

Premazi na bazi bazalta za zaštitu metalnih konstrukcija

MARKO D. PAVLOVIĆ, KONTROL INSPEKT, Beograd

MARINA B. DOJČINOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

LJUBIŠA D. ANDRIĆ, Institut za tehnologiju neklernih

i drugih mineranih sirovina, Beograd

DRAGAN S. RADULOVIĆ, Institut za tehnologiju neklernih,

i drugih mineranih sirovina, Beograd

LJILJANA M. TRUMBULOVIĆ, Akademija strukovnih studija

zapadna Srbija, Užice

Stručni rad

UDC: 624.014:620.197

DOI: 10.5937/tehnika2103302P

U radu su prezentirani rezultati sinteze nove vrste vatrostalnih premaza na bazi bazalta za zaštitu metalnih konstrukcija u uslovima delovanja kavitacije. Polazni uzorci bazalta dobijeni su iz ležišta Vrelo - Kopaonik. Vatrostalni punioc na bazi bazalta dobijen je drobljenjem i mlevenjem izabranih uzoraka bazaltnih stena. Za karakterizaciju dobijenih uzoraka punioca korišćene su metode: rendgenska difrakciona analiza (XRD), skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i optička mikroskopija. Istraživanjem su definisani sastavi premaza na bazi bazalta sa vezivom na bazi epoksi smole, organskim aditivima i organskim rastvaračem. Svojstva otpornosti zaštitnih premaza nanesenih na metalne površine ispitivana su primenom ultrazvučne vibracione metode sa stacionarnim uzorkom prema standardu ASTM G 32. Da bi se ocenila otpornost površine uzorka na dejstvo kavitacije ispitivana je površina uzorka pre i za vreme testiranja. Površine uzoraka snimane su na skenirajućem elektronskom mikroskopu u cilju praćenja i analize morfologije oštećenja površine. Za ocenu oštećenja površine uzoraka primenjena je kompjuterska analiza slike prema programu Image Pro Plus. Dobijeni rezultati ispitivanja pokazali su visoku otpornost slojeva premaza na dejstvo kavitacije, sa malim gubicima mase, malim oštećenjima površine premaza i kavitacionom brzinom 0,1 mg/min.

Ključne reči: bazalt, zaštitni premaz, kavitaciona otpornost, gubitak mase

1. UVOD

U rigoroznim uslovima eksploatacije, za zaštitu metalnih konstrukcija koriste se različiti premazi i prevlake sa dobrom kombinacijom mehaničkih svojstava (tvrdoće i čvrstoće), otpornosti na habanje, otpornosti na koroziju i kavitaciju [1-5]. Primena ovih sredstava doprinosi povećanju otpornosti metalnih površina i opravdana je s obzirom da je razaranje pod dejstvom kavitacije površinski degradacioni proces [6].

Kavitacija predstavlja pojavu nastajanja, rasta i implazije mehura pare ili gasa u tečnosti koja struji. Pri tome nastaju udarni talasi i mikro-mlazevi koji ošteću-

ju površine elemenata hidrosistema. Nastajanje i razvoj oštećenja površine materijala pod dejstvom kavitacije zavisi od vrste materijala, njegove strukture i svojstava, a naziva se kavitaciono oštećenje [7].

Na oštećenje materijala u zoni kavitacije, osim mehaničkog dejstva, utiče i prisustvo elektrohemijskih hemijske korozije, a dodatnom oštećenju materijala visoke temperature i pritisci nastali lokalno, u vrlo kratkim vremenskim intervalima.

Ova pojava zavisi od niza faktora: polje pritiska, temperatura tečnosti, vrsta tečnosti, režim strujanja, sadržaj nerastvornih gasova i mehaničkih uključaka, koji predstavljaju nukleuse kavitacije [8, 9].

Prema podacima iz predmetne literature [5-8] može se zaključiti da je tokom istraživanja ovih fenomena korišćen veliki broj nemetalnih materijala (keramičkih i polimernih) za primenu u uslovima dejstva kavitacije. Neki nemetalni materijali sa visokom elastičnošću i

Adresa autora: Marko Pavlović, Kontrol inspekt, Beograd, Mladena Mitrovića 12

e-mail: pavlovic.marko38@gmail.com

Rad primljen: 01.06.2021.

Rad prihvaćen: 04.06.2021.

otpornošću na koroziju primenjuju se kao zaštitne prevlake na metalnim površinama sa ciljem da poboljšaju mehanička svojstva površine izložene dejstvu kavitacije.

Visoko fleksibilni materijali kao što su elastomeri pod određenim uslovima pokazuju mnogo bolju otpornost na dejstvo kavitacije u poređenju sa metalima koji imaju znatno veće vrednosti mehaničkih svojstava [2]. Otpornost elastomera na dejstvo kavitacije objašnjava se ponašanjem mikro-mlazeva i udarnih talasa dobijenih implozijom kavitacionih mehura blizu elastomerne površine. Zbog uticaja dinamike implozije mehura blizu elastomerne ili druge fleksibilne površine, mikro-mlazevi i udarni talasi teže da se odbiju od površine i rasipaju svoju energiju većim delom unutar fluida, nego na površini.

Deo energije implodiranih mehura elastomeri mogu absorbovati pomoću viskozno elastične deformacije, što im omogućava da se suprotstave udarima tečnosti pri niskim hidrodinamičkim intenzitetima. Nedostatak fleksibilnih prevlaka, posebno guma, su teškoće povezivanja sa nekim materijalima ili kompleksnim oblicima pa nisu pogodni za primenu u uslovima intenzivne kavitacije, jer se lako oštećuju [2, 6].

Prevlake na bazi dvokomponentne epoksi smole (epoksi smola - araldit i umreživač u odnosu 100:35) različitih debljina slojeva nanosenih na metalne površine, pokazale su optimalnu zaštitu površine [2, 5].

Prema podacima iz literature [10-12] zaštitni premazi mogu biti i na bazi različitih vatrostalnih punioca

(TiN; TiO₂; NiN; NiTi; NbN; WC; VC; WC-10Co-4Cr;), sa organskim vezivima i rastvaračima i često se koriste za opremu izloženu kavitacionim opterećenjima.

Zaštitni premazi se proizvode primenom savremenih procesa sinteze (postupak reakcione sinteze, isparavanje-kondenzacija, raspršavanje plazmom, taloženje iz rastvora soli, primena lasera, sol-gel procesi i slično), što utiče na povećanje svojstava otpornosti na kavitaciona oštećenja metalnih površina [13-19].

U radu su istraživani zaštitni premazi na bazi bazalta koji predstavljaju novinu i do sada se nisu koristili u praksi. Istraženi su sastavi i postupci izrade zaštitnih premaza. Razvijena je metoda karakterizacije premaza primenom ultrazvučne vibracione metode sa stacionarnim uzorkom prema standardu ASTM G 32 u cilju procene kavitacione otpornosti istraženih premaza i mogućnosti primene u uslovima dejstva kavitacije [20, 21].

2. MATERIJAL I METODE

Kao vatrostalni punioc u sastavu premaza primenjen je bazaltni prah, prečnika zrna 20 μm, dobijen drobljenjem, mlevenjem i mikonizacijom uzoraka bazaltnih stena iz ležišta Vrelo - Kopaonik.

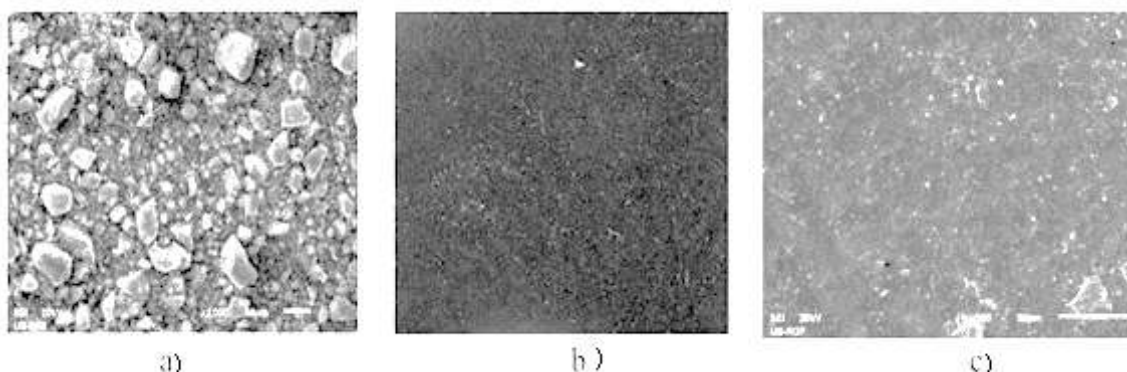
Sastav primenjenog punioca (%): 55,92 SiO₂; 18,59 Al₂O₃; 3,50 MgO; 7,78 CaO; 2,97 FeO; 1,14 Fe₂O₃; 4,51 Na₂O; 3,35 K₂O. Tokom istraživanja određen je sastav i parametri sinteze zaštitnih premaza, što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Sastav i parametri sinteze zaštitnih vatrostalnih premaza

Sastav zaštitnih vatrostalnih premaza	
punioc	bazalt, 20μm: 80 - 85 %
vezivo	epoksidna smola: 14 -19%
aditivi	organski aditivi: 1-1,2%
rastvarač	organski rastvarač (toluol) do ρ=2,5g/cm ³
Parametri sinteze vatrostalnih premaza	
gustina suspenzije (g/cm ³)	2,2 - 2,5
temperatura (°C)	22 - 25;
vreme sušenja (min)	5-15; ukupno 60
debljine osušenih slojeva premaza (10 ⁻³ m)	0,3 -0,5
brzina mešanja suspenzije	brzo mešanje, 10 °/min
postupak nanošenje premaza	četkom

Tokom sinteze premaza sve komponente iz sastava premaza su postupno dodavane uz stalno mešanje (miksiranje).

Za ispitivanje dobijeni zaštitni premazi su naneseni u dva sloja na metalnu pločicu (oznaka uzorka: PP), prikazano na slici 1.



Slika 1 - Zaštitni premaz na bazi bazalta (uzorak PP): a) punioc na bazi bazalta; b) fotografija površine premaza; c) SEM mikrofotografija osušenih slojeva premaza

Za ispitivanje kavitacione otpornosti zaštitnih premaza korišćena je ultrazvučna vibraciona metoda (sa stacionarnim uzorkom) prema standardu ASTM G-32 [20, 21] i proceduri opisanoj u objavljenim radovima [6, 22, 23]. Tokom ispitivanja koncentrator mehaničkih vibracija je svojim donjim krajem uronjen u vodeno kupatilo temperature $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Uzorak koji se ispituje postavljen je ispod čeone površine koncentratora vibracija sa zazorom 0.5 mm. Frekvencija mehaničkih vibracija je 20 kHz, a amplituda je 50 μm . Ispod čeone površine koncentratora i stacionarnog ispitivanog uzorka, obrazuje se jaka kavitaciona zona.

Voda u vodenom kupatilu hladi uzorak i održava njegovu temperaturu konstantnom. Stalnim protokom vode stvara se polje pritiska koje podstiče imploziju kavitacionih mehura na površini ispitivanog uzorka. Izabrano vreme ispitivanja uzorka bilo je: 15; 30; 45; i 60 minuta. Posle svakog intervala ispitivanja merena je promena gubitka mase uzorka analitičkom vagom tačnosti 0.1mg.

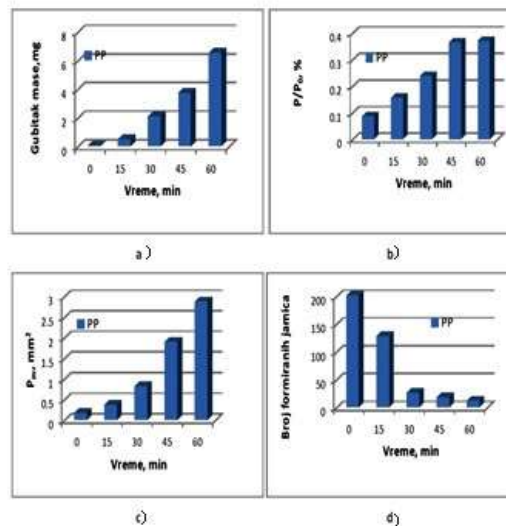
Uzorci premaza su snimani pre, u toku i na kraju ispitivanja. Morfologija oštećenih površina je analizirana skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) Joel JSM 6610 LV. Softverska analiza površine uzorka izvršena je u programu Image Pro Plus [24]. Proučeni su mehanizmi nastajanja i razvoja oštećenja površine uzorka kroz praćenje sledećih pokazatelja oštećenja tokom vremena delovanja procesa kavitacije: nivo degradacije površine uzorka, P/P_0 , (%) pri čemu vrednost P_0 se odnosi na referentnu površinu bez pojave oštećenja, a vrednost P predstavlja oštećenja na površini uzorka nastala tokom testiranja), broj formiranih pojedinačnih jamica, N_p , kao i srednja površina formiranih jamica, P_{av} (μm^2).

Ocena ponašanja ispitivanih uzorka premaza na dejstvo kavitacije analizirana je na osnovu korelacije

dobijenih rezultata ispitivanja sa strukturom i svojstvima bazalta. Svi dobijeni rezultati oštećenja površine uzorka u vremenu dejstva kavitacije ilustrovani su dijagramima.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Za ocenu svojstava otpornosti istraženih premaza na dejstvo kavitacije praćena je promena mase uzorka i promena površine premaza tokom vremena ispitivanja, prikazano na slici 2.

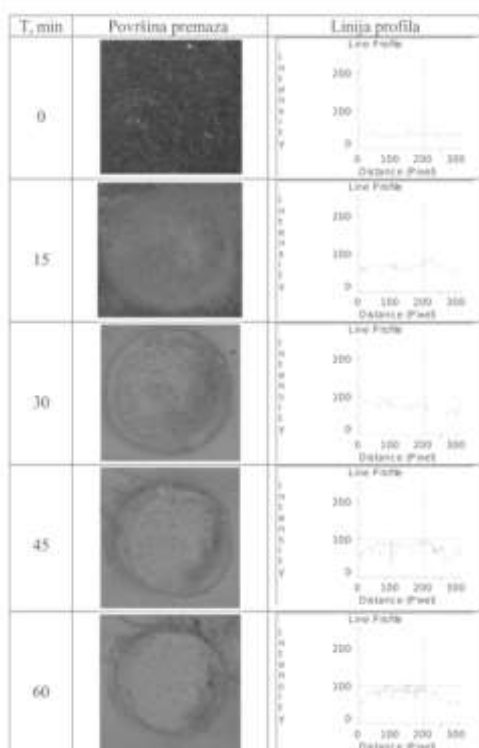


Slika 2 - Rezultati ispitivanja premaza PP: a) gubitak mase (mg); b) nivo oštećenja površine (%); c) srednja površina formiranih jamica (mm^2); d) broj formiranih jamica

Za ispitivanja su korišćena tri uzorka i prikazana je srednja vrednost gubitaka mase za svaki interval ispitivanja, slika 2.a. Izračunata je kavitaciona brzina (gubitak mase u vremenu ekspozicije), $v = 0.1 \text{ mg/min}$, što ukazuje na visoka svojstva otpornosti zaštitnih premaza pod dejstvom kavitacije.

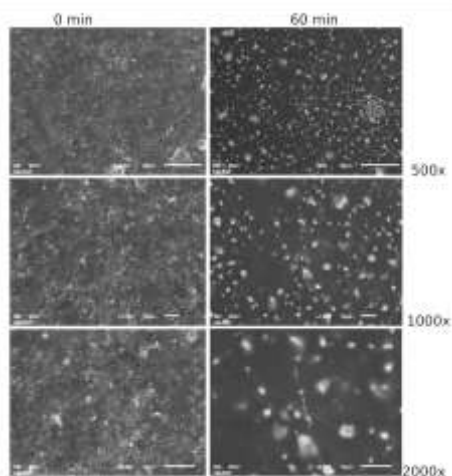
Primenom analize slike na fotografijama površina uzoraka premaza snimljenim pre i tokom ekspozicije, određeni su pokazatelji otpornosti premaza na dejstvo kavitacije: nivo degradacije površine ($P/P_0, \%$), srednja površina formiranih jamica (P_{av}, mm^2), broj formiranih jamica na površini premaza (N_p), slika 2.b, c. i d. respektivno. Oštećenja površine uzoraka premaza odgovaraju gubicima mase uzoraka, slika 2a. Na kraju ispitivanja gubitak mase uzoraka PP je 6,01 mg; nivo oštećenja je ispod 3,5%; broj formiranih jamica se smanjuje tokom ekspozicije, što ukazuje da se jamice spajaju; pri tome se lagano povećava srednja površina formiranih jamica P_{av} , što pokazuje da se nastanak i razvoj oštećenja površine premaza PP odvija malom brzinom. Rezultati ukazuju na visoku otpornost ispitivanih zaštitnih premaza na bazi bazalta tokom izlaganja procesu kavitacije.

Na slici 3 prikazane su fotografije površina uzoraka premaza PP tokom ekspozicije sa odgovarajućim linijama profila dobijenim primenom programa za analizu slike. Manje promene linija profila za uzorke PP ukazuju na mala oštećenja površine premaza tokom ekspozicije. Za dobru postojanost premaza (da premazi ne pucaju i ne ljušte se sa metalne površine) i povećanu otpornost na dejstvo kavitacije potrebno je dobro prijanjanje slojeva premaza na nanetu površinu, kao i veća debljina sloja premaza.



Slika 3 - Fotografije uzoraka premaza PP pre i tokom ispitivanja na dejstvo kavitacije sa odgovarajućim linijama profila dobijenim primenom analize slike

Morfologija oštećenja površine uzoraka PP praćena je primenom skenirajuće elektronske mikroskopije, slika 4.



Slika 4 - SEM mikrofotografije površina uzorka premaza PP pri različitim uvećanjima pre (0 min) i na kraju (60 min) izlaganja dejstvu kavitacije

Pre izlaganja dejstvu kavitacije, na površini uzoraka su prisutni sitni mehurići nastali tokom izrade premaza i tokom nanošenja sa četkom, kao i veći broj sitnih i plitkih jamica, vreme 0 min. Na slikama se vidi ravnomerna raspodela vatrostralnog punioca u masi premaza. Nakon 60 min ekspozicije početne jamice na površini su proširene, formiran je manji broj novih jamica. U pitanju su sitne i plitke jamice, koje nastaju malom brzinom i koje ne oštećuju mnogo površinu, što se vidi i iz rezultata analize slike, prikazano na slici 2. To sve govori o visokoj otpornosti ove vrste vatrostralnih premaza na kavitaciona opterećenja i na mogućnost njihove primene za zaštitu radnih površina opreme koja je tokom eksploatacije izložena kavitacionim naporanjima.

4. ZAKLJUČAK

Premazi na bazi bazalta predstavljaju novinu i do sada se nisu koristili u livarstvu i zaštiti metalnih konstrukcija. Bazalt je jeftina i široko rasprostranjena mineralna sirovina, što je čini pogodnom za istraživanje i ovu vrstu primene. Istražene su recepture premaza, postupci njihove sinteze i karakterizacije. Za ocenu svojstava otpornosti premaza na dejstvo kavitacije primenjena je ultrazvučna vibraciona metoda sa stacionarnim uzorkom, pri čemu je praćena promena mase premaza, nastajanje i razvoj oštećenja na površini premaza tokom vremena ispitivanja u skladu sa standardom ASTM G32. Primenjena priprema vatrostralnih punioca na bazi bazalta procesimadroblljenja, mlevenja i mehaničke aktivacije na veličinu prečnika zrna ispod 20 μm , primenjeni sastavi premaza i postupci njihove

sinteze doprineli su postizanju dobrih svojstava otpornosti premaza na dejstvo kavitacije, sa pojavom malih gubitaka mase, manjih oštećenja površine premaza i kavitacionom brzinom 0,1 mg/min. Pokazalo se da je za dobijanje veće otpornosti slojeva premaza na dejstvo kavitacije potrebno dobro pripremanje premaza na nanetu površinu, što se postiže pripremom metalne površine pre nanošenja premaza.

5. ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je finansirano od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-9/2021-14/200023 i Ugovor br. 451-03-9/2021-14/200135).

LITERATURA

- [1] R. Sollars, Alfred D. Beitelman, *Cavitation- Resistant Coatings for Hydropower Turbines*, Construction Engineering Research Laboratory, US Army Corps of Engineerings, Engineering Research and Development Center, ERDC/CERL TR -11-21, 2011.
- [2] M. Dojčinović, V. Đorđević, The possibility of polymer materials application in reparation of hydraulic machinery parts damaged by cavitation, *3rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI 2003*, Proceedings, p. 19-23
- [3] S. Lavigne, F. Pougoum, Cavitation erosion behavior of HVOF cavitec coatings, *Wear*, 386, 90–98, 2007.
- [4] N. Cinca, A. Isalgué, Wear of NiTi coatings obtained by thermal spraying, *Eur. Symp. Martens. Trans.*, 2009, 06007.
- [5] M. Dojčinović, J. Hrabar, V. Đorđević, Kavitaciona otpornost višeslojnog materijala na bazi metalne mrežice i epoksi sistema, *Naučno-stručni skup- IRMES*, Jahorina, 2002, Zbornik radova, s. 289-294.
- [6] M. Dojčinović: *Razaranje materijala pod dejstvom kavitacije*, monografija, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, str. 99, 2013, ISBN: 978-86-7401-305-2.
- [7] M. Pavlović, *Nastajanje i razvoj oštećenja vatrosta- lnih materijala na bazi bazalta pod dejstvom ka- vitacije*, Doktorska disertacija, Tehnološko metaur- ški fakultet Univerziteta u Beogradu, 2020.
- [8] J. P. Franc, J. M. Michel (Eds), *Fundamentals of ca- vitation*, Series Fluid Mechanics and Its Applicati- ons, vol.76, 2004, XXII, 306 p, *Kluwer Academic Publishers*, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
- [9] S. Hattori, H. Mori, T. Okada, Quantitative eva- luation of cavitation erosion, *J. Fluid. Eng.-T. AS- ME*, 120 (1), 179-185, 1998.
- [10] Ch. Feng, J. Shuyun: Cavitation erosion resistance of diamond- like carbon coating on stainless steel, *Appl. Surf. Sci.*, 292, 16–26, 2014.
- [11] H. Li, Z. Cui, Z. Li, S. Zhu, X. Yang, Microstructure and Cavitation Erosion Properties of Ceramic Co-atings Fabricated on Ti-6Al-4V Alloy by Pack Car- burizing, *Journal of Materials Engineering and Per- formance*, vol. 23, (8), 2014.
- [12] N. Qiu, L. Wang, S. Wu, D. S. Likhachev: Research on cavitation erosion and wear resistance perfor- mance of coatings, *Engineering Failure Analysis* 55, 208–223, 2015.
- [13] T. Fukai, K. Matsumoto, *Cavitation Erosion of Cera- mic Coatings and its Evaluation Method*, Research Center, Toyo Engineering Corporation, 11, 25, 2009.
- [14] A. Krella, A. Czyzniewski: Influence of the substrate hardness on cavitation erosion resistance of TiN coating, *Wear* 263, pp. 395-401, 2007.
- [15] V. Matikainen, K. Niemi, H. Koivuluoto, P. Vuori- sto, Abrasion, Erosion and Cavitation Erosion Wear Properties of Thermally Sprayed Alumina Based Co-atings, *Coatings* 4, 18-36, 2014; doi: 10.3390 /coa- tings4010018.
- [16] T. Pramod, R. K. Kumar, S. Seetharamu, M. Ka- maraj, Effect of Porosity on Cavitation Erosion Resi- stance of HVOF Processed Tungsten Carbide Coati- ngs, *International Journal of Advanced Mechanical Engineering*, Vol. 4, No. 3, pp. 307-314, 2014., ISSN 2250-3234.
- [17] R. Sollars, A. D. Beitelman, *Cavitation - Resistent Coatings for Hydropower Turbines*, Construction Engineering Research Laboratory, US Army Corps of Engineerings, Engineering Research and Deve- lopment Center, ERDC/CERL TR 11-21, 2011.
- [18] G. F. Schmitt, *Coating and Thermal Protection Materials Branch Nonmetallic Materials Division*, Liquid and solid particles impact erosion, Technical report AFML-TR-79-4122, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 45433, USA, 1979.
- [19] R. Kertscher et al: First Result of Cavitation Erosion Behavior of Plasma Nitrided Niobium: Surface Modification, *Materials Research* 18 (6) 1242-1250, 2015.

- [20]M. Pavlović, M. Dojčinović, R. Prokić-Cvetković, Lj. Andrić, M. Sarvan, Kontrola kvaliteta vatrosta-
lnih premaza primenom ultrazvučne vibracione me-
tode sa stacionarnim uzorkom, *Quality 2019*, Proce-
edings, p. 137-142, Neum 2019.
- [21]ASTM G32-10, Standard Test Method for Cavitation
Erosion Using Vibratory Apparatus, ASTM Inter-
national, West Conshohocken, PA, 2010, www.as-
tm.org, n.d
- [22]M. Pavlovic, M. Dojčinovic, R. Prokic-Cvetkovic,
Lj. Andric, Z. Ceganjac, Lj. Trumbulovic, Cavitation
wear of Basalt Glass Ceramic, *Materials*, 12 (9)
1552, doi:10.3390/mai12091552, (ISSN: 1996-1944;
CODEN: MATEG9), 2019.
- [23]M. Pavlović, M. Dojčinović, R. Prokić-Cvetković,
Lj. Andrić, The Mechanisms of Cavitation Erosion of
Raw and Sintered Basalt, *Science of Sintering*, 51,
409-419, ISSN: 1820-7413, doi:https://doi.org/-
10.2298/SOS1904409P, 2019
- [24]Image Pro Plus, The Proven Solution for Image
Analysis; Media Cybernetics: Rockville, MD, USA,
1993.

SUMMARY

COATING BASED ON BASALT PROTECTION METAL STRUCTURES

The paper present the results of the synthesis of a new refractory coating based on basalt for the protection of metal construction under conditions of cavitation. Initial basalt samples obtained from the locality Vrelo - Kopaonik. The basalt based refractory filler was obtained by crushing and grinding selected samples of basalt rock. XRD, SEM and optical microscopy methods were used to characterize the obtained filler samples. The research defined the composition of basalt -based coating with epoxy resin- based binder, organic additives and organic solvent. The resistance properties of protective coatings applied to metal surface were investigated using the ultrasonic vibration method with a stationary sample according to the ASTM G 32 standard. To evaluate the resistance of the sample surface to the action of cavitation, the sample surface was examined before and during testing. The surface of the samples was monitored by scanning electron microscopy in order to analyze the morphology of surface damage. Computer image analysis according to the Image Pro Plus program was applied to assess the damage to the sample surface. The obtained test results showed high resistance of the coating layers to the effect of cavitation, with small mass losses, small damage to the coating surface and a cavitation rate of 0,1 mg/min.

Key words: basalt, protective coating, cavitation resistance, mass loss

ЗБИРКА ПРОПИСА ИЗ РУДАРСТВА

Намера издавача је да читаоцима, посебно онима који припремају стручни испит предвиђен Законом о рударству и геолошким истраживањима, као и свима онима који раде на експлоатацији минералних сировина и свакодневно се сусрећу са прописима из ове области, понуди у две књиге све важније прописе које треба да познају.



Прва књига, поред Закона о рударству и геолошким истраживањима објављеног у Службеном гласнику РС број 101/2015 и 95/2018. године, садржи законе и подзаконска акта предвиђена овим Законом. С обзиром да се у рударству у великој мери примењују прописи из области безбедности и здравља на раду и заштите од пожара, Збирка садржи и пречишћене текстове Закона о безбедности и здрављу на раду и Закона о заштити од пожара..



Друга књига садржи: правилнике техничке нормативе из области рударских подземних радова (истраживање и експлоатација минералних сировина, израда рударских просторија, електромашинска монтажа и одржавање опреме, рударско-геодетска мерења и др), као и правилнике и техничке нормативе из области рударских површинских радова (истраживање и експлоатација минералних сировина, електромашинска монтажа и одржавање опреме, припрема и концентрација минералних сировина, рударско-геодетска мерења и др.)

НАРУЏБЕНИЦА

Овим неопозиво наручујемо: _____ примерака књиге Збирке прописа из рударства 1 и 2, по цени од 2.750,00 динара

Књиге послати на

адресу: _____

ПИБ _____ Текући рачун _____ Тел/фах: _____

Контакт особа: _____

Да ли сте у систему ПДВ? ДА НЕ (Доставити потврду о ПДВ)

Датум: _____ М.П. _____
(потпис овлашћеног лица)

Уплату ћемо извршити на текући рачун СИТС број 170-260-10 по пријему профактуре.

Телефони за контакт: 011 /32 30 067, 011/ 32 37 363; Фах: 011/ 32 30 067

Е-mail: oljajov@sits.rs

Адреса: Савез инжењера и техничара Србије, 11000 Београд, Кнеза Милоша 7а/1

TEHNIKA

MAŠINSTVO

Mechanical Engineering - Constructions mecaniques -
Maschinenbau - Машиностроение

GODINA 70 - 2021.

BROJ 3

ODGOVORNI UREDNIK

Prof. dr **Boško Rašo**, Univerzitet u Beogradu,
Mašinski fakultet, Beograd

REDAKCIONI ODBOR

Prof. dr **Ljubodrag Tanović**, Univerzitet u Beogradu,
Mašinski fakultet, Beograd

Prof. dr **Jovan Vladić**, Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Prof. dr **Goran Putnik**, University of Minho, Department
of Production and Systems Engineering, Portugal

Prof. dr **Čedomir Duboka**, Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet, Beograd

Prof. dr **Dragoljub Živković**, Univerzitet u Nišu,
Mašinski fakultet, Niš

Prof. dr **Radan Durković**, Univerzitet Crne Gore,
Mašinski fakultet, Podgorica

Prof. dr **Zdravko Milovanović**, Univerzitet u Banja
Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka

REDAKCIJA I ADMINISTRACIJA: Savez inženjera i
tehničara Srbije, 11000 Beograd, Kneza Miloša 7a/I, Telefon
(011) 32 35 891, Fax (011) 32 30 067
