

# **„ RUDARSTVO 2020“**

11. simpozijum sa međunarodnim učešćem

## *“MINING 2020“*

11st Symposium with international participation

# **ZBORNİK RADOVA**

*PROCEEDINGS*

Hotel „ Fontana “, Vrnjačka Banja  
8. - 11. septembar 2020.

ZBORNIK RADOVA / *PROCEEDINGS*  
RUDARSTVO 2020 / *PROCEEDINGS*

**Organizatori:**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina  
Privredna komora Srbije

*Izdavač / Publisher*

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

*Urednik / Editor*

Miroslav Ignjatović

*Štampa / Printed by*

Akadska izdanja doo, Beograd

*Tiraž / Copies*

180

Beograd, 2020

## NAUČNI ODBOR

prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd, dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije;  
dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet;  
dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof.dr Milena Kostović, RGF, Beograd; prof. dr  
Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof.dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica  
Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Ranđelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir  
Jovanović, ITNMS, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH; prof.dr Omer Musić,  
RGG fakultet, Tuzla; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; dr Milenko Ljubojev, IRM Bor; dr  
Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; prof. dr Miodrag Denić, Tehnički fakultet, Bor; Prof.dr  
Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP  
Elektroprivreda BiH; dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Rada Krgović, JP EPS,  
Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JP  
EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Jovica Stojanović, ITNMS,  
Beograd; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB  
Kolubara; dr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE  
Đerdap; dr Dragan Milanović, IRM Bor; dr Duško Đukanović, JP PEU, Resavica

## PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Aco Ilić, rudnik Rudnik; dr Dragan  
Radulović, ITNMS, Beograd; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Saša  
Ognjanović, JP PEU, Resavica; Filip Todorović, JP EPS, Ogranak TEKO Kostolac; Borivoje  
Stojadinović, IRM Bor; Miloš Đokanović, Alumina Zvornik, R. Srpska; Zoran Vuković, JP EPS;  
Nenad Grubin, Rio Sava Exploration; mr Jadranka Vukašinović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara  
Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan

## SADRŽAJ / CONTENTS:

### Plenarna predavanja / Plenary Presentations

<b>PROBLEMATIKA UPRAVLJANJA RUDARSKIM OTPADOM U PODZEMNIM RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI / PROBLEMS OF MANAGING OF MINING WASTE IN UNDERGROUND COAL MINES IN SERBIA</b> Zorica Ivković, Dejan Dramlić, Radmila Kotoran, Jelena Trivan	10
<b>STRATEŠKO ODLUČIVANJE PRI IZBORU NOVIH ROTORNIH BAGERA ZA POVRŠINSKE KOPOVE LIGNITA: PRIMER RUDARSKOG BASENA KOLUBARA / STRATEGIC DECISION IN SELECTION OF NEW BUCKET WHEEL EXCAVATORS FOR OPEN PIT MINES: EXAMPLE FOR KOLUBARA MINING BASIN</b> Predrag Jovančić, Stevan Đenadić, Goran Todorović, Dragan Novaković, Filip Miletić	15
<b>REZULTATI ISTRAŽIVANJA SISTEMA PROVETRAVANJA RUDNIKA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA U REPUBLICI SRBIJI / RESULTS OF THE RESEARCH OF VENTILATION SYSTEMS FOR COOL MINE IN THE REPUBLIC OF SERBIA</b> Duško Đukanović	25
<b>UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA PROCES BIOLOŠKE REKULTIVACIJE RUDNIČKIH JALIVIŠTA</b> THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE PROCESS OF BIOLOGICAL RECULTIVATION OF MINING TAILINGS Dragana Ranđelović	32
<b>UTICAJ KRUPNOĆE MATERIJALA U ULAZNOJ RUDI I PROIZVODU MLEVENJA NA VREDNOST BOND-OVOG RADNOG INDEXA KREČNJAKA "CARMEUSE"-DOBOJ / IMPACT OF SIZE OF THE FEED ORE AND FINES PRODUCED BY GRINDING ON THE VALUE THE BOND WORK INDEX OF LIMESTONE FROM "CARMEUSE" DOBOJ</b> Dragan S. Radulović, Vladimir Jovanović, Ljubiša Andrić, Milan Petrov, Dejan Todorović, Marina Blagojev	44
<b>SVOJSTVA PVC-a I PLASTIČNIH MATERIJALA I ZNAČAJ NJIHOVE RECIKLAŽE</b> PVC AND PLASTIC MATERIALS PROPERTIES AND IMPORTANCE OF THEIR RECYCLING Slavica R. Mihajlović, Aleksandra S. Patarić, Nataša, G. Đorđević	55
<b>ILUSTRACIJA PROCENE PREDNOSTI IMPLEMENTACIJE SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM U RUDARSKIM ORGANIZACIJAMA / ILLUSTRATION OF THE ADVANTAGE OF THE QUALITY SYSTEM IMPLEMENTATION INTO MINING/METALLURGY ORGANIZATIONS</b> Slavica Miletić, Miroslav Ignjatović	61
<b>NOVI MULTIFUNKCIONALNI CuAlAg MATERIJALI KOJI PAMTE OBLIK SA PROMENLJIVIM SADŽAJEM ALUMINIJUMA</b> Zdenka Stanojević Šimšić, Ana Kostov, Slavica Miletić, Emina Požega	70

MOGUĆNOST RAZVOJA TEHNOLOGIJA PRERADE BAZALTA  
Marko Pavlović 78

### Saopštenja / Contributions

ISPITIVANJA ELEKTRIČNOG I MAGNETSKOG POLJA U OKOLINI PRENOSNIH TRANSFORMATORSKIH  
STANICA I RAZVODNIH POSTROJENJA/  
*TESTING OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS IN THE VICINITY OF TRANSMISSION SUBSTATIONS  
AND SWITCHYARDS*

Maja Grbić, Aleksandar Pavlović, Miliša Jovanović, Dejan Hrvić, Sandra Petrović,  
Saša Ranđelović 85

ZAŠTITA OD EKSPLOZIJE METANA ILI UGLJENE PRAŠINE U UGLJENIM RUDNICIMA JUŽNE  
EVROPE NEKAD I SAD / *PREVENT OF THE SPREAD OF A METHANE GAS OR COAL DUST EXPLOSION  
IN THE COAL MINES SOUTH EUROPE IN THE PAST AND TODAY*

Predrag Janošević, Mirko Ivković, Mirza Omerhodžić Klaus Schulte 99

REKULTIVACIJA DEGRADIRANOG ZEMLJIŠTA NASTALOG ODLAGANJEM PEPELA I ŠLJAKE U  
„ENERGETIKA“ d.o.o. KRAGUJEVAC / *RECUltIVATION OF DEGRADED LAND CAUSED BY DISPOSAL  
OF ASH AND SLAG IN „ENERGETIKA“ d.o.o. KRAGUJEVAC*

Duško Đukanović, Branko Đukić, Nemanja Đokić 109

ZNAČAJ OTVARANJA RUDNIKA “POLJANA” ZA ODRŽAVANJE I RAZVOJ PODZEMNE EKSPLOATACIJE  
UGLJA U SRBIJI / *THE IMPORTANCE OF OPENING THE “POLJANA” MINES FOR THE MAINTENANCE  
AND DEVELOPMENT OF UNDERGROUND COAL EXPLOITATION IN SERBIA*

Vladimir Todorović, Zorica Ivković, Dražana Tošić 117

TEHNOLOGIJA ZAMENE LEŽAJEVA I SFERNOG LEŽAJA VEŠANJA TRAKE 2 NA ODLAGAČU A2R<sub>s</sub>B 7200  
(TAKRAF) NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA "DRMNO"

Velimir Spasić, Goran Anđelić, Filip Todorović 125

ANALIZA DISLOKACIJE KONTINUALNOG SISTEMA SA PK „POLJE D“ NA PK „RADLJEVO“ SEVER U  
FUNKCIJI KONTINUITETA PROIZVODNJE UGLJA I JALOVINE U KOLUBARSKOM UGLJENOM BASENU

Milan Petrović: Svetolik Simić, Vladan Ivković, Radojica Radojičić, Nebojša Simić 130

KOMPLEKSNOST ZAŠTITE I PRIMJENA SAVREMENIH METODA UPRAVLJANJA I NADZORA SISTEMOM  
ODBRANE POVRŠINSKOG KOPA „GACKO“ OD VODA / *COMPLEXITY OF PROTECTION AND  
APPLICATION OF MODERN METHODS OF MANAGEMENT AND SUPERVISION OVER WATER DEFENCE  
SYSTEM OF THE OPEN-CAST- MINE “GACKO”*

Petar Marković, Dušan Govedarica, Aleksandar Ateljević, Ranko Stojanović 137

MOGUĆNOST POVEĆANJA EKSPLOATACIONOG VEKA RUDNIKA  
*OPPORTUNITIES TO INCREASE THE EXPLOATATION LIFE OF THE MINE*

Ivan Filipov 151

<p><b>PROJEKTOVANE I REALNE MOGUĆNOSTI SEPARACIJE UGLJA U RA "VRŠKA ČUKA" AVRAMICA</b>  <i>PROJECTED AND REAL POSSIBILITY OF COAL SEPARATION IN ANTHRACITE COAL MINE "VRŠKA ČUKA" AVRAMICA</i>  <b>Jovica Sokolović, Slobodan Mitić, Branislav Stakić, Dejan Ćirić</b></p>	161
<p><b>PROCESNI PRISTUP DOLIVANJU GORIVA MAŠINAMA I VOZILIMA POMOĆNE MEHANIZACIJE, PRAĆENJE NJIHOVE POTROŠNJE I EVIDENCIJA UTOŠKA ENERGENATA NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA "DRMNO" /</b>  <i>PROCESS APPROACH TO REFUELING MACHINES AND VEHICLES OF AUXILIARY MACHINERY, MONITORING THEIR CONSUMPTION AND RECORDS OF ENERGY CONSUMPTION AT THE SURFACE COAL MINE "DRMNO"</i>  <b>Filip Todorović, Stevan Popović</b></p>	162
<p><b>MONITORING PRIRODNIH RESURSA U ZONI POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA DALJINSKOM DETEKCIJOM</b>  <b>Milislav Tomić; Dejan Kurtov; Tomislav Rikanović; Miodrag Tomić; Aleksandar Radosavljević</b></p>	167
<p><b>UTICAJ RUDARSKO-GEOLOŠKIH FAKTORA NA IZBOR MODELA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA KOMPLEKSNOM MEHANIZACIJOM</b>  <b>Halid Čičkušić, Omer Musić, K. Herco</b></p>	174
<p><b>EKOLOŠKI RIZICI I BENEFITI TOKOM GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA UGLJA, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN /</b>  <i>ENVIRONMENTAL RISKS AND BENEFITS OF GEOLOGICAL EXPLORATION OF COAL, COAL BASIN KOLUBARA</i>  <b>Bogoljub Vučković</b></p>	184
<p><b>ANALIZA MOGUĆIH UTICAJA EKSPLOATACIJE UGLJA U POVRŠINSKOM KOPU POLJE "C" NA ŽIVOTNU SREDINU /</b>  <i>ENVIRONMENT FEATURES AND COAL EXPLOITATION IN OPEN PIT "C", KOLUBARA COAL BASIN, WESTERN SERBIA</i>  <b>Marina Vučković, Tijana Marinković</b></p>	193
<p><b>USMERAVANJE RUDARSKIH RADOVA U TOKU PROCESA EKSPLOATACIJE UGLJA NA PK „POLJE G“ U CILJU EFIKASNIJE HOMOGENIZACIJE I SMANJENJA EKSPLOATACIONIH GUBITAKA</b>  <i>DIRECTING MINING WORKS IN THE PROCESS OF COAL EXPLOITATION IN THE PK "G FIELD", FOR THE EFFECTIVE HOMOGENIZATION AND REDUCTION OF EXPLOITATION LOSSES</i>  <b>Slobodan Lalatović</b></p>	201
<p><b>PROMENE KOJE UTIČU NA KVALITET UGLJA TAMNAVA VEZANOG ZA POSTROJENJE ZA PRIPREMU I OBRADU UGLJA SA AUTOMATSKIM UZIMANJEM UZORAKA /</b>  <i>CHANGES AFFECTING THE QUALITY OF TAMNAVA COAL RELATED TO COAL PREPARATION AND TREATMENT PLANT WITH AUTOMATIC COAL SAMPLING</i>  <b>Rada Krgović, Jadranka Vukašinović, Vlada Pavlović</b></p>	215
<p><b>IDEJNO TEHNIČKO RJEŠENJE POVEĆANJA ISKORIŠĆENJA FRAKCIJE -0,2+0mm NA LINIJI ZA MLJEVENJE BOKSITA U ALUMINI ZVORNIK</b>  <b>Miloš Đokanović, Rajko Aleksić</b></p>	228

PRIJEDLOG TEHNIČKOG RJEŠENJA PROSIJAVANJA FRAKCIJE -30+0mm IZ BOKSITA PRIJE OPERACIJE DROBLJENJA U FABRICI GLINICE ALUMINA ZVORNIK Miloš Đokanović, Radenko Smiljanić, Rajko Aleksić	233
EFEKTI PRIMENE MIKRONIZIRAJUĆEG MLEVENJA NA KVALITET VATROSTALNIH PUNIOCA NA BAZI PIROFILITA, MULITA, KORDIJERITA I CIRKONA Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Marko Pavlović, Marina Dojčinović, Milan Petrov, Zorica Tanasković	238
PONAŠANJE MIKROLEGIRANOG ČELIKA U USLOVIMA DEJSTVA KAVITACIJE Marina Dojčinović, Irena Grigorova, Marko Pavlović, Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Milan Petrov	244
STUDIJA SLUČAJA POVEĆANOG SPECIFIČNOG OTPORA NA KOPANJE JALOVINSKIH SISTEMA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE – ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE USLED LOMA REZNIH ELEMENATA Lazić Marko, Rupar Veljko, Miletić Filip	250

# EFEKTI PRIMENE MIKRONIZIRAJUĆEG MLEVENJA NA KVALITET VATROSTALNIH PUNIOCA NA BAZI PIROFILITA, MULITA, KORDIJERITA I CIRKONA

Ljubiša Andrić<sup>1</sup>, Dragan Radulović<sup>1</sup>, Marko Pavlović<sup>2</sup>, Marina Dojčinović<sup>3</sup>,  
Milan Petrov<sup>1</sup>, Zorica Tanasković<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Srbija

<sup>2</sup> Kontrol Inspekt, Beograd, Srbija

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnološko metalurški fakultet, Beograd, Srbija

<sup>4</sup> Viša poslovno tehnička škola, Užice

## Apstrakt

U radu je istraživano dobijanje vatrostalnih punioca na bazi različitih mineralnih sirovina, a pre svega pirofilita, mulita, kordijerita i cirkona. U cilju dobijanja vatrostalnih punioca visokih svojstava i primene u sintezi novih oblikovanih i neoblikovanih vatrostalnih materijala, vršena su sistematična istraživanja procesa pripreme mineralnih sirovina postupcima prečišćavanja, mlevenja i mehaničke aktivacije. Mlevenje i mehanička aktivacija punioca vršena je u visokoenergetskim mlinovima sa polazne veličine zrna 100 $\mu$ m do veličine zrna 15  $\mu$ m. Posebna pažnja tokom istraživanja posvećena je ispitivanju uticaja mehaničke aktivacije punioca na reološka svojstva dobijenih vatrostalnih premaza za primenu u livarstvu. Karakterizacija dobijenih punioca vršena je primenom rendgenske difrakcione analize i skenirajuće elektronske mikroskopije, a kvalitativna mineraloška analiza i analiza oblika i veličine zrna punioca urađena je pod polarizacionim mikroskopom primenom imerzione metode i kompjuterskog programskog paketa Ozaria 2.5. Rezultati ispitivanja mogućnosti primene dobijenih vatrostalnih punioca za izradu livačkih premaza pokazali su da je veličina zrna punioca 15-20 $\mu$ m optimalana za postizanje zadovoljavajuće reologije primene premaza. Zadovoljavajuća svojstva premaza postignuta su primenom optimalnih sastava premaza i procesa njihove izrade.

**Ključne reči:** vatrostalni punioci, pirofilit, mulit, kordijerit, cirkon, premazi, kvalitet premaza

## 1. UVOD

Vatrostalni materijali imaju raznorodi hemijsko-mineraloški sastav, različite strukture i svojstava. Osnovna namena im je da služe kao konstrukcioni materijali u industrijskim uređajima u kojima vladaju visoke temperature. Primenuju se i u eksploatacionim uslovima u kojima su prisutni pritisci, protok fluida i suspenzija, korozija, habanje, dejstvo reaktivnih materijala kao što su tečni metali, šljaka, alkalije, jedinjenja hlorida, korozivni gasovi. Za takve uslove eksploatacije neophodno je obezbediti vatrostalne materijale i proizvode zahtevane strukture i svojstava za što su potrebna istraživanja postupaka pripreme polaznih mineralnih sirovina procesima prečišćavanja, drobljenja, mlevenja i mehaničke aktivacije, zatim postupaka sinteze proizvoda presovanjem i sinterovanjem, topljenjem, livenjem i termičkim tretmanom, sol-gel metodama i drugim procesima.



Svojstva vatrostralnih materijala uglavnom zavise od hemijskog sastava, mikrostrukture i stanja površine. Najvažnija svojstva su visoka vatrostalnost, velika otpornost na koroziju, habanje, velika čvrstoća i velika tvrdoća. Od ovih svojstava zavisi primena vatrostralnih proizvoda – u metalurgiji, rudarstvu, industriji stakla, građevinarstvu i drugim oblastima. Na svojstva presudan uticaj ima čistoća sirovina i proizvoda. Struktura materijala veoma utiče na njegova svojstva. Tako čvrstoća vatrostralnih materijala je funkcija veličine zrna vatrostralnih punioca. Materijali sa finijom granulacijom zrna punioca imaju finiju strukturu i bolja mehanička svojstva u odnosu na one sa većim zrnima [1- 3]. Prema morfologiji čestica minerala vatrostralni punioci se mogu klasifikovati na zrnaste i laminarne punioce. Zrnasti punioci se obično koriste za primenu u visokotemperaturnim procesima gde su ključna svojstva vatrostalnost i otpornost na hemijska dejstva. Ovi minerali su korund, pirofilit, talk, kordijerit, cirkon, mulit, hromit. Kao lamelarni punioci mogu se koristiti liskun i grafit. Priprema vatrostralnih punioca mlevenjem i mehaničkom aktivacijom utiče na promenu strukture i svojstava punioca. Mikronizirajućim mlevenjem vatrostralnih punioca povećava se njihova specifična površina, što utiče na povećanje površinske aktivnosti zrna punioca, posebno pri veoma finom mlevenju, odnosno aktiviranju. Na kvalitet vatrostralnog punioca veliki uticaj ima i tip primenjenog mehanoaktivatora, kao i parametri procesa mlevenja: kapacitet mlina, snaga uređaja, masa meljućih tela, stepen popunjenosti mlina, vreme mlevenja, prisustvo aditiva u procesu mlevenja i slično, a što je posebno praćeno tokom istraživanja u ovom radu [4-6].

U radu su istraživani različiti procesi pripreme četiri vrste vatrostralnih punioca: pirofilit, mulit, kordijerit i cirkon i njihov uticaj na kvalitet livačkih premaza. Livački premazi su vatrostalni proizvodi koji se široko koriste u metalurgiji i predstavljaju integralni deo proizvodnje različitih vrsta odlivaka. Najvažnije komponente u sastavu vatrostralnih premaza su: vatrostalni punioc, vezivno sredstvo, sredstvo za održanje suspenzije i rastvarač. Istraživanja su pokazala da priprema vatrostralnih punioca mlevenjem i mehaničkom aktivacijom pozitivno utiče na kvalitet vatrostralnih punioca, odnosno na kvalitet premaza i povećanje kvaliteta površine dobijenih odlivaka. Uticaj efekata mikronizirajućeg mlevenja punioca na kvalitet livačkih premaza praćen je na osnovu promena sedimentacione stabilnosti suspenzije premaza, a sve prema standardu za ovu vrstu vatrostralnih proizvoda [7].

## 2. EKSPERIMENT

Mikronizirajuće mlevenje vatrostralnih punioca na bazi pirofilita ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), mulita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), kordijerita ( $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ) i cirkona ( $\text{ZrSiO}_4$ ) vršeno je u vibracionom mlinu u vremenu (min): 10; 15; 20. Sastavi istraživanih vatrostralnih punioca i njihova svojstva prikazani su u tabelama 1 i 2.

**Tabla 1.** Hemijski sastav vatrostalnih punioca

Punioc	Jedinjenje [%]								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Pirofilit	62,6	14,9	1,39	1,22	7,4	-	0,15	0,49	0,5
Mulit	25,1	70,4	5,3	9,99	0,81	-	-	0,27	0,30
Kordijerit	51,1	29,9	13,2	1,1	3,3	-	-	0,01	0,01
Cirkon	31,9	0,04	-	0,04	-	66,5	0,05	0,01	0,01

Rendgenska difrakciona analiza korišćena je za određivanje i praćenje faznog sastava dobijenih uzorka vatrostalnih punioca. Uzorci su analizirani na rendgenskom difraktometru marke "PHILIPS", model PW-1710. Morfološka i kvantitativna hemijska analiza punioca urađena je na skenirajućem elektronskom mikroskopu (uređaj "JEOL"JSM 6610LV). Na bazi dobijenih vatrostalnih punioca izrađeni su premazi sastava: 92-93% vatrostalnih punioca; 6-6,5% veziva na bazi bentonita i Bindal H; 1-1,5% aditiva na bazi karboksimetilceluloze i rastvarač na bazi vode do gustine 2 kg/m<sup>3</sup>. Cilj je bio ocena efekata mikronizirajućeg mlevenja i mehaničke aktivacije punioca na svojstva premaza, a pre svega na sedimentacionu stabilnost suspenzije premaza. Suspenzije vatrostalnih premaza ispitivane su na polarizacionom mikroskopu (Jena Carl Zeiss) primenom programskog softverskog paketa OZARIA 2.5 za određivanje veličine zrna punioca i utvrđivanje raspodele punioca u suspenziji premaza.

**Tabela 2.** Svojstva punioca

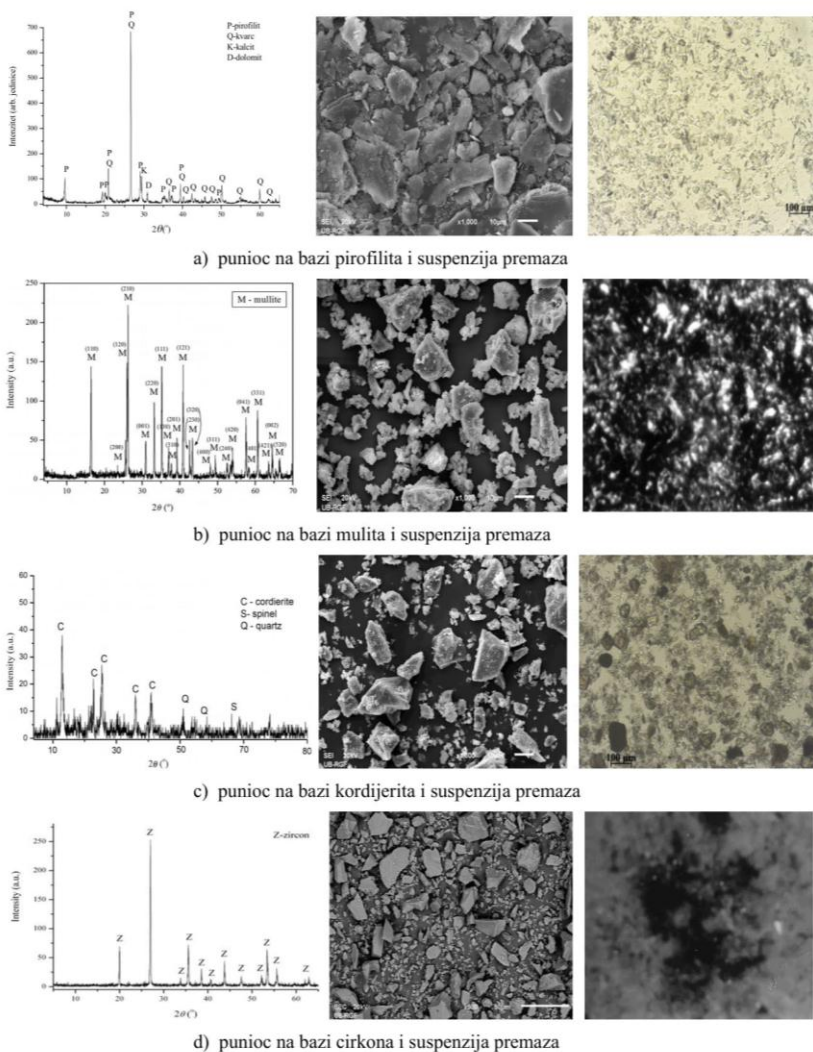
Punioc	Svojstvo punioca			
	Gustina, kg/m <sup>3</sup>	Temperatura topljenja, °C	Vatrostalnost	Tvrdoća po Mosh skali
Pirofilit	2,65-2,85	1400-1560	14SK/1750°C	1,5-2
Mulit	3,2	1850	34SK/1750°C	7,5
Kordijerit	2,2	1380	14 SK/1750°C	7
Cirkon	4,56	2500	34SK/1750°C	7,5

Ispitivanja svojstava dobijenih vatrostralnih premaza izvršeno je, u skladu sa standardom [7], nanošenjem premaza na površine ispitnih tela oblika kalote izrađenih od kaluparske mešavine. Ispitivanje sedimentacione stabilnosti vatrostralnih premaza vršeno je odstožavanjem pripremljenih uzoraka premaza 10 h u cilindričnom sudu zapremine  $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  i visine  $2.8 \times 10^{-1} \text{ m}$ . Rezultati ispitivanja izražavani su u procentima tako što je broj očitanih mililitara providnog sloja jednak taloženju u procentima.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1 prikazani su XRD difraktogram i SEM mikrofotografije uzoraka vatrostralnih punioca na bazi pirofilita, mulita, kordijerita i cirkona. Srednje veličine zrna punioca kretale su se od 15-20  $\mu\text{m}$ . Takođe, na slici su prikazane i odgovarajuće fotografije suspenzija vatrostralnih premaza. Na slici 1.a za uzorak punioca na bazi pirofilita na rendgenogramu se vidi se mineralni sastav (kvarc, pirofilit, kalcit, dolomit, kaolinit). Zrna punioca su nepravilnih formi i različitih dimenzija sa izgledom pojedinačnih krupnijih zrnastih agregata. Punioc je ravnomerno raspoređen u suspenziji premaza. Na slici 1.b za uzorak vatrostralnog premaza na bazi mulita na rendgenogramu se vidi dominantna mineralna faza mulita. Zrna mulita su nepravilnih oblika i različitih veličina. Punioc na bazi mulita je ravnomerno raspoređen u suspenziji premaza. Na slici 1.c na rendgenogramu se vidi dominantno prisustvo kordijerita, a takođe i prisustvo spinela i kvarca. Zrna kordijerita su nepravilnih oblika i različitih dimenzija. Suspenzija premaza pokazuje ravnomernu raspodelu punioca u premazu sa mestimičnom pojavom zrna većih dimenzija. Na slici 1.d na rendgenogramu se vidi dominantno prisustvo cirkonijum-silikata u uzorku vatrostralnog punioca. Vide se jasno izraženi pikovi karakteristični za cirkonijum-silikat visoke čistoće. Ovaj mineral se pojavljuje u nepravilnim oblicima zrna školjkastog izgleda sa različitim dimenzijama. Punioc je pretežno ravnomerno raspoređen u suspenziji premaza, a uočena je na pojedinim mestima i pojava grupisanja punioca.

Ispitivanje sedimentacione stabilnosti dobijenih premaza na bazi mehanički aktiviranih punioca pirofilita, mulita, kordijerita i cirkona pokazalo je da je količina istaloženih materija bila ispod 5%, što se prema standardu za ovu vrstu vatrostralnih proizvoda [7] može oceniti kao zadovoljavajuća sedimentaciona stabilnost premaza. Tokom nanošenja premaza na peščane kalupe i jezgra posebna pažnja posvećena je oceni prijanjanja premaza za površine kalupa i jezgara. Naneti slojevi premaza bili su ravnomerni, a pri sušenju nije došlo do pucanja i ljuštenja slojeva premaza sa površine peščanih kalupa i jezgara.



**Slika 1.** XRD difraktogram, SEM mikrofotografija vatrostalnih punioca i suspenzije premaza na bazi: a) pirofilita; b) mulita; c) kordijerita; d) cirkona.

Može se očekivati, shodno ranijim istraživanjima [8], da će primena ovih vrsta premaza sa mehanički aktiviranim puniocem omogućiti dobijanje odlivaka kvalitetne površine (čiste i glatke površine, bez pojava sinterovanja peska, pukotina), a što će smanjiti troškove čišćenja i obrade odlivaka.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kao rezultat ovih istraživanja definisani su postupci pripreme vatrostalnih punioca na bazi pirofilita, mulita, kordijerita, cirkona primenom procesa prečišćavanja mineralnih sirovina, mlevenja i mehaničke aktivacije punioca. Definisani su optimalne vrednosti prečnika zrna i

faktora oblika zrna punioca (veličine zrna ispod 20  $\mu\text{m}$ , faktor oblika zrna do 0,06). Istraženi su sastavi vatrostalnih premaza i postupci njihove izrade. Ocenjeno je da gustina premaza do  $2\text{kg/m}^3$  daje lakšu homogenizaciju suspenzija premaza pri laganom mešanju brzinom  $1^0/\text{min}$ . Dobijeni osušeni slojevi premaza bili su ravnomerno naneti na površine kalupa i jezgara. Debljine osušenih slojeva premaza ispod 0,7 mm omogućuje lakšu eliminaciju rastvorenih gasova iz tečnog metala pri hlađenju i očvršćavanju odlivaka i čime će se eliminisati moguće greške na odlivcima tipa poroznosti u odlivcima.

### Zahvalnica

Rezultati ovih istraživanja finansirani su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

1. M. M. Ristić: Principi nauke o materijalima, Srpska akademija nauka i umetnosti, Odeljenje tehničkih nauka, posebna izdanja, Knjiga 36, 1993.
2. Lj. Andrić, Z. Aćimović-Pavlović, M. Trumić, M. Kostović: The Influence of Process Parameters' on the Structure and Properties of Mica Mechanically Activated in an Ultra Centrifugal Mill, Journal of Ceramic Processing Research, ISSN 1229-9162, Vol. 13, No. 4, 2012., p. 470-475.
3. M.I. Mahadi, S. Palaniandy: Mechanochemical effect of dolomitic talc during fine grinding process in mortar grinder, Int. J. Miner. Process. 94 (2010) 172-179.
4. Lj. Andrić, Z. Aćimović-Pavlović, N. Pavlović, V. Milošević, S. Milićević: Mechanical activation of talc in high-energy-speed rotary mechanoactivator, Ceramics International, 38 (2012) 4 2913-2920.
5. M. Pavlović, M. Dojčinović: Kavitaciona oštećenja vatrostalnih materijala, monografija, Akademska misao, Beograd, 2020.
6. M. Pavlović, Lj. Andrić, D. Radulović, Z. Čeganjac: The influence of mechanical activation of talc-filler on the quality of the refractory coatings, 49th International October Conference on Mining and Metallurgy, 18-21 October 2017, Bor Lake, Proceedings, pp.53-56, ISBN 978-86-6305-066-2.
7. SRPS B.H9.102:1980 Premazi–materijali za peščane kalupe i jezgra, klasifikacija, tehnički uslovi primene, metode ispitivanja, 1980.
8. Z.Aćimović-Pavlović, Lj. Andrić, V. Milošević, S. Milićević: Refractory coating based on cordierite for application in new evaporate pattern casting process, Ceramic International, 37 (2011) 99-104, ( IF =1.773, 4/27, 2009), ISSN: 0272-8842

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

622(082)

502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (11 ; 2020 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova = Proceedings / 11. simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2020", Vrnjačka Banja 8. - 11. septembar 2020. = 11st [i.

e.11th] Symposium with International Participation "Mining 2020" ; [urednik, editor Miroslav Ignjatović] ; [organizatori Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina [i] Privredna komora Srbije]. - Beograd : Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 2020 (Beograd : Akademska izdanja). - 243 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 180. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN 978-86-82867-28-9

1. Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (Београд) 2. Привредна комора Србије (Београд)

а) Рударство - Зборници б) Животна средина - Заштита - Зборници

COBISS.SR-ID 19693065