

**UPOTREBA PREPARATA OD SMEĐIH MORSKIH ALGI,  
BIOKOMPLEX W, KAO SREDSTVA ZA HLAĐENJE I  
PODMAZIVANJE U OBRADI REZANJEM**

**APPLICATION OF A BROWN SEAWEED-BASED PRODUCT,  
BIOKOMPLEX W, AS A COOLING AND LUBRICATING AGENT IN  
MACHINING PROCESSES**

**Ajla Kubat, inženjer mašinstva,  
Edin Begović, v.prof.dr.sc.,  
Mustafa Hadžalić, dr. tehničkih nauka  
Univerzitet u Zenici  
Zenica**

**Dragan Šulović, diplomirani inženjer mašinstva  
Zenica**

**REZIME**

*Rad istražuje upotrebu Biokomplex W preparata, koji se dobija iz smeđih morskih algi, kao alternativnog sredstva za hlađenje i podmazivanje u obradi odnošenjem strugotine. Kroz eksperimentalnu analizu, ispituje se utjecaj ovog ekološki prihvatljivog sredstva na sile rezanja, kvalitet obrađene površine (hrapavost) i koeficijent trenja. Rezultati pokazuju potencijal Biokomplex W preparata kao zamjene za konvencionalna sredstva za hlađenje i podmazivanje, što bi moglo doprinijeti održivijoj i energetske efikasnijoj industrijskoj proizvodnji.*

**Ključne riječi:** Obrada rezanjem, Biokomplex W, kvalitet obrađene površine, sile rezanja, koeficijent trenja

**ABSTRACT**

*The study investigates the use of Biokomplex W, a product derived from brown seaweed, as an alternative cooling and lubricating agent in machining with chip removal. Through experimental analysis, it examines the impact of this environmentally friendly agent on cutting forces, the quality of the machined surface (roughness), and the friction coefficient.. The results demonstrate the potential of Biokomplex W as a substitute for conventional cooling and lubricating agents, which could contribute to more sustainable and energy-efficient industrial production.*

**Keywords:** Cutting machining, Biokomplex W, surface quality, cutting forces, friction coefficient

**1. UVOD**

Obrada odnošenjem strugotine je široko rasprostranjena metoda obrade materijala koja se zasniva na uklanjanju viška materijala pomoću reznog alata. Primjenjuje se u raznim industrijama, a značajno je unaprijeđena razvojem materijala alata i tehnologije obrade. Važan

aspekt ovog procesa je razumijevanje sila rezanja, koje utječu na trošenje alata, kvalitet obrađene površine i efikasnost proizvodnje. Hlađenje i podmazivanje imaju ključnu ulogu u smanjenju trenja i temperature tokom obrade. Konvencionalna sredstva uglavnom se baziraju na mineralnim uljima, ali njihovi ekološki nedostaci doveli su do istraživanja alternativnih, ekološki prihvatljivih rješenja.

Osnovni princip obrade odnošenjem strugotine jeste formiranje strugotine kroz plastičnu deformaciju kada alat prodire u materijal. Postupci obrade klasifikuju se prema geometriji alata i kretanju, pri čemu je struganje najzastupljenija operacija. Kvalitet obrađene površine zavisi od više faktora, uključujući geometriju alata, parametre rezanja i primjenu maziva. Rezni alati izrađuju se od različitih materijala poput alatnih čelika, tvrdih metala i keramike, u zavisnosti od uslova obrade. Odabir materijala reznog alata će ovisiti o više faktora i uvijek se bira onaj materijal koji ispunjava što više zadanih uslova. Idealan materijal ne postoji.

Sredstva za hlađenje i podmazivanje služe za odvođenje toplote, smanjenje trenja i zaštitu alata i mašine tokom obrade. Dije se na uljne emulzije, hemijska – sintetička sredstva i čista ulja za rezanje, često uz dodatak aditiva radi boljih performansi. Zbog njihovog negativnog utjecaja na okolinu i zdravlje, razvijaju se održivi pristupi obradi. Suha i polusuha obrada predstavljaju ekološki prihvatljivije alternative, a Biokomplex W, dobijen iz smeđe morske alge, istražuje se kao prirodno i biorazgradivo sredstvo za hlađenje i podmazivanje.

## **2. BOKOMPLEX W PREPARAT**

Biokomplex W je prirodni preparat na bazi smeđe morske alge *Ascophyllum nodosum*, koja raste u hladnim vodama arktičkog kruga, najčešće kod obala Norveške. Ovaj preparat je bogat prirodnim enzimima i prebiotskim jedinjenjima, a najčešće se koristi u stočarstvu za poboljšanje higijene i smanjenje štetnih gasova. Biokomplex W omogućava bržu razgradnju organskih supstanci, smanjuje emisiju amonijaka i ne uzrokuje respiratorne probleme kod ljudi i životinja. Zahvaljujući svojim bioaktivnim svojstvima, koristi se i u tretmanu voda zagađenih teškim metalima, kao i u razgradnji naftnih derivata.

Ekstrakti ovih algi pronalaze široku primjenu u različitim industrijama: prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj, poljoprivredi i tekstilnoj. U farmaceutskoj industriji se koristi kao dodatak suplementima, posebno zbog mogućeg utjecaja na regulaciju šećera u krvi, holesterola i tjelesne mase. U poljoprivredi služi kao biostimulans koji poboljšava otpornost biljaka i kvalitet tla. U kozmetici se koristi zbog svoje sposobnosti geliziranja, a u tekstilnoj industriji za izradu antialergijske odjeće od SeaCell vlakana.

Zbog sve većeg interesa za ekološki prihvatljive tehnologije, istražuje se mogućnost primjene Biokomplex W preparata u metalnoj obradi, konkretno kao alternativnog sredstva za hlađenje i podmazivanje. Njegova prirodna biorazgradivost i neškodljivost za okolinu čine ga posebno pogodnim za zelenu industrijsku proizvodnju. Cilj istraživanja je ispitati kako ovaj preparat utiče na obradu materijala, naročito na sile rezanja, kvalitet površine i koeficijent trenja, te može li zamijeniti konvencionalna maziva i rashladna sredstva.

## **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Ekperimentalni dio ovog rada se sastoji od parametara dobijenih iz 2 eksperimenata izvršenih u Laboratoriji za obradu rezanjem i alatne mašine. Eksperimenti su odrađeni na strugu, odnosno obradom odnošenjem strugotine. Cilj ovih eksperimenata je bio da se utvrdi kako korištenje Biokomplex W preparata kao sredstva za hlađenje i podmazivanje utječe na alat i obradak. Ovaj preparat je korišten kao zamjena za klasično industrijsko sredstvo za hlađenje i podmazivanje. Biokomplex W je podvrgnut radu pri različitim režimima rezanja. Prvi eksperiment je imao jedan režim rezanja i rezultati analiziranih podataka nisu bili najjasniji. U svrhu provjere i većeg uzorka podataka odrađen je drugi eksperiment pod drugačijim režimom rezanja. Parametri režima rezanja po eksperimentima su dati u tabeli 1.:

Tabela 1. Parametri režima rezanja za prvi i drugi eksperiment

Parametri režima rezanja	Eksperiment 1.	Eksperiment 2.1	Eksperiment 2.2
Posmak- $s \left[ \frac{\text{mm}}{\text{o}} \right]$	0,2	0,249	0,08
Broj obrtaja- $n \left[ \frac{\text{o}}{\text{min}} \right]$	910	740	740
Dubina rezanja- $d_o$ [mm]	1,5	1	2
Prečnik rebra- $d$ [mm]	58	58	58
Brzina rezanja- $v_c \left[ \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]$	62	134,76	134,76
Vrijeme rezanja po rebru- $t$ [s]	10	10	10

#

Iz oba eksperimenta su prikupljeni isti parametri i isti parametri su analizirani. U ovom završnom radu najveći fokus je stavljen na 3 karakteristike: hrapavost (kvalitet obrađene površine), sile rezanja i koeficijenti trenja. Sile rezanja su očitane u iz programa Kistler Dynoware, a izmjerene su pri samom procesu rezanja. Vrijednosti parametara hrapavosti su očitane na mjernom uređaju Perthometer M1.

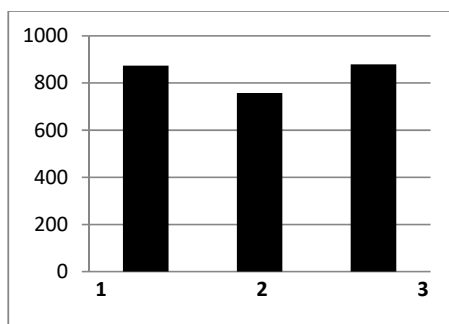
### 3.1. Obrada rezultata eksperimenata

U tabeli 2. moguće je vidjeti kako se kreću parametri sila rezanja (prosječne, maksimalne i ukupan efekt sila rezanja kroz vrijeme), koeficijenti trenja (prosječni, maksimalni i ukupan efekt koeficijenta trenja kroz vrijeme) i parametri hrapavosti (srednje aritmetičko odstupanje profila od srednje nominalne linije, srednja visina neravnina, maksimalna razlika između najvišeg vrha i najnižeg udubljenja i gustoća vrhova); ovisno o tipu obrade za prvi eksperiment.

Tabela 2. Analizirani parametri prvog eksperimenta

Parametri	Suha obrada	Obrada s emulzijom	Biokomplex W
$F_{avg}$ [N]	873,64	757,21	879,11
$F_{max}$ [N]	929,32	921,73	932,26
$F_{int}$ [N]	1937,94	2072,72	1701,72
$\mu_{avg}$	0,48	0,48	0,48
$\mu_{max}$	0,50	0,49	0,50
$\mu_{int}$	0,48	0,48	0,48
$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	2,32	2,21	2,24
$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	11,93	11,69	12,48
$R_{max}$ [ $\mu\text{m}$ ]	13,58	13,30	16,30
$R_c$ [ $\mu\text{m}$ ]	47,25	48,44	49,67

Kao što se može vidjeti najviši intenziteti prosječnih i maksimalnih sila rezanja ostvareni su upotrebom Biokomplex W preparata, a najniži upotrebom emulzije. Najviši ukupan efekt sila rezanja kroz vrijeme pak je ostvaren pri upotrebi emulzije, a najniži upotrebom preparata.



Slika 1. Dijagram prosječnih sila rezanja pri suhoj obradi (1), upotrebi emulzije (2) i upotrebi preparata (3)

#

Promatramo li koeficijente trenja, možemo primijetiti da su vrijednosti poprilično ujednačene, i svode se na skoro pa iste brojčane vrijednosti.

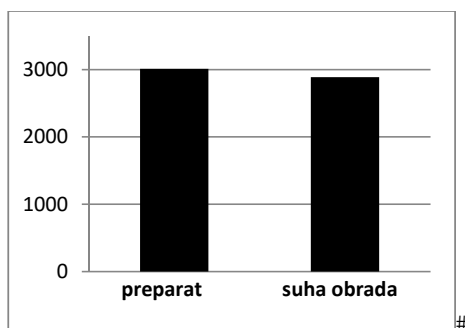
Vrijednosti parametara hrapavosti su više raznolike, tako da najviši  $R_a$  je ostvaren pri suhoj obradi, dok su najviše vrijednosti za ostale parametre ostvarene pri upotrebi preparata Biokomplex W.

U tabeli 3. su popisani isti podaci, samo pri suhoj obradi i pri upotrebi preparata Biokomplex W, te već pomenutim parametrima režima rezanja.

Tabela 3. Analizirani parametri drugog eksperimenta

Parametri	Suha obrada	Biokomplex W
$F_{avg}$ [N]	755,32	740,88
$F_{max}$ [N]	819,97	843,60
$F_{int}$ [N]	2886,60	3009,52
$\mu_{avg}$	0,55	0,55
$\mu_{max}$	0,56	0,56
$\mu_{int}$	0,55	0,55
$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	3,34	3,37
$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	16,21	16,19
$R_{max}$ [ $\mu\text{m}$ ]	18,01	17,70
$R_e$ [ $\mu\text{m}$ ]	57,75	53,17

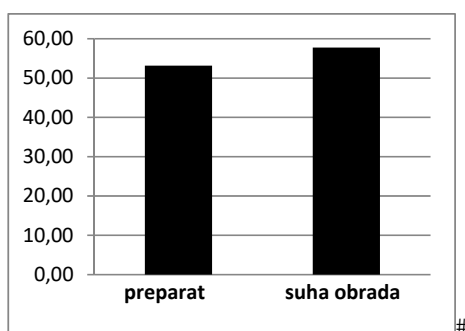
Posmatramo li sile rezanja ostvarene u drugom eksperimentu, više vrijednosti prosječnih i maksimalnih sila rezanja su ostvarene pri suhoj obradi, dok je intenzitet ukupnog efekta sila rezanja kroz vrijeme viši pri upotrebi preparata.



Slika 2. Dijagram ukupnog utjecaja sila rezanja kroz vrijeme pri upotrebi preparata i suhoj obradi  
Vrijednosti koeficijenta trenja su se svele na iste vrijednosti pri oba tipa obrade za sva tri parametra.#



Slika 3. Dijagram maksimalnih koeficijenata trenja pri obradi s preparatom i suhoj obradi  
U pogledu hrapavosti, Ra je nešto više rezultate ostvarila pri upotrebi preparata, dok su za ostale parametre više vrijednosti ostvarene pri suhoj obradi.



Slika 4. Dijagram gustine vrhova pri upotrebi preparata i pri suhoj obradi

#### 4. ZAKLJUČAK

Istraživanje je pokazalo da Biokomplex W, kao prirodni preparat na bazi smeđih morskih algi, ima potencijal da zamijeni konvencionalna sredstva za hlađenje i podmazivanje u obradi rezanjem. U eksperimentalnim uslovima, nije dao negativne rezultate u pogledu smanjenja sila rezanja, očuvanja kvaliteta obrađene površine i smanjenja koeficijenta trenja. Njegova upotreba može doprinijeti smanjenju štetnog uticaja na okolinu i povećanju energetske efikasnosti proizvodnje. Iako su rezultati ohrabrujući, potrebno je dodatno istražiti dugoročne efekte i

primjenu u industrijskim uslovima, kako s tehnološkog, tako i s ekonomskog aspekta. Biokomplex W predstavlja održivu alternativu koja bi mogla unaprijediti ekološki aspekt savremene proizvodne tehnologije. Iako se u ovom radu analiziralo više parametara, nisu analizirani svi parametri na koje bi preparat mogao da utječe negativno ili pozitivno. Daljnja istraživanja su potrebna da bi se istražio utjecaj na tehnološke procese općenito, a posebna pažnja trebala bi se obratiti na utjecaj Biokomplex W preparata na postojanost alata prilikom upotrebe kao sredstva za hlađenje i podmazivanje. I konačno, postavlja se pitanje opravdanosti upotrebe ovog preparata kao sredstva za hlađenje i podmazivanje i da li bi bolja primjena bila za prečišćavanje samih sredstava za hlađenje i podmazivanje uzmemo li u obzir činjenicu da se Biokomplex W koristi pri prečišćavanju otpadnih voda onečišćenih teškim metalima.

## 5. REFERENCE

- [1] Ekinović, S.; Begović E.: Proizvodne tehnologije - Obrada rezanjem i alatne mašine, Institut za privredni inženjering, 2019.
- [2] Begović, E.; Ekinović, S.: Napredne proizvodne tehnologije, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2012.
- [3] Ekinović, S.: Obrada rezanjem, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2001.
- [4] Ekinović, S.: Postupci obrade rezanjem, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2003.
- [5] Ekinović, S.: Rezni alati, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2007.
- [6] Lazić, M.; Nedić, B.: Proizvodne tehnologije - Obrada metala rezanjem - skripta, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet, 2007.
- [7] Ekinović, S.: Osnovi tribologije i sistema podmazivanja, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2000.
- [8] Ibisgea, »Biokomplex W«, [www.ibisgea.ba](http://www.ibisgea.ba).
- [9] Ekogea, »Biokomplex W«, [www.ekogea.uk](http://www.ekogea.uk).
- [10] Sciencedirect, »Agricultural and biological sciences - Aschophyllum nodosum«, [www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/aschophyllum-nodosum](http://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/aschophyllum-nodosum).
- [11] Sharp, G.: »Ascophyllum nodosum and its harvesting in Eastern Canada«, <https://www.fao.org/4/x5819e/x5819e04.htm>.
- [12] Patterson, M.; Trangmar, S.; Guinan, K.J.; Costabile, A.; Kelenzade, E.: »Clinical Efficacy of Brown Seaweeds Ascophyllum nodosum and Fucus vesiculosus in the Prevention or Delay Progression of the Metabolic Syndrome: A Review of Clinical Trials«, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7866543/>.
- [13] »The many uses and benefits of aschophyllum nodosum«, <https://www.simplyseaweed.com.au/the-many-uses-and-benefits-of-aschophyllum-nodosum/>.
- [14] »What is seacell«, [sportcasuals.com/news/what-is-seacell](http://sportcasuals.com/news/what-is-seacell).