

TEHNOLOGIJA REPARATURNOG NAVARIVANJA NOŽEVA PLUGA ZA ČIŠĆENJE SNEGA

TECHNOLOGY FOR REPARATORY HARD FACING OF SNOW PLOUGH BLADES

Vukić Lazić¹, Dušan Arsić¹, Milan Mutavdžić², Ružica Nikolić^{1,3}, Srbislav Aleksandrović¹,
Milan Djordjević¹, Ivan Samardžić⁴, Branislav Hadzima³

¹ Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija

² Visoka Tehnička Škola Strukovnih studija, 24. Novembar bb, 38218 Leposavić, Srbija

³ Istraživaki Centar, Univerzitet u Žilini, Univerzitna 8215/1, 010 26 Žilina, Slovačka

⁴ Strojarski Fakultet u Slavonskom Brodu, Univerzitet Josipa Jurja Štormajera u Osijeku, Trg
Ivane Brlić-Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

Ključne riječi: Navarivanje, dodatni materijali, ponašanje na habanje, noževi pluga za čišćenje snega

Sažetak:

U ovom radu se analiziraju mogućnosti za reparaturu navarivanjem radnih delova vozila za čišćenje snega. Noževi plugova za čišćenje snega mogu se svrstati u grupu radnih delova građevinske mehanizacije koji su tokom eksploatacije izloženi istovremeno abrazivnom habanju, koroziji i povremenim udarnim opterećenjima jakog intenziteta. Pri čišćenju snega ovi radni delovi su u direktnom kontaktu sa tvrdom putnom podlogom, a najveći intenzitet njihovog habanja javlja se pri čišćenju snega sa asfaltne ili betonske podloge, jer su u direktnom kontaktu sa stenskim mineralima koji su sastavni deo asfalta ili betona. Cilj ovog rada je bio da se istraži mogućnost za reparaturu oštećenih delova i predloži tehnologija navarivanja. Predložena tehnologija navarivanja je testirana u tribološkim uslovima na modelima i na realnim radnim delovima i pokazala se veoma uspešnom.

Key words: Hard facing, filler metals, wear behavior, snow plough blades

Abstract:

Possibilities for reparatory hard facing of the working parts of the snow plough are analyzed in this paper. The snow plough blades can be considered as working parts of the construction machinery, which during exploitation are exposed to simultaneous action of abrasive wear, corrosion and occasional impact loads of high intensity. During the snow removing those parts come to direct contact with hard road surface, while the highest intensity of wear occurs when the snow is being removed from the asphalt or concrete roads, since then they are in direct contact with rock minerals which are the constituents of asphalt or concrete. The objective of this paper was to investigate the possibility for reparation of the damaged blades and to propose the hard facing technology. The proposed technology was tested in tribological conditions on models and on the real working parts and it was proven as very successful.

1. UVOD

Noževi plugova za čišćenje snega se eksploatišu u uslovima izrazitog habanja koje je posledica kako snega koji se čisti, tako i putne podloge koju karakteriše velika tvrdoća. Plug na putnu podlogu naleže celokupnom svojom masom, a često se dešava da, u radu pri velikoj brzini radne mašine ili vozila na kome su montirani, plugovi udare u ivičnjake ili stenske materijale većeg gabarita koji se nalaze pored puta. Takodje, nije redak slučaj da dodje do iznenadnog udara na neka ispučenja na putu zaostala iz više razloga, kada zaštitni hidraulični sistem zbog brzine ne može da

stigne da reaguje iako je podešen na radni - takozvani "plivajući položaj". Sve napred rečeno utiče da ovi noževi imaju izuzetno kratak radni vek, a najveći uzročnik je intenzivno abrazivno habanje, što dovodi do česte zamene ovih radnih delova.

U ovom radu je prikazana tehnologija navarivanja spomenutih delova u cilju uštede, njihovog vraćanja u radno stanje i povećanja njihove postojanosti pri narednoj upotrebi. Pri propisivanju tehnologije navarivanja i utvrđivanju njene efikasnosti korišćena su sopstvena iskustva autora ovog rada stečena pri reparaturi nekih delova slične namene [1-7], kao i iskustva drugih autora koji su se bavili ovom problematikom [8-10].

2. NOŽEVI PLUGA ZA ČIŠĆENJE SNEGA I UOČENI PROBLEMI

Plug za čišćenje snega montira se na prednji kraj radne mašine ili vozila, a sneg sa kolovoza se sklanja mehanički guranjem. Hidraulični sistem omogućava rukovanje (manipulaciju) ovim uređajem i služi za njegovo podizanje, spuštanje i zakošenje pod odgovarajućim uglom. Sistem zaštite omogućava da se pri iznenadnom udaru u neku prepreku na putu plug podigne ili zaokrene pod određenim uglom, što omogućava hidraulični sistem, ili mehanički sistem pomoću opruga. Na slici 1(a) prikazan je izgled plugova montiranih na radne mašine i vozila spremnih za rad. Na slici 1(b) se jasno vidi raspodela intenziteta habanja po čitavoj njegovoj širini kao i karakterističan način habanja.

Noževi plugova za čišćenje snega izrađuju se najčešće sečenjem čeličnih tabli gasnim plamenom, a zatim se mašinskom obradom dovode na tačnu meru. Montaža plugova se izvodi preko otvora koji se buše na tako pripremljenoj tabli. Mehaničkom obradom se takodje formira i oštrica noža. Noževi se pričvršćuju za plugove pomoću zavrtnjeva i navrtki čime se dobija raskidiva veza koja je neophodna zbog njihove česte zamene zbog pohabanosti. Dimenzije ispitivanih uzoraka noževa su bile 1600x200x20 mm.



(a)



(b)

Slika 1. (a) Vozilo za čišćenje snega i (b) pohabani noževi pluga.

Noževi pluga su izrađeni od čelika C45 koji ima relativno nisku otpornost na habanje, što prouzrokuje smanjenje iskorišćenja kapaciteta radne mašine i česte zastoje kako bi se izvela zamena pohabanih noževa. Zbog toga je u ovom radu cilj bio propisivanje tehnologije navarivanja i izbora dodatnog materijala kako bi se dobili navari velike tvrdoće i istovremeno dobre žilavosti.

3. OSNOVNI I DODATNI MATERIJALI

Osnovni materijal (BM) od kog su izrađeni noževi pluga je ugljenični čelik C45 (tablica 1). Izbor dodatnih materijala je izvršen na osnovu namene delova koji se navaruju, kao i na osnovu karakteristika koje materijal mora da poseduje. Testirani dodatni materijali (FM) su predviđeni za

rad u uslovima ekstremnog habanja. Takodje, osim habanja vrlo često su prisutna i udarna opterećenja, koja mogu da dovedu do zamora površinskih slojeva radnih delova. Za dodatni materijal je izabrana legura komercijalne oznake E DUR 600 [11], (tablica 1).

Tablica 1. Hemijski sastav osnovnog metala i dodatnih materijala [11]

Čelik/Elektrode Steel/Electrodes	Legirajući elementi/Alloying elements [%]						Tvrdća/Hardne ss, HRC
	C	Cr	Mo	Si	Mn	Ni	
C45	0.42- 0.5	<0.4	<0.1	<0.4	0.5- 0.8	<0.4	≈ 30
E DUR 600 DIN 8555: E 6-UM- 60	0.5	7.5	0.5	-			57 - 62

Izabrani materijali su čelične legure visokog sadržaja ugljenika i hroma. Hemijski sastav korišćenih metala je dat u tablici 1. Navarivanje uzoraka je radjeno REL postupkom zavarivanja sa tri prolaza i u tri sloja. Uzorci su predgrevani na 300°C i navarivanje je radjeno prema parametrima datim u tablici 2.

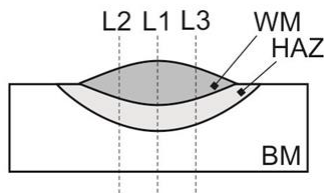
Tablica 2. Parametri navarivanja za REL postupak

Debljina OM BM thickness s [mm]	Oznaka elektrode Electrode designation (by producer)	Prečnik jezgra elektrode Electrode core diameter d _e [mm]	Struja navarivanja Hard facing current I [A]	Napon Voltage U [V]	Brzina navarivanja Hard facing speed v _z , [mm/s]	Pogonska energija Driving energy q _l [J/cm]
20	E DUR 600	5.00	120-200	25-28	≈ 2	12000-22400

4. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA OTPORNOSTI NA HABANJE

4.1 Merenje tvrdoće i određivanje mikrostrukture

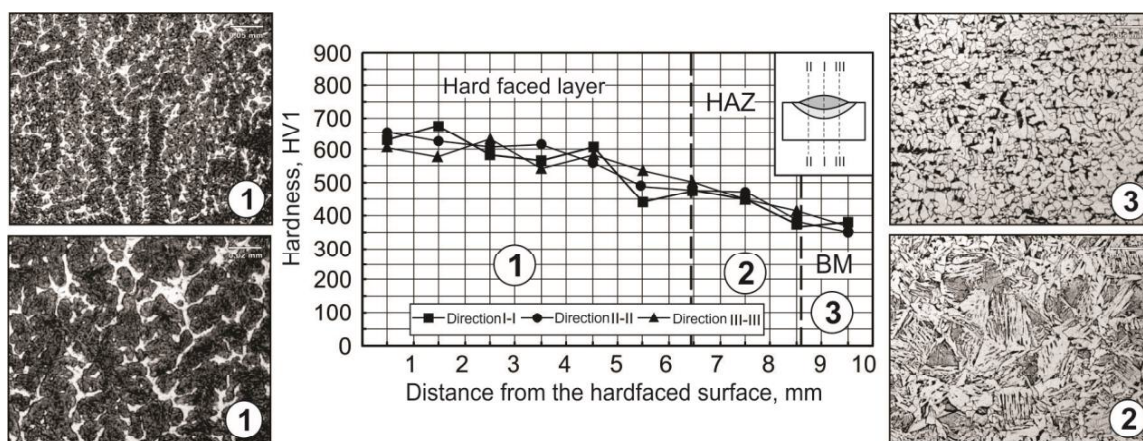
U okviru istraživanja navarenih spojeva izvedeno je i ispitivanje mikrostrukture i merenje tvrdoće svih zona navarenih spojeva. Uzorci su pripremljeni prema slici 2, a tvrdoća je merena u tri pravca upravna na navarenu površinu, metodom HV1.



Slika 2. Uzorak za merenje tvrdoće.

Rezultati merenja tvrdoće i ispitivanja mikrostrukture svih karakterističnih zona spoja su prikazani na slici 3.

Mikrostrukture površine i zona navarenih slojeva su procenjene kao: 1 – FM – martenzitno-karbidna sa zaostalim austenitom, 2 – ZUT – grubozrna, 3 – BM – perlitno-feritna struktura.



Slika 3. Tvrdoća i mikrostruktura navarenog sloja.

4.2 Odredjivanje otpornosti na habanje u laboratorijskim uslovima

U cilju poredjenja rezultata dobijenih u realnim uslovima sa laboratorijskim, izvedeno je odredjivanje otpornosti na habanje na tribometru. U slučaju da su rezultati uporedivi, pri sledećem izboru dodatnih materijala i tehnologija navarivanja može da se pristupi samo laboratorijskom testiranju uzoraka.

Navareni uzorci su korišćeni za izradu blokova za tribološka ispitivanja budući da je na tribometru ostvarivan kontakt block-on-disc. Ispitivanje je izvedeno bez upotrebe maziva kako bi uslovi testiranja bili što približniji realnim uslovima eksploatacije. Ispitivanje je izvedeno pri različitim brzinama i opterećenjima na tribometru (slika 4), sa tri brzine od 0.25, 0.5 i 1 m/s uz primenu tri različita opterećenja od 50, 75 i 100 N. Zapremina pohabanog materijala je korišćena kao parametar za ocenu otpornosti materijala na habanje. Dobijeni rezultati su prikazani na slici 5.



Slika 4. Tribometar.

5. ODREDJIVANJE OTPORNOSTI NA HABANJE U REALNIM RADNIM USLOVIMA

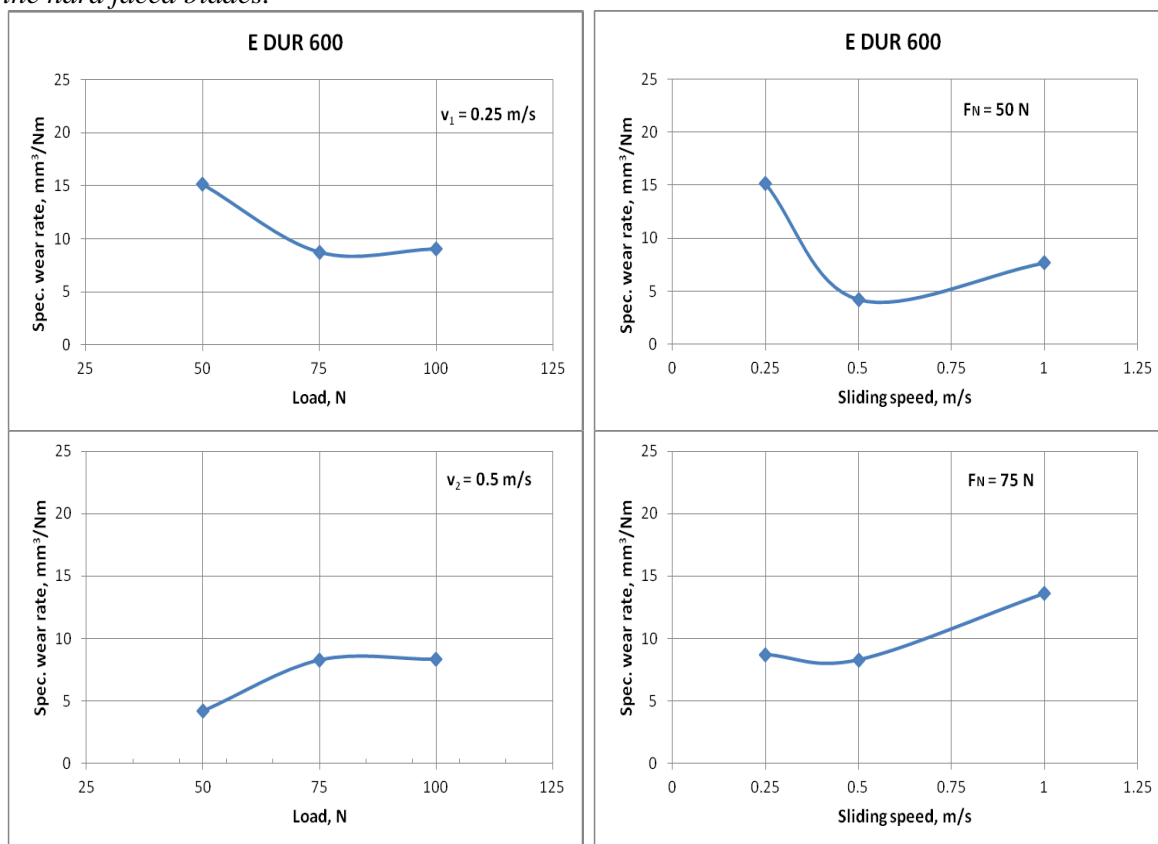
Otpornost na habanje je odredjivana na osnovu gubitka mase materijala ispitivanih uzoraka noževa posle 140 h efektivnog rada. Vizuelno je bilo moguće da se uoči velika razlika u širini noževa posle ispitivanja, pa se merenjem linijske pohabanosti došlo do saznanja o višestruko većoj otpornosti na habanje navarenih od nenavarenih noževa. Međutim, zbog neujednačenosti pohabanosti kontaktne površine po čitavoj dužini noževa, otpornost na habanje ispitivanih noževa je odredjivana merenjem mase pre i posle ispitivanja. Rezultati ovih istraživanja su dati u tablici 3 i na slici 6.

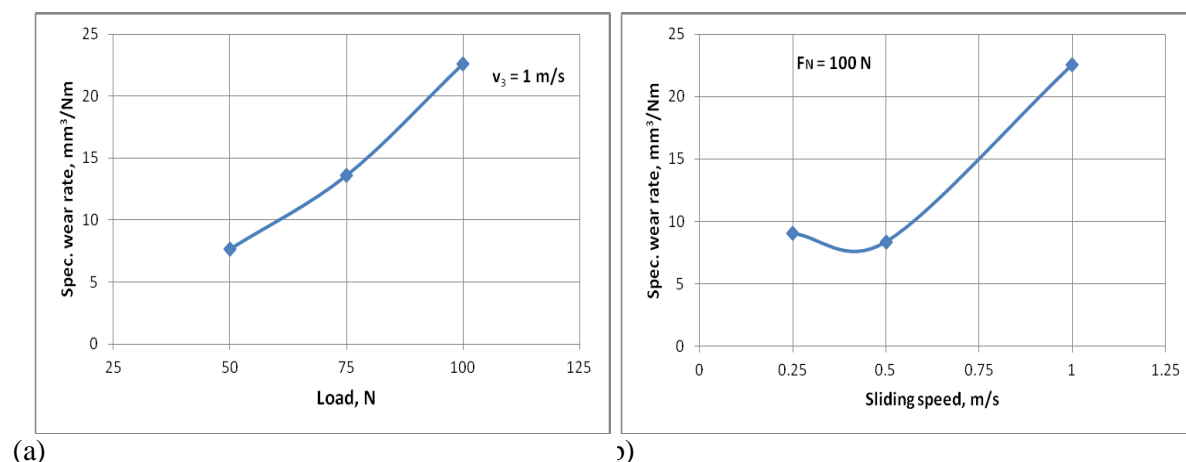
Tablica 3. Otpornost na habanje ispitivanih uzoraka noževa pluga za čišćenje snega posle 140 h rada

Masa ispitivanih noževa Tested blades mass	Reparaturno navareni i nenavareni (novi) noževi Reparatory hard faced and new knives					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
Na početku ispitivanja, At the beginning of tests <i>kg</i>	46,80	48,00	48,00	46,80	48,00	48,00
Na kraju ispitivanja, At the end of tests <i>kg</i>	40,40	41,00	43,40	14,00	14,40	12,00
Masa pohabanog materijala Worn material mass <i>kg</i>	6,40	7,00	4,60	32,80	33,60	36,00
Pohabana masa materijala Worn material mass %	13,68	14,58	9,58	70,10	70,00	75,00

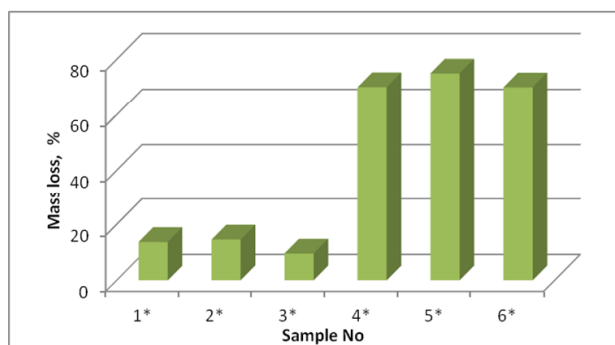
***Napomena:** Brojevima 1 i 4 označeni su naoštreni noževi, a brojevima 2, 3, 5 i 6 nenaoštreni noževi, pri čemu su prva tri (1, 2 i 3) nenavareni noževi, a druga tri (4, 5 i 6) su navareni noževi.

***Note:** Numbers 1 and 4 denote the sharpened blades and numbers 2, 3, 5 and 6 are not-sharpened blades, while the first three blades (1, 2 and 3) are not hard faced and the last three (4, 5 and 6) are the hard faced blades.



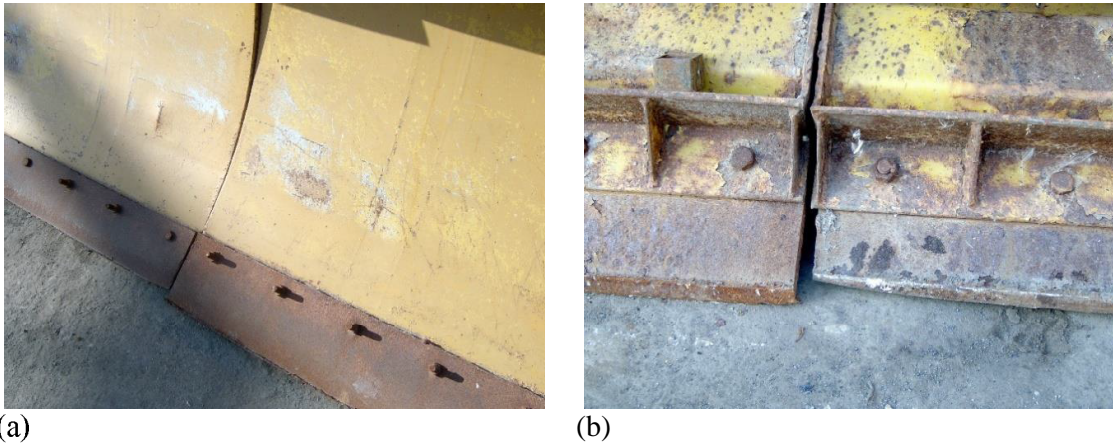


Slika 5. Specifična brzina habanja uzoraka: (a) pri različitim brzinama klizanja i (b) pri različitim opterećenjima.



Slika 6. Histogramski prikaz otpornosti na habanje noževa pluga za čišćenje snega posle 140 h rada.

Praćenje habanja noževa pluga za čišćenje snega izvedeno je dosta jednostavno, i to za tri slučaja. U prvom slučaju praćeno je habanje na naoštrenom novom i navarenom nožu. Nož navaren na plug je pričvršćen pomoću zavrtnjeva i navrtki na desni segment pluga, a nenavaren nož je na isti način pričvršćen na levi segment pluga. Razlog za ovo je činjenica da je nož koji čisti ivicu puta izložen intenzivnijem habanju pa se više haba, što je bio razlog za rigorozniju proveru otpornosti na habanje u radnim uslovima. Takodje, na osnovu iskustva, utvrđeno je da je radni vek nenavarenih noževa izradjenih od C 45 (Č1530) oko 150 h efektivnog rada. U drugom slučaju ispitivani su nenaoštrjeni noževi, jedan navaren i jedan nenavaren, koji su montirani na isti način kao i u prvom slučaju. U trećem slučaju zamenjena su mesta montaže navarenog i nenavarenog noža, tako da nenavaren nož čisti ivicu, a navaren nož sredinu puta. Na slici 7 su prikazani navareni i nenavareni noževi posle eksploatacije.



Slika 7. Pohabanost nenavarenih i navarenih noževa pluga za čišćenje snega: (a) prednja i (b) zadnja strana noževa.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih ispitivanja utvrđeno je da maksimalna širina noža koja se u toku eksploatacije može pohabati, a da ne dodje do oštećenja noževa, iznosi oko 150 mm. Na kraju ispitivanja moglo se utvrditi da je gubitak materijala kod nenavarenih noževa po širini u proseku oko 120 mm, a kod navarenih noževa pohabana širina je oko 20 mm, što je približno jednako debljini navarenog materijala. To navodi na zaključak da je otpornost na habanje navara dodatnog materijala E DUR 600, pri ovim radnim uslovima, najmanje pet puta veća od otpornosti na habanje osnovnog materijala, za sve slučajeve izvedenih ispitivanja. Primenom proizvodnog navarivanja radni vek ovih noževa može se višestruko produžiti. Takođe, pohabani noževi se mogu i obnoviti reparaturnim navarivanjem, čime se njihov radni vek dodatno može produžiti, ali se zbog tehnokonomske isplativosti preporučuje blagovremena reparatura, odnosno, dok njihova pohabanost po širini ne predje 20 mm.

Takođe, u prilog ovom dodatnom materijalu idu i laboratorijska ispitivanja tvrdoće i mikrostrukture kao i otpornosti na habanje. Dobijeni rezultati pokazuju da su najkritičnije brzine klizanja, koje prouzrokuju najveći intenzitet habanja, brzine od 0.5 i 1 m/s. Stoga je preporuka da se delovi navareni ovim dodatnim materijalom eksploatišu u uslovima manjih brzina (< 0.5 m/s).

Na primeru noževa pluga za čišćenje snega najbolje mogu da se sagledatiju prednosti primene tehnologije proizvodnog i reparaturnog navarivanja radnih delova građevinske mehanizacije. Pravilnom i blagovremenom reperaturom skoro se poptuno mogu eliminisati troškovi nabavke ili izrade novih noževa.

7. PRIZNANJE

Ovo istraživanje je delimično finansirano od strane Ministarstva za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekata: ON174004, TR32036, TR34002, TR35024 i TR33015, kao i od strane Evropskog fonda za regionalni razvoj i budžeta Slovačke kroz projekat "Istraživački Centar Univerziteta u Žilini" - ITMS 26220220183.

8. LITERATURA

- [1] M. Mutavdžić, R. Čukić, M. Jovanović, D. Milosavljević, V. Lazić, Model investigations of the filler materials for regeneration of the damaged parts of the construction, Tribology in industry, 2008, Vol. 30, No. 3 and 4, pp. 3-9.

- [2] B. Nedeljković, M. Babić, M. Mutavdžić, N. Ratković, S. Aleksandrović, R. Nikolić, V. Lazić: Reparatory hard facing of the rotational device knives for terrain leveling, *Journal of the Balkan Tribological Association*, 2008, Vol. 16, No. 1, pp. 46-57.
- [3] V. Lazić, M. Jovanović, D. Milosavljević, M. Mutavdžić, R. Čukić, Choosing of the Most Suitable Technology of Hard Facing of Mixer Blades Used in Asphalt Bases, *Tribology in industry*, 2008, Vol. 30, No. 1 and 2, pp 3-10.
- [4] S. Marković, Lj. Milović, A. Marinković, T. Lazović, Tribological aspect of selecting filler metal for repair surfacing of gears by hard facing, *Structural Integrity and Life*, 2011, Vol. 11, No. 2, pp. 127-130.
- [5] V. Lazić, A. Sedmak, S. Aleksandrović, D. Milosavljević, R. Čukić, V. Grabulov: Reparation of damaged mallet for hammer forging by hard facing and weld cladding, *Technical Gazette*, 2009, Vol. 16, No. 4, pp. 107-113.
- [6] V. Lazić, D. Arsić, R. Nikolić, B. Hadzima, M. Mutavdžić: Experimental determination of mechanical characteristics of four types of stones and their influence on the construction machinery parts wear, *Advanced Materials Research*, 2015, Vol. 1100, pp. 178-184.
- [7] V. Lazić, M. Mutavdžić, D. Milosavljević, S. Aleksandrović, B. Nedeljković, P. Marinković, R. Čukić, Selection of the Most Appropriate Technology of Reparatory Hard Facing of Working Parts on Universal Construction Machinery, *Tribology in industry*, 2011, Vol. 33, No. 1, pp. 18-27.
- [8] S. Kang, G. S. Cheemaa, S. Singla, Wear behavior of hard facings on rotary tiller blades, *Procedia Engineering*, 2014, Vol. 97, pp. 1442-1451.
- [9] M. Varga, H. Winkelmann, E. Badisch, Impact of microstructure on high temperature wear resistance, *Procedia Engineering*, 2011, Vol. 10, pp. 1291-1296.
- [10] Chang, Y. Chen, W. Wu, Microstructural and abrasive characteristics of high carbon Fe–Cr–C hard facing alloy, *Tribology International*, 2010, Vol. 43, No. 5-6, pp. 929-934.
- [11] Catalogues of base and filler metals: Steel plant Jesenice; DIN normen.