

BAZALT KAO SIROVINA ZA IZRADU AGREGATA ZA SAVREMENE KOLOVOZNE ZASTORE I ZASTORE BRZIH PRUGA

BASALT - RAW MATERIAL FOR PRODUCTION OF AGGREGATE FOR MODERN ROAD AND RAIL SHROUD

Marko Pavlović, dipl.ing.,
Universtiy of Belgrade, Faculty of
Technology and Metallurgy,
Karnegy 4, 11120 Belgrade, Serbia

doc. dr Muhamed Sarvan,
International university Travnik,
Bunar bb, Travnik, Bosnia&Herzegovina

doc. dr Fuad Klisura,
IPI - Institut za privredni inžinjering,
Fakultetska 1, Zenica,
Bosnia&Herzegovina

prof. dr Zagorka Aćimović,
Universtiy of Belgrade, Faculty of
Technology and Metallurgy,
Karnegy 4,11120 Belgrade, Serbia

REZIME

U radu su prezentirani rezultati istraživanja mogućnosti primjene bazalta iz ležišta "Vrelo" - Kopaonik za izradu različitih proizvoda za potrebe građevinarstva, rudarstva, saobraćaja - kao sirovina za izradu agregata za savremene kolovozne zastore i zastore brzih pruga. Svojstva i mikrostrukturne karakteristike dobijenih bazaltnih proizvoda određuju se u zavisnosti od uslova njihove primene. Tehnologija prerade bazaltnih stena je ekološki čista, a proizvodi dobijeni preradom bazalta nisu kancerogeni. Ovo je veoma značajno sa aspekta ekonomije, ekologije i energije, imajući u vidu da je bazalt otporan na mraz, kiseline, itd.

Ključne reči: bazalt, bazaltni proizvodi, saobraćaj, građevinarstvo, livarstvo

ABSTRACT

This paper presents the results of research about possibility of application of basalt from the deposit "Vrelo" – Kopaonik for producing different products which can be used for the construction, mining and transport as a raw material for production of aggregates for modern road and rail shroud. Microstructure characteristics of basalt products are determined depending on the conditions of their application. Processing technology of basalt is environmentally clean and products obtained are not cancerous. From economy, ecology and energy point of view this is very important having in mind that basalt is frost, acid-resistant

Key words: basalt, basalt products, transport, building engineering, mining, foundry.

1. UVOD

Bazalt pripada magmatskim stenama. Bazaltne magme nastaju dekompresionim topljenjem omotača zemlje (mantla). Sadrže vrlo malo silicijuma, veoma su tečne i zato se odmah po izlivanju brzo šire i očvršćavaju na površini u obliku tankih pokrova. Bazalt je obično sitnozrnast zbog dugog vremena hlađenja lave na površini zemlje. U sastavu bazalta zastupljeni

su minerali plagioklasa, piroksena, olivina, magnetita, oksida gvožđa i titana. Bazalt je obično crn ili siv. Izgled bazalta, pokazuje da može imati strukturu poligona, ploča, stubova.

Bazalt ima dobra tehnička svojstva za široku primenu u različitim granama privrede: za proizvodnju agregata za izradu asfalt betona, habajućeg sloja za izgradnju puteva za sve vrste saobraćajnih opterećenja, za izradu nosivih slojeva bituminoznog materijala po vrućem postupku, za izradu zastora brzih železničkih pruga. Takođe se odlikuje veoma visokim stepenom estetsko dekorativnih svojstava i pripada grupi izuzetno tvrdih stena, homogene građe sa visokim vrednostima zapreminske mase i čvrstoće na pritisak. Odlikuje se veoma dobrom otpornošću prema habanju struganjem, malim upijanjem vode i postojanošću na dejstvo mraza, rastvora baza i kiselina. Kao arhitektonsko građevinski kamen može se upotrebiti za oblaganje spoljnih i unutrašnjih horizontalnih i vertikalnih površina i za sve vrste hidrotehničkih radova.

Bazaltni liv može se koristiti za izradu delova rudarske opreme kao zamena za metalne materijale.[1-2]

2. MORFOLOGIJA I TEKSTURA BAZALTA

Oblik, struktura i tekstura bazalta pokazuju na koji je način izašao na površinu zemlje, izlio se u moru, nastao eksplozivnom erupcijom ili tokom erupcije lave. Bazalt koji nastaje na otvorenom vazduhu stvara tri tipa vulkanskih depozita: stubovi, ploče, poligoni, a kada bazalt eruptira pod vodom, ona ga hladi i stvara stene oblika jastuka, slika 1.



a) ploče



b) stubovi



c) struktura poligona



d) jastučasti basalt



e) sečena stena



f) Bazalt iz ležišta "Vrelo"

Slika 1. Tipovi vulkanskih depozita

Bazalt u stubovima se stvara kada se brzo hladi tanki sloj lave i pri tome se stvaraju značajne kontrakcione sile. Pri izlivanju u vertikalnom smeru tok lave može da padne nadole, a da ne nastane fraktura. U horizontalnom smeru tok se ne može prilagoditi, pa se stvaraju pukotine, a mreža pukotina stvara formaciju stubova. Često se te strukture pogrešno opisuju kao heksagonalne. U stvarnosti prosečni broj strana je šest, ali javljaju se poligoni od tri do dvanaest strana.

Bazalt u stubovima se stvara kada se brzo hladi tanki sloj lave i pri tome se stvaraju značajne kontrakcione sile. Pri izlivanju u vertikalnom smeru tok lave može da padne nadole, a da ne nastane fraktura. U horizontalnom smeru tok se ne može prilagoditi, pa se stvaraju pukotine, a mreža pukotina stvara formaciju stubova. Često se te strukture pogrešno opisuju kao heksagonalne. U stvarnosti prosečni broj strana je šest, ali javljaju se poligoni od tri do dvanaest strana. Vrlo brzo hlađenje može da dovede do stvaranja malih stubića prečnika različite veličine, slika 1f.

Izbacivanjem lave iz vulkanskog kratera i njenim brzim hlađenjem nastaju vulkanske bombe. Vulkansko staklo se stvara pri brzom hlađenju lave, kada usled naglog pada temperature, lavično-magmatski rastop ne može da kristališe, već očvrstne kao staklo. Vulkanska stakla mogu biti veoma raznovrsna prema hemizmu, prema strukturno-teksturnim karakteristikama i prema sadržaju vode, slika 2.



a) vulkanska bomba



b) plovuĉac



c) vulkansko staklo



Slika 2. Tipovi brzo hlaĉenog bazalta

Znaĉajni za primenu mogu biti i drugi oblici vulkanskih sedimenata. Perliti predstavljaju vulkanski sediment razliĉitih varijeteta, od svetlo sive do crne boje. To je slabo kompaktna stena, koja se pod pritiskom prstiju, drobi u sitne granule i perle. Perliti su stakla koja pored ostalih komponenti sadrŹe i hidratacionu vodu, koja je sekundarna. KarakteriŹu se specijalnom teksturom u vidu sferoidalnih koncentriĉnih pukotina u staklu riolitiskog sastava. Imaju sposobnost ekspandiranja (kokanja) tako da agregat ima zapreminsku teŹinu ispod 1g/cm³. Perlit predstavlja izvanredan termoizolacioni materijal - 1 cm perlitskog maltera po svojim svojstvima odgovara debljini od 9 cm klasiĉnog maltera, zatim 8 cm opeke ili 15 cm betona. U poljoprivredi se upotrebljava za poboljšanje kvaliteta zemljiŹta, jer je porozan pa zadrŹava vazduh i upija vodu (koliĉina upijene vlage je 2 - 8 puta veĉa od mase perlita).

Upotrebljava se takođe u industriji boja (kao filter i punilo). U grupu perlita spadaju i plovući, prirodno nabubrela vulkanska stakla. Ove šupljikave stene plivaju po vodi, po čemu su i dobile ime, a nastale su hlađenjem lave koja je u završnoj fazi konsolidacije bila obogaćena lakoisparljivim komponentama. Plovućac je proizvod naglog hlađenja silicijom bogatih lava; sadrži veliki broj šupljina odvojenih staklastim membranama i ima zapreminsku masu manju od 1g/cm^3 . Koriste se kao sredstvo za glačanje, kao termoizolacioni materijal i za izradu lakih betona. [3]

3. SVOJSTVA I PRIMENA BAZALTA

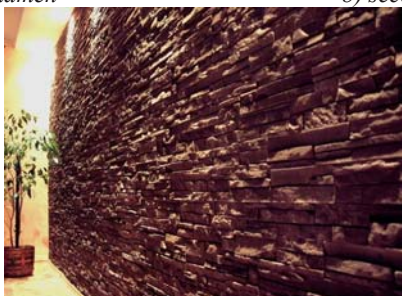
Bazalt se koristi za popločavanje puteva, trgova, pločnika, za oblaganje fasada, zidova, otvora, za stepenice, unutrašnje podne obloge, za izradu dekorativnog nameštaja (stočići, stolovi, posuđe), sl 3. Može se kombinovati sa keramikom, a takođe od njega se izrađuju glazure za dekorisanje različitih keramičkih proizvoda. [4-5]



a) bazalt-arhitektonski kamen



b) sečeni bazalt za puteve



c) oblaganje zidova bazaltom

Slika 3. Primeri primene bazalta

Tehnologija prerade bazaltnih stena je ekološki čista, a proizvodi dobijeni tehnološkom preradom bazalta nisu kancerogeni. Bazalti i dijabazi predstavljaju osnovnu sirovinu za petrugiju i za proizvodnju mineralne vune. U industriji bazalt se koristi za proizvodnju bazaltne vune, tankih i super tankih bazaltnih vlakana, livenih proizvoda, bazaltne plastike, antikorozivnih materijala, sl. 4. Bazaltni proizvodi su značajni jer mogu da supstituišu metalne materijale.



a) armatura za beton



b) grubo vlakno



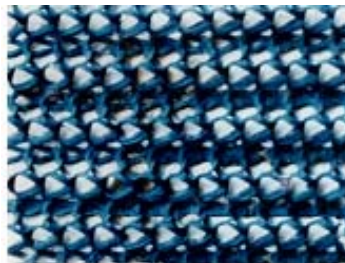
c) bazaltna vuna



d) super tanko vlakno



e) bazaltno platno



f) bazaltna mreža



g) bazaltna plastika



h) bazaltni roving

Slika 4. Proizvodi na bazi bazalta

Od bazalta se mogu proizvesti:

- Razne vrste vlakana (mikro, ultra, super tanko, staklasto mikro kristalno, tanko, utanjeno, neprekidno)
- Bazaltno platno
- Bazaltni karton
- Bazaltne trake, bazaltni gajtan, bazaltne ploče, rolnasti material, roving bazaltno vlakno, bazaltplastika, bazaltne armature, lomljeni i drobljeni bazalti.

Mikro, ultra, super tanko i staklasto mikrokristalno vlakno zamenjuju stakleno vlakno, mineralnu vunu (vatu) i azbest. Od ovih vlakana se rade hartija i karton za super niske temperature do $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ što je nemoguće iz klasičnih materijala.

Tanka i utanjena vlakna zamenjuju staklena vlakna i mineralnu vunu (vatu) a služe za proizvodnju čipkastog materijala, ploča, kartona, filtera za melioracione sisteme i hidrotehniku.

Bazaltna vuna (prekidno vlakno) predstavlja material koji ima široku primenu za proizvodnju termoizolacionih, antiakustičnih građevinskih materijala i više vrsta vatrostalno termoizolacionih proizvoda.

Bazaltno platno se primenjuje: u konstrukcijama filtera za drenažne i melioracione sisteme; kao podloga za toplotno izolacioni material; za armiranje krovnog materijala. Interesantna je primena bazaltnog platna u proizvodnji filterskih vreća za otprašivanje. Ovaj segment primene bazaltnog platna na bazi bazaltne vune, sve je atraktivniji sa aspekta ekologije, pre svega u industriji prerade nemetala, proizvodnji cementa, hemijskoj industriji kao i metalurgiji.

Bazaltno čipkasto vlakno se proizvodi iz platna supertankog vlakna. Upotrebljava se za toplotnu izolaciju. Ovaj material je nezapaljiv i neeksplozivan. Ne postoji drugi analogni material.

Karton se proizvodi na osnovu bazaltnog super tankog vlakna. Materijal je veoma lagan i ne gori. Primenjuje se za toplotnu izolaciju površina insdustrijske opreme, u domaćinstvu, u građevinarstvu za temperaturni interval primene od -260 do + 700 °C. Na osnovu bazaltnog ultra tankog vlakna primenom organskih veziva rade se katroni koji se primenjuje se za toplotnu izolaciju površina cevovoda, kotlova, peći, sušara i druge toplotne opreme. Ovaj karton efektivno zamenjuje azbestni karton.

Bazaltne beskrajne toploizolacione trake se proizvode od super i ultra tankih vlakana. Upotrebljavaju se kao univerzalni namotni toplotno izolacioni material za primenu do + 700 °C. Ovaj materijal je nezapaljiv i neeksplozivan.

Bazaltni toplotnoizolacioni šnur (gajtan) se proizvodi iz bazaltnog štancl super tankog vlakna i bazalto staklokristalnog vlakna, a namenjen je za izolaciju cevovoda. Gajtan je nezapaljiv i netoksičan.

Bazaltni mnogoslojni netkani materijal radi se iz bazaltnog supertankog vlakna čije je učešće 50-70%, a ostatak su otpaci tekstila. Primenjuje se za lagana mobilna odela, kao podloga linoleuma za toplotnu izolaciju itd. Temperaturni interval primene od -60 do +200 °C. Ne propušta vodu i vlagu.

Bazaltne zvučno izolacione ploče rade se iz bazaltnih štapelnih super tankih vlakana, gustina je 19-72 kg/m³. Upotrebljavaju se kao punioc u svojstvu upijača zvuka u uređajima za zvučnu izolaciju.

Bazaltne guste toplotno-izolacione ploče se rade od supertankih vlakana mineralne vune i glinastog veziva. Ploče su debljine dimenzija (1150x850x20)mm, gustine 300kg/m³, vlažnosti do 2%. Ove ploče predodređene su za izolaciju hladnih i zagrejanih površina mašina i aparata koji rade na temperaturnom intervalu od -260 do +700 °C.

Toplotnoizolacione ploče za apsorpcione frižidere rade se iz bazaltnog super tankog vlakna sa glinastim vezivom, ne gore, nisu zapaljiv materijal. Primenjuje se za toplotnu izolaciju generatora i drugih delova apsorpcionih hladnjača (frižidera). Temperaturni interval primene -260 doo +700 °C.

Roving je upredeno vlakno iz nekoliko bazaltnih vlakana prečnika 9 ili 12 mikrona. Može se koristiti za dalju preradu u kombinaciji sa plastikom, kod proizvodnje gajtana itd.

Čipkasti toplotnozvučni izolacioni materijal na bazi staklomikrokristalnog štapel vlakna je namenjen za toplotnu i zvučnu izolaciju u stanovima, industriji i poljoprivrednim objektima, a poseduje karakteristike: temperatura primene do 450 °C, gustina 60 kg/m³, apsorpciono vlaženje do 3%.

Bazaltoplastika je vrsta kompozicionih materijala gde se kao punilac koristi bazaltno vlakno prečnika 8-12 mikrona u obliku rovinga, tkanine, upredenog vlakna, hartije itd, a kao vezivno

sredstvo koriste se poznate plastike kao što su epoksidne smole, fenolformaldehidne smole i poliamidne smole. Bazaltnoplastična armatura ima 80% punjenja, a armatura se radi prečnika 8 – 22 mm, pri čemu 1 kg ovakve armature zamenjuje 9 kg čelične armature. Na osnovu ove armature rade se putne ploče, ploče za oblaganje hidrotehničkih postrojenja, pista, itd. [5]

U kamenolomima se bazaltne stene režu u blokove ili se drobe. Takođe, moguće tehnologije za dobijanje ploča su: hladni postupak– vibropresovanje praha uz dodatak "air-set" sintetičkih smola kao veziva; sinterovanje mikroniziranog i presovanog bazalnog praha; topljenje bazalnog agregata a potom livenje i presovanje u kalupima.

Drobljeni bazalt je osnova za dobijanje bazalnog liva. Topi se najčešće na 1250-1350 °C, lije se u kalupe i ponovo kristalizira. Dobijene ploče su, zbog gustine materijala i potpune nesposobnosti upijanja vode, izuzetno otporne na habanje i zamrzavanje. Iz bazaltnih stena se dobijaju ploče i ivičnjaci različitih veličina i debljina. Površina ploča se može obrađivati ručno ili mašinski, mogu se polirati i fazonirati. Ivice su glatke, ravne ili zaobljene. Ploče se mogu specijalno obrađivati, tako da pružaju utisak antičkih, odnosno starih obloga.

Liveni bazaltni proizvodi imaju veliku primenu kao materijal za oblaganje uređaja i habajućih delova raznih postrojenja. To su bunkerji za koks i razne rude, kanali i cevi za transport agresivnih i abrazivnih suspenzija i fluida, za oblaganje klasifikatora, mlinova i hemijskih postrojenja za transport hemikalija, pneumatski transport prašksatih materijala, kugličnih i vibro mlinova, mešalica itd.

4. STRUKTURA I SVOJSTVA BAZALTA

U tabeli 1. prikazan je hemijski sastav bazalta iz ležišta "Vrelo" Kopaonik. Rezultati hemijskog proučavanja uzoraka bazalta pokazuju da su ove stene siromašne silicijumom, a značajno bogate aluminijumom. Neki uzorci pokazuju nešto niži sadržaj aluminijuma, a nešto viši sadržaj kalcijuma i gvožđa. Da bi se razmotrila mogućnost primene bazalta iz ovog ležišta za dobijanje različitih proizvoda, izvršeno je ispitivanje rovnog (bazalt iz ležišta) i livenog bazalta (bazalt topljen na 1300 °C, liven u kalupe i termički obrađen 850 °C / 1sat).

Tabela 1. Hemijski sastav bazalta iz ležišta "Vrelo" Kopaonik [%]

S a s t a v	U z o r c i		
SiO ₂	48,912	49,85	48,91
Al ₂ O ₃	19,98	15,50	19,98
Fe ₂ O ₃	2,942	8,88 (Fe ₂ O ₃)	2,94
FeO	4,978	-	4,97
MgO	6,3818	10,14	6,38
CaO	8,396	8,16	8,39
Na ₂ O	2,896	2,25	2,89
K ₂ O	2,391	8,60	2,39
G.Ž.	-	0,34	-

Makroopis rovnog bazalta: uzorak je predstavljen kompaktnom, jedrom stenom sa masivnom do fluidnom teksturom. Obojen je tamno-zeleno, bez vidljivih pukotina. Ogreb je siv.

Mineralni sastav rovnog uzorka: bazični plagioklasi, olivin, pirokseni (rombični), neprovidni minerali (spinel, magnetit, hromit), serpentin, hlorit, limonit.

Mikroopis rovnog uzorka: osnova ispitivanog uzorka izgrađena je od mikrokristalastog plagioklasa (osnovna masa) sa mikrolitskom strukturom. Od fenokristala utvrđeni su olivini

(delimično serpentinisani), rombični pirokseni i ređe bazični plagioklasi. Uzorak je delimično limonitisan. Stena je predstavljena olivin-piroksenskim bazaltom. Delimično je serpentisana.

Analizirani uzorci stena iz ležišta "Vrelo" pokazuju da se radi o jedrim i kompaktnim stenama crne boje na kojima se jasno zapaža porfirna struktura, sa jasno izraženim fenokristalima staklastog minerala veličine od 1-3 mm u prečniku. Osnovna masa je sitnozrna, crne boje, kriptokristalasta.

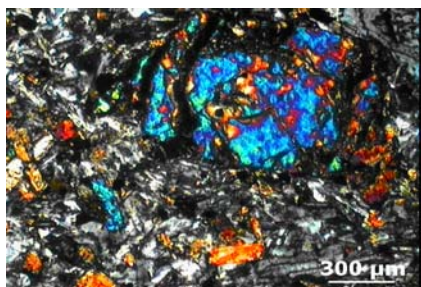
Bazaltni liv dobija se topljenjem rovnog bazalta na temperaturama od 1150-1300°C pri čemu se dobija homogeni rastop koji za kratko vreme gubi gasnu fazu i hlađenjem daje kompaktnu staklastu masu.

Makroopis bazaltnog liva: uzorak je predstavljen kompaktnim, jedrim materijalom sa staklastom i fluidnom teksturom. Prelom je školjkast. Obojen je tamno-sivo, sa pojavom sferičnih šupljina. Ogreb je sivo-beo. Uzorak je izuzetno tvrd.

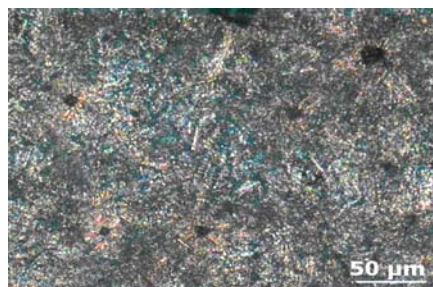
Mineralni sastav: transformisani spineli, transformisani pirokseni, kriptokristalasta masa, metalni minerali, staklo.

Mikroopis bazaltnog liva: osnova ispitivanog uzorka izgrađena je kriptokristalasta sa pojavom sitnih slabo iskristalisanih kristala; uzorak je nehomogen sastavljen od „provodnih“ i delom „neprovodnih“ agregata, između kojih je granica oštra; sadrži veći broj mehura, koji su ispunjeni vazduhom ili staklom (različitih boja) a raspoređeni su u kriptolastoj-staklenoj osnovi.

Na sl. 5. prikazane su mikrofotografije uzorka rovnog i livenog bazalta. Kvalitativna mineraloška analiza uzorka vrši se na polarizacionom mikroskopu za propuštenu svetlost na petrografskim preparatima sa mogućnošću identifikacije minerala i analizom teksturno-strukturnih odnosa.



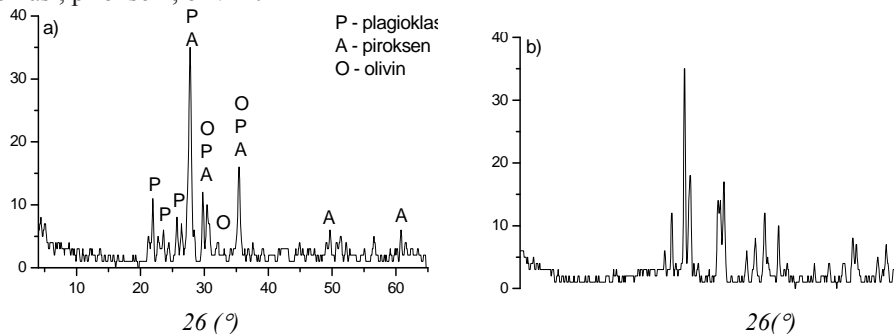
a) rovní bazalt



b) bazaltni liv

Slika 5. Mikrofotografije rovnog i livenog bazalta

Rendgenska difrakciona analiza vrši se na polikristalnom uzorku (prah). Rezultati ispitivanja rovnog i livenog bazalta prikazani su na sl.6. Mineralni sastav oba uzorka je sledeći: plagioklasi, pirokseni, olivini.



Slika 6. Rendgenski difraktogrami praha uzorka: a) rovnog, b) livenog bazalta.

Mehanička svojstva bazalta kreću se u granicama: gustina (kg/m^3): 2460-2960; savojna čvrstoća (MPa): 80-200; čvrstoća na pritisak (MPa): 40-120; poroznost (%): 3,5-3,8; sadržaj vlage (%): 1,1-1,8. Bazalti čija je gustina preko 2800 kg/m^3 , sadrže određenu količinu staklaste amorfne faze u strukturi. Tako naprimer, Basalt Scotch Plains NJ (SAD) ima gustinu 2980 kg/m^3 i sadrži 20 % stakla, a Basalt –Hornblende, Chaffee, CO (SAD) sa gustinom 3134 kg/m^3 ima čak 30% stakla u strukturi. [5].

Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava bazalta vrši se skladu sa standardima za ispitivanje kamena. Ispituje se zapreminska masa bez šupljina, zapreminska masa sa šupljinama, stepen gustine, u skladu sa standardom SRPS B.B8.032. Jednako aksijalna pritisna čvrstoća ispituje se u skladu sa standardnim metodama: SRPS B.B8.012 i SRPS EN 1926. Ispitivanje se radi na kockama dimenzija 5 cm. Ispituje se u suvom, vodozasiceenom stanju i posle određenog broja ciklusa smrzavanja i odmrzavanja. Za sva ispitivanja potrebno je najmanje po pet kocki.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetih rezultata proučavanja mogućnosti korišćenja bazalta iz lokaliteta "Vrelo" Kopaonik može se konstatovati da je bazalt iz ovog ležišta pogodnog sastava za dobijanje bazaltnih proizvoda na bazi stakla i keramike. Proizvodi nisu kancerogeni i mogu činiti uspešnu zamenu za materijale kao što je azbest. Tehnologije prerade bazalta su ekološki čiste. Ovo je veoma značajno sa aspekta ekonomije, ekologije i energije. Izrađeni elementi od ove vrste bazične staklo-keramike imaju široku primenu u građevinskim objektima, putogradnji i gradnji pruga, za izradu podnih obloga u proizvodnim pogonima i halama, kao obloge silosa za skladištenje mineralnih sirovina, delovi rudarske opreme, pri čemu uspešno zamenjuju metal. Dalja istraživanja u ovoj oblasti treba nastaviti u pravcu ispitivanja mogućnosti primene bazalta za dobijanje izolacionih materijala za sprečavanje

6. LITERATURA

- [1] R. Simic, N.Gilic: "Geology, use and processing of basalt ore bearing Vrelo-Kursumlia", Conference Rock, Arandelovac (2000), Proceedings, p. 150-155.
- [2] A.Prstic, Z.Aćimovic-Pavlovic, M.Cosic, Lj.Andric, Z.Aćimovic: "Application of casting materials based basalt ore in metalurgy and minig industry", XI Balkan Mineral Processing Congress, Tirana, Albania, 2005. p.422 – 425.
- [3] R.Simic, A. Prstic, N. Gilic: "Technical and economical base for building capacities for obtained casting products from basalt ore in Serbia", Conference -Cement 2002, Struga-Macedonia (2002), Proceedings , p.156 – 160.
- [4] Prstic A, Simic R, Andric Lj, Acimovic Z: Melting and casting of basalt ore, Mineral Processing in 21st Century– X Balkan Mineral Proces. Congress, Varna 2003, Proc. 893-897
- [5] Rudarski institut Beograd: Istraživanje mogućnosti eksploatacije i prerade bazalta ležište "Vrelo" Kopaonik, Beograd, 1993.

