



POBOLJŠANJA U ZAVARIVANJU PRI GRADNJI BRODOVA U BRODOGRADILIŠTU "PULA"

WELDING IMPROVEMENTS IN SHIPBUILDING IN SHIPYARD "PULA"

Milan BIČIĆ¹⁾

Ključne riječi: zavarivanje, poboljšanje

Key words: welding, improvement

Sažetak: U tekstu su opisane neke mogućnosti za poboljšanja u tehnologiji zavarivanja koja su primijenjena u Brodogradilištu "Pula" počevši od projektiranja, preko rezanja i pripreme za zavarivanje pa do automatizacije zavarivanja.

Abstract: In these paper are described some possibilities of improvement in welding, implemented in Shipyard "Pula", beginning from the project, cutting and welding preparation until to the welding automatization.

¹⁾ Tehnomont Brodogradilište Pula, Fižela 7, 52100 Pula, Tel: +385 52 386 011, Fax: +385 52 386 328, e mail: mbicic@tehnomont.hr

1. UVOD

Brodogradilište Pula trenutačno je orijentirano na gradnju brodova duljine do 40 metara i brodskih sekcija. Trenutačno su u izradi i opremanju tunolovci za hrvatsku ribarsku flotu.

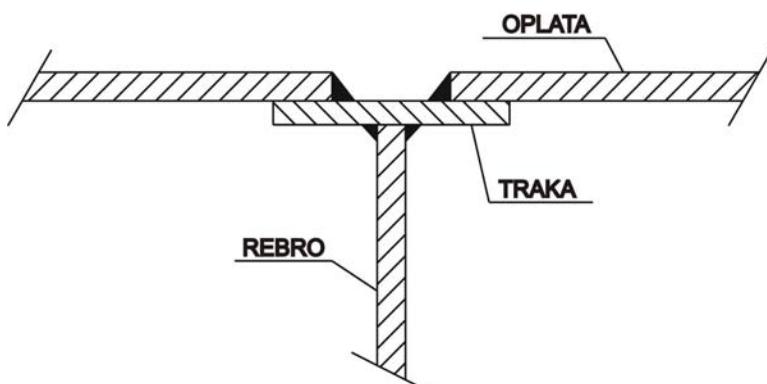
Sve veći zahtjevi na kvalitetu, troškove i poštivanje rokova u brodogradnji nose sa sobom i potrebe za uvođenje novih tehnologija i poboljšanja postojećih koja omogućavaju postizanje traženih zahtjeva.

Tzv. "mala brodogradnja" ima svoje posebnosti u odnosu na gradnju velikih brodova obzirom na manje prostore i manje debljine limova brodskog trupa.

Poboljšanja i uštede u zavarivanju moguće je izvesti na više načina počevši već od intervencija u detaljima trupa kod samog projektiranja, pripreme rubova u ovisnosti o redoslijedima montaže limova, automatizaciji itd.

2. PROJEKTIRANJE I ZAVARIVANJE

Kvaliteta i troškovi zavarivanja velikim su dijelom vezani već uz samo projektiranje određenih detalja broda. Zbog malih prostora koji su gotovo pravilo kod manjih brodova, problem je redovito pristupačnost kod zavarivanja spojeva u takvim prostorima. U pojedinim situacijama zavarivaču nije moguće provući ni ruku, a kamoli spoj kvalitetno zavariti. Primjer ovakvog slučaja gdje se nepristupačni spoj rješava već u fazi projektiranja prikazan je slikom 1.



Slika 1. Zavarivanje rebara kutnim zavarima na oplatu preko traka i "ažula" [1]

Budući da se u području krme broda prostor sužava toliko da je onemogućen pristup zavarivaču, jedna od oplate broda (lijeva ili desna) ne zavaruje se na rebara direktno, nego preko trake i otvora na oplati koji se u brodograđevnom žargonu nazivaju "ažule". Na slici 2. su prikazane "ažule" na brodskoj oplati.

Suradnja sa projektom važna je i u detaljima pripreme spojeva, odnosno vrstama spojeva. Poznato je da je vrsta spoja ovisna o više faktora: postupku kojim se zavaruje, poziciji zavarivanja, debljini lima, itd. Značajna je razlika ukoliko je brod manji pa se gradi na palubi ili je veći pa se gradi u sekcijama koje se montiraju na navozu. Obzirom na primjene keramičkih podloga, kojima se značajno smanjuje vrijeme zavarivanja, potrebno je voditi računa o tome je li otvor žlijeba okrenut unutra ili van. U Brodogradilištu Pula se koristi MAG postupak praškom punjenom žicom, REL postupak visokoučinskom elektrodom, REL postupak bazičnom elektrodom i EPP postupak.



Slika 2. "Ažule" na oplati tunolovca, gradnja 59

3. MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA U PROIZVODNJI

Mogućnosti za uvođenje poboljšanja u sam proces zavarivanja u proizvodnji su više stруke. Između ostalih, ovdje su navedene neke:

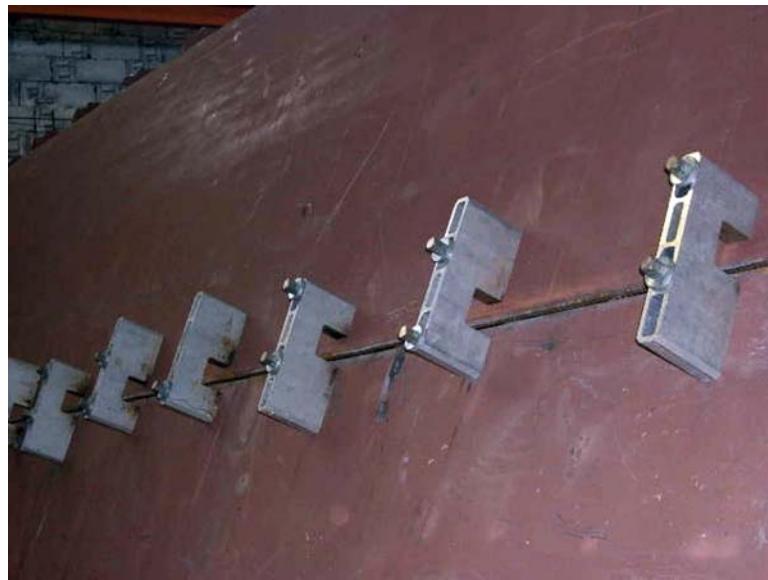
- poboljšanjem kvalitete reza
- korištenjem "stud welding" postupka kod pripreme spojeva za zavarivanje
- zavarivanjem na keramičkim podlogama
- automatizacijom zavarivanja

Za kvalitetu zavarivanja potrebna je kvalitetna priprema za zavarivanje. Kvalitetna priprema između ostalog podrazumijeva kvalitetan i gladak rez bez oštećenja na površini koja onda uzrokuju greške u zavarenom spaju. To onda podrazumijeva brušenje loše pripreme ili popravak loše zavarenog spaja. U oba slučaja nastaju nepotrebni troškovi. Razvojem tehnologije u brodogradnji se sve više primjenjuju metode koje olakšavaju rezanje i montažu limova i zamjenjuju stare metode montaže i pripreme spojeva umanjujući vrijeme montaže uz kvalitetniju pripremu. Smanjenje troškova rezanja uz istu kvalitetu može se postići opremom Harris Calorific. Ovom opremom moguće je rezanje acetilenom moguće zamijeniti plinom propan-butan čime se značajno štedi na plinu a postiže se kvalitetan rez.

Nekadašnje metode montaže limova prikazane na slici 3. zamjenjuje "stud welding". Oprema se sastoji od izvora struje, pištolja za zavarivanje svornjaka i aluminijskih mostića kojima se približavaju i učvršćuju limovi.

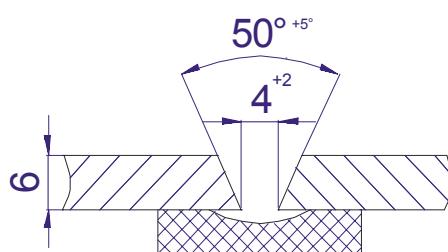
Prednosti pripreme spojeva korištenjem svornjaka i aluminijskih mostića su sljedeće:

- olakšava se posao brodomontera
- skraćuje se vrijeme pripreme spoja
- svornjaci se nakon zavarivanja lako skidaju čime se znatno smanjuju oštećenja na oplati i smanjuje vrijeme ponovnog nakapavanja oštećenja i brušenja.

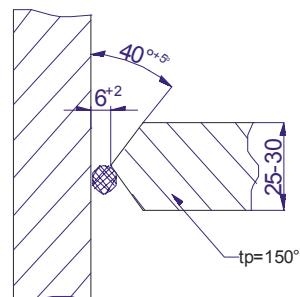


Slika 3. Montaža limova oplate broda pomoću aluminijskih mostića

Nakon montaže limova, slijedi lijepljenje keramičkih podloga. Primjena keramičkih podloga značajno skraćuje vrijeme zavarivanja. Zavarivanje je jednostrano, bez žlijebljenja i ponovnog zavarivanja korijena čime se smanjuje unos topline a time i deformacije.



Slika 4. Primjer pripreme za zavarivanje uz primjenu keramičke podloge (V-spoj, keramika sa žlijebom)



Slika 5. Primjer pripreme za zavarivanje uz primjenu keramičke podloge (K-spoj, okrugla keramika)

Slikama 4. i 5. prikazana je priprema za zavarivanje sa dvije vrste keramičkih podloga, keramikom sa žlijebom i okruglom keramikom. Keramika se na limove učvršćuje preko samoljepljive aluminijске folije, te klinovima koji se upiru u proze na aluminijskim mostićima.

Značajna stavka u smanjenju troškova i skraćenju vremena zavarivanja je automatizacija. Postupci zavarivanja koji se koriste u Brodogradilištu Pula su već navedeni. Najzastupljeniji su MAG postupak zavarivanja praškom punjenom žicom uz zaštitu plina CO₂ i zavarivanje visokoučinskom elektrodom ø5 mm. Praškom punjena žica se koristi gotovo u svim pozicijama, ali najmanje za zavarivanje horizontalnih kutnih spojeva. Zavarivanje u ovom položaju sa MAG postupkom je nezahvalno obzirom na položaj koji zavarivač mora zauzeti pri čemu se brzo umara. Za zavarivanje u ovom položaju koristi se visokoučinska elektroda koja ima približan učinak kao i praškom punjena žica. Ipak, zavarivanje elektrodom nosi sa sobom puno nastavaka, popravaka i veće deformacije zbog male brzine zavarivanja.

Ovaj problem riješen je automatizacijom zavarivanja MAG postupkom i nabavkom uređaja za dvostruko kutno zavarivanje Moggy – Gullco. Ovi uređaji omogućavaju dvostruko kutno zavarivanje kontinuiranih i isprekidanih zavara.



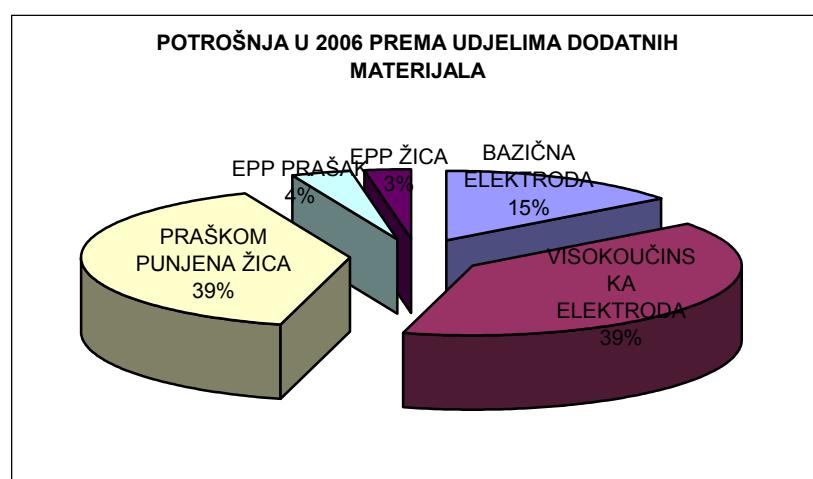
Slika 6a. Uredaj Moggy - Gullco u radu.
 Zavarivanje isprekidanih zavara



Slika 6b. Uredaj Moggy - Gullco u radu.
 Operater prati zavarivanje kontinuiranih kutnih zavara

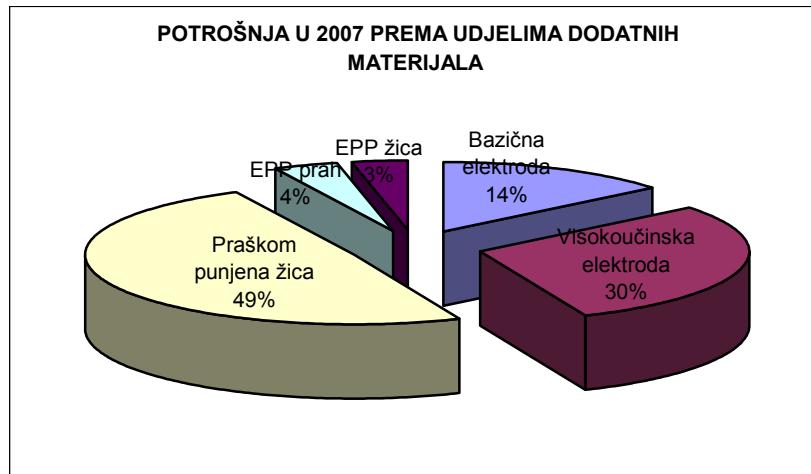
Na ovaj način moguće je visokoučinsku elektrodu zamijeniti sa praškom punjenom žicom. Prednosti su višestruke:

- velika brzina zavarivanja i manje deformacije
- kontinuiran i jednolik zavar
- nema nastavaka zavara pa nema ni brušenja
- osim automatiziranog zavarivanja kontinuiranih zavara, omogućava automatizirano isprekidano zavarivanje, pa više nema prethodnog trasiranja isprekidanih zavara. Duljinu isprekidanih zavara moguće je programirati po želji.
- podešavanjem ga je vrlo lako moguće prenamijeniti za zavarivanje horizontalnih sučeljenih spojeva
- mala investicija na uređaj i brza isplativost



Slika 7. Potrošnja dodatnih materijala za zavarivanje prije uvođenja automatizacije [3]

Uvođenjem automatizacije značajno se smanjuje potrošnja visokoučinske elektrode. Na slikama 7. i 8. prikazana je struktura potrošnje dodatnih materijala za zavarivanje prije i poslije uvođenja automatizacije. Vidljivo je značajno smanjenje visokoučinske elektrode. Intencija je maksimalno smanjiti korištenje elektrode i gotovo u potpunosti uvesti žicu.



Slika 8. Potrošnja dodatnih materijala za zavarivanje nakon uvođenja automatizacije sa intencijom daljnog povećanja postotka praškom punjene žice [3]

4. ZAKLJUČAK

U tekstu je prikazan kratki presjek kroz neke mogućnosti za poboljšanje procesa zavarivanja na primjeru Brodogradilišta Pula. Obzirom na razvoj nove opreme i dodatnih materijala za zavarivanje mogućnosti su danas velike. Pristup rješavanju problema kvalitete i troškova zavarivanja je individualan obzirom na tvrtku, njenu organizaciju, proizvodnju itd. Načelno ipak, budućnost zavarivanja treba tražiti u pravcu automatizacije i robotizacije i razvoju nove opreme i postupaka smisao kojih ne bi trebao biti samo profit, nego bi uz podizanje standarda zaštite na radu trebali služiti poboljšanju radnih uvjeta čovjeka.

5. LITERATURA

- [1] Pravila Hrvatskog registra brodova
- [2] Analiza primjene automatizacije u Brodogradilištu Pula
- [3] Analiza potrošnja dodatnih materijala za zavarivanje u Brodogradilištu Pula