

„ RUDARSTVO 2019“

10. simpozijum sa međunarodnim učešćem

“MINING 2019“

10st Symposium with international participation

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

Hotel „ Jezero “, Bor
28. - 31. maj 2019.

ZBORNIK RADOVA/ *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

Tiraž / Copies

200

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

622(082)
502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (10 ; 2019 ; Бор)
Zbornik radova = Proceedings / 10. simpozijum sa međunarodnim učešćem
"Rudarstvo 2019" = 10st [i. e. 10th] Symposium with International Participation "Mining
2019", Bor 28. - 31. maj 2019. ; [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, 2019 (Beograd :
Akademska izdanja). - 266 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 200. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN 978-86-80420-22-6

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
276644108

MIKRONIZIRAJUĆE MLEVENJE PIROFILITA-PARSOVIĆ-KONJIC (BiH)

MICRONIZATION OF PYROPHYLLITE MILLING- PARSOVIĆ-KONJIC (BiH)

Ljubiša Andrić¹, Dragan Radulović¹, Muhamed Harbinja²,
Milan Petrov¹, Marija Marković¹, Jovica Stojanović¹, Marko Pavlović³

¹ Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina,
Beograd, ² AD HARBI d.o.o., Sarajevo, Bosna i Hercegovina

³ Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

IZVOD

Mikronizacija pirofilita je veliki tehnološko-tehnički problem, iz razloga što klasične mašine za usitnjavanje, ne mogu, svojim procesnim uslovima, da ga mikroniziraju do finog i posebno veoma finog granulometrijskog sastava, koji je neophodan za nove savremene domene industrije primene. Iz ovih razloga, neophodno je dobro poznavanje njihovih fizičko-hemijskih, mineraloških, mehaničkih osobina, i posebno mehanizama procesa njihovog finog usitnjavanja (mikronizacije). Detaljnim istraživanjima kinetike mikronizirajućeg mlevenja pirofilita, dobijeni su elementi za određivanje efikasnosti rada vibracionih i ultra-centrifugalnih mlinova, a samim tim stečeni su uslovi za definisanje kako tehnoloških parametara mikronizacije, tako i parametara proizvoda mikronizacije. U isto vreme, na osnovu detaljne fizičko-hemijske, mineraloške i rentgenske karakterizacije mikroniziranih proizvoda pirofilita, uočene su određene fizičko-hemijske promene u njihovoj strukturi (prelaz pirofilita u amorfno stanje), što je sigurno posledica rada pomenutih mlinova.

Ključne reči: pirofilit, mikronizirajuće mlevenje, vibracioni i ultra centrifugalni mlin, srednji prečnik zrna. specifična površina.

ABSTRACT

Micronization of pyrophyllite represents significant technical and technological problem due to inadequate capabilities of classical grinding equipment to provide fine and very fine particle size, which is prerequisite for new domains of industrial applications. Therefore, it is very important to be completely acquainted with the chemical and mineralogical composition, physical and mechanical properties and specifically with the mechanism of its comminution (micronization). Detailed investigation of the micronizing grinding kinetics of pyrophyllite provided the basic elements for resolving the operational efficiency of vibratory and ultra centrifugal mills, enabling determination of technological parameters for micronization as well as characteristics of final products. At the same time, based on detailed physical, chemical, mineralogical and X-ray characterization of micronized pyrophyllite products, specific physical-chemical changes in their structure (transformation of pyrophyllite into amorphous state) was noticed, which is definitively the results of the operation of declared mills.

Key words: pyrophyllite, micronization grinding, vibratory and ultra centrifugal mill, mean particle diameter, particle size, specific surface.

UVOD

Definisanje i dobijanje upotrebnih kvaliteta nemetaličnih mineralnih sirovina predstavlja proces koji je veoma složen i traži verifikaciju ne samo proizvoda iz procesa pripreme i prerade prirodnih sirovina, već i verifikaciju u svojstvima finalnog materijala za čiju sintezu se koriste. Danas, posebno se traže fino samlevene (fino i veoma fino mikronizirane) mineralne sirovine, koje se, uopšte gledano, koriste kao punila za mase u sintezi novih materijala (kompoziti) i kao premazi, [1]. Na osnovu fundamentalnih i razvojnih istraživanja procesa mikronizirajućeg mlevenja nemetaličnih mineralnih sirovina u cilju dobijanja punila za sintezu novih industrijskih materijala, razvijen je veći broj novih konstrukcionih rešenja mlinova za mlevenje i mikronizaciju kao što su: planetarni, vibracioni, ultra-centrifugalni, atricioni, Jet i dr. Razvoj ovog tipa opreme je važan za optimizaciju procesa mikronizacije i mehaničke aktivacije punila obzirom na strogo definisane njihove fizičko-mehaničke, fizičko-hemijske i mineraloške karakteristike, jer svaka, makar i neznatna promena ovih karakteristika može imati negativan uticaj na kvalitet mikroniziranih proizvoda. Savremena istraživanja i razvoj novih materijala primarno zavise od zaliha sirovina koje se svakim danom sve više iscrpljuju. Imajući ovo kao opštu informaciju očigledno je da razvoju novih materijala predhodi dobijanje kvalitetnih sirovina, a takođe i korišćenje sekundarnih sirovina, što ima i veoma važan ekološki značaj, s obzirom na efikasniju zaštitu čovekove okoline od industrijskih otpadaka. Poštujući ovakvu proceduru kod korišćenja raspoloživog resursa industrijskih minerala (nemetaličnih mineralnih sirovina kakav je zasigurno **pirofilit**), otvaraju se neograničene mogućnosti za razvoj mnogih i malih kapaciteta, nezavisnih od velikih svetskih strateških partnera. Na taj način postigla bi se fleksibilna i veoma profitabilna proizvodnja sposobna da se prilagođava stalnim promenama u finalnoj proizvodnji, [2-4].

PROCES SUVE MIKRONIZACIJE

Priprema mineralnih sirovina, uglavnom nemetala, u većini slučajeva zahteva suvo mikronizirajuće mlevenje i klasiranje mikronizirane mineralne sirovine u jednu ili više klasa krupnoće. Način mikronizirajućeg mlevenja mineralnih sirovina zavisi od usvojenog tehnološkog procesa pripreme, t.j. da li se priprema mineralne sirovine vrši mokrim ili suvim postupkom. Isto tako važan je i način primene mineralne sirovine u industriji, t.j. da li se ista primenjuje u suvom stanju. Poslednjih nekoliko godina postavlja se zahtev da nemetalične mineralne sirovine budu pripremljene u suvom stanju. Nemetalične mineralne sirovine (pirofilit i dr.) u većini slučajeva treba da se mikroniziraju do finoće 100% -60 μm u pojedinim slučajevima 100% -45 μm , a da pri tome udeo sitnih čestica ispod 10 μm , treba da bude što veći (40-60 %). Poslednjih nekoliko godina pojedine industrijske grane zahtevaju finoću mikroniziranog proizvoda oko 90% ispod 10 μm , sa određenim udelom sitnih čestica od 1, 2, 3, 5 i 7 μm . Prilikom mikronizirajućeg mlevenja, posebna pažnja se poklanja sledećim osnovnim parametrima kvaliteta proizvoda: procentualnom sadržaju pojedinih klasa krupnoće, specifičnoj površini, srednjem prečniku čestice i hemijskim i

mineraloškim karakteristikama. Pored krupnoće, kao osnovnog parametra kvaliteta proizvoda mikronizirajućeg mlevenja, neophodno je spomenuti i ostale veoma važne parametre: zapreminsku masu, homogenizaciju sposobnost lebdenja, površinsku aktivnost, oblik čestica, itd. Navedeni parametri kvaliteta proizvoda mikronizirajućeg mlevenja zavise od fizičko-mehaničkih, hemijskih i mineraloških osobina polaznih sirovina, kao što su: struktura, tekstura, otpornost, plastičnost, trošnost, tvrdina, abrazivnost, šupljikavost, elastičnost, lepljivost i sl. Sam proces mikronizirajućeg mlevenja mineralnih sirovina nije prost proces. Sa procesno-tehničkim razvojem mlevenja poslednjih godina, proces mikronizacije se veoma ozbiljno i teorijski izučava, [5-13].

PRIMENA PIROFILITA

Nemetalična mineralna sirovina, kao što je **pirofililit** ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) zauzima značajno mesto u privrednom razvoju, bilo da služi kao finalni proizvodi ili kao sirovina kod proizvodnje različitih materijala namenjenih prerađivačkoj i drugim industrijskim granama. Skoro da ne postoje privredne grane koje ne koriste pirofililit-industrija vatrostalnih materijala, građevinarstvo, poljoprivreda, a u novije vreme primenjuje se u tehnologijama za zaštitu životne sredine. Pored nabrojanih industrija, mikronizirani pirofililit najčešće se koristi u industriji: papira, plastičnih masa, farmaceutike i kozmetike, aditiva, inhibitora korozije i dr.

METODE ISPITIVANJA

Izbor načina suvog mikronizirajućeg mlevenja i pripreme određuje se prema svojstvima mineralnih sirovina, traženom stepenu finoće i ostalim zahtevima kao što su: specifični utrošak energije, utrošak metala, sigurnost u radu i najmanji troškovi pri posluživanju. U procesu suvog mikronizirajućeg mlevenja, a naročito finog mikronizirajućeg mlevenja, određivanje utroška energije je veoma komplikovano. Stoga u poslednje vreme za izbor opreme koja se primenjuje za suvo mikronizirajuće mlevenje nemetaličnih mineralnih sirovina, pored standardnih konvencionalnih mlinova (metalni, keramički), najširu primenu su našli ultracentrifugalni sa perifernom putanjom usitnjavanja, vibracioni, planetarni, atricioni i strujni (Jeto-mizer) mlinovi, [14].

REZULTATI EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA

Sva eksperimentalna istraživanja mikronizirajućeg mlevenja pirofilita vršena su na rovnom uzorku (ležište Parsović), primenom savremenih metoda za određivanje svih neophodnih fizičko-hemijskih i mineraloških karakteristika mikroniziranih proizvoda pirofilita, kao i za praćenje relevantnih procesnih parametara Polazni uzorak je homogeniziran i iz njega su izdvojeni uzorci za određivanje: granulometrijskog i hemijskog sastava rude, XRD i SEM-analize, [5]. U ovim istraživanjima suvog mikronizirajućeg mlevenja pirofilita, korišćeni su vibracioni i ultracentrifugalni mlin sa perifernom putanjom usitnjavanja.

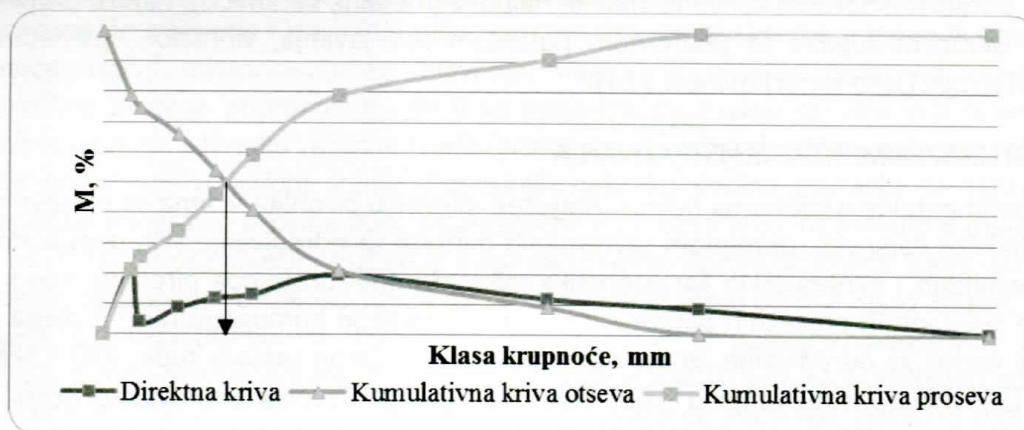
Fizička, hemijska i mineraloška svojstva rovnog uzorka pirofilita

Ležište pirofilitnog škriljca Parsovići, Konjic, smešteno je oko 25 km SZ od Konjica, povezano je asfaltom na magistralni put Sarajevo - Mostar, dužine 14 km. Ležište Parsovići nalazi se na brdsko planinskom području koje predstavlja JZ ogranak, a nadmorska visina područja, na kome se nalazi ležište pirofilita, kreće se između 350 i 600 metara. Overene rudne rezerve pirofilitnog škriljca ležišta "Parsovići-Konjic" iznose 18.000.000 t. Postojanje potencijalne sirovinske baze, odnosno postojanje pirofilita sa značajnim količinama (Parsovići-Konjic) u BiH pruža široke mogućnosti razvoja proizvodnje sa bogatim asortimanom proizvoda. Po raspoloživim količinama, pirofilit predstavlja jednu od najznačajnijih prirodnih nemetalčnih mineralnih sirovina u BiH, [15-22].

Granulometrijski sastav: Zbog strukturno-teksturnih osobina polazni uzorak rude pirofilita je usitnjen za dalja tehnološka ispitivanja na krupnoću 100% -2 mm. Ovako pripremljen uzorak rude pirofilita predstavlja polazni uzorak za opite mikronizirajućeg mlevenja. Tabelarni i grafički prikaz, rezultata granulometrijskog sastava polaznog uzorka pirofilita - 2+0,00 mm (Tyler-ova serija sita) prikazani su u tabeli 1 i na slici 1.

Tabela 1. Granulometrijski sastav uzorka rude pirofilita klasa -2,00mm

Klasa krupnoće, mm	M, %	↓Σ M, %	↑Σ M, %
- 2,38 + 1,60	0,54	0,54	100,00
- 1,60 + 1,00	8,67	9,21	99,46
- 1,0 + 0,63	11,98	21,19	90,89
- 0,63 + 0,40	19,73	40,92	78,81
- 0,40 + 0,30	13,06	53,98	59,08
- 0,30 + 0,20	11,97	65,95	46,02
- 0,20 + 0,10	8,60	74,55	34,05
- 0,10 + 0,00	4,07	78,62	25,45
Ulaz	100,00		



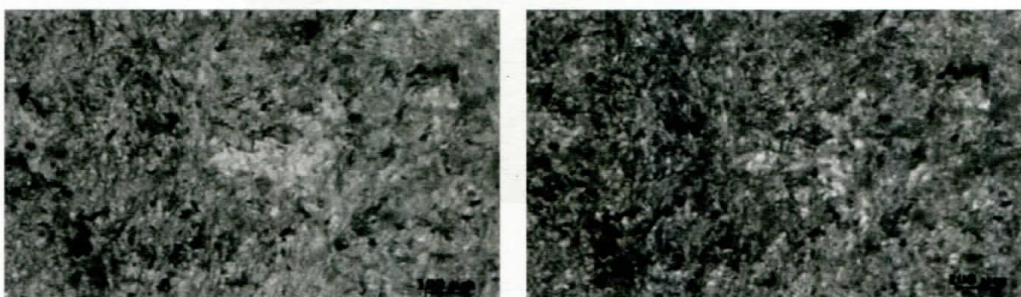
Slika 1. Granulometrijski-sastav polaznog uzorka rude pirofilita krupnoće -2,00+0,00mm. ($d_{sr}=0,328$ mm)

Hemijska karakterizacija, tj. utvrđivanje hemijskog sastava polaznog uzorka pirofilita vršeno je standardnom analitičkom metodom, a rezultati analize su prikazani u Tabeli 2.

Tabela 2. Hemijski sastav rude pirofilita

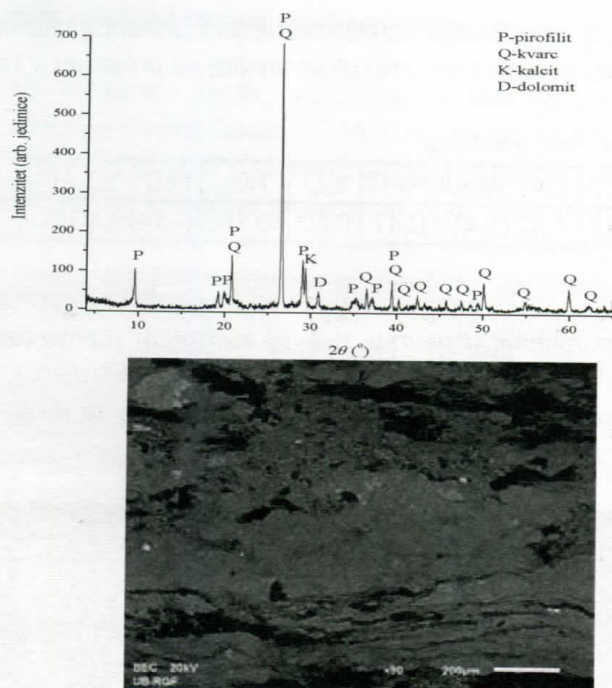
Komp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	FeO	SO ₃	P ₂ O ₅	kr.H ₂ O	BaO	G.Ž.
Sadr.,%	62,56	14,92	1,22	7,32	1,45	0,47	0,60	<0,167	0,32	0,10	0,16	2,48	<0,01	9,63

Rezultati ispitivanja mikroskopske analize rovnog uzorka pirofilita su pokazali da su minerali kvarca i pirofilita najzastupljeniji u uzorku, dok su karbonati manje zastupljeni. Kvarc je uglavnom bistar i donekle kaolinisan. Pirofilit obiluje čvrstim inkluzijama. Ove inkluzije su u vidu opakih, odnosno neprovidnih minerala. Feldspati i liskuni se javlja u tragu. Rezultati mikrofotografije analiziranog uzorka, prikazani su na slici 2.



Slika 2. Zrno kvarca u osnovnoj masi pirofilita propuštene svetlost, II (a) i (b) X Nikoli

Rendgenska difrakciona analiza korišćena je za određivanje i praćenje faznog sastava uzorka. Uzorak je analiziran na rendgenskom difraktometru marke "PHILIPS", model PW-1710. Mineralni sastav analiziranog uzorka je sledeći: **kvarc, pirofilit, kalcit, dolomit, kaolinit**. Pirofilit je najzastupljeniji mineral ($\approx 50\%$), dok su kvarc ($\approx 35\%$) i karbonati (kalcit oko 10% i dolomit $\leq 5\%$) manje zastupljeni. Kaolinit je prisutan u tragu. Difraktogram ispitivanog uzorka prikazan je na slici 3. Analiza na skenirajućem elektronskom mikroskopu (SEM-u) obavljena je na rudnom preparatu rovnog uzorka pirofilita, (vidi sliku 4.). Na osnovu ove analize može se zaključiti da se dobijeni rezultati vrlo dobro slažu sa rezultatima rendgenske analize.



- Slika 3. XRD praha rovnog uzorka pirofilita Slika 4. SEM rovnog uzorka pirofilita

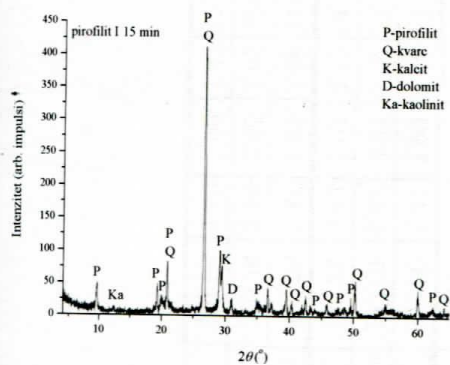
Rezultati mikronizirajućeg mlevenja pirofilita

Suvo mikronizirajuće mlevenje pirofilita eksperimentalno je istraživano tako što su menjani parametri vezani za rad vibracionog, i ultra centrifugalnog mlina. Takođe, praćeni su i promenljivi parametri vezani za tip i rad mlinova, a kao njihova posledica proizišli su tehnološki parametri i parametri proizvoda suve mikronizacije, koji su prikazani u tabelama 3 i 4. Promenljivi parametri u radu mlinova, koji su u toku eksperimentalnih istraživanja menjani, su: broj obrtaja rotora motora ($^{\circ}/\text{min}$), dimenzije aktivirajućih tela (m), masa aktivirajućih tela (kg), broj aktivirajućih tela (n), gustina aktivirajućih tela (kg/cm^3). Od tehnoloških parametara procesa suve mikronizacije praćeni su sledeći parametri: vreme mlevenja t (min), kapacitet mlevenja Q (kg/h), specifični utrošak energije e (kWh/t). Od parametara proizvoda mikronizirajućeg mlevenja praćeni su sledeći parametri: d_{50} parametar koji zavisi od granulometrijskog sastava uzorka, koji karakteriše krupnoću uzorka, d_{95} , otvor sita kroz koje prolazi 95% mikroniziranog proizvoda (μm), S_r , realna specifična površina (m^2/kg), zapreminska koncentracija čestica i nasipna masa [23].

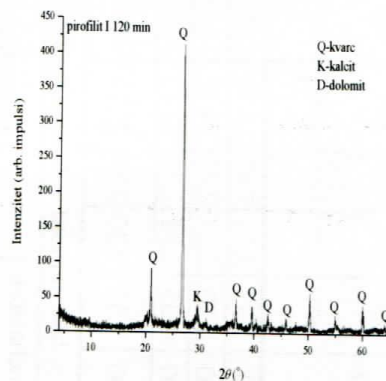
Mikronizirajuće mlevenje pirofilita u vibracionom mlinu

Mikronizirajuće mlevenje pirofilita, je vršeno u vibracionom mlinu, u toku od 15, 30, 60 i 120 minuta. Eksperimentalno postignuti rezultati pirofilita mikroniziranog u vibracionom mlinu prikazani su u tabeli 3 i na slikama 5 i 6, [24-26]. Mikronizirajuće mlevenje pirofilita mehaničkim silama, moguće je predstaviti kao višestepeni proces. Polazeći od uzorka

pirofilita mikroniziranog 15 min. u vibracijskom mlinu, dolazi do procesa dehidratacije koja se odvija postepeno bez značajnih strukturnih promena. Drugi stepen mikronizacije pirofilita u vibracijskom mlinu odnosi se za vreme mikronizirajućeg mlevenja od 30 i 60 min., gde dolazi do degradacije kristalne rešetke i početka amorfizacije. Treći stepen mikronizirajućeg mlevenja pirofilita u vibracijskom mlinu odnosi se na vremena mikronizacije od 120 min., a koje predstavlja ultra fino mikronizirajuće mlevenje. U tom stadijumu se potpuno narušava struktura, tako da pirofilit prelazi u amorfno stanje. Rentgenska analiza ispitivanih uzoraka za vremena mikronizirajućeg mlevenja od 15 pokazala je sledeći mineralni sastav (**pirofilit, kvarc, kalcit, dolomit, kaolinit**), (slika 5) a pri vremenu od 120 min. (**kvarc, kalcit, dolomit**), da difrakcioni maksimumi pirofilita ne postoje što znači da je ovaj mineral potpuno amorfizovan, (sl 6.).



Slika 5. XRD uzorka pirofilita 15 min.



Slika 6. XRD uzorka pirofilita 120 min.

Tabela 3. Rezultati parametara vezanih za vibracioni mlin sa prstenovima, tehnologiju i proizvode mikronizacije pirofilita

I Serija opita	Parametri vezani za tip mlina					Tehnološki parametri mikronizacije			Parametri proizvoda mikronizacije										
	Snaga motora N kW	Broj obrtaja el. mot. n /min	Zapr. radne posude V dm ³	Zapr. sa prsten V dm ³	Masa radnih prste. h M,kg	Step. zapu. φ %	Vrem. mikr. t min	Kapacitet Q kg/h	Spec. utr. energ. e kWh/t	d ₂₅ μm	d ₄₀ μm	d ₅₀ μm	d ₉₇ μm	d ₉₈ μm	d ₉₉ μm	d _{max.} μm	S _r m ² /kg	S _v m ² /cm ³	Δ, kg/m ³
1.	0.75	1000	1.3	0.9	3.74	70	15	0,80	937,50	1,73	2,65	3,47	19,43	24,67	24,91	33,02	5714,28	2,40	420
2.	0.75	1000	1.3	0.9	3.74	70	30	0,40	1875,00	1,50	2,17	2,77	14,85	16,53	18,80	24,45	5269,23	2,74	520
3.	0.75	1000	1.3	0.9	3.74	70	60	0,20	3750,00	1,35	1,88	2,34	12,63	13,86	15,20	18,84	4222,22	3,04	720
4.	0.75	1000	1.3	0.9	3.74	70	120	0,10	7500,00	1,51	2,20	2,84	20,92	31,51	56,24	146,5 ₂	3671,23	2,68	730

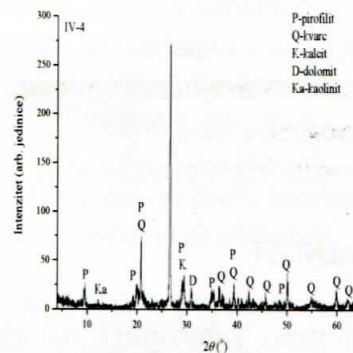
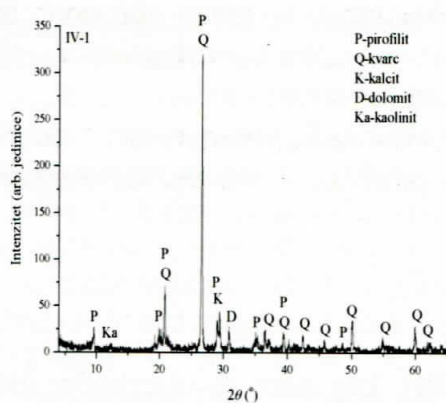
Tabela 4. Rezultati parametara vezanih za ultra centrifugalni mlin, tehnologiju i proizvode ultra fine mikronizacije pirofilita

Ser. opita	Redni broj opita	Parametri vezani za ultra centrifugalni mlin				Tehnološki parametri mehaničke aktivacije				Parametri proizvoda mehaničke aktivacije									
		Broj obr. rot. /min.	Stv. broj obr. rotora /min.	Promenljivo kružno sito μm	Jačina struje A	Vrem. mikro niza. e min.	Obimna brzina rotora m/s	Kapacitet mlina kg/h	Specifični utrošak energije kWh/t	d ₂₅ μm	d ₄₀ μm	d ₅₀ μm	d ₉₇ μm	d ₉₈ μm	d ₉₉ μm	d _{max.} μm	S _r m ² /kg	S _v m ² /cm ³	
I	1	10.000	15786,11	80	1,20	25,00	82,61	0,480	550,00	1,41	1,99	2,48	13,10	14,63	17,46	26,18	2,95	8428,57	
	2	10.000	12477,92	80	1,80	9,00	65,30	1,333	297,07	1,42	2,01	2,52	13,88	15,58	18,82	27,52	2,91	8314,28	
	3	10.000	11106,96	80	2,20	4,00	58,12	3,333	145,21	1,42	2,02	2,53	14,15	15,94	19,18	28,14	2,90	7435,89	
	4	20.000	26720,26	80	1,60	14,00	139,83	0,869	405,06	1,41	1,99	2,48	13,00	14,44	16,87	23,21	2,94	8166,66	
	5	20.000	22213,92	80	2,20	7,00	116,25	1,724	280,74	1,39	1,96	2,45	12,04	13,67	15,68	20,93	2,97	8250,00	
	6	20.000	19314,29	80	2,80	2,00	101,07	6,060	101,65	1,40	1,98	2,47	12,49	13,97	16,05	21,53	2,95	8194,44	

Mikronizirajuće mlevenje pirofilita u ultra centrifugalnom mlinu

Ekperimentalna istraživanja suve mikronizacije pirofilita takođe su vršena na ultra centrifugalnom mlinu sa perifernom putanjom usitnjavanja, koji ima mogućnost izbora nominalnog broja obrtaja rotora od $n_0=10.000$ i 20.000 $^\circ/\text{min.}$, zatim zamene kružnog sita i mogućnost promene opsega jačine struje. Praćeni su promenljivi parametri vezani za rad mlina, a kao njihova posledica proizišli su tehnološki parametri i parametri proizvoda suve mikronizacije, koji su prikazani u tabeli 4.

Rentgenska analiza ispitivanih uzoraka za vremena mikronizirajućeg mlevenja od 25 (IV-1) i 14 (IV-4) min. pokazala je sledeći mineralni sastav (**pirofilit, kvarc, kalcit, dolomit, kaolinit**), (slika 7 i 8), da difrakcioni maksimumi pirofilita pokazuju da dolazi do degradacije kristalne rešetke i početka amorfizacije.



Slika 7. XRD uzorka pirofilita 25 min. (IV-1) Sl 8. XRD uzorka pirofilita 14 min. (IV-4)

ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja i eksperimentalno postignutih rezultata, očigledno je da istraživanje mikronizirajućeg mlevenja pirofilita u domenu savremenih tehnologija nije jednostavan zadatak, već složen i veoma važan.

Na osnovu eksperimentalno postignutih rezultata i njihove analize, mogu se doneti sledeći zaključci:

- Proces mikronizirajućeg mlevenja pirofilita sa kojim su obavljena ispitivanja, utvrđeno da postoji promena raspodele krupnoće čestica i specifične površine pri mikronizirajućem mlevenju u vibracijskom i ultra-centrifugalnom mlinu
- Difrakciona analiza X-zracima pokazala je da prilikom mikronizirajućeg mlevenja do najintenzivnije mehanoaktivacije dolazi u vibracijskom mlinu, pri vremenu od 120 min. Ovo se ogleda u visokom stepenu amorfizacije ispitivanog pirofilita, o čemu svedoči praktično stapanje difrakcionih maksimuma u jedan difuzioni breg.

Prilikom mikronizirajućeg mlevenja pirofilita u ultra-centrifugalnom mlinu mehanoaktivacija je slabija, sa aspekta promene kristalne strukture.

Saznanja o mikronizirajućem mlevenju izneta u ovom radu, predstavljaju doprinos tumačenju fenomena kod mikronizirajućeg mlevenja pirofilita, i ukazuju na mogućnost primene ovih rezultata u praksi i šire.

ZAHVALNOST

Želimo izraziti našu zahvalnost AD HARBI-Sarajevo-BiH, koji nam je obezbedio uzorke pirofilita za eksperimentalna istraživanja. Rezultati u ovom radu proistekli su iz istraživanja na projektu TR33007, TR34006, 34013 koja su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Srbije.

LITERATURA

- [1] Siniša Milošević, Ljubiša Andrić i dr.: "Domaće nemetalične mineralne sirovine za primenu u privredi", ITNMS, Beograd, 1998.
- [2] Ljubiša Andrić: "Proizvodnja nemetaličnih mineralnih sirovina" (Production of Non-metallic Mineral Raw Materials), Poglavlje u monografiji: "Mineralno-sirovinski kompleks Srbije danas: izazovi i raskršća" (Mineral-Resources complex of Serbia today: Challenges and Crossroads), Akademija inženjerskih nauka Srbije (AINS), Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Privredna komora Srbije, ISBN 978-86-87035-02-7, 2010, Beograd, s.189-202
- [3] Ljubiša Andrić: Liskun-Prisprema i primena, Monografija, ITNMS Beograd, (2006).
- [4] Siniša Milošević, Milutin Dumić : Savremeno korišćenje i primena industrijskih minerala, Sistemsko inženjerstvo u industriji minerala, RGF Beograd, 1999.god. str.133-147.
- [5] Ljubiša Andrić, Istraživanje kinetike suve mikronizacije liskuna u ultra-centrifugalnim mlinovima sa perifernom putanjom usitnjavanja, (Magistarska teza), Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, 1993.

- [6] Milan Petrov, Istraživanje kinetike suve mikronizacije kalcita u ultra-centrifugalnim mlinovima sa perifernom putanjom usitnjavanja, (Magistarska teza), Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, 1993.
- [7] P. Schmidt, R. Korber, Planetary mills, Aufbereitungs-Tehnik, 32, Nr.12, Universitat, Gesamthochschule Essen, Germany, 1991,
- [8] Y. Tamai, S. Mori, Mechanical activation on inorganic powders Vibromiling, Zeitschrift fur anorganische und allgemeine chemie, 476 (5), 1981.
- [9] V.I. Molčanov, O.G. Selezneva, E.N. Žirnov "Aktivaciã mineralov pri izmelčeenii", Izdatelstvo "Nedra", Moskva, 1988., Russia, 52-60.
- [10] K. Tkačova, Mechanical activation of minerals, development in mineral processing, Elsevier, Amsterdam, vol. 11., 1989.
- [11] M. Shinozak, M. Senna, Effects of number and size of milling balls on the mechanochemical activation of fine crystalline solids, ACS Publications, 20(1), 59-62., 1981.
- [12] Nedeljko Magdalinović, Usitnjavanje i klasiranje, IP Nauka Beograd, 1999.
- [13] Ljubiša Andrić, Vladan Milošević, Milan Petrov, Slavica Mihajlović, Operating Technique of Mills in the Process of Micronization Milling of Alumina, J. Mining and Metallurgy, 27-43., 2005.
- [14] Ljubiša Andrić, Milan Trumić: Monografija: "USITNJAVANJE MLEVENJEM-Mikronizacija, mehanička i mehanohemijska aktivacija minerala", Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, ISBN 978-86-6905-013-6, COBISS, SR-ID 201968652, Bor 2013.
- [15] Geološki Elaborat o proračunu rezervi i kvaliteta pirofilitnog škriljca u ležištu "Parsovići - Konjic", RO Rudarsko-geološki Institut i Fakultet Tuzla Oour Rudarsko-geološki fakultet, 1984.
- [16] Geološki Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi pirofilitnog škriljca u ležištu "Parsovići" kod Konjica, Sarajevo 2003.
- [17] Epstein, E. and Bloom, A. (2005). Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Maryland, 2005.
- [18] <http://www.minerals.net/mineral/pyrophyllite.aspx>.
- [19] Studija Preliminarnih ispitivanja na preradi rude pirofilita-Konjic, ITNMS Beograd, 1983.
- [20] Dragan Radulović, Ljubiša Andrić: Studija o ispitivanju rovne rude pirofilitnog škriljca ležište „Parsovići“ Konjic (Bosna i Hercegovina), Arhiva ITNMS Beograd, 2017. god.
- [21] Dragan Radulović, Ljubiša Andrić: Studija određivanja uslova za razdvajanje (separaciju), posle mlevenja, u mineralnom sistemu pirofilita-kvarca u zasebne proizvode, Arhiva ITNMS Beograd 2018. god.
- [22] Dragan Radulović, Ljubiša Andrić: Studija fizičko-hemijskih, mineraloških i tehnoloških ispitivanja pirofilitnog škriljca ležišta „Parsovići“ Konjic (Bosna i Hercegovina) Arhiva ITNMS, 2019. god.
- [23] Ljubiša Andrić: "Mehanohemijska aktivacija glinice i njen uticaj na promenu kristalne strukture", Doktorska disertacija, Centar za multidisciplinarnu studije, Beograd, 1999.
- [24] Milan Petrov, Ljubiša Andrić, Ljubica Pavlović, Siniša Milošević: "High Energy Vibratory Mills for Use in Process Industry", Processing-Procesna Tehnika, YU ISSN 0352-678X, Beograd, mart, 2001., s.103-109.
- [25] Ljubiša Andrić, Ljubica Pavlović, Siniša Milošević, Milan Petrov, Sanja Martinović: "Theoretical Principles of Mechanochemical Activation During the Operation of High-Energy Mechanoactivators", Powder Metallurgy Science & Technology Briefs, Vol. 3, No. 6, 2001., p.11-17.

<p>MONITORING FLOTACIJSKOG JALoviŠTA VELIKI KRIVELJ MONITORING OF TAILINGS RECLAMATION VELIKI KRIVELJ Miomir Mikić, Radmila Marković, Suzana Stanković, Renata Kovačević, Dragana Božić, Tatjana Trujić Apostolovski</p>	98
<p>MIKRONIZIRAJUĆE MLEVENJE PIROFILITA-PARSOVIĆ-KONJIC (BiH) MICRONIZATION OF PYROPHYLLITE MILLING- PARSOVIĆ-KONJIC (BiH) Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Muhamed Harbinja, Milan Petrov, Marija Marković, Jovica Stojanović, Marko Pavlović</p>	103
<p>METODOLOGIJA ZA PROCJENU ŠTETE U ŠUMSKIM KULTURAMA ZASNOVANIM NA RUDNIČKIM ODLAGALIŠTIMA / METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF DAMAGE IN FOREST CULTURES CONSTRUCTION ON MINING LOANS Miro Maksimović, Dimšo Milošević</p>	114
<p>LEŽIŠTE KARBONATNE SIROVINE (KREČNJAK I KREDA) SPASINE - BRĐANI KOD UGLJEVIKA DEPOSIT OF CARBONATES (LIMESTONE AND CHALK) SPASINE - BRDJANI NEAR UGLJEVIK Jovana Ječmenica, Zlatko Ječmenica</p>	120
<p>EVALUACIJA MOTIVACIJE ZAPOSLENIH U RUDARSKIM KOMPANIJAMA SAVREMENIM METODAMA / EVALUATION OF MOTIVATION OF EMPLOYEES IN MINING COMPANIES WITH ADVANCED METHODS Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Miroslav Ignjatović, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić</p>	127
<p>PROBLEM PRIKUPLJANJA I TRETMANA OTPADNIH ULJA U REPUBLICI SRBIJI Mile Stojilković</p>	136
<p>POVEĆANJE KVALITETA ODLIVNIH VODA IZRADOM DODATNIH KANALA U TALOŽNICI RUDNIKA UGLJA KOVIN / INCREASING THE QUALITY OF OUTFLOW WATER BY CREATING ADDITIONAL CHANNELS IN THE KOVIN COAL MINE Ivan Filipov</p>	144
<p>REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA RB KOLUBARA ENERGETSKIM BILJKAMA-MODEL UZGOJA PAULOVNIJE I OPLEMENJIVANJA BIO MASE PROCESOM TOREFIKACIJE RECUltIVATION OF DEGRADED SURFACES OF RB KOLUBARA USING ENERGY PLANTS - MODEL OF BREEDING PAULOWNIA AND BIOMASS REFINING USING TORREFACTION PROCESS Jovan Milićević, Darja Lubarda</p>	152
<p>TEHNIČKO RJEŠENJE DOZIRANJA KOMADNOG KREČA NA STOKOVE U ZIMSKOM PERIODU U FABRICI GLINICE ALUMINA ZVORNIK Miloš Đokanović, Rajko Aleksić, Mile Tomić</p>	164

