i pontona 2) istih dimenzija, kako slijedi:

Dimenzije pontona : 11,0 x 8,0 x 4,7 m;

Težina pontona: 77 t;

Gaz pontona: 2,35 m;

Uzdužni razmak rebara iznosi 800 / 770 mm, a poprečni 800 mm.

Ponton broj 1 (P1) se spaja na brod (lijevo / desno), a ponton broj 2 (P2) se uparuje sa pontonom broj 1. Sustav predviđa spajanje pontona na deset visinskih pozicija zasebno (P1) ili u paru (P1 + P2). Najniža pozicija predviđa gaz broda od 5,5 m, a najviša odgovara gazu od 8,5 m, [3].

2.1. Ponton 1

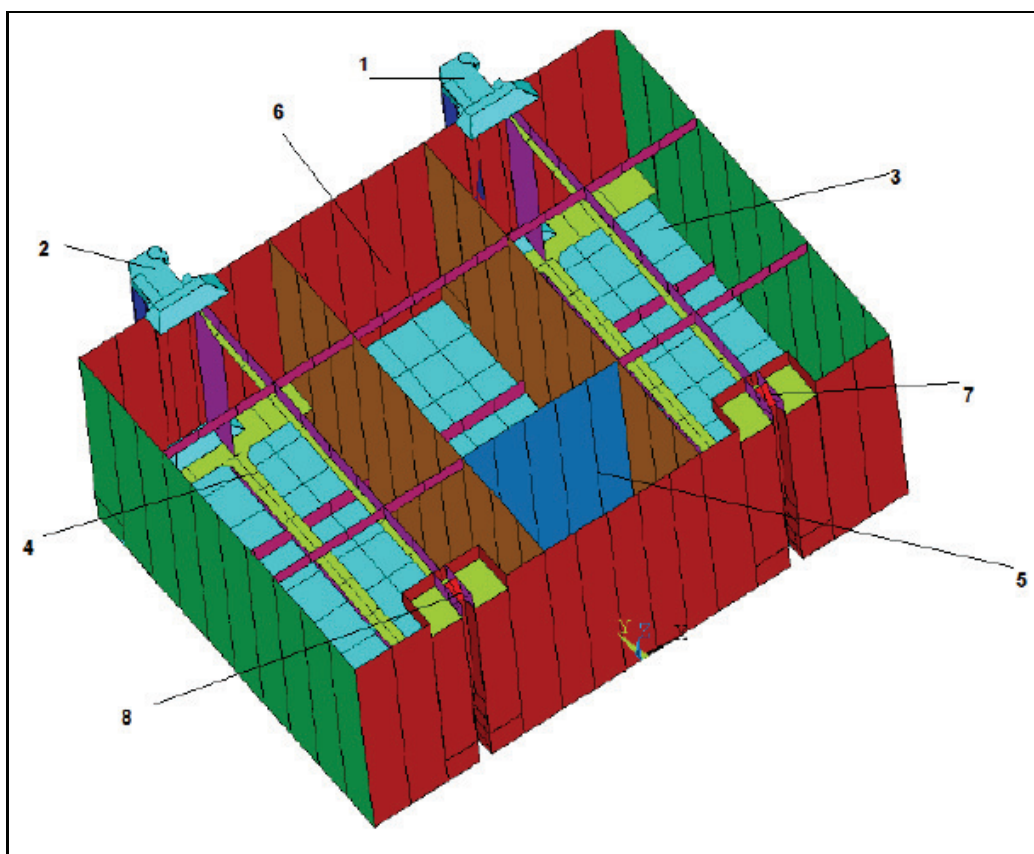
Ponton 1 sastoji se od dva balastna prostora (pramac / krma), jednog "heeling" tanka (po sredini) i suhog prostora (također po sredini pontona).

Ponton broj 1 izrađen je od normalnog brodograđevnog čelika, povećane čvrstoće uz izuzetak kuka pontona, koje su izrađene od sitnozrnatog čelika visoke udarne žilavosti. Pregled izradbenog materijala pontona 1, dan je u tablici 1 [1, 6].

Tablica 1. Konstrukcijski materijali (P1)

<i>Pozicija</i>	<i>Materijal</i>	<i>Raspon debljina, mm</i>	<i>R_m, N/mm²</i>
Dno	AH 36	7 – 10	235 – 350
Paluba	AH 36 / DH 36	7 – 12	235 – 350
Uzdužnjaci palube	AH 36	HP 140 x 8	355
Uzdužnjaci dna	AH 36	HP 200 x 9	355
Kuke	S690	200	690

Strukturu ovog pontona također čine i kuke kao podsekcija pontona 1. Naime dvije kuke su integrirani dio strukture koje služe za spajanje pontona na vanjsku oplatu broda (L/D). Na suprotnoj strani pontona u odnosu na kuke, nalaze se klizajući bolceni (dva komada) koji služe za međusobno spajanje pontona. Pozicionirani su u nišama na palubi pontona. Sastavni dio strukture čine i po dvije vodilice na istoj strani pontona koja navode ponton 2 na bolcene nosače, koji su pozicionirani u dnu vodilica, a služe kao oslonac pontonu 2, kada je uparen sa pontonom 1.

**Slika 1.** Podjela na prostore (P1):

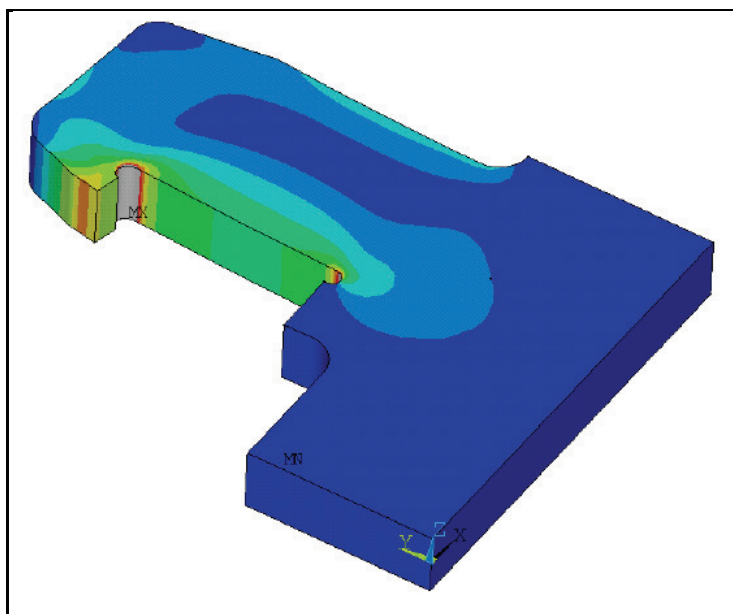
1, 2 – kuka pontona; 3, 4 – prostor balasta; 5 – “heeling” tank; 6 - suhi prostor; 7, 8 – niše za navođenje P2, [4]

Kuke pontona predstavljaju složeni mehanizam i integrirani su dio strukture pontona 1. Sastoje se od vertikalne čelične konstrukcije koja spaja dvije pozicije izrađene od čelika S690, debljine 200 mm. Kuke pojednostavljeno predstavljaju ključeve za spajanje pontona na brodsku strukturu – lijevane vodilice. Za izradu kuke pontona odabran je čelik S 690 QL po DIN 10137, odnosno A514Gr po ASME, a u tehničkim priručnicima može se naći i pod oznakama NAXTRA

70, WELDOX 700, DILMAX 690 i sl. Navedeni čelik pripada grupi sitnozrnatih mikrolegiranih čelika, koji uz dobra mehanička svojstva ima i dobru zavarljivost [7].

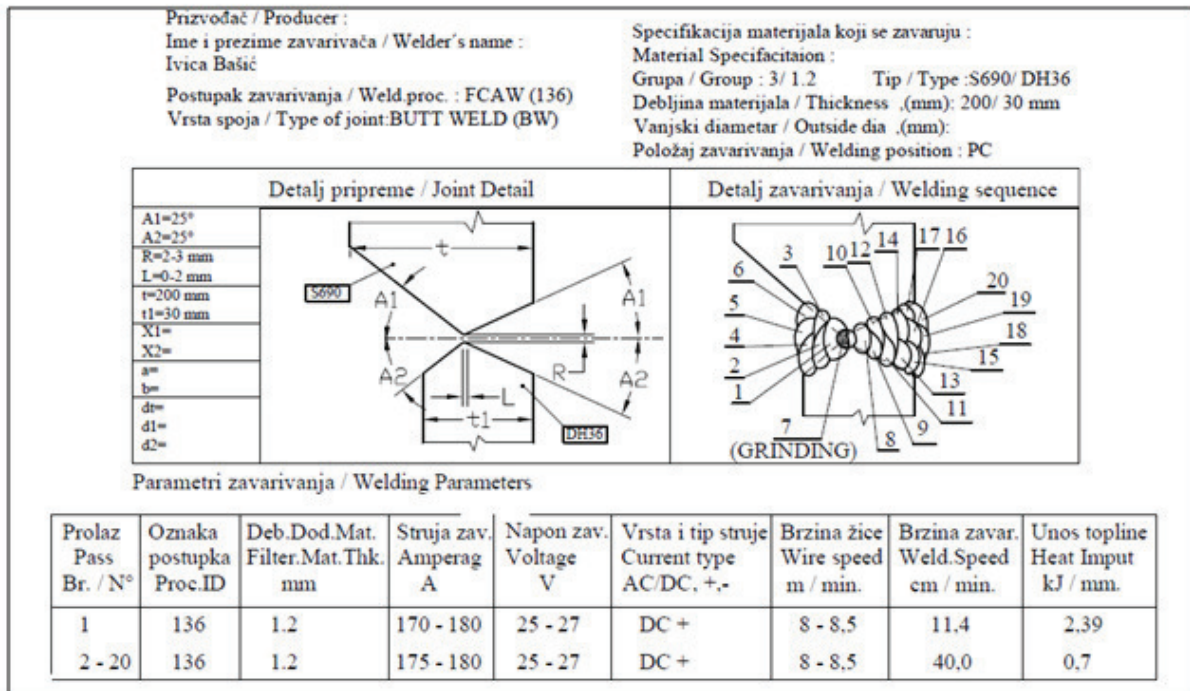
Struktura kuka stabilizacijskih pontona, izazov je ne samo s aspekta zavarivanja konstrukcije, već i sa stanovišta toplinskog rezanja. Naime, izuzetno je teško postići dimenzijsku točnost i kvalitetu površine prilikom rezanja čelika debljine 200 mm. Postizanjem istoga, javlja se problem kako postići dimenzijsku točnost prilikom zavarivanja različitih vrsta čelika na vrlo malom prostoru. Naime, veliki unos topline rezultira i određenim deformacijama strukture, što je neprihvatljivo, jer točnost konstrukcije mora biti u okviru +/- 1 mm, a mehanizam ima dozvoljena odstupanja od 0,05 mm.

Prilikom zavrivanja kuka tehnološki je razrađen proces do najsitnijih detalja. Zavarivanje ovih čelika može se izvesti većinom uobičajenih postupaka (REL, MAG, EPP), a za navedeni slučaj odabran je REL postupak uz obvezno predgrijavanje. Naime predgrijavanje je u ovom slučaju nužno zbog mogućnosti pojave hladnih pukotina., te je također obvezno sušenje dodatnog materijala. Temperatura predgrijavanja iznosi u prosjeku 150°C, međuslojna temepratura iznosi 200°C, a temperature sušenja dodatnog materijala oko 350°C u trajanju od 2 sata. Za sam postupak zavarivanja koriste se bazične, obložene elektrode. Redoslijed zavarivanja, pridržavanje uputstava iz WPS-ova, te kontroliran unos topline, nužni su u svrhu postizanja kvalitete zavarenog spoja. Prilikom zavarivanja različitih dijelova opreme i konstrukcije na kuke pontona, a s obzirom da su isti od različitih materijala, atestirano je nekoliko postupaka i pozicija zavarivanja. Jedan od primjera je vidljiv na donjoj slici (Slika 3.), a predstavlja kombinaciju u kojoj se zavaruju dva tipa čelika: S690 (materijal od kojeg je izrađeno čelo kuke) i DH 36 (materijal od kojega su izrađene uške za spajanje kuke sa vratima). [3, 5]

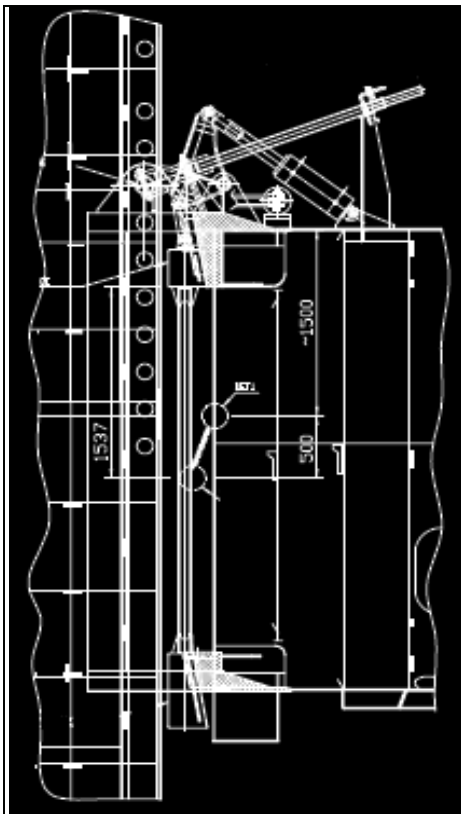


Slika 2. Strukturalni model kuke, [4]

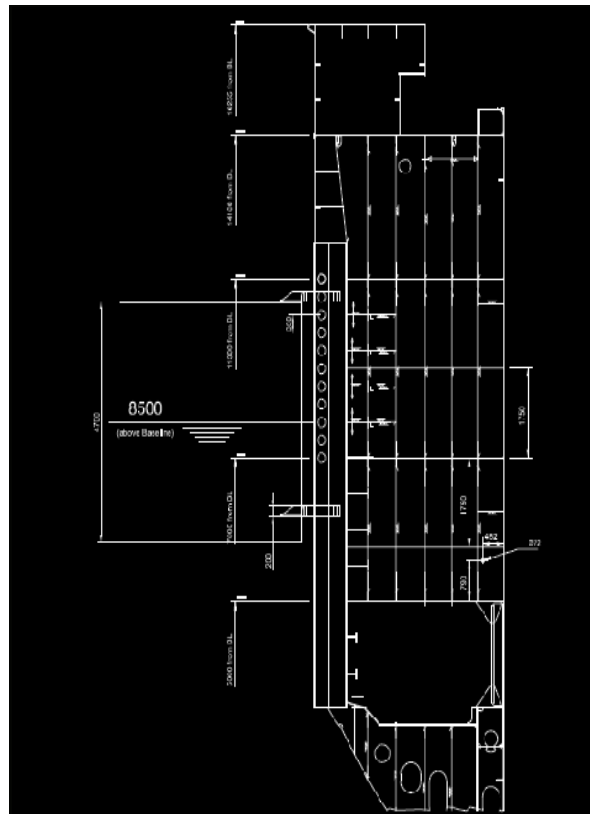
Prilikom montaže, korištene su pomoćne naprave i kontinuirano mjerenje geometrijske točnosti. Po završetku ispitivanja svi zavareni spojevi su ispitani u opsegu 100 %, minimalno 48 h nakon završetka zavarivanja, jednom od nerazornih metoda ispitivanja. [3]



Slika 3. Parametri zavarivanja (S90/DH36), [6]



Slika 4. Prikaz spajanja kuke na vanjsku oplatu broda, [6]



Slika 5. Pozicioniranje pontona na visinu 11,0 m od osnovice, [6]

2.2. Ponton 2

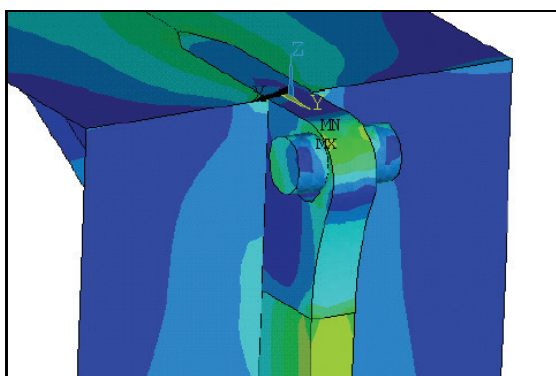
Ponton dva (P2) konstrukcijski je sličnih značajki kao i ponton 1, sastoji se od dva balastna prostora, jednog “heeling” tanka i jednog suhog prostora. [3]

U tablici 2, dan je pregled materijala korištenih u gradnji ovog pontona. Radi se o klasičnim brodograđevnim čelicima povećane čvrstoće. [6]

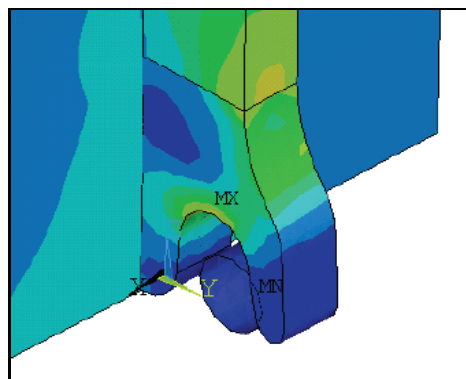
Tablica 2. Konstrukcijski materijali (P2)

<i>Pozicija</i>	<i>Materijal</i>	<i>Raspon debljina, mm</i>	<i>R_m, N/mm²</i>
Dno	AH 36	7 – 10	235 – 350
Paluba	AH 36 / DH 36	7 – 10	235 – 350
Uzdužnjaci palube	AH 36	HP 140 x 8	355
Uzdužnjaci dna	AH 36	HP 200 x 9	355

Konstrukcijska razlika između pontona 2 u odnosu na ponton 1 zasnovana je na njegovoj operativnoj funkciji. Naime, ponton 2 nije predviđen za spajanje direktno na brod, već samo na ponton 1. Iz tog razloga ponton 2 nema mehanizam kuka, već poseban mehanizam koji se sastoji od bolcena i vodilica, a služi za navođenje pontona 2 u ponton 1, oslanjanje i na kraju međusobno spajanje pontona. Mehanizam za međusobno spajanje pontona prikazan je u modelu na slici 6, a za oslanjanje na ponton 1 i samo navođenje pontona prikazan je na slici 7.

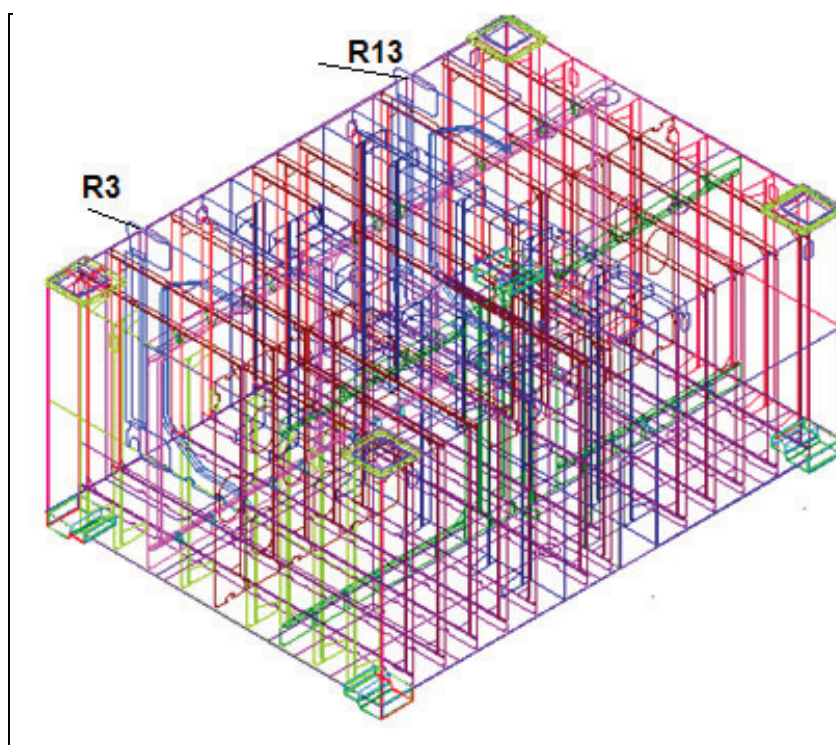


Slika 6. Prikaz gornje uške za međusobno spajanje pontona, [4]



Slika 7. Prikaz donje uške za oslanjanje P2 na P1, [4]

Gredni element (rebro 3 i 13) debljine 50 mm, koji se protežu duž cijele visine pontona služe kao navođenje pontona dva na ponton 1. U tu svrhu, kako je već ranije spomenuto, na pontonu 1 postoje niše na dnu kojih se nalaze poduporni bolceni, te je ponton 2 cijelom težinom oslonjen na iste. Na palubnom dijelu grednog elementa nalazi se po jedna uška debljine 150 mm (Slika 6), koja služi za međusobno zaključavanje pontona. Spomenute uške ulaze među par uški na pontonu 1, kad su simetrale uški u liniji, ručno se provlače bolceni, te su pontoni spojeni. Montaža i zavarivanje uški predstavljali su veliki izazov s aspekta kvalitete zavarenih spojeva i dimenzijske točnosti. Montaža se vršila uz pomoć posebno izrađenih naprava, te su pontoni bili spojeni za vrijeme zavarivanja, kako bi se osigurala tražen točnost. Kontinuirano su praćene toplinske deformacije i promjene na okolnoj strukturi. [2, 3]



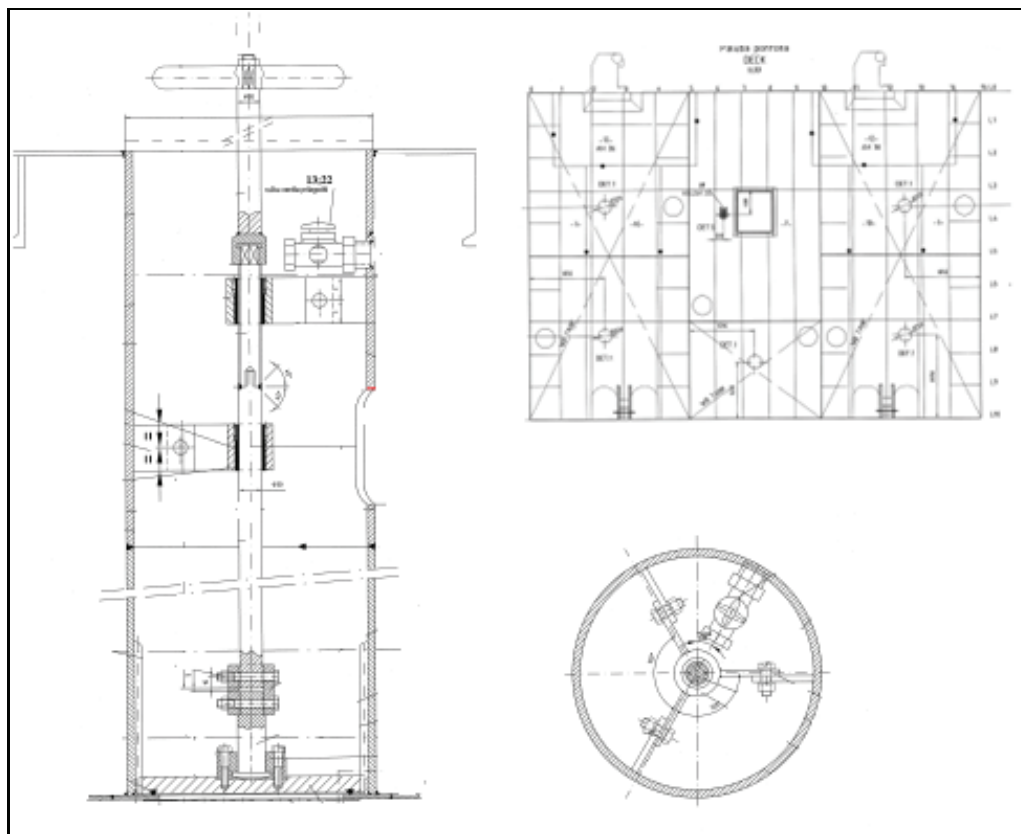
Slika 8. Model pontona 2, [6]

3. Sustav balasta i hidraulike

3.1. Sustav balasta

Sustav balasta u pontonima sastoji se od dva tanka koja su smještena, po dužini, s lijeve i desne strane broda. Svaki tank je podijeljen poprečnom pregradom u dva dijela. Pregrade su olakšane, te je, prilikom punjenja tanka, moguće prelijevanje morske vode. U svakom tanku nalazi se po jedna cijev balasta (dvije na lijevoj i dvije na desnoj strani). Cijevi se protežu od vrha palube pontona do dna pontona i služe za punjenje i pražnjenje tanka balasta (slika 9). Na vrhu cijevi nalaze se ventili. Isti se prilikom punjenja otvaraju. Rešetke, koje se nalaze na dnu pontona, se podižu i voda počinje nadirati u ponton. Upravljanje ventilima je ručno, a pontoni su projektirani tako da se punjenje tanka zaustavlja kada je gaz pontona 2,35 m tj. kada je ponton po visini uronjen do pola. Naime tlak koji se javlja u tanku pri toj visini gaza, automatski sprječava daljnji ulazak vode u tank [2 ,3].

Osim suhog prostora i tankova balasta u pontonima se nalazi i jedan odjeljak koji predstavlja “heeling” tank. U slučaju da se težište pontona promjeni ili uslijed vanjskih okolnosti ili uslijed neravnomjernog rasporeda opterećenja u balastima, stabilitet pontona regulira se preko ovog tanka. Proračunom je predviđeno da je za projektni gaz pontona (2,35 m) maksimalna dozvoljena visina vode u “heeling” tanku +/- 0,5 m. Ponton mora biti bez trima i lista na projektnom gazu, a u svrhu osiguravanja ovog zahtjeva stabilitet pontona je u nekoliko navrata provjeravan direktnom metodom tj. potapanjem pontona na projektni gaz. Opsežnim mjerenjima uslijed testiranja i preraračunavanjem podataka, konstatirano je da su i ponton 1 i ponton 2 asimetrični. U svrhu reguliranja asimetričnosti i zadovoljavanja projektnih zahtjeva proračunom je predviđeno da je za ponton 1 nužno dodati 10 t krutog balasta, dok je za ponton 2 nužno dodati 1,2 t krutog balasta. Osim toga u prostoru “heeling” nalazi se i jedan ejektor, koji služi za pražnjenje vode u tanku (ovo nije slučaj u tankovima balasta). [1, 2]



Slika 9. Prikaz presjeka cjevovoda balasta i razmještaja na pontonu, [6]

3.2. Sustav hidraulike

Nakon pozicioniranja pontona u vodilice na brodu slijedi “zaključavanje” sustava. Sustav pontona koji regulira uklinjenje na vodilice sastoji se od hidrauličkih vrata i klizača. Klizači su povezani preko kuka cilindrima, te su preko cjevovoda spojeni na hidrauličku upravljačku jedinicu. Klizači rade u paru, te su u gornjoj poziciji uklinjeni, a u donjoj otpušteni. Svaka kuka uz vlastiti klizač ima i pripadnu konstrukciju koja simulira vrata. Naime, prilikom zaključavanja kuka u vodilice, vrata naliježu cijelom duljinom u brodske vodilice i podizanjem klizača zaključavaju sustav. Vrata su međusobno povezana cjevnom polugom koja se, također, pokreće preko hidrauličkog cilindra.

Sustav se sastoji: od hidrauličke upravljačke jedinice (maksimalno opterećenje od 150 bara), jednog cilindra za pokretanje poluge za upravljanje vratima, dva cilindra za upravljanje sa klizačima, cjevovoda hidraulike i ručnog mehanizma za pozicioniranje bolcena u niše brodskih vodilica. Hidraulička upravljačka jedinica opremljena je agregatom i kabelom za spoj na brodsku mrežu [3].

4. Testiranje i rezultati

Testiranje pontona provodi se u nekoliko faza:

- Testiranje geometrije kuke – vodilice;
- Testiranje funkcionalnosti;
- Testiranje pojedinačnih dijelova opreme;
- Testiranje u sklopu predaje brodskih sistema.

Sustav prihvata kuka u brodske vodilice te “zaključavanja” sistema odnosi se prvenstveno na testiranje geometrije i operabilnosti kuka, klizača i vrata. Kuke na pontonima onemogućuju

poprečno pomicanje pontona u odnosu na brod, vrata uzdužno pomicanje pontona u odnosu na brod, a klizači onemogućuju pomicanje pontona u uzdužnom i poprečnom smjeru. Kada je ponton, tj. kuke pozicioniran u niše vodilica, ručno upravljani bolceni zaključavaju sustav i ponton je u potpunosti pričvršćen za vanjsku oplatu broda, te predstavlja nedjeljivi dio broskog trupa.

Prethodno navedeni mehanizmi testiraju se na nekoliko načina. Prije svega potrebno je provjeriti geometriju obrađenih površina i preciznost obrade. Provjera se vrši sklapanjem mehanizma i testiranjem bez opterećenja, a dozvoljena odstupanja su +/- 0,05 mm. Pri tome je važno napomenuti da se kuke predmontiraju na sekciju pontona i zavaruju zajedno sa klinovima i vratima. Klinovi i vrata, uz to što prilikom montaže učvršćuju konstrukciju i sprječavaju toplinske deformacije prilikom povećanog unosa topline, omogućuju i dimenzijsku točnost same kuke. Strojna obrada elemenata kuke i klina vrši se u nekoliko segmenata, a rezultat je potpuno nalijeganje obrađenih površina, što se na kraju provjera uzimanjem otiska ili "testom na plavilo".

Nakon provjere dimenzijske točnosti mehanizma zasebno, slijedi provjera geometrije nalijeganja kuka u vodilice broda. U svrhu ovog testiranja ponton mora konstrukcijski biti završen, te hidraulika mora biti testirana i u funkciji. Ponton se testira na nekoliko visina, slučajnim odabirom, te se mjeri nalijeganje pontona, tj. kuka unutar vodilica. Ovaj se test obavlja samo sa jednim pontonom, kojim se manipulira preko dizalice.

Ispitivanja koja se odnose na stabilitet pontona su punjenje tankova balasta istovremeno, do postizanja gaza pontona od 2,35 m, pri čemu se vodi računa da visina vode u "heeling" tanku ne smije biti veća od 0,5 m. Rezultati ovog testa, opisani u poglavlju 3.1., uvjetovali su dodavanje krutog balasta na oba pontona.

Ukoliko su sva prethodno navedena testiranja završila i udovoljila traženim zahtjevima, može se izvršiti testiranje pontona u sklopu "heeling" sustava broda. Uvjeti testiranja su kako slijede:

1. pontoni u stanju slobodnog plutanja pri gazu od 2,35 m;
2. maksimalni nagib broda od +/- 5 stupnjeva;
3. maksimalni udari vjetra od 6 čvorova;
4. srednji gaz broda od 5,35 m.

Prvo se testira lijeva strana broda na način da se osiguraju prethodno navedeni uvjeti, te se ponton počinje puniti vodom do ekstremnih stanja; u kojem je isti cijelim svojim volumenom prvo iznad vode a zatim je potopljen tako da samo jednim malim dijelom ostane iznad vode. Navedena ekstremna stanja pontona postižu se balastiranjem pontona, te se za proračune stabiliteta mjeri težina pontona, moment i provjera težišta sustava ponton / brod. Također se pri tome pune i "heeling" tankovi broda, te kad su postignuti traženi uvjeti punjenje se zaustavlja, kuke pontona su nalegle u vodilice i sustav se zaključava. Slijedi provjera okolne strukture vodilica, te kuka pontona, klizača i same strukture pontona, da bi se vidjelo da li je došlo do vidljivih oštećenja uslijed ekstremnih opterećenja. Isti postupak se ponavlja i za testiranje pontona na desnoj strani broda, a vrši se na nekoliko visina vodilice (najniža, najviša i srednja visina). [1]

Slijedeće ispitivanje odnosi se na testiranje spojenih pontona. Postupak je sličan kao i za testiranje samo jednog pontona, samo su sile i opterećenja znatno veća. Pontoni se spojeni spuštaju u more, te se ponavlja postupak kao i kod spajanja samo jednog pontona. Oba spojena pontona u balastu mogu opteretiti vanjsku oplatu broda, tj. vodilice i do 320 t, a kad se tomu još pridoda testiranje na najvišoj poziciji vodilica, opterećenje i rizik za okolnu strukturu su ekstremno visoki. Ovaj test jasnije potkrepljuje visoke kriterije i zahtjeve koji su morali biti ostvareni prilikom gradnje pontona.

5. Zaključak

Stabilizacijski pontoni, predstavljaju vitalni dio brodova za prijevoz teških tereta. Upotreba stabilizacijskih pontona nije nikakva novina u brodarstvu, poglavito u offshore brodarstvu. Složene

offshore operacije kao što su: bušenje morskog dna, polaganje cjevovoda, polaganje plinovoda, pozicioniranje i gradnja naftnih platformi, drastično pomiču mogućnosti postojećih brodova i nameću visoke kriterije prilikom projektiranja novih brodova. Ugrađivanje pontona kao elemenata koji pomažu održavanju stabiliteta broda, prilikom dizanja teških tereta, dobro je poznati koncept. Na žalost, brodovi za prijevoz teških tereta nisu prepoznatljivi proizvod hrvatskih brodogradilišta. Stoga su offshore brodovi izazov ne samo s aspekta projektiranja, već u puno većoj mjeri s aspekta gradnje, pogotovo ako se uzme u obzir da je hrvatska brodogradnja prepoznatljiva (i brodogradilišta koncipirana) po gradnji klasičnih brodova trgovačke flote. S obzirom da se glavina trgovačke flote gradi u jugoistočnoj Aziji, bilo bi dobro da se hrvatska brodogradilišta isprofiliraju u gradnji visoko sofisticiranih offshore brodova, kao što je primjer ove dvije novogradnje.

U gradnji istih, novinu upravo predstavlja sam koncept stabilizacije broda vanjskim djelovanjem – pontonima. Pontoni kao vanjski sustav stabilizacije mogu izazvati katastrofalne posljedice po posadu, brod i teret, ukoliko se njima nestručno rukuje. Posada koja upravlja ovim sustavom, tj. sudjeluje u operacijama podizanja i spuštanja tereta, dužna je proći obuku za rad na sustavu. Zahtjevi i kontrole su još veći i rigorozniji prilikom samog projektiranja i gradnje pontona. Upravo zbog prethodno navedenih opasnosti, svaki detalj se provjerava i kontrolira.

Posebnosti ovog projekta, osim primarne funkcije su i odabir materijala, mogućnosti vrlo preciznog toplinskog rezanja čelika debljine 200 mm, zavarivanje specifičnih materijala, specifičan redoslijed montaže cjelokupnog mehanizma i strojne obrade pojedinih elemenata pontona, te na kraju uvjeti i način provođenja postupka testiranja zasebno i kao cjelokupnog brodskog sustava.

Može se dakle zaključiti da je gradnja stabilizacijskih pontona vrlo složen proces te je potrebno posvetiti posebnu pažnju nizu detalja koji utječu na izgradnju istih. No, krajnji rezultat tako zahtjevne procedure je izvrstan i tehnički vrlo značajan proizvod.

“The results presented in the paper have been obtained in the scientific research project No. 250-2502209-2364 and the international research Project “The possibilities of reducing pollutant emissions from ships in the Montenegrin and Croatian Adriatic implementing Annex VI of MARPOL Convention” supported by the Ministry of Science, Education and Sport of the Republic of Croatia.”

Literatura

- [1] ROBB, A.M.: "Theory of Naval Architecture", Charles Griffin & Company Limited, London, 1952.
- [2] HUGHES, O. F.: "Ship Structural Design", John Wiley & Sons, Inc., and New York, 1983.
- [3] ...: Specification for the Construction of Heavy Lift vessel JUMBO J6, Brodosplit, 2011.
- [4] ...: Strength Calculation for Basic Design of Stabilizers, PT Structural, 2010.
- [5] ...: LRS "Codes for Lifting Appliances in a Marine Environment", 2009.
- [6] ...: Tehnička dokumentacija Brodosplit brodogradilišta, 2013.
- [7] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=52, 30 March 2014.