

OTPORNOST TROŠENJA NAVARENIH SLOJEVA PRI OBRADI TLA

Wear resistance of hardfaced layers during tilling the soil

Ivan Putnik¹, Ivan Opačak¹, Mijat Samardžić¹, Vlatko Marušić¹

¹ Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

¹ University of J. J. Strossmayer in Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod

Ključne riječi: *navarivanje, otpornost na trošenje, mikrostruktura, tvrdoće*

Sažetak

Obradom tla dolazi do abrazijskog trošenja pojedinih radnih dijelova pluga, najviše lemeša. Spomenuto trošenje uzrokuju čestice tla. Međusobno su uspoređivani standardni i navarivani lemeši. Standardni lemeši su izrađeni od manganskog čelika 50Mn7. Navarivani lemeši su izrađeni nanošenjem C-Cr-Co-Ni-Si dodatnog materijala na opći konstrukcijski čelik S355JO. Lemeši su ispitivani na plugu prevrtaču. Istraživanja su obavljena u razdobljima 120, 240 i 360 sati oranja, odnosno 60, 120 i 180 sati rada svakog lemeša. Trošenje lemeša praćeno je kontrolom gubitka mase i promjene dimenzija. Nakon 180 sati rada prosječni gubitak mase navarenih lemeša iznosio je 25,06 %. Za isto vrijeme oranja prosječni gubitak mase standardnih lemeša iznosio je 26,29 %. Zaključeno je da se primjenom navarenih lemeša može utjecati na produljenje vijeka lemeša.

Keywords: *hardfacing, wear resistance, microstructure, hardnesses*

Abstract

By tilling the soil comes to abrasion wear of some working parts of the plough, mostly ploughshares. The mentioned wear was caused by soil particles. Standard and hardfaced ploughshares were tested. The standard ploughshares are made of manganese steel 50Mn7. The hardfaced ploughshares are made by applying a C-Cr-Co-Ni-Si additional material on the general structural steel S355JO. The ploughshares are tested on the plough roller machine. Researches were performed in periods of 120, 240 and 360 hours of ploughing, or 60, 120 and 180 work hours of each ploughshare. Ploughshares wear was monitored by controlling the loss of mass and change in dimensions. After 180 hours the average mass loss of hardfaced ploughshares was 25,06 %. In the same time of ploughing the average mass loss of standard ploughshares was 26,29 %. It was concluded that the application of hardfaced ploughshares can affect on the extension of the ploughshare life.

1. Uvod

Pri obradi tla lemeši se troše i uslijed toga zatupljuju. Uzrok tomu su čestice abraziva u tlu čija je tvrdoća veća od tvrdoće lemeša. Dosadašnjim istraživanjima lemeša različite tvrdoće konstatiralo se da je površinska tvrdoća jedna od najvažnijih karakteristika otpornosti na trošenje lemeša tijekom rada. Najtrošeniji dijelovi radne površine lemeša su vrh i oštrica [1]. Posljedica toga očituje se u gubitku mase i promjeni dimenzija lemeša. Zastoji koji nastaju uslijed istrošenosti i zatupljenosti lemeša iziskuju određeno vrijeme za zamjenu novima, što rezultira troškovima. Direktni troškovi su cijena novih lemeša i rad za zamjenu istrošenih. Indirektni troškovi se mogu sastojati u povećanoj potrošnji goriva tijekom rada i u lošijoj kvaliteti oranja. Ti indirektni troškovi mogu značajno porasti. Jedan od mogućih rješenja problema trošenja lemeša je navarivanje lemeša tvrdim slojevima na vrh oštricu.

Ispitivani će biti lemeši izrađeni od različitih materijala praćenjem promjene karakterističnih dimenzija i gubitka mase. Cilj istraživanja je, da se na osnovu usporedbe rezultata lemeša utvrdi koji materijal, odnosno zaštitni sloj daje veću otpornost trošenju.

2. Eksperimentalna ispitivanja

Prema literaturnim podacima [2, 3] kvaliteta oranja ovisi ne samo o materijalu lemeša nego i o sastavu tla. Materijal svojom tvrdoćom i udjelom strukturnih konstituenata može doprinijeti produljenju vijeka lemeša. Sastav tla djeluje na trošenje ovisno o udjelu abrazivnih čestica i o udjelu vlage [4].

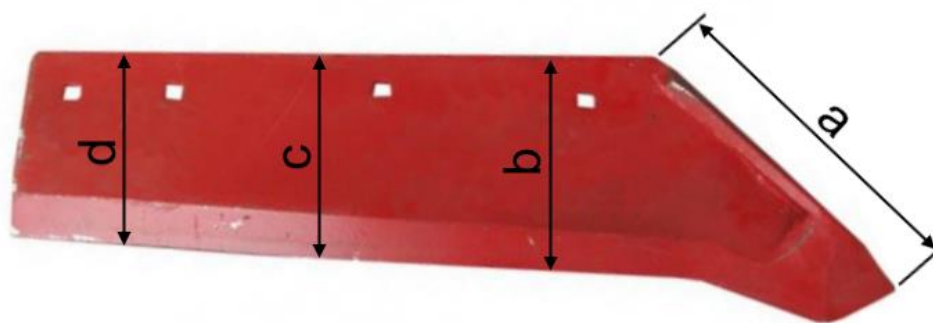
2.1. Sastav tla

S obzirom na to da trošenje ovisi i o sastavu tla, odabrano je da oranje bude obavljeno na praškasto ilovastom i praškasto glinastom tlu. Odabrano je ukupno 15 parcela. Na istraživanim parcelama tlo je praškasto ilovaste (41,17 %) do praškasto glinaste teksture (58,83 %). Udjel čestica gline kod praškasto ilovastog tla kretao se u rasponu od 22,65 % do 26,96 %. Kod praškasto glinastog tla udjel čestica gline kretao se u rasponu od 27,96 % do 33,49 %. U praškasto ilovastom tlu udjel čestica pijeska kretao se u rasponu od 2,20 do 3,16 %, a u tlu praškasto-glinasto-ilovaste teksture udjel pijeska bio je niži, kretao su u rasponu od 1,17 do 2,63 %. Na oranim parcelama udjel vlage na dubini do 30 cm kretao se u rasponu od 19,32 do 35,39 %.

2.2. Izbor i izrada varijantnih lemeša

Za istraživanje otpornosti trošenju pri obradi tla odabrani su:

„A“ - standardni lemeši, kupljeni zajedno s plugom, izrađeni od manganskog čelika 50Mn7,
„B“ - vlastiti navareni lemeši, izrađeni sa zaštitnim slojem dodatnog materijala na bazi C-Cr-Co-Ni-Si na osnovni materijal konstrukcijski čelik S355JO. Na slici 1 prikazane su karakteristične dimenzije lemeša: „a“ - duljina vrha lemeša, „b“ - visina lemeša na prednjem dijelu, „c“ - visina lemeša na srednjem dijelu, „d“ - visina lemeša na stražnjem dijelu.



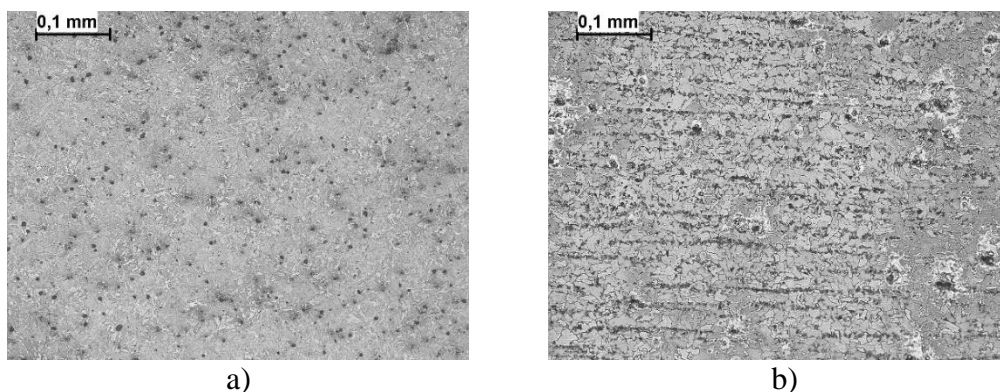
Slika 1 Karakteristične dimenzije lemeša

S obzirom na specifičnost oblika kod izrade vlastitih navarenih lemeša odabrano je da vrh lemeša bude navaren elektrodom C-Cr-Co-Ni-Si, ručno-elektrolučnim postupkom. Oštrica lemeša zaštićena je induktivnim nataljivanjem praška C-Cr-Co-Ni-Si. Induktivni postupak je odabran zbog mogućnosti postizanja ravnomjerno raspoređenog sloja, ujednačene debljine i zbog brzine postupka utaljivanja na tako velikim duljinama (preko 500 mm). U tablici 1 prikazan je kemijski sastav dodatnog materijala za navarivanje vlastitih navarenih lemeša.

Tablica 1 Kemijski sastav dodatnog materijala

Kemijski sastav, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Co
3,30	1,49	0,43	24,32	3,13	0,10	3,20

Mjerenjem tvrdoće po Rockwell-u utvrđeno je da se površinska tvrdoća standardnih lemeša kretala u rasponu 42 ÷ 46 HRC. Na navarenim lemešima izmjerene su vrijednosti površinske tvrdoće u rasponu 43 ÷ 48 HRC. Na slici 2 prikazane su karakteristične mikrostrukture ispitnih lemeša.



a) standardni lemeši; b) navareni lemeši

Slika 2 Karakteristična mikrostruktura ispitivanih lemeša

Tok tvrdoće HV1 mjeren po poprečnom presjeku lemeša prikazan je u tablici 2.

Tablica 2 Tok tvrdoće po presjeku lemeša prije uporabe

Udaljenost od ruba, mm	HV1	
	Standardni lemeši	Navareni lemeši
0,05	594	772
0,15	644	770
0,35	654	768
0,45	660	766
1	654	764
1,20	663	762
1,50	676	760
2,00	667	758
2,20	652	756
2,50	655	716
3,00	658	190
3,20	659	184
3,50	668	184
4,00	670	180
4,20	672	175
4,50	672	165

3. Rezultati ispitivanja

Ispitivanje je izvedeno sa dva traktora snage 129 kW s pogonom na sva četiri kotača. Korištena su dva četverobrazna pluga prevrtača, radnog zahvata 120 cm. Istraživanja su provedena na ukupno 16 lemeša. Ispitivano je 8 standardnih i 8 vlastitih navarenih lemeša po svakom plugu. Tijekom istraživanja brzina kretanja traktora praćena je kronometrom. Kod svih ispitivanja brzina kretanja traktora podešena je 7 km/h.

Pri bitnijem povećanju otpora tla oranju automatski mjenjač prebacuje brzinu u niži stupanj kretanja, čime je izbjegnuto manualno mijenjanje brzina. Mjerenje dimenzija lemeša „a“, „b“, „c“ i „d“ obavljano je pomoću umjerenog pomičnog mjerila, mjernog područja 0 ÷ 200 mm s točnošću mjerenja ($\pm 0,01$ mm). Masa ispitivanih lemeša biti će utvrđena vaganjem na elektronskoj vagi mjernog područja do 6000 g i točnosti ± 1 g. Prosječna početna duljina vrha „a“ standardnih lemeša „A“ iznosila je 198,50 mm, širine „b“ 142,13 mm, „c“ 127,63 mm, „d“ 121,25 mm. Prosječna duljina vrha „a“ navarenih lemeša „B“ iznosila je 199,13 mm, širine „b“ 143,50 mm, „c“ 131,88 mm i „d“ 125,13 mm. Na slici 3.a prikazan je izgled standardnog lemeša, a na slici 3.b navarenog lemeša nakon oranja.



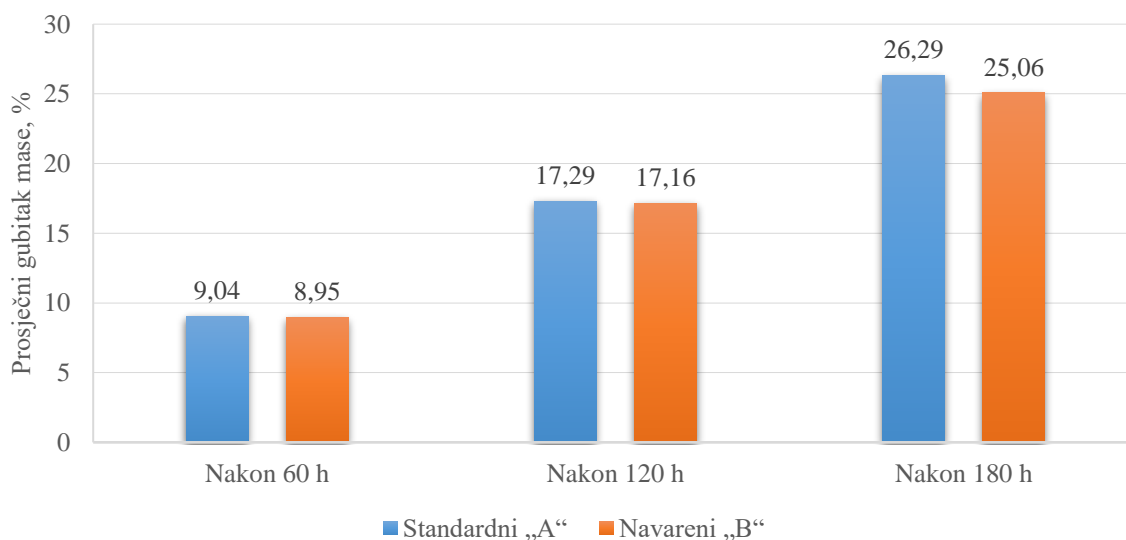
a)



b)

Slika 3 Karakteristični izgled lemeša nakon oranja
a) standardni lemeši „A“; b) navareni lemeši „B“

Kontrola promjene dimenzija i gubitka mase lemeša izvršena je u tri razdoblja: 120, 240 i 360 sati rada pluga. Dakle, pošto je korišten plug prevrtač, svaki lemeš je kontroliran nakon 60, 120 i 180 sati rada. Prije početka rada i kod svakog definiranog vremena ispitivanja izvršeno je mjerenje kako bi se utvrdile dimenzije i masa. Prosječna masa standardnih lemeša prije početka rada iznosila je 3.927,50 g, navarenih lemeša 4.330,005 g. Masa navarenih lemeša je veća nego kod standardnih, kao posljedica navarivanja zaštitnog sloja. Rezultati gubitka mase prikazani su na slici 4.



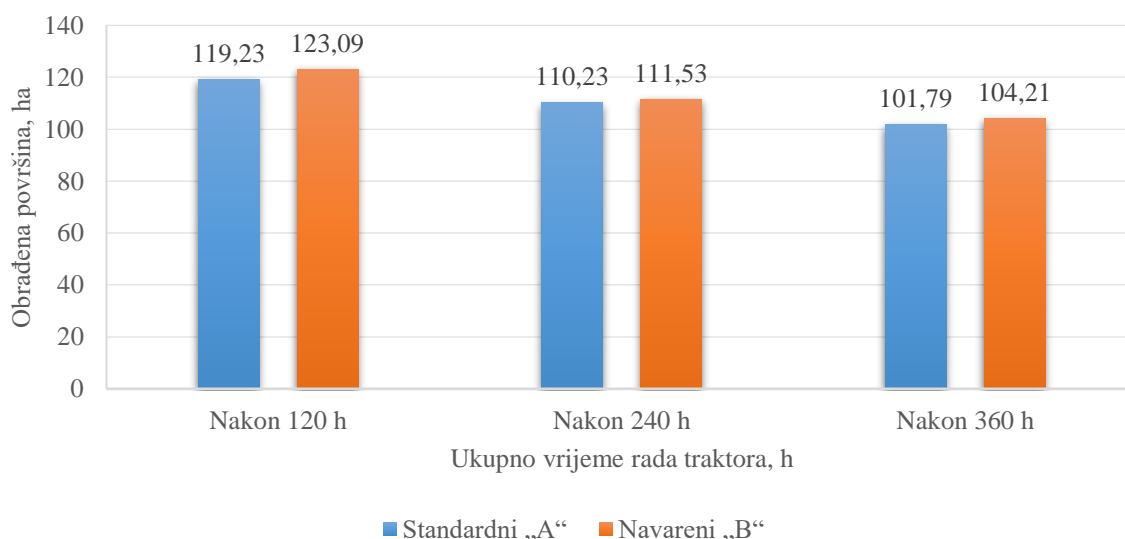
Slika 4 Prosječno smanjenje mase standardnih i navarenih lemeša pri oranju

U tablici 3 prikazani su rezultati promjene karakterističnih dimenzija lemeša.

Tablica 3 Prosječno smanjenje dimenzija standardnih i navarenih lemeša pri oranju

Prosječno smanjenje karakterističnih dimenzija						
Vrsta lemeša	Nakon 60 sati rada		Nakon 120 sati rada		Nakon 180 sati rada	
	Nazivna dimenzija a					
	Istrošenje		Istrošenje		Istrošenje	
	mm	%	mm	%	mm	%
Standardni „A“	16,13	8,12	27,38	13,79	39	19,65
Navareni „B“	7,25	3,63	13,13	6,58	18,25	9,16
Nazivna dimenzija b						
Standardni „A“	5,63	3,97	9,25	6,51	13,63	9,59
Navareni „B“	3,75	2,6	6,88	4,77	8,88	6,16
Nazivna dimenzija c						
Standardni „A“	6,88	5,39	10,5	8,23	14,13	11,07
Navareni „B“	6,25	4,75	9,5	7,21	11,0	8,34
Nazivna dimenzija d						
Standardni „A“	6,13	5,04	10,25	8,35	14,38	11,85
Navareni „B“	5,25	4,19	8,75	6,99	11,5	9,20

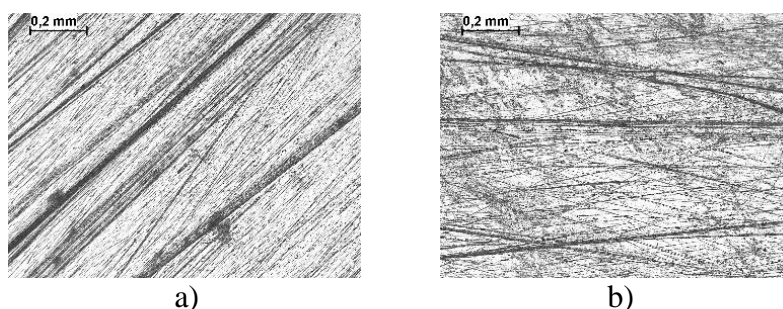
Prosječna dubina oranja kod standardnih lemeša „A“ iznosila je 29,10 cm. Kod navarenih lemeša „B“ prosječna dubina oranja bila je viša i iznosila je 29,30 cm. Veličina obrađene površine utvrđena je mjerenjem uz pomoć mjerne vrpce, a radni sati traktora mjereni su kronometrom, slika 5.



Slika 5 Veličina obrađene površine i radni sati traktora

Izvršeno je snimanje tragova trošenja na lemešima nakon oranja. Tragovi trošenja standardnih lemeša prikazani su na slici 6.a. Uočavaju se izražene neprekinute brazde nastale djelovanjem abraziva SiO₂ sadržanog u tlu. Tragovi trošenja navarenih lemeša prikazani su na slici 6.b. Na navarenim lemešima brazde su prekinute na mjestu gdje su čestice pijeska naišle na karbide kroma

sadržane u zaštitnom sloju. Veća otpornost trošenju navarenih slojeva posljedica je prisustva Cr karbida koji su bitno tvrđi od SiO_2 [5].



Slika 6 Karakteristični tragovi trošenja ispitivanih lemeša
a) standardni lemeši; b) navareni lemeši

4. Analiza rezultata i zaključci

Analizom metalografskih snimaka na slici 2 uočava se da je struktura standardnih lemeša pretežito bainitna. U zaštitnom sloju navarenih lemeša uočavaju se Cr karbidi relativno ravnomjerno raspoređeni u dendritnoj matrici. Tvrdoća standardnih lemeša je ujednačena po „dubini“ i iznosi oko 650 HV1. Navareni slojevi imaju tvrdoću oko 750 HV1 uz izraženo opadanje u ZUT-u i osnovnom materijalu, na oko 180 HV1, zbog feritno-perlitne strukture osnovnog materijala, tablica 2. Analizom rezultata dimenzionalne kontrole lemeša utvrđeno je bitno veće smanjenje dimenzija standardnih lemeša „A“ u odnosu na lemeše s navarenim slojem „B“, tablica 3. Kod standardnih lemeša prosječni gubitak mase iznosio je 26,29 % u odnosu na početnu. Navareni lemeši su tijekom pokusa oranja istrošeni prosječno 25,06 %, slika 4. Standardnim lemešima je tijekom pokusa pooran oko 331 hektar, a navarenim oko 339 hektara. Iz dijagrama na slici 5 uočava se smanjenje veličine poorane površine tijekom vremena rada. To je posljedica zatupljivanja vrha i oštrice lemeša.

Dulji vijek alata za obradu tla osim većeg radnog učinka omogućava i veću produktivnost. Nije nebitno ukazati na to da se lemešima otpornijim na trošenje može značajno utjecati na smanjenje opasnosti indirektnih triboloških gubitaka do kojih bi moglo doći u slučaju prekoračenja optimalnih rokova sjetve. Na temelju ovih, preliminarnih rezultata, prednost u primjeni treba dati navarenim lemešima, odnosno onim zaštitnim slojevima koji u strukturi sadrže karbide tvrđe od čestica abraziva sadržanog u tlu.

5. Literatura

- [1] Filipović, D.; Banaj, Đ.; Košutić, S.; Josipović, M.; Šimić, B.: Comparison of the protected and unprotected plough share wear by the abrasion of the soil particles, *Strojarstvo*, 45 (2003) 1-3, 17-23.
- [2] Bayhan, Y.: Reduction of wear via hardfacing of chisel ploughshare, *Tribol. Int.*, 39 (2006) 6, 570-574.
- [3] Natsis, A.; Papadakis, G.; Pitsilis, J.: The influence of soil type, soil water and share sharpness of a mouldboard plough on energy consumption, rate of work and tillage quality, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72 (1999) 2, 171-176.
- [4] Xiaogang, Z.; Zebing, X.: Abrasive wear resistance property of surfacing cladding hard alloy on tillage components, *Agricultural Equipment & Vehicle Engineering*, 5 (2014).
- [5] Grilec, Krešimir; Jakovljević, Suzana; Marić, Gojko: *Tribologija u strojarstvu*. Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2015., 208 str.