

# NAVARIJANJE TVRDOG METALA NA LEMEŠ POMOĆU ROBOTA

## WELDING OF HARD METAL ON A PLOWSHARES USING A ROBOT

Dejan Marić<sup>1</sup>, Aleksandar Bašić<sup>1</sup>, Tomislav Šolić<sup>1</sup>, Jadranka Eržišnik<sup>2</sup>, Ivan Samardžić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Slavonski Brod, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, Trg I. Brlić Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska  
<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, Hrvatska

**Ključne riječi:** ploughshare, blade, hard metal surfacing, welding parameters, robot

**Key words:** lemeš, oštrica, navarivanje tvrdog metala, parametri zavarivanja, robot

**Sažetak:** U radu su analizirani problemi izrade samooštрећe oštrice lemeša pluga. U uvodu su ukratko opisane osnovne vrste lemeša te su navedene prednosti lemeša s efektom samooštrenja u odnosu na druge vrste. Izrađen je tehnički postupak navarivanja tvrdog metala na oštricu lemeša pluga pomoću robota. Analizirani su uvjeti pri kojima dolazi do pojave samooštrenja lemeša. Na temelju ovih uvjeta i značajki osnovnog materijala, odabran je dodatni materijal i određeni su parametri zavarivanja. Opisan je postupak pripreme lemeša za navarivanje tvrdog metala i postupak izrade naprave za stezanje lemeša na radni stol robota. U trećem poglavlju su navedene osnovne značajke robota za zavarivanje Motoman HP6. Također, ukratko je opisana pomoćna oprema robota, koja se nalazi na Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu. Nakon izrade programskog koda i navarivanja lemeša pomoću robota, analizirani su rezultati. Vizualnom kontrolom je utvrđeno nekoliko grešaka u navaru za koje su u zaključku ponuđena rješenja.

**Abstract:** The paper analyzes the problems of making a self - sharpening plowshares. The introduction briefly describes the basic types of plowshares and lists the advantages of plowshares with a self-sharpening effect compared to other types. A technological procedure for welding hard metal to the blade of a plow plowshare using a robot has been developed. The conditions under which the self-sharpening of the plowshare occurs are analyzed. Based on these conditions and characteristics of the base material, an additional material was selected and welding parameters were determined. The process of preparing a plowshare for hard metal surfacing and the process of making a device for clamping a plowshare on a robot desktop are described. The third chapter lists the basic features of the Motoman HP6 welding robot. Also, the auxiliary equipment of the robot, which is located at the Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, is briefly described. After creating the program code and welding the plowshare using a robot, the results were analyzed. Visual control revealed several errors in the weld, for which solutions were offered in the conclusion.

### 1 UVOD

Oranje plugom predstavlja jednu od osnovnih obrada tla u poljoprivrednoj proizvodnji. Unatoč mnogim lošim stranama ovog postupka i raznim novim rješenjima, oranje je i dalje vrlo zastupljeno, kako kod nas, tako i u svijetu.

Oranje predstavlja rezanje površinskog dijela tla, njegovo podizanje pomoću plužne daske i prevrtanje za oko 135°. Prilikom oranja također dolazi do lomljenja, odnosno usitnjavanja tla. Stoga se može uočiti kako je oranje težak i skup postupak zbog velikih sila koje se prilikom rada javljaju. Glavni dijelovi plužnog tijela su:

1. plužna daska,
2. lemeš,
3. pero,
4. plaz,
5. nosač plužnog tijela,
6. dodatak.

Prilikom rada dolazi do povećanog trošenja svih elemenata plužnog tijela. Budući da je lemeš izložen djelovanju velikih sila, dolazi do njegovog intenzivnog trošenja. Intenzitet trošenja ovisi o nizu čimbenika, a neki od najznačajnijih su sadržaj pijeska u tlu, vlažnost, zbijenost tla i brzina gibanja uređaja prilikom rada.

Kako bi se ostvario pravilan rad pluga, oštrica lemeša treba biti debljine do 1 mm. Uslijed trošenja lemeša dolazi do promjene u debljini oštrice. Svako zadebljanje oštrice lemeša za 1 mm rezultira povećanjem otpora vuče pluga za 7 - 10 % [1, 2]. Proporcionalno povećanju otpora dolazi do povećanja potrošnje energenta, smanjenja kvalitete rada te ukupnog povećanja troškova. Također, uslijed povećanja sila cijeli uređaj radi van predviđenih okvira, što na koncu utječe i na radni vijek traktora i pluga. Kako bi se spriječio rad pluga sa zatupljenim lemešom, razvijene su različite vrste lemeša, odnosno različiti načini održavanja oštrice lemeša. Na slici 1. prikazane su tri vrste lemeša.



Slika 1. Vrste lemeša

Lemeš „A“ predviđen je za održavanje oštice otkivanjem. To je najstariji pristup izradi lemeša i održavanju oštice. Lemeš je potrebno skinuti, zatim zagrijati u kovačkoj vatri te iskivanjem obnoviti oštricu. Prilikom iskivanja lemeš je potrebno vratiti u prvobitni oblik, za što se koriste posebni modeli. Nedostatak ovog postupka je veliki utrošak vremena, pri čemu je uređaj van pogona. Kako bi se izbjegli zastoji, često se upotrebljava dva ili tri seta lemeša, što značajno utječe na troškove rada.

Povećanjem gospodarstava dolazi do sve većeg korištenja plugova s većim brojem plužnih tijela te gore navedeni nedostaci postaju značajno organizacijsko, odnosno ekonomsko ograničenje. Kao rezultat traženja boljih rješenja izrađeni su lemeši „B“ i „C“ prikazani na slici 1.

Lemeš „B“ danas je najviše korišten. To je lemeš na koji je navaren sloj tvrdog metala i to na onim mjestima gdje dolazi do najvećeg abrazivnog trošenja, na oštici i vrhu lemeša. Proizvodnja ovakvog lemeša je skuplja, a samim time skuplja je i njegova nabava. Međutim, cijena je opravdana jer su troškovi prilikom rada do dva puta manji.

Prednosti uporabe navarenih lemeša su:

- tijekom eksploatacije lemeš nije potrebno skidati s pluga,
- nije potrebno održavati oštricu,
- radni vijek oštice je do pet puta veći nego kod otkivanog lemeša,
- neispravni lemeš se vrlo brzo (u polju) zamjeni novim.

Lemeš „C“ je lemeš koji je termički obrađen. Najčešće je riječ o površinskom kaljenju i difundiranju bora ili mangana u površinski sloj. Ova vrsta lemeša također ne iziskuje održavanje. Kada dođe do prekomjernog trošenja oštice, lemeš se zamjenjuje novim. Lemeši „B“ i „C“ često se nazivaju i samooštреći lemeši, zbog konstrukcije oštice zahvaljujući kojoj dolazi do efekta samooštrenja prilikom eksploatacije, odnosno prilikom trošenja mekšeg sloja.

Cilj ovog rada je razrada tehnološkog postupka navarivanja tvrdog metala na lemeš pomoću robota, odnosno usavršiti lemeš opisan pod „A“ na slici 1 navarivanjem tvrdog metala pomoću robota, a sve kako bi se dobio lemeš opisan pod „B“.

## 2 RAZRADA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA NAVARIVANJA TRVDOG METALA NA LEMEŠ POMOĆU ROBOTA

Prilikom razrade tehnološkog postupka navarivanja tvrdog metala na lemeš potrebno je analizirati osnovni materijal, odrediti dodatni materijal, parametre zavarivanja, definirati dimenzije navara i na osnovu toga izvršiti pripremu komada. Sve navedeno potrebno je napraviti tako da se ispunе postavljeni uvjeti za izradu samooštреće oštice.

Kako je navedeno u uvodu, stanje oštice lemeša je direktno povezano s kvalitetom rada pluga, potrošnjom goriva i brzinom rada. Kako bi oštica što dulji vremenski period bila unutar optimalnih vrijednosti, razvijena je oštica s efektom samooštrenja.

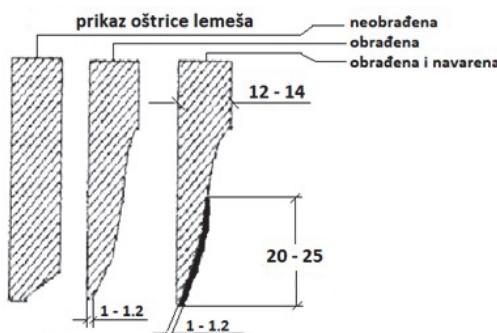
Efekt samooštrenja je slučajno otkrio engleski pronalazač Robert Ransome 1803. godine. Prilikom rada u kovačnici, komad užarenog metala pao je na hladan i vlažan pod, prilikom čega je došlo do ubrzanih hlađenja donjeg dijela u odnosu na gornji. Ovo je rezultiralo stvaranjem različitih struktura, tj. donja, zakaljena strana bila je tvrđa, a gornja, koja se hladila na zraku, bila je mekša.

Samooštреći lemeš je izrađen od dvije vrste materijala, otpornijeg na trošenje s donje strane i manje otpornog na trošenje s gornje strane [3]. Prilikom rada dolazi do trošenja lemeša, ali zbog razlike u svojstvima ova dva materijala, trošenje metala je neujednačeno. Upravo zbog razlike u brzini trošenja metala, održava se ispravnost oštice sve dok se ne potroši sav navareni materijal.

Sirina navarenog materijala u pravilu se poklapa s područjem tolerancija dimenzija lemeša, odnosno, kad se potroši sav navareni metal, dimenzije lemeša se nalaze izvan optimalnog područja. Tada dolazi i do naglog zatupljivanja oštice.

Razvoj tehnologije proizvodnje samooštреćih oštrica dovodi do korištenja postupka navarivanja tvrdog metala na lemeš, prethodno izrađen od mekšeg metala. Dok se ovo navarivanje u početku izvodilo isključivo ručnim elektrolučnim REL postupkom, danas je najviše uupotrebi zavarivanje pod praškom EPP, a zbog jednostavne automatizacije i robotizacije postupka sve više proizvođača počinje primjenjivati MAG postupak.

Na slici 2. prikazan je proces nastanaka samooštреće oštice i okvirne vrijednosti dimenzija navara.



Slika 2. Proces izrade oštice [4]

Osnovni materijal je čelik od kojeg je izrađen lemeš. Od proizvođača je dobivena informacija da je lemeš izrađen od čelika Č.1530. Čelik Č.1530 pripada grupi ugljičnih čelika za poboljšanje i ima široku primjenu pri izradi različitih dijelova tehničkih sustava. Isporučuje se u raznim oblicima kao što su šipke različitih presjeka i limovi srednjih i većih debljina.

Pored lemeša, od ove vrste čelika izrađuju se i razni drugi dijelovi poljoprivrednih strojeva, a najčešće noževi za različite namjene. Spada u teže zavarljive čelike te se za zavarivanje preporuča predgrijavanje na 200 do 300 °C [5]. Za navarivanje tvrdog metala preporuča se prethodno navarivanje međusloja odgovarajućim dodatnim materijalom koji je kompatibilan s oba materijala, osnovnim i dodatnim.

Kemijski sastav i namjena čelika Č.1530 nalaze se u tablici 1, a usporedne oznake i mehanička značajke u tablici 2.

Tablica 1. Kemijski sastav i namjena Č1530 [6]

Kemijski sastav / %				
C	Si	Mn	P	S
0,42 - 0,50	0,04	0,50 - 0,80	0,045	0,045

Tablica 2. Oznake i mehaničke značajke Č1530 [7]

$R_m$ / MPa	$R_{p0,2}$ / MPa	$A_s$ / %	Z / %	$KV$ / J	$HB$
650	543	14	30	32	163

Kao što je ranije navedeno, Č.1530 ima ograničenu zavarljivost. Upravo zbog ograničene zavarljivosti, prije postupka navarivanja tvrdog metala na lemeš, navarit će se međusloj.

Međusloj služi za lakše povezivanje raznorodnih materijala, te se smanjuju zaostala naprezanja prilikom hlađenja. Također, primjenom međusloja smanjen je intenzitet miješanja osnovnog i dodatnog materijala. Miješanje osnovnog i dodatnog materijala treba svesti na minimum, jer u protivnom može doći do degradacije značajki navarenog sloja.

Žica koja će se u ovu svrhu koristiti je LNM307 (ER307), promjer korištene žice je 1,2 mm. U tablici 3. su navedene osnovne značajke.

Tablica 3. Osnovne značajke žice za navarivanje međusloja [8]

Norme	EN ISO 14343 - A
	AWS/ASME SFA – 5.9
Svojstva i područje primjene	Puna žica namijenjena za zavarivanje austenitnih čelika, nehrđajućih čelika, čelika sa smanjenom zavarljivošću. Često se koristi za navarivanje međusloja (eng. <i>buffer layer</i> ) kod navarivanja tvrdog metala.
Mehanička svojstva čistog metala zavara	$R_{el}$ / MPa $R_m$ / MPa $A_s$ / % $KV(20^{\circ}C)$
Kemijski sastav žice / %	C Mn Si Cr Ni
Preporučeni plinovi	M12 (mješavina plinova Ar + 0,5 - 5 CO <sub>2</sub> ) M13 (mješavina plinova Ar + 0,5 - 3 O <sub>2</sub> )
Dostupni promjeri	0,8; 1,0; 1,2 mm

Za navarivanje tvrdog metala koristit će se žica Lastifil 600 (MA 600), promjera 1,2 mm. Žica je namijenjena za navarivanje dijelova koji su izloženi udarcima i abrazivnom djelovanju. Najčešća primjena je u pogonima za obradu kamena, cementarama, čeličanama i sl. Navar karakterizira visoka tvrdoća, visoka otpornost prema abrazivnom djelovanju i zadovoljavajuća žilavost [8].

Prema preporuci proizvođača, zbog ranije navedenih komplikacija, preporuča se prije navarivanja napraviti međusloj sa žicom *Lastifil 807*. Preporučena žica za međusloj je jednakih karakteristika kao *LNM307*, riječ je samo o drugom proizvođaču. U Tablici 4. navedene su osnovne značajke žice *Lastifil 600*.

*Tablica 4. Osnovne značajke žice za navarivanje tvrdog metala [8]*

Norme	EN ISO 14700: S Fe8		
	AWS A 5.21: ER FeCr - A		
	DIN 8555:MSG – 6 – GZ – 60 - GPS		
Svojstva i područje primjene	Puna žica namijenjena za reparaturu i tvrdo navarivanje elemenata izloženih udarcima i abrazivnom djelovanju		
Tvrdočina navara	54 - 60 HRC		
Kemijski sastav žice, %	C	0,50	
	Mn	0,50	
	Si	3,00	
	Cr	9,15	
Preporučeni parametri zavarivanja	Promjer / mm	Napon / V	Jakost struje / A (DC+)
	1,0	18 - 28	80 - 280
	1,2	20 - 33	120 - 350
	1,6	24 - 36	180 - 380
Preporučeni plinovi	M12 (mješavina plinova Ar + 0,5 - 5 CO <sub>2</sub> )		
	M13 (mješavina plinova Ar + 0,5 - 3 O <sub>2</sub> )		
	M21 (mješavina plinova Ar + 18 CO <sub>2</sub> )		

## 2.1 Priprema lemeša za navarivanje tvrdog metala

Lemeš na koji će biti navaren tvrdi metal prikazan je na slici 3. Materijal od kojeg je lemeš izrađen je Č.1530, potrebno je prije navarivanja tvrdog metala na lemeš navariti međusloj žicom *LNM307*.



*Slika 3. Lemeš prije pripreme za navarivanje*

Prvi korak prilikom pripreme lemeša za navarivanje je izrada žlijeba za navarivanje međusloja. Žlijeb je izrađen glodalicom. Dubina žlijeba je 1 mm, a širina 25 mm, cijelom duljinom oštice. Segment lemeša s izrađenim žlijebom za navarivanje međusloja prikazan je na slici 4.



*Slika 4. Priprema za navarivanje međusloja*

Navarivanje međusloja napravljen je ručnim postupkom. Prilikom navarivanja korištena je mješavina plinova *M12*. Na slici 5. prikazan je segment lemeša s navarenim međuslojem. Širina navara je 25 mm, a visina 1,5 - 2,5 mm.



*Slika 5. Navar međusloja*

Slika 6. prikazuje segment lemeša koji je u potpunosti pripremljen za navarivanje tvrdog metala pomoću robota. Kako je gore navedeno, navar međusloja je izведен ručno te je, unatoč iskustvu zavarivača, visina navarenog sloja bila neuvedena.

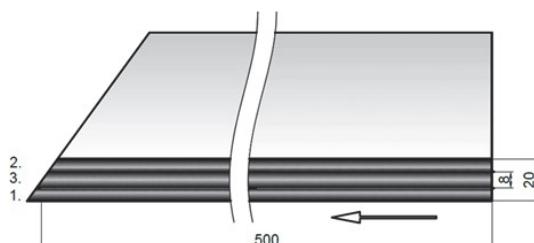
Kako bi se omogućila što kvalitetnija izrada navara tvrdog metala, navar međusloja je strojno obrađen, odnosno izvršeno je poravnanje glodalicom. Nakon poravnjanja visina međusloja iznosi približno 1,5 mm cijelom duljinom oštice.



Slika 6. Izgled lemeša nakon strojne obrade

Na isti način pripremljena su dva lemeša, od kojih će jedan biti korišten za probu i određivanje parametara zavarivanja.

Navar tvrdog metala potrebno je nanijeti na donju stranu lemeša cijelom duljinom oštice. Debljina navara iznosi 1- 1,2 mm, a širina 20 - 25 mm. Prilikom navarivanja treba zadovoljiti zahtjev za što manjom penetracijom, odnosno što manjim unosom topline. Iz tog razloga navar će biti izведен iz tri prolaza, kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Dimenzije navara za tri prolaza

Na slici je označen redoslijed navarivanja brojevima 1., 2. i 3., dok je strelicom označen smjer navarivanja za sva tri prolaza. Ovakav redoslijed navarivanja odabran je s ciljem što manjeg unosa topline. Predviđena širina pojedinačnog navara je 8 mm. Prilikom vođenja gorionika ostvarit će se međusobno preklapanje navara od 2 mm, kako bi ukupna širina bila 20 mm. Debljina navara od 1 - 1,2 mm ostvarit će se pravilnim izborom parametara zavarivanja i eventualnim naknadnim brušenjem.

Na osnovu navedenog i preporučenim parametrima za zavarivanje žicom *Lastifil 600* izabrani su okvirni parametri za navarivanje tvrdog metala na lemeš, a koji su prikazani u Tablici 5.

Tablica 5. Vrijednosti parametara za navarivanje tvrdog metala

Jakost struje	150 A
Napon	18 V
Brzina zavarivanja	30 cm/min
Duljina slobodnog kraja žice	8 mm
Zaštitni plin	M21
Protok zaštitnog plina	13 l/min
Tehnika zavarivanja	Lijeva
Nagib gorionika	15°

Vrijednosti parametara navedene u tablici su okvirne i podložne su promjeni te predstavljaju polaznu točku za praktični dio rada.

Za potrebe praktičnog dijela ovog rada izrađena je jednostavna naprava za stezanje lemeša na radni stol robota. U tu svrhu iskorišteni su provrti na lemešu koji služe za montažu na plug pomoću vijaka. Provrti na lemešu su promjera 12 mm. Tijelo naprave je izrađeno od čeličnog lima debljine 15 mm. Na tijelu su označena mjesta za bušenje, a nakon bušenja u sva tri provrta je ručno urezan navoj *M12*. Provrt u sredini naprave služi za stezanje lemeša, a ostala dva služe za montažu zatika. Zatici se samo jedanput montiraju na napravu, odnosno ne skidaju se prilikom izmjene lemeša. Uloga zatika je da centriraju lemeš kako bi se mogao ispravno stegnuti. Izrađeni su pomoću tokarilice, a sastoje se od navoja *M12*, pomoću kojeg se montiraju na napravu, konusa, na koji se lemeš oslanja i vrha zatika, koji sprječava eventualni uzdužni ili poprečni pomak lemeša tijekom montaže. Nakon što se lemeš osloni na zatike, slijedi stezanje, odnosno osiguravanje položaja. Za ovu svrhu koristi se vijak koji je također izrađen na tokarilici. Vijak bi se mogao opisati kao *M12* vijak s izrazito visokom glavom. Glava je velika iz razloga što je predviđeno lemeš stezati rukom, a sve kako bi vrijeme izmjene

lemeša bilo što kraće. Robot na kojem će se vršiti navarivanje tvrdog materijala na lemeš je *Motoman HP6* koji se nalazi na Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu.

Radno mjesto robota sastoji se iz robota i pomoćne opreme koji su međusobno funkcionalno povezani na način da se što lako i kvalitetnije obavi postupak zavarivanja. Robot za zavarivanje *Motoman HP6* ima šest stupnjeva slobode gibanja te se zahvaljujući tome prihvatinica, na kojoj se nalazi gorionik za zavarivanje, može dovesti u različite položaje unutar radnog prostora.

Izvor struje na radnom mjestu robota, koja će biti korištena prilikom navarivanja tvrdog metala na lemeš, potpuno je digitaliziran inverterski izvor napajanja kojim se upravlja pomoću mikroprocesora - *Trans Puls Synergic 4000*, proizvođača *Fronius*. Ovaj izvor napajanja ima jakost izlazne struje od 400 A, koristi se u industriji automobila i komponenti, konstrukciji opreme, proizvodnji strojeva te u brodogradilištima. Pogodan je za MIG/MAG, TIG i REL zavarivanje, ručno ili zavarivanje robotom.

### 3 NAVARIVANJE LEMEŠA

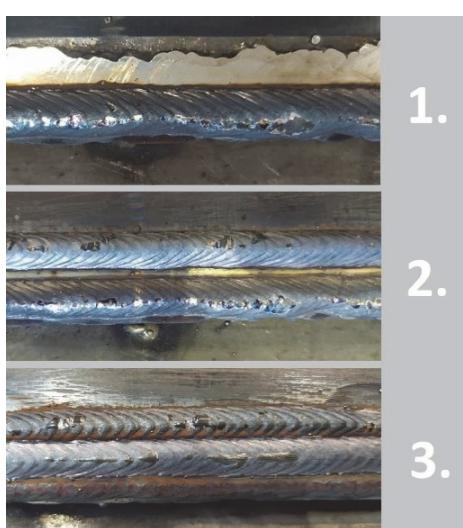
Za montažu i izmjenu lemeša prilikom navarivanja izrađena je jednostavna naprava. Naprava je na radni stol robota pričvršćena pomoću ručnih stega, nakon čega je u napravu montiran lemeš.

Površina oštice, na kojoj će biti izvedeno navarivanje tvrdog metala, postavljena je u optimalan položaj pomoću radnog stola. Optimalan položaj za navarivanje je takav da su uzdužna i poprečna os površine navarivanja horizontalne. Da bi se lemeš postavio u optimalan položaj za navarivanje radni stol je trebalo zakrenuti, položaj lemeša prilikom navarivanja prikazan je na slici 8.



Slika 8 Položaj lemeša prilikom navarivanja

Kako je već ranije opisano, navarivanje je izvedeno u tri prolaza. Na Slici 9. prikazan je cijeli lemeš s navarenom oštricom.



Slika 9. Lemeš s navarenim tvrdim metalom

#### 4 ANALIZA REZULTATA

Prilikom postupka navarivanja tvrdog metala na lemeš ukupno utrošeno vrijeme se sastoji od vremena za montažu lemeša na radni stol, zatim za programiranje robota i na kraju vrijeme utrošeno za navarivanje. Lemeš je na radni stol postavljen pomoću naprave za stezanje i ručnih stega. Ukupno vrijeme postavljanja lemeša je približno 2 minute. Zahvaljujući napravi za stezanje, vrijeme potrebno za naknadnu izmjenu lemeša iznosi približno 15 sekundi.

Za programiranje robota utrošeno je najviše vremena. Uključujući vrijeme potrebno za izvođenje probnih navara za određivanje parametara, utrošeno je približno 90 minuta, a za samo programiranje robota približno 30 minuta. Vrijeme potrebno robotu za navarivanje sloja tvrdog metala je približno 5 minuta. Za usporedbu iskusnom zavarivaču je prilikom navarivanja međusloja bilo potrebno 12 minuta. Nakon što se naprava postavi na radni stol i izradi program, za svaki sljedeći lemeš bilo bi potrebno približno 5 minuta i 30 sekundi, ovo vrijeme uključuje demontažu lemeša, montažu sljedećeg lemeša i navarivanje robotom.

Vizualnom kontrolom je nakon navarivanja utvrđeno nekoliko grešaka.

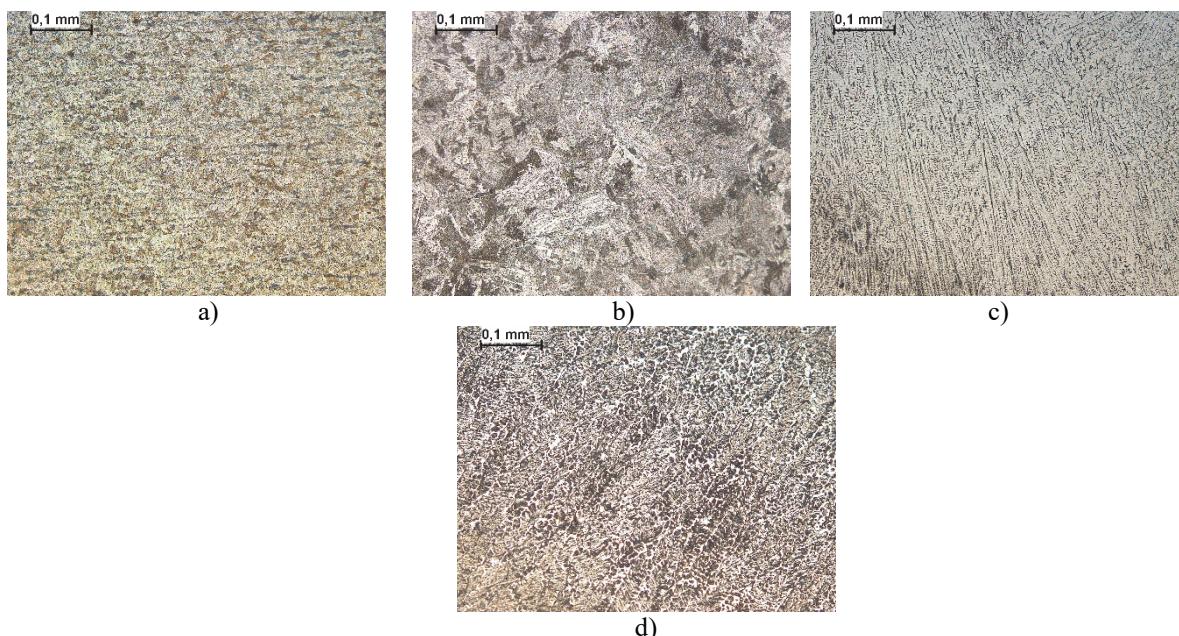
Prva i najveća greška je preveliko nadvišenje navara. Unatoč promjeni parametara prilikom probnih navarivanja nije bilo moguće smanjiti nadvišenje navara, a zadržati što manji utjecaj topline na osnovni materijal. Prosječno nadvišenje navara cijelom duljinom oštice iznosi 2 mm, a debljina navarenog sloja treba iznositi 1 - 1,2 mm. Iz ovog razloga oštricu je potrebno nakon navarivanja dodatno obraditi brušenjem. Nadvišenje je moguće smanjiti korištenjem žice manjeg promjera i navarivanjem u više od tri prolaza.

Druga greška je prekid navara prilikom navarivanja trećeg prolaza. Ovo je rezultiralo pojavom greške u duljini od približno 10 mm.

Do greške je došlo zbog nedovoljne udaljenosti sapnice od površine navarivanja. Zbog prva dva prolaza i njihovog nadvišenja bilo je potrebno povećati udaljenost sapnice od lemeša prilikom navarivanja trećeg prolaza.

Treća greška je rezultirala pojavom razlijevanja dodatnog materijala na vrhu lemeša. Do ove greške je došlo zbog konstrukcije lemeša. Zbog veće debljine osnovnog materijala nije došlo do dovoljno brzog odvođenja topline između prolaza, tijekom navarivanja. Do ove greške ne bi došlo ukoliko bi se koristila žica manjeg promjera, odnosno ukoliko bi bio manji toplinski input.

Mikrostrukture navarenih slojeva te osnovnoga materijala prikazani su na slici 10.



Slika 10. Mikrostruktura (200x): a) osnovni materijal, b) ZUT, c) drugi sloj, d) treći sloj

#### 5 ZAKLJUČAK

Kako bi se povećala produktivnost, smanjili troškovi i utjecaj zavarivača na kvalitetu zavarenog spoja, sve se više pristupa robotizaciji postupka zavarivanja u proizvodnim pogonima. U radu je analizirana primjena robota prilikom navarivanja tvrdog metala na lemeš pluga.

Zbog ograničene zavarljivosti osnovnog materijala, a prije navarivanja sloja tvrdog metala, izvedeno je navarivanje međusloja. Navarivanje međusloja povećava troškove. Ovaj korak u pripremi lemeša moguće je izbjegći korištenjem osnovnog materijala s manjim udjelom ugljika, odnosno boljom zavarljivošću.

Nakon navarivanja sloja tvrdog metala izvršena je vizualna kontrola navara. Utvrđeno je da navar ima preveliko nadvišenje, što zahtijeva naknadnu obradu navara brušenjem. Kako bi se izbjegla potreba za naknadnom obradom oštice, trebalo bi koristiti žicu za navarivanje s manjim promjerom i navar izvesti u više od tri prolaza. Na ovaj način izbjegla bi

se potreba naknadne obrade brušenjem, odnosno nadvišenje navara bilo bi manje. Također, bio bi manji utjecaj topline, što bi rezultiralo manjom promjenom strukture osnovnog materijala i manjom penetracijom.

Prednost navarivanja pomoću robota u odnosu na čovjeka je u brzini postupka. Mjerljivom brzinom rada čovjeka i robota utvrđeno je da robot navari oštricu lemeša za približno dva puta manje vremena. Pored toga, navar izveden pomoću robota odlikuje ujednačenost oblika i dimenzija cijelom duljinom oštice. Za očekivati je da će ovako izrađena oštica imati pozitivan utjecaj na efekt samooštrenja prilikom eksploracije, zbog ujednačene brzine trošenja navarenog materijala.

Zaključno, može se reći da je navar izrađen u sklopu ovoga rada zadovoljavajuće kvalitete te bi se, nakon naknadne obrade brušenjem, mogao uspješno koristiti.

## 6 LITERATURA

- [1] Podhorsky R., Karabaić, V.: *Poljoprivredne mašine*, Tehnička enciklopedija, svezak 10, Jugoslavenski leksikografski zavod, 1986., 681. str.
- [2] Banaj, et.al.: *Tehničko-tehnološki aspekti primjene novih oblika lemeša pluga*. Osijek; Poljoprivreda 14, 2008, 1, str. 41-46.
- [3] Horvat, Z.; Filipović, D.: *Usporedba oranja standardnim i navarenim lemešima na pjeskovito-glinastom tlu u Baranji*. Zagreb; Agronomski glasnik 6, 2006, str.371-380.
- [4] Đurić, Sava; Đorđević, Ljubodrag; Mitić, Dragan: *Primena navarivanja u održavanju poljoprivrednih alata*. Poljoprivredna tehnika 32, 2007, 3, str. 81-88.
- [5] Kožuh, Stjepan: *Specijalni čelici*. Sisak; Metalurški fakultet, 2010, 127 str.
- [6] Saarstahl AG, Völklingen, Njemačka: *SBQ: Material specification sheet*, URL: <https://www.saarstahl.com/sag/en/products/steel-solution/automotive/sbq/index.shtml> (23.05.2020.)
- [7] Songshun Steel, Sha Tou, Kina: *Steel Round Bar Sheet Plate C45*, URL: <https://steelpurchase.com/1045-s45c-c45-steel/> (23.05.2020.)
- [8] Lastek, Herentals, Belgija: *Wear and repair*, URL: <https://en.lastek.be/product-filter/wear-repair/> (20.05.2020.)