

MOGUĆNOSTI PRIMJENE LEGURE CuAl-A3 PRI NAVARIVANJU DIJELOVA ALATA

POSSIBILITIES OF APPLYING CuAl-A3 ALLOY FOR CLADDING OF TOOLING PARTS

Željko ROSANDIĆ¹⁾, Filip PEPIĆ¹⁾, Vladimir PEČIĆ¹⁾, Vlatko MARUŠIĆ¹⁾

Ključne riječi: aluminijska bronca, navarivanje, metalografska analiza

Key words: aluminium bronze, cladding, metallographic study

Sažetak: Bronca je kao legura bakra sve više zastupljena u strojogradnji. U ovom radu prikazano je navarivanje aluminijske bronce na čelik. Nehrdajući CrNi čelični lim obrađuje se postupkom dubokog vučenja. Prilikom obrade potrebno je spriječiti da čestice osnovnog materijala iz alata dospiju u površinski sloj obratka. Uzorci izrađeni za potrebe ovih ispitivanja vjerno predstavljaju spoj aluminijska bronca/čelik. Na osnovni materijal St 52-3 N dvoslojno je navarena legura CuAl-A3. Odabrani i primijenjeni parametri navarivanja definirani su na temelju općenitih preporuka proizvođača dodatnog materijala. Na uzorcima su provedena metalografska ispitivanja te mjerenja debljine navara.

Abstract: Bronze as an alloy of copper is being increasingly used in mechanical engineering. Cladding of aluminium bronze on steel is shown in this paper. Stainless CrNi steel sheet is processed by deep drawing. During processing, the particles of base metal of tooling must be prevented from penetrating the surface layer of the workpiece. The test samples, used for this investigation, represent the aluminium bronze/steel compound. CuAl-A3 alloy was deposited in 2 layers on the base metal (St 52-3 N) by the cladding procedure. The selected and applied parameters of cladding were chosen based on the general recommendations of the filler metal manufacturer. A metallographic study was conducted on the test samples, as well as the measuring of deposit thickness.

¹⁾ Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Trg Ivane Brlić Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska

1. UVOD

Legure bakra i aluminija uobičajeno poznate kao „alumijske bronce” sadrže približno 5÷11 % aluminija, a ponekad i dodatke željeza, nikla, mangana ili silicija. Sve alumijske bronce u pravilu imaju dobru korozivsku otpornost. U ovom zahtjevu razlikuju se sukladno njihovoj metalografskoj strukturi koja ovisi o sastavu materijala i njegovoj povijesti – poglavito o toplinskoj obradi kojoj su bili podvrgnuti [3].

Sve alumijske bronce mogu se zavarivati, bilo da su u lijevanom ili kovanom obliku. To znači da je moguće izrađivati komponente izborom najekonomičnijeg postupka proizvodnje. U slučaju oštećenja strojnog dijela izrađenog od alumijske bronce, moguće je provesti reparaciju zavarivanjem ili navarivanjem, često i na licu mjesta. Naravno, postoje preporuke koje osiguravaju uspješno izvođenje takvih sanacija.

Za postizanje najboljih rezultata preporuča se zavarivanje električnim lukom pod zaštitom inertnog plina. Inertni plin omogućava prevladavanje mogućih problema koje stvaraju inače korisni alumijski oksidni filmovi. Djelovanje luka učinkovito raspršuje bilo koji nastali oksid. Izbor između TIG i MIG zavarivanja, ili korištenje tehnika kao što su pulsirajuće struje ili plazma luk, predmet su pojedinačnih razmatranja, a odluka se donosi temeljem kompliciranosti konstrukcije strojnog elementa. Za opće konstrukcije, smatra se dobrom praksom osiguranje dobre i kontrolirane penetracije korijena TIG postupkom, nakon čega mogu slijediti TIG ili MIG za naknadno popunjavanje. MIG postupak je brži, a pulsirajući MIG omogućava puno bolju kontrolu. Utvrđeno je da i pulsirajući MIG postupak omogućava izradu zadovoljavajućeg korijena.

Općenito, dodatni materijal mora odgovarati sastavu zavarivanih materijala, ali drugi zahtjevi također moraju biti ispunjeni, na primjer duktilnost na toplo i otpornost na koroziju. Naknadna toplinska obrada, za uklanjanje naprezanja ili poboljšanje otpornosti na koroziju, preporuča se za većinu odgovornih objekata [6].

Iako je tvrdoća nesumnjivo važan čimbenik u ponašanju trošenja, njezina uloga je složenija nego se nekada misli i usko je vezana uz strukturu materijala [4]. Kombinacija jednog tvrdog i jednog manje tvrdog materijala važno je obilježje uspješno usklađenog para. Tvrda podloga kontrolira interakciju, a manje tvrda odgovara. Mekši materijal je u stanju ugnijezditi tvrde abrazivne čestice i na taj način smanjiti oštećenja površine. On može biti ugrađen u konstrukciju na takav način da se od njega izradi jeftinija i lakše zamjenjiva komponenta [5].



Slika 1: Prikaz alata za duboko vučenje proizvoda od nehrđajućeg CrNi čelika

Dio alata za izradu proizvoda postupkom obrade deformiranjem (duboko vučenje) prikazan je na slici 1. Površinska tvrdoća i niski faktor trenja sprječavaju zaribavanje alata u radu. Taj alat je u cijelosti izrađen od alumijske bronce i koristi ga se za proizvodnju dijelova od

nehrđajućeg CrNi čelika. Ovakve alate se ranije izrađivalo u cijelosti od aluminijske bronce jer nije postojalo bolje, ekonomski isplativije tehnološko rješenje. Proizvod izrađen sličnim alatom prikazan je na slici 2.

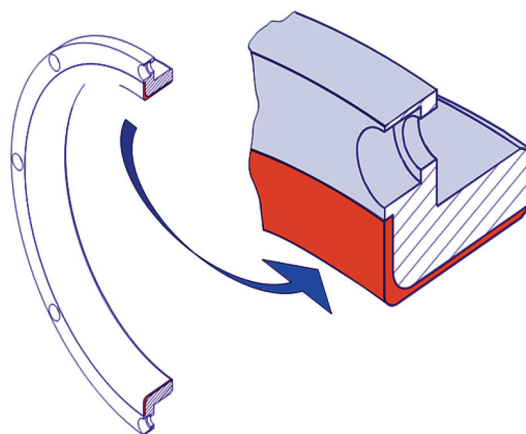


Slika 2: Proizvod izrađen postupkom dubokog vučenja

Razvojem tehnologije navarivanja stvoreni su preduvjeti za sve intenzivniju primjenu navarivanja pri izradi dijelova alata. Trenutno raspoloživom opremom moguće je izrađivati alate s jeftinom čeličnom osnovom i navarom od aluminijske bronce.

2. EKSPERIMENTALNI DIO RADA

Na slici 3 prikazan je primjer dijela jednog alata za duboko vučenje izrađenog navarivanjem. Ovakav dio prstenastog oblika, može biti promjera i do 500 mm. Njegova osnova izrađena je od čelika St 52-3 N, koji zadovoljava konstrukcijske zahtjeve. Kako bi se ostvarila puna proizvodna funkcija alata, promatrani dio se navaruje slojem aluminijske bronce. Nakon navarivanja strojno ga se obrađuje uz završno poliranje površine. Polirani navar aluminijske bronce na slici 3 označen je narančastom bojom.



Slika 3: Dio alata za duboko vučenje navaren aluminijskom broncom

S obzirom na opasnost prelaska čestica željeza sa alata na obradak, eksperimentalni uzorci su navareni u dva sloja. Miješanje dodatnog i osnovnog materijala u prvom sloju odvija se uz intenzivan prijenos čestica iz osnovnog materijala. Pretpostavlja se da će udjel čestica osnovnog

materijala u drugom sloju biti zanemariv do te mjere da će funkcija alata biti u potpunosti nesmetana.

S ciljem analiziranja svojstava navara i osnovnog materijala te potvrde ispravnosti pretpostavki o njegovom ponašanju pri navarivanju, provedena su metalografska ispitivanja i mjerenja dimenzija po poprečnom presjeku navara. Izmjerena je debljina pojedinih slojeva te ukupna debljina navara. Eksperimentalni uzorci predstavljaju dio navarenog alata prikazanog na slici 3. Izrađeni su tako da je moguće promatrati površinu uzorka okomitu na smjer navarivanja. Na osnovni materijal St 52-3 N, definiran prema DIN 17100 [2], MIG postupkom je u dva sloja navarivana aluminijska bronca oznake prema AWS A5.7 klasa ER CuAl-A3 [1]. Kemijski sastav legure primijenjene za navarivanje nalazi se u tablici 1.

Tablica 1: Kemijski sastav CuAl-A3 [1]

| Kemijski element | Cu | Al | Fe | Si | Ostali |
|------------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| Udjel, % | uravnoteženo | 10,0÷11,50 | 2,0÷4,50 | 0,10 max | 0,50 max |

Odabrani parametri navarivanja aluminijske bronce na čelik, definirani su na temelju općenitih preporuka proizvođača dodatnog materijala, tablica 2. Za potrebe ovih ispitivanja odabrana je brzina zavarivanja od 0,6 m/min, napon zavarivanja 22 V i jakost struje 200 A.

Tablica 2: Parametri navarivanja CuAl-A3 na St 52-3 N

| Naziv | Općenite preporuke proizvođača | Primijenjeno za izradu ispitnih uzorka |
|------------------|--------------------------------|--|
| Brzina, m/min | 0,6 | 0,6 |
| Napon, V | 22 | 22 |
| Jakost struje, A | 180÷220 | 200 |

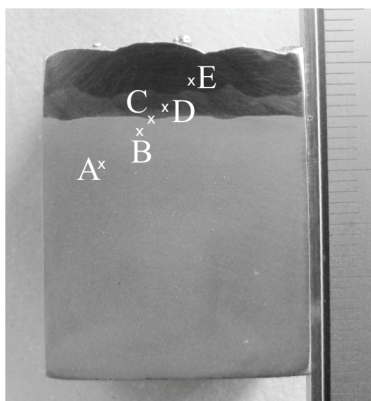
Čeličnu ploču s navarenim slojem aluminijske bronce, iz koje su uzeti eksperimentalni uzorci za predviđena ispitivanja, prikazuje slika 4. Priprema eksperimentalnih uzoraka, izvršena je sukladno propisanim procedurama u Laboratoriju za ispitivanje materijala, Strojarskog Fakulteta u Slavenskom Brodu.



Slika 4: Prikaz aluminijske bronce CuAl-A3 navarene na podlogu od St 52-3 N

2.1. Metalografska analiza nakon navarivanja

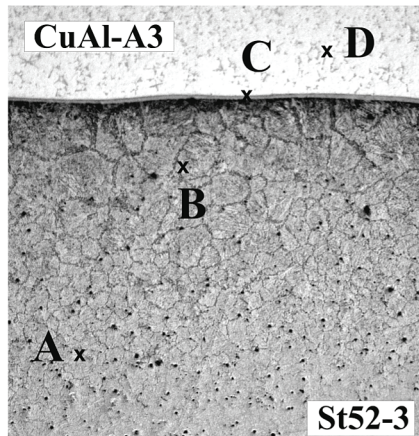
Makrosnimak poprečnog presjeka uzorka na slici 5 prikazuje osnovni materijal i materijal navara koji se sastoji od dva sloja.



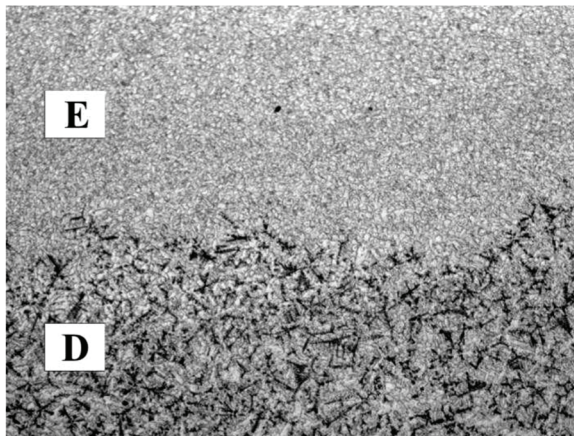
- A – osnovni materijal St 52-3 N
- B – zona utjecaja topline ZUT
- C – zona staljivanja bronca/čelik
- D – prvi sloj navara CuAl-A3
- E – drugi sloj navara CuAl-A3

Slika 5: Makrosnimak poprečnog presjeka navara CuAl-A3 na St 52-3 N

Područje spoja osnovnog materijala i materijala navara prikazano je na slici 6a i sastoji se od tri zone. U prvoj zoni označenoj slovima A i B, je čelik kao osnovni materijal. U drugoj zoni, označenoj slovima D i E, je bronca kao dodatni materijal. Slovom C označena je zona staljivanja bronca/čelik.



a) Područje spoja, 2,5% NITAL, 100:1



b) Područje navara, CrS kiselina, 200:1

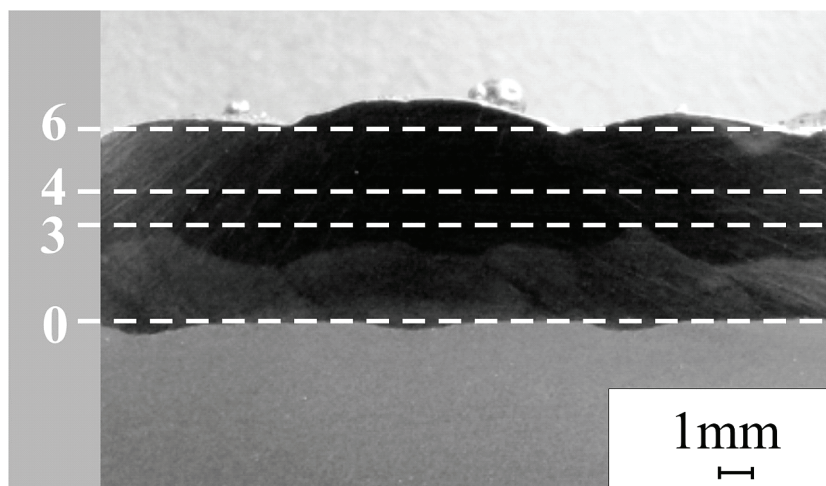
Slika 6: Mikrostrukture po poprečnom presjeku navara

U području D, na slici 6, uočena je značajna prisutnost čestica osnovnog materijala koje su poprimile dendritičan oblik. One su relativno jednoliko raspoređene po cijelom presjeku toga sloja. U drugom sloju navara, koji je označen slovom E, na slici 6b prisutnost čestica osnovnog materijala je zanemariva.

2.2. Mjerenje dimenzija navara

Mjerenje debljine navarenog sloja izvršeno je izravno na makroskopskom uzorku. Izmjerene vrijednosti debljina prikazane su na slici 7. Brojevi uz linije predstavljaju vrijednosti u

milimetrima. Linija označena s "0", predstavlja zonu staljivanja bronca/čelik. Linija 3 predstavlja debljinu prvog sloja od 3 mm. Linija 4 označava minimalnu debljinu navara u milimetrima ispod koje se ne bi trebalo strojno obrađivati navareni sloj. Linija 6 predstavlja debljinu navara postignutu primjenom odabranih parametara navarivanja, tablica 2.



Slika 7: Rezultati dimenzionalne kontrole poprečnog presjeka navara

3. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

U ovom radu analiziran je konkretan primjer navarivanja aluminijske bronca na čelik. Uloga promatranog navara je razdvajanje osnovnog materijala alata od obratka. Obradak se izrađuje od nehrđajućeg CrNi čeličnog lima.

Pregledom mikrostrukture poprečnog presjeka navara, uočava se da prvi sloj navara još uvijek sadrži značajan udio čestica osnovnog materijala dok se u drugom sloju taj udio svodi na zanemarivu mjeru.

Pregledom rezultata dimenzionalne kontrole poprečnog presjeka navara, uočava se da je dvoslojnim navarivanjem postignuta debljina navara od 6 mm. Ujednačeni sloj aluminijske bronca, bez primjesa čestica osnovnog materijala, moguće je postići strojnom obradom navara na debljine 4÷6 mm. Ukoliko bi se željelo strojno obrađivati navar na debljine ispod 4 mm, dodatnim istraživanjima bilo bi potrebno odrediti maksimalnu debljinu prvog sloja navara.

Analizom rezultata metalografske analize uzoraka nakon navarivanja i rezultata dimenzionalne kontrole navara, utvrđeno je da odabrani parametri navarivanja osiguravaju navar potrebnih karakteristika, a navarivanje je svakako potrebno provesti u dva sloja.

4. LITERATURA

- [1] AWS A5.7 class ER CuAl-A3.
- [2] DIN 17100 Steels for general structural purposes.
- [3] Filetin, T.; Kovačiček, F.; Indof, J. "Svojstva i primjena materijala", Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009., 5, str. 1-11.
- [4] Marušić, V. "Tribologija u teoriji i praksi", Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, pp. 135.
- [5] Reid, J. V.; Schey, J. A. "The Effect of Surface Hardness on Friction" - Wear 118 (1987) 113.
- [6] Weill-Couly, P. "Welding Aluminium Bronze Castings", Proc Int Conf on Welding of Castings, Welding Institute, Cambridge 1, pp 253-266.