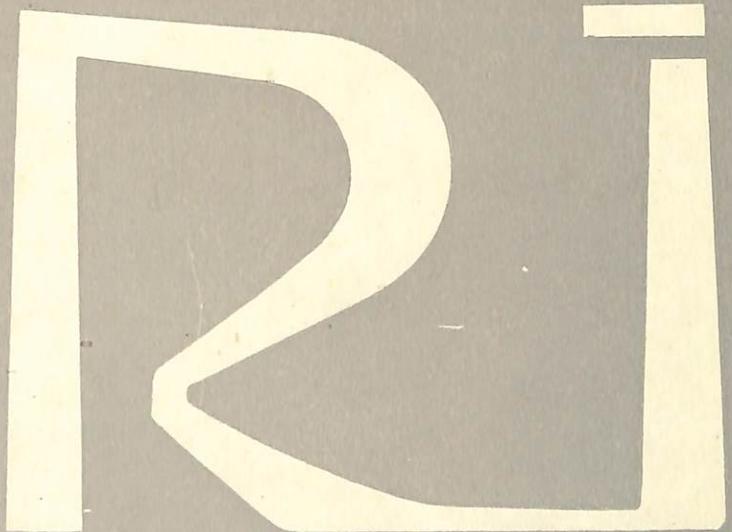


Broj 38
INFORMACIJE B



Dipl. ing. DRAGORAD IVANKOVIĆ

STUDIJA PRIPREME I KONCENTRACIJE PIROFILITA IZ LEŽISTA
„PARSOVIĆI“ - KONJIC I MOGUĆNOSTI PRIMENE U INDUSTRIJI



RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1965.

Izdavač
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Glavni urednik
Dipl. ing. MOCO SUMBULOVIC

R e d a k c i o n i o d b o r

Blažek ing. Aleksandar, Čepejković ing. Miodrag,
Dular ing. Slavko, Đorđević ing. Kirilo, Filipovski
ing. Blagoje, Gluščević prof. ing. Branko, Jovanović
dipl. hem. Nićifor, Kovačević ing. Vjekoslav, Lešić
prof. dr ing. Đura, Malić prof. dr ing. Dragomir,
Marinović ing. Ivo, Mihajlović ing. Jovan, Misita ing.
Risto, Novaković ing. Ljubomir, Odić ing. Tvrtko.
Perišić dr ing. Mirko, Popović ing. Božidar, Slokan
prof. dr ing. Karel, Spasojević ing. Borislav.

Broj 38

Dipl. ing. DRAGORAD IVANKOVIĆ

**STUDIJA PRIPREME I KONCENTRACIJE PIROFILITA IZ LEŽISTA
„PARSOVIĆI“ - KONJIC I MOGUĆNOSTI PRIMENE U INDUSTRIJI**

BEOGRAD 1965.

S a d r ž a j

U v o d	3
Pirofilit kao sirovina u industriji	3
Osnovni podaci o sirovom pirofilitu	7
Laboratorijsko ispitivanje mogućnosti pripreme tj. koncentracije pirofilita i čišćenja od štet- nih primesa	11
Rezultati ispitivanja mogućnosti pripreme piro- filita u pojedinim granama industrije	13
Idejna šema tehnološkog procesa pripreme siro- vog pirofilita	19
Idejna šema tehnološkog procesa prerade i kon- centracije pirofilita	20
Zaključak	22
Literatura	24

U V O D

U Zavodu za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta — Beograd u toku 1964. god. završena je studija pripreme i koncentracije pirofilita iz ležišta „Parsovići” — Konjic i mogućnosti primene pirofilita u industriji.

U studiji su obradeni rezultati laboratorijskih ispitivanja o mogućnosti pripreme tj. koncentracije i čišćenja pirofilita od štetnih komponenti kvarca i karbonata. Isto tako izvršena su laboratorijska ispitivanja mogućnosti primene pripremljenog pirofilita u pojedinim granama industrije i to:

- industriji keramike
- industriji zaštite bilja
- industriji papira.

Pirofilit kao mineralna sirovinica ima široku primenu u industriji u SAD i SSSR. U našoj zemlji poznato je samo ležište pirofilita „Parsovići” — Konjic, koje se nalazi u završnoj fazi istraživanja, a dosada utvrđene rudne rezerve iznose nekoliko miliona tona.

U našoj zemlji je razvijena keramička industrija, industrija zaštite bilja kao i industrija papira tj. one grane industrije koje mogu da upotrebljavaju pirofilit kao osnovnu ili dodatnu sirovinu. Kako u našoj zemlji nema dovoljno kaolina, koji predstavlja osnovnu sirovinu za ove industrijske grane, to se pirofilit javlja kao veoma interesantna sirovina, koja bi u pojedinim slučajevima u potpunosti mogla da zameni kaolin, a u drugim slučajevima samo delimično (u keramici).

Pitanje proizvodnje tj. dobijanja kvalitetnog proizvoda iz sirovog pirofilita za potrebe keramičke industrije i dobijanja kvalitetnog materijala za punilo za potrebe industrije zaštite bilja i u industriji papira je predmet razmatranja ove studije.

PIROFILIT KAO SIROVINA U INDUSTRIJI

Talk i pirofilit su dve mineralne sirovine slične po izgledu, fizičkim osobinama i strukturi. U prirodi se veoma često sreću relativno čisti minerali, te postoje samo sirovine pod ovim nazivima kao industrijski talk i industrijski pirofilit, čiji je hemijski sastav veoma heterogen. Veće prisustvo nekih minerala menja sastav industrijskog pirofilita do te mere, da ih mogu potpuno izbaciti iz upotrebe u industriji.

Pod pirofilitom u industriji se podrazumeva sirovina koja se, uglavnom, sastoji od minerala pirofilita. U prirodi ne postoji savršeno čist mineral pirofilit. Kao stalni pratioci minerala pirofilita javljaju se: kvarc, sericit, češće i feldspat, gvožđeviti minerali, kaolinit i hloriti, ređe dijaspor, pirit, rutil, talk, disten i karbonati.

C. Treischel razlikuje tri tipa pirofilita koji se koriste u industriji:

- radikalno raspoređeni kristali
- masivni pirofilit i
- listasti pirofilit (ljuspasti).

Mineral pirofilit javlja se kao prirodni alumosilikat i može da se predstavi formulom $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_2$ ili $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Teoretski sastav pirofilita je:

SiO_2	66,65%
Al_2O_3	28,35%
H_2O	5,00%

U pojedinim vrstama pirofilita prisutan je MgO i do 9%, sadržaj FeO do 5%, a ponekad se javlja i Fe_2O_3 , CaO i TiO_2 .

Naziv pirofilit proizilazi iz grčkih reči „piros” — vatra i „filon” — list i povezan je sa osobinom ovoga minerala da se pri zagrevanju cepa na tanke odvojene listiće.

Pirofilit kristališe monoklinično. Kristali se grupišu u zrakaste ili pločaste agregate ili se javljaju u vidu jedrih masa poznatih pod nazivom agamatolit ili pagodit. Cepljivost im je jako izražena, cepaju se slično liskunu, tanki listići su sedefastog sjaja, blagog opipa i savitljivi. Boja im je bela do žuto zelenkasta sa raznim prelazima. Specifična težina iznosi 2,85. Tvrdina je 1 (po skali Mohs-a).

U mešavini sa vodom pirofilit je hidrofoban, veoma slabe elektrosprovodljivosti i toplosprovodljivosti i visoke vatrostalnosti. Dehidratacija se javlja pri temperaturi od 730–800°C, temperatura rušenja kristalne rešetke je 1.150°C. U sumpornoj kiselini se razlaže pri jakom zagrevanju, a sa sonom i azotnom kiselinom ne reaguje. Otpornost na baze je visoka.

Pirofilit i talk u industriji se primenjuju u iste svrhe, iako postoji znatna razlika po hemijskom sastavu. U talku se javlja magnezijum mesto aluminijuma u pirofilitu, što u izvesnoj meri utiče i na fizička svojstva. Ove manje razlike u fizičkim svojstvima skoro nemaju nikakvog praktičnog značaja za korišćenje ovih minerala u industriji. Uopšte, može se smatrati, da se uz talk može primenjivati i pirofilit i obratno. Ova mogućnost proizilazi zbog skoro identičnih svojstava, koja uglavnom zavise od gotovo iste grade kristalne rešetke ovih minerala, uz zamenu aluminijuma magnezijumom.

Glavna primena ovih mineralnih sirovina je u industriji keramike, vatrostalnoj industriji, industriji papira i u građevinskoj dekorativnoj industriji.

Primena u keramičkoj industriji

Postoje podaci o primeni talka u keramici još u starom veku (Kina). Sira primena talka i pirofilita u industriji keramike datira od početka dvadesetog veka. Danas, keramički proizvodi na bazi talka i pirofilita zauzimaju veoma važno mesto u ovoj grani industrije.

Keramičke mase od talka i pirofilita (obično sa dodatkom kaolina i glina) služe kao osnovna masa za izradu zidnih i podnih pločica, za tehničku i sanitarnu keramiku, keramičke cevi itd. Pirofilit se primenjuje i u finoj keramici kao osnovna masa. U SSSR-u je dokazana (A. D. Fedosov i A. K. Uvalkov) mogućnost potpune zamene ukrajinskog kaolina pirofilitom iz ležišta Čistogorovskoe. Prisustvo kvarca u pirofilitu omogućuje njegovu širu primenu uz sirovine koje sadrže veću količinu glina. U SSSR-u je 1939. god. izvršena uspešna proizvodnja pločica od pirofilita, koje su ugrađene u „Dvorac Sovjeta“ u Moskvi. U SAD se oko 30% talka i pirofilita troši u keramičkoj industriji. Elektroizolacioni proizvodi se prave od pirofilita sa dodatkom organskog veziva ili oko 4% gline.

Industrija keramike i elektroporculana primenjuje kao osnovnu i dodatnu sirovину slične mineralne materije, ali se o posebnim uslovima odnosno zahtevima ne može govoriti, pošto skoro svaka fabrika primenjuje odgovarajuću tehnologiju prema raspoloživim sirovinama.

Pirofilit, prema dosadašnjim rezultatima ispitivanja i primene u industriji keramike, može da se primenjuje kao osnovna sirovina ili pak dodatna sirovina za proizvodnju građevinske keramike, sanitарне keramike kao i za pojedine proizvode u elektroporculanu.

Primena u industriji zaštite bilja

U ovoj industrijskoj grani kao punila primenjuju se sledeće mineralne materije: kaolin, kreda, krečnjak, infuzorijska zemlja, talk i pirofilit.

Prema podacima hemijske industrije „Zorka“ — Šabac izbor i osobine sirovina (razređivač i punila) za proizvodnju pesticida zavisi od osobina koje se traže od gotovog preparata kao:

- da li će se preparat tretirati iz zaprašivača sa zemlje ili avio-metodom,
- da li će se punilac-razređivač upotrebiti u proizvodnji neorganskih ili organskih aktivnih materija,
- da li tragovi teških metala u sirovini katalitički razlažu aktivnu materiju,
- da li je organska aktivna materija u tečnom ili čvrstom stanju, amorfognog, kristalnog ili voskastog tipa itd.

Proizvodači pesticida vrše kombinacijom različitih punilaca-razređivača otklanjanje eventualno loših osobina, pa prema nameni formiraju fizičku preparata. U proizvodnji pesticida najradije se upotrebljavaju prirodni minerali tipa Mg-Al-silikata, izvesni tipovi karbonata, infuzorije i slično.

U poslednje vreme sve je veća upotreba sintetičkih punila. U principu se može svaka nemetalna mineralna sirovina, već navedenog tipa, upotrebiti u proizvodnji pesticida, uz određenu fizičku pripremu ili eventualno čišćenje ili pak koncentraciju te mineralne sirovine.

U tablici 1 daje se uporedni pregled uslova koje treba da ispuni sirovina, koja bi bila idealan punilac-razređivač. Prema ovim podacima pirofilit, uglavnom, ispunjava sve uslove iz grupe za zaprašivače, a za drugu grupu ne dolazi u obzir.

Od punila za primenu u industriji zaštite bilja zahteva se, uglavnom, sledeće:

- da se punilo sastoji od inertne materije,
- da je reakcija sredine neutralna,
- da je granulometrijski sastav povoljan (100% — 100 mikrona) i da je udeo čestica od — 30 + 10 mikrona, oko 60—70%.

Tablica 1

Fizičke osobine punioca-razređivača

O p i s	G r u p a	
	koncentrat	
	za zaprašivanje	za suspenziju
Vлага, 105°C	0,5	0,2
pH vrednost	6,5—7,5	6,0—7,0
Specifična težina	2,5—3,5	1,4—1,8
Zaprem. težina, slobodna	0,4—0,5	0,2—0,35
Zaprem. težina sa potrešima	0,7—0,8	0,3—0,4
Ostatak na situ DIN 70	—	—
Ostatak na situ DIN 100	max 1%	—
Ostatak na situ DIN 130	max 5%	max 2%
Ostatak na situ DIN 150	max 8%	max 3,5%
Prosečna veličina čestica u mikronima	15—30	5—8
Oblik čestica	fibrozan-pločast	neodređen
Prijemčivost: turbometrijski	min 90%	min 98%
Sipkavost: F broj	max 8%	max 10%
Higroskopnost: početna	max 0,5"	max 0,5%
Higroskopnost: vremenska	max 2%	max 1,2%
Abrazivnost	nema	nema
Moć kvašenja	30—35"	max 15"
Sorpciona moć	min 0,3%	min 1,5%
Suzpenzibilitet*) 15°	min 85%	min 98%
Suzpenzibilitet*) 30°	min 70%	min 95%
Suzpenzibilitet*) 60°	min 50%	min 85%

Primena u industriji papira

Skoro svaka vrsta papira ima znatan udeo punila, koja se dodaju papiru radi postizanja boljih kvaliteta. Osnovna funkcija punila je da ispunjava prostore između celuloznih vlakana, da bi list papira dobio manju prozračnost, bolju čvrstinu, veću specifičnu težinu, bolji sjaj i veću gлатkost.

Prema podacima iz literature sadržaj punila za neke vrste papira daje se u tablici 2.

Ako se uzme u obzir činjenica da je iskorišćenje punila u industriji papira oko 60%, a sadržaj punila u proseku oko 12%, onda se dobija utrošak punila od oko 20% u odnosu na proizvedenu količinu papira.

Kvalitet papira se ocenjuje na osnovu sledećih osobina, koje u znatnoj meri zavise od primjenjenog punila:

B e l i n a. — Jedna od najvažnijih osobina papira je stepen beline punioca, koji se određuje ste-

Tablica 2

Redni broj	Vrsće papira	Sadržaj punila %
1.	Papir za štampanje knjiga	2—6
2.	Bezdrvni papir za štampu	12—15
3.	Papir za štampanje ilustracija	10—25
4.	Bezdrvni konfekcijski papir	8—12
5.	Bezdrvni pisaći papir	8—13
6.	Crtaci papir	9—10
7.	Naturkunsdruk	do 30

penom remisije, a ova se daje 100% u odnosu na MgO.

Belina pirofilita zavisi od sadržaja štetnih primesa, uglavnom gvožđa, i to ne od ukupnog sadržaja već od oblika u kojem se javlja, kao i minerala koji ga sadrži. Tako je ustanovljeno, da je u većini slučajeva manje štetan oksid gvožđa koji je izomorfno pomešan u rešetki pirofilita, nego oksid gvožđa koji se nalazi u pratećim mineralima.

Najveću primenu kao punilo u industriji papira imaju kaolin, talk, gips, pirofilit, barit, krečnjak, bela glina, zatim veštački punioci kao oksid titana i sl. Kreda, iako ima najveći stepen beline, nije pogodna za punilo zbog stvaranja pene pri mešanju u vodenoj sredini.

U tablici 3 dat je pregled stepena beline najvažnijih punilaca i beline papira postignute odgovarajućim puniocem.

Tablica 3

Punilac	Boja punioca (% bele boje)	Belina papira (% bele boje sa svetl. filtrom)
Talk	80,00	54,00
Kaolin	84,90	62,00
Kreda	95,10	66,00
Gips	99,00	70,00

Moć pokrivanja punila zavisi od indeksa loma. Moć pokrivanja biće veća ukoliko je veća razlika ovih indeksa između punila i medijuma. Iz tablice 4 se vidi razlika indeksa loma za pojedine mineralne sirovine u odnosu na vazduh i laneno ulje.

O p a c i t e t. — Ovaj naziv označava neprozirnost papira i suprotan je pojmu transparentnost papira. Papir koji se proizvodi od fino mlevenih

*) Suzpenzibilitet po Fischer-u.

drvenih vlakana je transparentniji od papira, koji se proizvodi od grubljih celuloznih vlakana. Punilac omogućuje neprozirnost papira i štampanje sa obe strane.

Tablica 4

Redni broj	Mineralna sirovina	Indeks loma	
		vazduh	ulje
1.	Gips	1,52	1,02
2.	Kvarc	1,55	1,05
3.	Talk	1,57	—
4.	Kreda	1,58	1,07
5.	Barit	1,61	1,11
6.	MgO	1,74	1,17
7.	Laneno ulje	1,48	
8.	Voda	1,33	
9.	Emajl, glazure, staklo	1,50	
10.	Gline i kaolini	1,55	

Glatkocá papira. — Ova osobina papira uglavnom zavisi od punila, pošto punilo popunjava praznine između celuloznih vlakana.

Vlagá papira. — Papir uvek sadrži izvestan procenat vlage, koja daje važne mehaničke osobine papiru. Celulozna vlakna su u većoj meri hidroskopna, pa punilo ima zadatak da smanjuje hidroskopnost papira i da se ravnomerno raspoređuje po celoj njegovoј površini.

Punjene papira. — Papir punjen neorganiskim punilima je veoma pogodan za štampanje. Punila imaju uticaj na gipkost i mekoću kao tutkalisanje papira. Jedna od veoma važnih osobina papira je da pri štampanju ne „praši“, a to, uglavnom, zavisi od vrste i kvaliteta punioca. Utvrđeno je da povećani sadržaj minerala kvarca u puniocu štetno deluje na osobine papira i pri štampanju „praši“.

Mehaničke osobine papira se pogoršavaju povećanjem sadržaja punioca u papiru.

Kao punila u industriji papira najčešće se primenjuju sledeće mineralne sirovine:

— karbonati:

kreda, CaCO_3
viterit, BaCO_3

— silikati:

kaolin i alumosilikati
talk i Mg-silikati
azbestin, agalit, (Mg, Al, Ca) silikati

— sulfati:

analin, CuSO_4
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
briljant belo — veštački proizveden gips
barit
Blank fixe permanent weiss — veštački proizveden barit

— oksidi:

cink oksid — ZnO
titanovo belilo — TiO_2

— sulfidi:

Lithopone x, $\text{ZnS} + y, \text{BaSO}_4$
(x = 28—30)
(y = 100—x)

Prema ovim podacima može se zaključiti da se primenjuju veoma različiti materijali kako po hemijskom tako i mineraloškom sastavu, što znači da se od punila za industriju papira zahteva da ispunjavaju određene norme tj. da imaju izvesne osobine, koje smo u našem izlaganju već naveli.

Kvalitet punila. — Utvrđuje se ispitivanjem punila i upoređivanjem sa odgovarajućim standardima. Najbolji način je da se izvrši laboratorijsko ispitivanje primene punila za odgovarajuću vrstu papira. Ispitivanja, koja bi se mogla izvršiti na mineralnoj sirovini da bi se utvrdila mogućnost primene kao punila za papir, bila bi, uglavnom, sledeća:

- kompletna kvalitativna hemijska analiza
- specifična težina
- zapreminska težina
- sadržaj vlage
- pH vrednost.

Sva ova ispitivanja mineralnih sirovina su potrebna, ali nisu od takvog značaja da bi iste osobine trebalo normirati. Osobine koje su bitne i koje treba normirati su:

- stepen beline punila
- sadržaj Fe rastvornog u HCl
- granulometrijski sastav.

Primena u industriji vatrostalnog materijala

U SSSR-i SAD se već duže vremena pirofilit primenjuje kao vatrostalni materijal. U prvo vreme upotrebljavani su blokovi stene pirofilita za oblaganje podova pojedinih industrijskih peći, a u poslednje vreme stene pirofilita se koriste s jedne strane, kao sirovina za proizvodnju visokovatrostalnog periklas-forsteritnog materijala i s druge strane, kao gotovih proizvoda. U SAD se proizvodi vatrostalni cement pod nazivom „piroplastik“ u čijem sastavu znatnim delom učestvuje pirofilit.

Primena u industriji boja i lakova

Kao punilo u industriji boja najviše se primenjuju barit, talk, kaolin, kreda, infuzorijska zemlja i slične mineralne sirovine. Mleveni talk se u širokim granicama koristi u proizvodnji boja u dve svrhe: s jedne strane kao punilac, a s druge kao nosilac bele boje. Veliki stepen masnog opipa smeta siroj primeni talka u proizvodnji masnih boja.

Od punila za primenu u industriji boja i lakova zahteva se sledeće:

- da se sastoji od inertnih materija
- da je reakcija sredine neutralna
- ostatak na situ 100 DIN (otvor sita 60 mikrona) da bude max 0,1%
- da je po prirodi bele boje.

U poslednje vreme postavljaju se posebni uslovi u pogledu granulometrijskog sastava tj. traži se znatno veće učešće sitnih čestica ispod 10 mikrona sa određenim učešćem čestica prosečne veličine od 1, 2, 3, 5 i 7 mikrona.

Na osnovu kraćeg pregleda mogućnosti primene pirofilita u pojedinim granama industrije može se zaključiti da ova mineralna sirovina ima široku mogućnost za primenu u navedenim granama industrije, a posebno se može очekivati mogućnost primene u širokim granicama u industriji zaštite bilja, keramičkoj industriji i industriji papira.

OSNOVNI PODACI O SIROVOM PIROFILITU

Laboratorijska ispitivanja utvrđivanja vrste i kvaliteta sirovog pirofilita vršena su na tri uzorka sa oznakama:

- „Beli pirofilit”
- „Ljubičasti pirofilit”
- „Kompozit iz ležišta”.

Mineraloška ispitivanja

Na izabranim karakterističnim uzorcima pirofilita sa oznakama:

- Uzorak 1 — ljubičasti pirofilit
 - Uzorak 2 — bela žica u steni pirofilita
 - Uzorak 3 — beli pirofilit
- izvršena su mineraloška ispitivanja i to:
- mikroskopska ispitivanja
 - diferencijalno-termička analiza
 - dehidrataciona analiza
 - rendgenska analiza.

Mikroskopska ispitivanja

(Uzorak 1 (ljubičasti pirofilit))

Stena je škriljave teksture, sive boje, masnog opipa, meka i ljuspasta. U njoj se mestimično nalaze izbeljene parlike u vidu manjih sočiva ili tankih žilica. Struktura je lepidoblastična. Mikroskopski sastav: kvarc, kalcit, pirofilit i oksidi gvožđa.

Pirofilit nije sa sigurnošću mogao biti određen iz petrografskega preparata, pošto se javlja u vrlo sitnim izduženim agregatima i ljuspama, čije dimenzije variraju između 10 i 30 mikrona i podsećaju na

talk. Pirofilit je intimno izmešan sa kvarcom i kalcitem. Kvarc je granuliran i većih je dimenzija od pirofilita, dok je kalcit najkrupniji, mada ne prelazi dimenzije veće od 100 mikrona. Sadržaj pirofilita se kreće u granicama od 30—40%. Tačan odnos pirofilita prema ostalim mineralima u petrografskom preparatu se ne može dati, jer su se odnosi, usled male tvrdine, poremetili prilikom pravljenja preparata.

Minerali gvožđa (magnetit, limonit i hematit) su, takođe, malih dimenzija — ispod 30 mikrona i većinom se javljaju u vidu zrna po mineralima pirofilita.

Organska materija je bila indicirana sa termičkom analizom.

(Uzorak 2 (bela žica))

Od ovoga uzorka napravljena su dva petrografska preparata. Sivi pirofilitski škriljac je po svojim karakteristikama analog uzorku ljubičastog pirofilita.

Bela žica, debljine 5 cm, takođe odgovara pirofilitskom škriljcu. Škriljave je teksture, bele boje, sedefastog sjaja. Struktura u mikroskopu je lepidoblastična, mestimično sa okcima kalcita. Pirofilit se nalazi u asocijaciji sa kalcitom i kvarcom i čini do oko 60% površine preparata. Nalazi se u sitno ljuspastim, rede radikalno vlaknastim agregatima. Dimenzije zrna većinom variraju od 30 do 80 mikrona i ona su nešto krupnija nego u uzorku 1. Dimenzije zrna kalcita variraju od 100 do 500 mikrona; retka su zrna preko 1 mm. Kvarc je ujednačenog zrna i sitniji od kalcita. Sva tri minerala su intimno smešana, uzajamno se prožimaju i veličine njihovih čestica se kreću i ispod 10 mikrona.

(Uzorak 3 (beli pirofilit))

Uzorak je bele boje, kompaktan, masnog opipa. Pod mikroskopom se zapažaju žilice kvarca i kalcita. U petrografskom preparatu se zapaža da je odnos kvarca i kalcita prema profilitu 1:1. U pojedinim delovima preparata odnos se menja u korist kalcita ili kvarca.

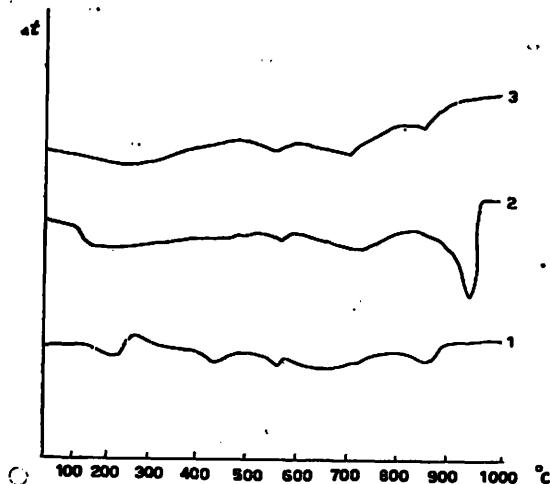
Osim što je intimno izmešan sa kvarcom i kalcitem, pirofilit se javlja i po pukotinama kalcita, mada se stiče opšti utisak, da je kalcit kasniji, a kvarc i pirofilit istovremeni po genizi.

Pirofilit se javlja u sitno-listastim agregatima veličine 10 do 30 mikrona. U kalcitu agregati pirofilita dostižu veličinu i do 100 mikrona. Pirofilit je bezbojan, indeksi su mu veći od kvarca, visoke birefrakcije, uzdužno se pomraćuje. Javljuju se i preseci koji pokazuju nisku birefrakciju. Kalcit, osim što se javlja u nepravilnim zrnima, formira i monokristale veličine do 1 mm. Kvarc gradi i sočivasta nagomilanja-okca. Po preparatu se zapažaju i retka zrna magnetita. Struktura je lepidoblastična sa pre-

lazom u porfiroblastičnu. Zarenjem preko 800°C nisu zapaženi fenomeni bubrenja, kako na probi sa kalcitom tako i na probi iz koje je izdvojen kalcit, treiranjem razblaženom HCl kiselinom. Ovi fenomeni bubrenja nisu zapaženi ni kod uzoraka 1 i 2.

Diferencijalno-termička analiza

Rezultati ovih ispitivanja su prikazani na sl. 1 koja predstavlja dijagram DTA za sva tri ispitivana uzorka.



Sl. 1 — Grafički prikaz diferencijalno-termičke analize uzoraka sirovog pirofilita

- 1 — kriva DTA za ljubičasti pirofilit
- 2 — kriva DTA za žicu bele boje
- 3 — kriva DTA za beli pirofilit.

Kriva 1 predstavlja uzorak ljubičastog pirofilita. Kriva pokazuje endotermni efekat kvarca na 750°C , pirofilita na 620 – 730°C i kalcijum karbonata na 820°C . Prisustvo organske materije je označeno efektom na 300°C . Postojanje endoternjnog efekta na temperaturi oko 400°C bi ukazivalo na moguće prisustvo brucita.

Kriva 2 odgovara žici bele boje iz uzorka ljubičastog pirofilita. Kriva pokazuje endotermni efekat kvarca na 573°C , pirofilita na 650 – 750°C i jako izraženi efekat kalcijum karbonata na 920 – 970°C . Efekti kvarca i pirofilita su nešto jasniji u odnosu na efekte na krivama 1 i 3.

Kriva 3 predstavlja uzorak belog pirofilita. Kriva pokazuje endotermni efekat na 570°C , koji odgovara preobražaju u kvarc, zatim na 630 – 770°C , koji najverovatnije pripada pirofilitu (endoternjni efekat otpuštanja vode) i na 850°C — mali endotermni efekat kalcijum karbonata.

Dehidraciona analiza

Termička dehidraciona gravimetrijska analiza izvršena je na uzorku belog i ljubičastog pirofilita. Analize su vršene u intervalu zagrevanja od po

100°C ; na svakoj od ovih temperatura zagrevanje je trajalo po jedan čas.

Rezultate ovih ispitivanja prikazujemo na tabl. 5.

Tablica 5

Temperatura zagrevanja $^{\circ}\text{C}$	Gubitak žarenjem			
	„beli” $T\%$	$\Sigma T\%$	„ljubičasti” $T\%$	$\Sigma T\%$
20—100	0,38	0,38	0,39	0,39
100—200	0,10	0,48	0,11	0,50
200—300	0,14	0,62	0,17	0,67
300—400	0,03	0,65	0,01	0,63
400—500	0,15	0,80	0,06	0,74
500—600	0,91	1,71	1,23	1,97
600—700	2,31	4,02	2,15	4,12
700—800	4,56	8,58	4,38	8,50
800—900	0,56	9,14	0,27	8,77
900—1000	—	9,14	—	8,77
Gubitak vlage H_2O	0,62		0,67	
Gubitak kristalne vode iz pirofilita	3,00		2,26	
Gubitak CO_2	5,52		5,84	

Rezultati dehidracione gravimetrijske analize ukazuju da se radi o veoma sličnim karakteristikama oba uzorka pirofilita. Najveći procentualni gubitak u težini je u intervalu od 500 – 800°C i iznosi $7,78\%$ za beli pirofilit i $7,76\%$ za ljubičasti pirofilit. Ovo ukazuje da oba uzorka sadrže skoro podjednako mineralne iste vrste, koji gube vodu i CO_2 pri istim temperaturama.

Rendgenska analiza

Uzorak 1 (ljubičasti pirofilit)

Rendgenska analiza je otkrila prisustvo veće količine kvarca. Pirofilit nije mogao biti dokazan sa sigurnošću. Možda je i ovde slučaj mešavine manje količine pirofilita (oko 30%), kvarca i kalcita.

Dijagram praha pirofilitskog škriljca snimljen je u komori 60 mm sa Cu (filtriranim) zračenjem.

Uzorak 2 (bela žica)

Rendgenska analiza bele žice otkrila je jasne refleksije pirofilita. Sadržaj pirofilita se kreće između sadržaja istog u uzorcima 1 i 2.

Uzorak 3 (beli pirofilit)

Rendgenska analiza je izvršena na jednoj relativno najčistoj ljuspici ovoga uzorka. Sve refleksije na dijagramu praha ovoga uzorka odgovaraju pirofilitu, mada je utvrđeno i prisustvo kvarca. Mogući sadržaj pirofilita je oko 70% .

Izvršena mineraloška ispitivanja sva tri uzorka sirovog pirofilita pokazuju da:

- sva tri ispitivana uzorka odgovaraju škriljima sa manjom ili većom količinom pirofilita,
- mada pirofilit nije mogao biti detaljnije optički ispitivan, DTA i rendgenska analiza ukazuju da se radi o mineralu pirofilitu,
- žarenjem uzoraka nisu dobiveni očekivani rezultati zbog asocijacije drugih minerala, koji nisu bili izdvojeni.

Fizičko hemijska ispitivanja

Odredivanje zapreminske težine—

Merenje zapreminske težine vršeno je na sva tri uzorka pirofilita i to pod sledećim uslovima:

- merenje zapreminske težine na uzorcima sirovog pirofilita (krupnoća otkopanih uzoraka),
- merenje zapreminske težine na uzorcima sirovog pirofilita osušenih do 0,5% vlage i samlevenih do 100% — 60 mikrona.

Merenja zapreminske težine su vršena u rastresitom (slobodno nasuto) i sabijenom stanju (sabijanje sa potresima u trajanju od 10 minuta).

Rezultate ovih merenja dajemo u tablici 6.

Tablica 6

Opis	Pirofilit	Zaprem. težina, t/m ³	
		slobodno	sabijeno
Sirovi uzorak	„beli”	1,62	—
	„ljubičasti”	1,74	—
	„kompozit”	1,65	—
Usitnjen do 100% — 60 mikrona	„beli”	0,67	1,17
	„ljubičasti”	0,60	1,09
	„kompozit”	0,67	1,15

Može se konstatovati da su dobivene vrednosti za zapreminsku težinu za sva tri uzorka pirofilita veoma bliske, što ukazuje da se radi o sličnim mineralnim materijalima.

Odredivanje specifične težine— Merenje specifične težine vršeno je na sva tri uzorka pirofilita metodom piknometra. Ksilol je služio kao tečnost pri merenju specifične težine pirofilita.

Specifična težina za pojedine uzorce iznosi:

beli pirofilit	2,78
ljubičasti pirofilit	2,79
Kompozit	2,78

Ovi podaci o specifičnoj težini ukazuju da se radi o uzorcima pirofilita veoma sličnog hemijskog i mineraloškog sastava.

Odredivanje pH vrednosti— Merenja pH vrednosti vršena su na sva tri uzorka pirofilita pri odnosu C:T = 1:3 u različitim vremenskim intervalima (tablica 7).

Tablica 7

Uzorak pirofilita	Izmjerena vrednost pH				
	odmah	10'	60'	8 h	24 h
Beli	7,90	8,05	8,10	8,10	8,25
Ljubičasti	8,10	8,10	8,15	8,15	8,20
Kompozit	8,00	8,05	8,10	8,10	8,15

Pulpa pirofilita sa destilovanom vodom daje slabo bazičnu reakciju i posle dužeg stajanja vrednost pH kod sva tri uzorka uglavnom ostaje ista. Ovi rezultati ukazuju da su sva tri uzorka pirofilita veoma bliskog hemijskog i mineraloškog sastava.

Kompletna hemijska analiza— Na uzorcima sirovog pirofilita izvršena je kompletna hemijska analiza, koja se daje u uporednoj tablici 8 za sva tri uzorka.

Tablica 8

Hemijski sastav %	Uzorak pirofilita		
	beli	ljubičasti	kompozit
SiO ₂	65,26	63,28	64,10
Al ₂ O ₃	18,12	17,86	18,17
FeO	0,40	0,30	0,46
Fe ₂ O ₃	0,06	0,81	0,63
MnO	0,03	0,03	0,01
TiO ₂	0,08	0,15	0,18
P ₂ O ₅	0,08	—	0,08
Cu	—	—	—
Ni	—	—	—
CaO	5,66	6,15	6,22
MgO	0,68	1,14	0,82
K ₂ O	0,22	0,40	0,40
Na ₂ O	0,62	0,72	0,70
H ₂ O (kristalna)	3,81	3,44	4,11
CO ₂	5,52	5,84	4,75
S	—	—	—
SO ₃	0,15	0,08	0,20

Prema rezultatima kompletne hemijske analize može se konstatovati da su sva tri uzorka pirofilita veoma sličnog hemijskog sastava. Jedino uzorak belog pirofilita sadrži znatno manje Fe₂O₃ od druga dva uzorka. Kako ispitivani uzorci sadrže znatnu količinu CaO, MgO, i CO₂, to se može zaključiti da je udeo karbonata znatan.

Radi poređenja daje se prikaz hemijskog sastava pirofilita iz nekih ležišta SSSR sa ispitivanim uzorcima belog i ljubičastog pirofilita (tablica 9).

Tablica 9

Sastav %	Pirofilit			
	Ležišta u SSSR	Ležište „Parsovići“	beli	ljubičasti
Cistogo-rovskoe	Surun-skoe			
SiO ₂	74,74	64,29	65,26	63,28
Al ₂ O ₃	21,44	25,81	18,12	17,86
Fe ₂ O ₃	0,07	4,00	0,06	0,81
FeO	—	—	0,40	0,30
CaO	0,22	trag	5,66	6,15
MgO	trag	—	0,68	1,14
H ₂ O	—	0,44	—	—
H ₂ O +	—	4,55	3,81	3,44

Prema ovim podacima može se konstatovati da su uzorci našeg belog i ljubičastog pirofilita nešto lošijeg kvaliteta i to naročito u pogledu sadržaja CaO i MgO.

Racionalna analiza. — Na osnovu mineraloških ispitivanja, kao i prema rezultatima kompletne hemijske analize, daje se racionalna analiza za sva tri ispitivana uzorka pirofilita na tablici 10.

Tablica 10

Mineraloški sastav, %	Uzorci pirofilita		
	beli	ljubičasti	kompozit
Pirofilit	59,50	57,40	58,70
Kvarc	21,11	19,25	19,39
CaCO ₃	10,11	10,90	11,20
MgCO ₃	1,42	2,39	1,71
Fe ₂ O ₃ (ukupno)	0,50	1,14	1,14
K — feldspat	1,30	2,37	2,37
Na — feldspat	5,25	6,10	5,93
Ostalo	0,82	0,45	—
Ukupno	100,00	100,00	100,44

Na osnovu rezultata racionalne analize utvrđen je sadržaj pirofilita u ispitivanim uzorcima, a prema teoretskim podacima za čist mineral pirofilita.

Hemijska formula pirofilita je $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_2$ ili $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Teoretski sastav pirofilita je:

SiO ₂	66,85%
Al ₂ O ₃	28,35%
H ₂ O	5,00%

Sadržaj pirofilita u ispitivanim uzorcima se kreće od 57—60%.

Sadržaj kvarca je relativno visok i kreće se od 19—21%.

Sadržaj karbonata je znatan i iznosi od 11—13%. Sadržaj minerala nosioca gvožđa nije jednoznačno utvrđen, ali se može smatrati da se kreće od 1—1,5%.

Sadržaj kalijumovog i natrijumovog feldspata je znatan i iznosi 6—8%; postoji mogućnost da se kalijum i natrijum ne javljaju u vidu feldspata nego da su vezani za hidroksilne.

Određivanje beline. — Određivanje stepena beline vršeno je na aparatu „Unigalvo“, a kao etalon uzet je čist BaSO₄ sa stepenom beline 100%.

Stepen beline ispitivanih uzoraka iznosi:

beli pirofilit	94%
ljubičasti pirofilit	75%
kompozit	76%

Prema ovim podacima može se konstatovati da uzorak belog pirofilita ima veoma visok stepen beline i da se prema ovoj svojoj osobini može svrstati u materijale koji se primenjuju kao punila u industriji papira (za najbolje vrste). Belina uzoraka ljubičastog pirofilita i kompozita nije zadovoljavajuća i nalazi se ispod poželjne vrednosti od oko 85%.

Osvrt na izvršena ispitivanja

Izvršena laboratorijska ispitivanja imala su cilj da utvrde vrstu i kvalitet mineralne sirovine pa se prema dobijenim rezultatima može zaključiti:

— da se ne radi o tri uzorka pirofilita, pošto je uzorak sa oznakom „kompozit“ veoma sličan i skoro identičan uzorku „ljubičastog pirofilita“, već se u daljem tretiranju ove sirovine treba zadržati samo na dva uzorka pirofilita sa oznakom „beli“ i „ljubičasti“ pirofilit. Sve što je konstatovano za uzorak ljubičastog pirofilita važi i za uzorak „kompozita“, samo što se mogu očekivati nešto povoljniji rezultati, pošto je uzorak kompozita u malim nijansama povoljnijeg hemijskog i mineraloškog sastava, a u vezi s tim mogu se očekivati i nešto povoljnije tehnološke osobine.

— Mineraloška ispitivanja su ukazala da se radi o sirovini koja sadrži 50—60% pirofilita i da ista sirovina sadrži znatan utočišni kvarca i karbonata od 30—40%.

— Prema rezultatima fizičko-hemijskih ispitivanja može se zaključiti, da se uzorci belog i ljubičastog pirofilita znatno razlikuju u pogledu svojih osobina, iako u pogledu hemijskog i mineraloškog sastava nema nekih većih razlika. Uzorak belog pirofilita ima znatnu prednost što je izrazito bele boje, a to je u pojedinim slučajevima od bitnog uticaja za primenu u pojedinim granama industrije.

— Prema rezultatima mineraloških ispitivanja, hemijskog sastava, i racionalne analize, a imajući u vidu zahteve industrije za slične sirovine, može se konstatovati da su štetne odnosno nepoželjne kom-

Tablica 11

ponente (primese) u ovoj sirovini uglavnom, kvarc i karbonati.

— Veličina i odnos čestica minerala pirofilita, kvarca i karbonata je takva da se može očekivati mogućnost oslobođanja ovih minerala kao i mogućnost koncentracije u posebne proizvode različitog hemijskog i mineraloškog sastava.

— Na osnovu dobijenih rezultata o kvalitetu ispitivanih uzoraka pirofilita može se očekivati mogućnost primene sirovog pirofilita u pojedinim granama industrije.

Laboratorijska ispitivanja izvršena na uzorcima sirovog pirofilita su ukazala na karakteristične osobine i kvalitet ove sirovine, a isto tako dala osnove za dalja ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita odnosno čišćenja od štetnih tj. nepoželjnih komponenenti kvarca i karbonata.

LABORATORIJSKO ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI PRIPREME TJ. KONCENTRACIJE PIROFILITA I ČIŠĆENJA OD ŠTETNIH PRIMESA

Rezultati izvršenih laboratorijskih ispitivanja na sirovom pirofilitu su ukazali da se može izvršiti koncentracija pirofilita i čišćenje od štetnih primesa kvarca i karbonata. Radi toga izvršena su detaljna laboratorijska ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita raznim postupcima kao npr. gravitacionom koncentracijom, elektrostatičkom separacijom, postupkom flotacije, agitiranjem u vodenoj sredini i klasiranjem u hidrociklonu itd. Rezultati navedenih ispitivanja su potvrdili očekivanja da se može izvršiti koncentracija pirofilita i čišćenje od štetnih primesa kvarca i karbonata. Najpovoljnije rezultate dala su laboratorijska ispitivanja mogućnosti koncentracije i čišćenja postupkom usitnjavanja, agitiranja u vodenoj sredini i klasiranja u hidrociklonu.

Ispitivanja mogućnosti koncentracije i čišćenja pirofilita od štetnih primesa kvarca i karbonata vršena su na uzorcima belog i ljubičastog pirofilita.

Usitnjavanje pirofilita

Usitnjavanje uzoraka sirovog pirofilita vršeno je u udarnoj drobilici IZ-0 proizvod „STT“ — Trbovlje do ggk od 5mm.

Analiza granulometrijskog sastava posle usitnjavanja u udarnoj drobilici do ggk od 5 mm data je na tablici 11.

Stepen usitnjavanja pirofilita, koji se postiže u udarnoj drobilici, je veoma visok i raspodela klase po krupnoći je veoma povoljna tj. ne stvara se previše sitneži, što se vidi iz analize granulometrijskog sastava.

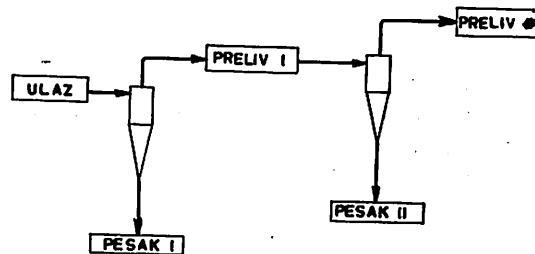
Otvor sita mm	Uzorak pirofilita			
	beli T%	Σ T%	ljubičasti T%	Σ T%
— 5,0 + 3,0	13,75	13,75	15,50	15,50
— 3,0 + 2,0	13,25	27,00	14,50	30,00
— 2,0 + 1,0	17,70	44,70	18,70	48,70
— 1,0 + 0,8	7,60	52,30	7,90	56,60
— 0,8 + 0,4	14,95	67,25	14,80	71,40
— 0,4 + 0,2	14,30	81,55	12,90	84,30
— 0,2 + 0,1	7,60	89,15	6,20	90,50
— 0,1 + 0,06	2,00	91,15	0,65	91,15
— 0,06+ 0,00	8,85	100,00	8,85	100,00
Ukupno	100,00	—	100,00	—

Klasiranje pirofilita u hidrociklonu

Usitnjeni pirofilit do ggk od 5 mm je potapan u vodu u odnosu Č:T = 1:1. Posle stajanja u vodi 24 sata vršeno je mokro prosejavanje pirofilita na situ otvora 1 mm. Krupna klasa —5 + 1 mm nije dalje tretirana, a sitnu klasu —1 + 0 mm je dalje klasirana u hidrociklonu na tri klase krupnoće.

Sema klasiranja pirofilita sa hidrociklonom data je na sl. 2. Oznake proizvoda klasiranja u hidrociklonu:

ulazni materijal krupnoće	— 1 + 0 mm
pesak I krupnoće	— 1 + 0,1 mm
pesak II krupnoće	— 0,1 + 0,06 mm
preliv I krupnoće	— 0,1 + 0 mm
preliv II krupnoće	— 60 mikrona



Sl. 2 — Sema klasiranja pirofilita hidrociklonom.

Prema rezultatima prikazanim u bilansu klasiranja belog i ljubičastog pirofilita može se zaključiti da su dobijeni proizvodi veoma različiti po hemijskom sastavu i da sitna klasa pirofilita —60 mikrona predstavlja koncentrat pirofilita.

Krupnije klase pirofilita —5 + 1 i —1 + 0,1 mm su skoro identičnog hemijskog sastava i mogu se tretirati kao jedan isti proizvod.

Tablica 12

Bilans klasiranja belog pirofilita u hidrociklonu

Klasa krupnoće u mm	T%	Sadržaj %			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
-5,0 + 1,0	27,60	64,50	14,25	10,00	0,77
-1,0 + 0,1	37,60	69,84	13,43	7,92	0,86
-0,1 + 0,06	8,40	69,72	23,09	2,94	0,27
-0,06+ 0	26,40	62,62	27,83	1,04	0,89
Ulez*)	100,00	66,46	18,29	6,26	0,79

Tablica 13

Bilans klasiranja ljubičastog pirofilita u hidrociklonu

Klasa krupnoće u mm	T%	Sadržaj %			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
-5,0 + 1,0	37,40	66,94	15,81	8,20	0,83
-1,0 + 0,1	38,30	70,14	16,32	5,58	1,14
-0,1 + 0,06	4,70	65,64	27,39	1,88	1,72
-0,06+ 0	19,60	58,38	31,95	0,90	0,86
Ulez*)	100,00	66,33	19,72	5,47	0,99

Tablica 14

Klasa krupnoće u mikronima	T%	Koncentrat pirofilita			
		beli		ljubičasti	
		T% ↓	T% ↑	T% ↓	T% ↑
+ 60	—	—	—	—	—
-60 + 50	0,80	0,80	100,00	0,10	0,10
-50 + 40	0,70	1,50	99,20	0,10	0,20
-40 + 30	1,30	2,80	98,50	0,10	0,30
-30 + 20	1,90	4,70	97,20	0,80	1,10
-20 + 10	5,00	9,70	95,30	21,80	22,90
-10 + 5	46,60	56,30	90,30	35,80	58,70
-5 + 0	43,70	100,0	43,70	41,30	100,0
Ukupno	100,00	—	—	100,00	—

Radi utvrđivanja kvaliteta dobijenog koncentrata pirofilita tj. sitne klase -60 mikrona izvršena je kompletna hemijska analiza i analiza granulometrijskog sastava metodom sedimentacije.

*) Proračunata vrednost

Granulometrijski sastav koncentrata pirofilita, koji se dobija mokrim postupkom odvajanja sitne klase -60 mikrona u hidrociklonu određivan je metodom sedimentacije po Andreassen-u i prikazan na tablici 14.

Iz pregleda datog na tab. 14 se vidi veoma povećan granulometrijski sastav koncentrata belog i ljubičastog pirofilita. Može se konstatovati, da je veliko učešće sitne klase krupnoće ispod 5 mikrona 43,70% za beli i 41,30% za ljubičasti pirofilit.

Kompletna hemijska analiza koncentrata pirofilita, koji se dobija mokrim postupkom, odvajanjem u hidrociklonu sitne klase -60 mikrona, daje se u tablici 15.

Tablica 15

Hemijski sastav, %	Koncentrat pirofilita	
	beli	ljubičasti
SiO ₂	62,62	58,38
Al ₂ O ₃	27,83	31,95
Fe ₂ O ₃	0,89	0,86
TiO ₂	0,21	0,15
MnO	0,01	0,01
CaO	1,04	0,90
MgO	0,43	0,40
K ₂ O	0,40	0,65
Na ₂ O	1,42	1,62
CO ₂	0,78	0,67
H ₂ O+	5,40	5,65

Prema rezultatima kompletne hemijske analize može se konstatovati da dolazi do znatnog povećanja sadržaja Al₂O₃ u jednom i drugom koncentratu pirofilita, a da se istovremeno vrši i znatno smanjenje sadržaja CaO kao i SiO₂.

U uporednom pregledu sa kompletnom hemijskom analizom sirovog pirofilita može se zaključiti, da je koncentracija pirofilita mokrim postupkom bila veoma efikasna i da se istovremeno vrši i čišćenje sirovine od karbonata i kvarca.

Osvrt na izvršena ispitivanja

Sirovi pirofiliti sadrži od štetnih odnosno nepoželjnih komponenti (primesa) kvarc-karbonate i mineralne gvožđa. Ljubičasti pirofilit ima veoma karakterističnu sivkasto-ljubičastu boju. Ispitivani uzorci belog i ljubičastog pirofilita prema industrijskim zahvalu imaju odgovarali bi za širu primenu ukoliko bi se smanjio sadržaj kvarca i karbonata, dok bi sadržaj gvožđa mogao da se toleriše.

Na osnovu izvršenih laboratorijskih ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita i čišćenja od štetnih primesa kvarca i karbonata može se konstatovati sledeće:

— koncentracija pirofilita može uspešno da se vrši postupkom usitnjavanja, mokrog prosejavanja i klasiranja u hidrociklonu, čime se postiže i čišćenje od kvarca i karbonata;

— ostali primjenjeni tehnološki postupci za koncentraciju pirofilita i čišćenja od štetnih primesa nisu dali zadovoljavajuće rezultate;

— kvalitet koncentrata pirofilita, koji se dobija klasiranjem u hidrociklonu, je veoma dobar; sadržaj pirofilita u koncentratu se povećava od 57–60% na oko 80–90%. Sadržaj štetnih primesa se znatno smanjuje (sadržaj CaO se smanjuje od 6% na oko 1%). Postignuto težinsko iskorišćenje od 26,4% za beli pirofilit i 19,60% za ljubičasti pirofilit je uglavnom zadovoljavajuće, kad se ima u vidu da se dobija veoma kvalitetan koncentrat pirofilita po hemijskom i granulometrijskom sastavu.

Prema ovim podacima o postignutim rezultatima ispitivanja može se zaključiti da koncentracija pirofilita, postupkom usitnjavanja, agitiranja u vodenoj sredini, mokrog prosejavanja i klasiranja u hidrociklonu daje veoma dobre i kvalitetne koncentrate pirofilita, koji se mogu primeniti u pojedinim granama industrije. Koncentrat pirofilita je veoma povoljnog hemijskog kao i granulometrijskog sastava (učešće čestica ispod 30 mikrona iznosi oko 90%).

REZULTATI ISPITIVANJA MOGUĆNOSTI PRIMENE PIROFILITA U POJEDINIM GRAMA NAMA INDUSTRIJE

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti primene pirofilita u pojedinim granama industrije vršena su na uzorcima sirovog pirofilita (beli i ljubičasti) kao i na uzorcima koncentrata pirofilita. Iako se pri laboratorijskim ispitivanjima koncentracije pirofilita konstatovalo da je koncentrat pirofilita znatno povoljnijeg hemijskog sastava nego sirovi pirofilit, na ispitivanja su poslati uzroci sirovog pirofilita kao i koncentrata radi uporednih vrednosti.

Ispitivanja su vršena radi mogućnosti primene pirofilita u:

- industriji keramike
- industriji zaštite bilja i
- industriji papira.

Uzorak sirovog pirofilita je usitnjavan u laboratorijskom porculanskom mlinu sa sileks kuglama do

100% — 60 mikrona i tako pripremljen otpreman na ispitivanja.

Koncentrat pirofilita dobijen je mokrim postupkom tj. usitnjavanjem do ggk 5 mm, potapanjem u vodi, agitiranjem u gustoj pulpi, mokrim sejanjem na situ i klasiranjem u hidrociklonu.

Radi lakšeg praćenja rezultata pojedinih ispitivanja daje se kraći prikaz oznaka i karakteristika uzoraka koji su ispitivani u pojedinim granama industrije.

Uzorci belog pirofilita:

oznaka Ž-1 uzorak sirovog pirofilita
oznaka B-11 uzorak koncentrata pirofilita

Uzorci ljubičastog pirofilita:

oznaka Lj-1 uzorak sirovog pirofilita
oznaka Lj-11 uzorak koncentrata pirofilita

Tablica 16

Hemijski sastav uzorka

Hemijski sastav %	uzorci pirofilita			
	B-1	B-11	Lj-1	Lj-11
SiO ₂	65,26	62,62	63,28	58,38
Al ₂ O ₃	18,12	27,83	17,86	31,95
FeO	0,40	—	0,30	—
Fe ₂ O ₃	0,06	0,89	0,81	0,86
TiO ₂	0,08	0,21	0,15	0,15
MnO	0,03	0,01	0,03	0,01
P ₂ O ₅	0,08	—	—	—
Cu	—	—	—	—
Ni	—	—	—	—
CaO	5,66	1,04	6,15	0,90
MgO	0,68	0,43	1,14	0,40
K ₂ O	0,22	0,40	0,40	0,65
Na ₂ O	0,62	1,42	0,72	1,62
H ₂ O+	3,81	5,40	3,44	5,65
CO ₂	5,52	0,78	5,84	0,67
S	—	—	—	—
SO ₃	0,15	—	0,18	—

Tablica 17

Ostale karakteristike uzorka

Opis	B-1	B-11	Lj-1	Lj-11
Stepen beline u odnosu na BaSO ₄ 100%	94	94	75	75
Specifična težina	2,78	2,82	2,79	2,83
Zapreminska težina (slobodno nasuto)	0,67	0,73	0,66	0,74
Zapreminska težina (sabijeno sa potresima)	1,17	1,26	1,09	1,31
Reakcija sredine pH	8,00	8,20	8,10	8,30

Tablica 18

Granulometrijski sastav uzoraka

Veličina čestica u mikronima	B-1 T%	B-11 T%	Lj-1 T%	Lj-11 T%
+60	—	—	—	—
-60+50	0,80	0,80	0,60	0,10
-50+40	2,10	0,70	4,20	0,10
-40+30	8,00	1,30	9,60	0,10
-30+20	17,70	1,90	22,20	0,80
-20+10	34,30	5,00	40,10	21,80
-10+5	21,30	46,60	11,20	35,80
-5+0	15,90	43,70	12,10	41,30
Ukupno	100,00	100,00	100,00	100,00

Ispitivanje mogućnosti primene pirofilita u keramičkoj industriji

Ispitivanje mogućnosti primene pirofilita u keramičkoj industriji vršio je Institut za kemiju i tehnologiju silikata u Zagrebu i to na uzorcima sa oznakama B-1, B-11, Lj-1 i Lj-11.

Rezultate ovih ispitivanja dajemo u kraćem izvodu sa osvrtom na postignute rezultate.

Probe paljenja su vršene u električnim pećima, dakle u uslovima oksidacione atmosfere. Paljenje je vršeno u intervalnom području od 1000°C do 1350°C .

Rezultati izvršenih ispitivanja**a. Probe paljenja**

Tablica 19

Uzorci oblikovani plastičnim postupkom

Temp. $^{\circ}\text{C}$	Boja paljenja	% upijanja vode	% stezanja	Stanje i izgled
Uzorak B-1 Stezanje kod $105^{\circ}\text{C} = 2,3\%$				
1000	belo-drap	33,4	2,3	pravilan
1050	belo-drap	30,7	2,4	pravilan
1100	belo-drap	32,9	2,6	pravilan
1150	belo-drap	32,6	3,0	pravilan
1200	žućkasto-drap	32,4	3,0	pravilan
1250	žućkasta	31,8	3,1	pravilan
1300	žućkasta	25,3	3,3	pravilan
1350	žuto-smeda	—	—	stopljeno
Uzorak B-11 Stezanje kod $105^{\circ}\text{C} = 3,3\%$				
1000	belo-sivkasta	28,8	3,3	pravilan
1050	belo-sivkasta	28,4	3,5	pravilan
1100	belo-sivkasta	26,7	4,0	pravilan
1150	belo-sivkasta	21,7	4,6	pravilan
1200	belo-sivkasta	17,7	7,8	pravilan
1250	bela	17,0	8,0	pravilan
1300	bela	12,9	8,1	pravilan
1350	belo-žućkasta	—	9,0	stopljeno

Temp. $^{\circ}\text{C}$	Boja paljenja	% upijanja vode	% stezanja	Stanje i izgled
Uzorak LJ-1 Stezanje kod $105^{\circ}\text{C} = 3,0$				
1000	belo-sivkasta	32,0	3,0	pravilan
1050	belo-sivkasta	31,7	3,3	pravilan
1100	belo-sivkasta	31,4	3,9	pravilan
1150	sivkasto-ljubičas.	31,1	4,4	pravilan
1200	sivo-ljubičasta	30,0	5,0	pravilan
1250	smeda	24,2	5,6	pravilan
1300	smeda	10,6	4,0	pravilan
1350	zelenkasto-smeda	—	—	stopljeno
Uzorak LJ-11 Stezanja kod $105^{\circ}\text{C} = 4,2$				
1000	sivkasto-bela	31,4	4,5	pravilan
1050	sivkasto-bela	30,5	5,2	pravilan
1100	sivkasto-bela	21,3	6,3	pravilan
1150	sivkasta	15,4	6,6	deformisan
1200	sivkasta	7,3	11,3	na uglovima deformisan
1250	Siva	4,2	12,0	na uglovima početak
1300	—	—	—	stvaranja stopljenog
1350	—	—	—	—

Tablica 20

Uzorci oblikovani presovanjem

Temp.°C	Boja paljenja	% upijanja vode	% stezanja	Stanje i izgled
Uzorak B-1 Stezanje kod 105°C = 0,9%				
1000	belo-drap	22,6	+ 2,3	pravilan
1050	belo-drap	23,4	+ 2,3	pravilan
1100	belo-drap	23,3	+ 2,4	pravilan
1150	belo-drap	23,8	+ 2,4	pravilan
1200	belo-drap	24,1	+ 2,4	pravilan
1250	krem	22,9	+ 2,5	pravilan
1300	krem	24,7	+ 2,6	pravilan
1350	otvoreno-siva	—	—	početak stvaranja stopljenog

Temp.°C	Boja paljenja	% upijanja vode	% stezanja	Stanje i izgled
Uzorak LJ-1 Stezanje kod 105°C = 1,2%				
1000	bledo-ljubičasto-sivkasta	22,5	+ 2,0	pravilan
1050	bledo-ljubičasto-sivkasta	23,6	+ 3,4	pravilan
1100	bledo-ljubičasto-sivkasta	22,5	+ 2,4	pravilan
1150	bledo-ljubičasto-sivkasta	23,4	+ 2,5	pravilan
1200	bledo-ljubičasto-sivkasta	20,3	+ 2,6	pravilan
1250	žuto-smeda	20,9	+ 2,6	pravilan
1300	žuto-smeda	18,0	+ 2,6	pravilan
1350	smede-zelenkasta	—	7,0	stopljenje

b. Potrebna voda za obradu

Tablica 21

Uzorak	Za plastičnu obradu %	Za polusuhu obradu %
B-1	24,6	8,0
B-11	28,0	10,0
LJ-1	26,5	6,0
LJ-11	19,2	6,0

d. Cvrstoća na lom u sirovom stanju

Uzorak B-1	2,23 kg/cm ²
Uzorak B-11	3,60 kg/cm ²
Uzorak LJ-1	2,74 kg/cm ²
Uzorak LJ-11	3,95 kg/cm ²

c. Granice plastičnosti po Atterberg-u

Tablica 22

Uzorak	Granica žitkosti W ₁ %	Granica kruštosti W ₂ %	Indeks plastičnosti P
B-1	43,50	33,41	10,09
B-11	58,50	28,21	30,29
LJ-1	48,00	30,25	17,73
LJ-11	71,00	27,42	43,58

e. Probe livenja

Ove probe su izvedene upotrebom natrijum siličata kao elektrolita i dale su negativne rezultate. Pri upotrebi varijabilnih količina elektrolita uopšte ne dolazi do stvaranja tečnog stanja.

Osvrt na rezultate izvršenih ispitivanja. — Probe paljenja ukazuju na činjenicu da u keramičko-tehnološkom smislu postoje bitne razlike između uzoraka sirovog pirofilita B—1 i LJ—1 i uzoraka koncentrata pirofilita B—11 i LJ—11. Kod uzoraka sirovog pirofilita osnovni tonalitet drap boje za uzorak B—1 naglo prelazi kod temperature 1250°C u žućastu boju, dok osnovni tonalitet otvoreno ljubičaste do sivkaste boje za uzorak LJ—1 kod iste temperature naglo prelazi u smeđu boju.

Kod koncentrata pirofilita to nije slučaj. Pre svega, uzorak B—11 održava u celom pokusnom području paljenja (1000 do 1350°C) upadljivo svetle tonove, praktično bele boje, pri čemu prelazi kod sve viših temperatura u izrazito belu boju. Uzorak LJ—11, koji ima još uvek sivkasto-ljubičaste tonove ali u znatno manjoj meri nego uzorak LJ—1 i kod kojeg se kod 1200°C ti tonovi nešto naglo produbljuju u sivkastu boju, lišen je, sa keramičkog aspekta gledano, one neugodne smeđe boje, koja je u predelu iznad temperature 1200°C tako svojstvena uzorku LJ—1.

Koncentrati pirofilita sadrže znatno veći udeo glinovite materije tj. pirofilita. Ovo se naročito primiče pri izradi probnih tela plastičnim postupkom gde se javlja veće stezanje, što je posledica smanjenja sadržaja kvarca u koncentratu pirofilita. Maksimalne vrednosti stezanja, koje odgovaraju temperaturama od 1250—1300°C, nisu prevelike i one spadaju u red prihvatljivijih u keramičkoj tehnologiji.

Karakteristično je da plastičnim postupkom sva probna tela kod svih uzoraka ne poseduju u praktičnom smislu nikakav interval sinterovanja. Sinterovanje crepa u području temperature od 1300°C (za uzorak LJ—11 1250°C) vrši se prilično naglo, kada vrednost upijanja vode iznad 10% pada na nulu.

Vrednost čvrstoće na lom u sirovom stanju je veoma niska, što ukazuje da primenljivost pirofilita u većem učešću u keramičkim masama dolazi u obzir sa dodatkom veznih glina.

Premda svemu ovom, a na osnovu postignutih rezultata, može se izvesti sledeći zaključak:

— uzorci sirovog pirofilita B—1 i LJ—1 mogu da se primenjuju kao dodatne komponente u keramičkoj industriji za proizvodnju zidnih i eventualno podnih pločica tj. za proizvodnju građevinske keramike;

— uzorci koncentrata pirofilita B—11 i LJ—11 mogu da se primenjuju kao osnovna sirovina u keramičkoj industriji za proizvodnju zidnih i podnih pločica;

— što se tiče učešća sirovine, u slučaju kada ona figurira kao osnovna ili kao dodatna sirovina, teško je odrediti granice, ali se u praksi smatra da učešće sirovine od 20% do 40% i više ima karakter osnovne sirovine, a učešće 5% do 15% ređe 20% ima karakter dodatne sirovine;

— uopšte rečeno, ispitivani uzorci pirofilita se mogu primenjivati za proizvodnju keramičkih artikala, čija se tehnologija bazira na postupku polusuvog presovanja. U takve artikle, u prvom redu, spadaju zidne pločice, a onda elektro-tehnički proizvodi. Ovo je uslovljeno igličastom strukturom pirofilita.

Na kraju treba napomenuti da je ponašanje pirofilita u keramičkom pogledu slično talku, što je odraz njihove strukture, odnosno sličnost građe njihovih elementarnih čestica.

Ispitivanje mogućnosti primene pirofilita u industriji zaštite bilja

Ispitivanja mogućnosti šire primene pirofilita u industriji zaštite bilja vršio je Institut za zaštitu bilja iz Beograda. Ispitivanja su vršena na uzorku ljubičastog pirofilita i to sa oznakom LJ—1 i LJ—11. Ispitivanja na uzorku belog pirofilita nisu vršena, pošto se smatra da je beli pirofilit znatno vrednija sirovina za primenu u drugim granama industrije, gde je primena ljubičastog pirofilita isključena zbog ljubičaste boje.

Rezultate ovih izvršenih ispitivanja dajemo u kraćem izvodu. Na uzorcima ljubičastog pirofilita sa oznakom LJ—1 i LJ—11 izvršena su samo ispitivanja fitofarmakološke vrednosti, dok ostala ispitivanja nisu vršena, pošto je za ista potrebno znatno duže vreme.

Rezultati ispitivanja uzorka LJ—1

a. Fizička i hemijska svojstva

Veličina čestica (sitovna analiza-mokri postupak)

Sadržaj čestica do 50 mikrona	95,95%
Sadržaj čestica iznad 50 mikrona	4,05%

Ukupno: 100,00%

Granulometrijska struktura (mikroskopski)

Sadržaj čestica veličine 10—30 mikrona	85,00%
Sadržaj čestica veličine 30—50 mikrona	10,00%
Sadržaj čestica veličine većih od 50 mikrona	5,00%

Ukupno: 100,00%

Sadržaj vlage na 105°C 0,43%

Higroskopnost 1,57%

Sipkavost zadovoljava

Abrazivnost

uzorak sadrži čestice kvarca, broj čestica kvarca u vidnom polju mikroskopa je 3.

Sorpција

— vode	33,9 ml/100 g
— ulja	31,0 ml/100 g

Aglomeracija normalna

Prijemčivost (turbidimetrijski) je 77,10%

pH vrednost (10% čvrstog) iznosi 8,5.

b. Kompatibilnost

Tablica 23

Varijanta razredivač	Sadržaj, %		Razgrađivanje gubišak
	pre ekspozicije	posle ekspozicije	
M a n e b			
Pirofilit	7,89	6,76	14,10
Talk	7,89	6,08	23,30
C i n e b			
Pirofilit	5,33	1,98	62,4
Talk	5,39	1,42	73,4
I l i n d a n			
Pirofilit	2,00	2,00	—
Talk	2,00	2,00	—

Prema ovim rezultatima može se zaključiti da ispitivani uzorak pirofilita u većini slučajeva poseduje pozitivna fitofarmakološka svojstva i u znatnoj meri predstavlja veoma pogodnu sirovинu za razređivače pesticida za zaprašivanje. Nedostatak ove sirovine je pojava abrazivnosti usled pojave kvarca.

Kompatibilnost ispitivanog uzorka sa manebom i lindanom je zadovoljavajuća. U mešavini sa cinebom nedovoljno je kompatibilan, ali je u svakom slučaju nešto bolji od talka.

R e z u l t a t i i s p i t i v a n j a u z o r k a L J - 1 1 . — Na ovom uzorku koncentrata ljubičastog pirofilita izvršena su samo ispitivanja fizičko-hemiskih svojstava.

Veličina čestica

Sadržaj čestica veličine 10—20 mikrona 90%

Sadržaj čestica veličine 20—50 mikrona 10%

Sadržaj vlage 0,52%

Higroskopnost 1,97%

Abrazivnost: nema

Aglomeracija: postoji pojava manjih i većih aglomerata,

Sposobnost mešanja: relativno dobra

Prijemčivost (trubidimetrijski) 87,10%

Sorpcija:

— vode 33 ml/100g

— ulja 48 ml/100g

Zapreminska težina:

— slobodno nasuta 0,43 g/ml

— sa potresima 0,63 g/ml

pH vrednost (10% čvrstog) je 8,65.

Na osnovu ovih rezultata može se konstatovati da je koncentrat ljubičastog pirofilita znatno povoljniji radi primene za razređivače pesticida za zaprašivanje od uzorka sirovog pirofilita.

Opšti zaključak je sledeći: ljubičasti pirofilit može se uspešno primenjivati u industriji zaštite bilja i to kao sirovi pirofilit (LJ-1) ili pak kao koncentrat pirofilita (LJ-11).

Ispitivanje mogućnosti primene pirofilita kao punica u industriji papira

Ova ispitivanja vršio je Institut za celulozu i papir u Ljubljani i to na uzorcima belog pirofilita sa oznakom B-1 i B-11.

R e z u l t a t i i s p i t i v a n j a u z o r k a B - 1 . — Na uzorku pirofilita B-1 određena je belina Zeissovim aparatom ELREPHO (Mg — 100%) sa filterom 46, na uzorku glatkog površine u suvom stanju i belina je iznosila 85,60%.

Kako je ranije dat hemijski sastav i analiza granulometrijskog sastava to se iste neće sada navoditi, nego ćemo samo dati prikaz ispitivanja kao putna za pojedine vrste papira.

Od beljene sulfatne celuloze, koja je samlevena na 35° SR, izrađeni su uzorci papira različite gramature (40 g/m², 60 g/m² i 80 g/m²) i sa različitim dodatkom punila (uzorak B-1) od 10—60%, računato na suvu celulozu.

Na izgrađenim uzorcima papira vršena su ispitivanja glatkosti, beline, opaciteta i na osnovu sadržaja pepela izračunata je retencija punila (tab. 24, 25, 26 i 27). Belina i opacetet su mereni na Ziessovom aparatu ELREPHO, belina po metodi TAPPI 452 m-58, filter R 46, a opacetet po metodi DIN 53146, filter FMYc. Glatkost je merena po Bekku sa obe strane papira, a retencija je izračunata po Brechtu.

Tablica 24
Belina papira

punila %	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	belina %	belina %	belina %	belina %	belina %	belina %
0,0	83,4	0,0	82,2	0,0	81,8	
3,4	83,4	4,4	82,2	4,9	82,0	
6,6	83,5	8,4	82,5	9,2	82,5	
12,9	83,6	16,5	82,9	17,7	83,5	
17,5	83,9	23,1	83,5	24,6	83,7	

Tablica 25
Opacitet papira

punila %	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	opacetet %	opacetet %	opacetet %	opacetet %	opacetet %	opacetet %
0,0	55,2	0,0	66,4	0,0	75,7	
3,4	60,8	4,4	71,5	4,9	79,1	
6,6	61,8	8,4	71,9	9,2	79,5	
12,9	67,6	16,5	78,2	17,7	86,6	
17,5	70,6	23,1	84,2	24,6	90,4	

Tablica 26

Glatkost papira

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	glatkost	punila	glatkost	punila	glatkost
	z ^a	gornja	z ^a	gornja	z ^a	gornja
0,0	14,0	12,7	0,0	10,1	9,3	0,0
3,4	13,0	11,6	4,4	9,8	8,4	4,9
6,6	12,2	10,7	8,4	9,4	8,6	9,2
12,9	12,0	10,2	16,5	8,8	8,4	17,7
17,5	12,0	10,0	23,1	8,6	8,0	24,6

Tablica 27

Retencija

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	retencija	punila	retencija	punila	retencija
	%	%	%	%	%	%
10	34	10	44	10	49	
20	33	20	42	20	46	
40	32	40	41	40	44	
60	29	60	38	60	41	

Rezultati ispitivanja uzorka B-11. — Na uzorku pirofilita B-11 izvršena su identična ispitivanja kao na uzorku B-1 (tab. 28, 29, 30 i 31). Belina uzorka B-11 iznosila je 82,2%. U hladnoj vodi uzorak pirofilita B-11 se ne rastvara, a u toploj vodi rastvorljivost iznosi 0,55%.

Tablica 28

Belina papira

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	belina	punila	belina	punila	belina
	%	%	%	%	%	%
0,0	88,1	0,0	87,2	0,0	86,0	
2,0	88,1	3,2	86,4	4,3	84,7	
3,8	88,0	6,4	86,3	8,3	84,7	
7,1	88,0	12,7	85,4	16,9	84,6	
11,0	87,2	18,5	85,0	23,8	84,4	

Tablica 29

Opacitet papira

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	opacitet	punila	opacitet	punila	opacitet
	%	%	%	%	%	%
0,0	52,1	0,0	64ml	0,0	72,0	
2,0	53,9	3,2	67,9	4,3	76,0	
3,8	55,6	6,2	70,8	8,3	80,6	
7,1	59,0	12,7	77,0	16,9	86,7	
11,0	64,8	18,5	83,4	23,8	90,8	

Tablica 30

Glatkost papira

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	glatkost	punila	glatkost	punila	glatkost
	z ^a	gornja	z ^a	gornja	z ^a	gornja
0,0	12,5	10,5	0,0	10,2	8,2	0,0
2,0	13,2	11,7	3,2	10,5	8,9	4,3
3,8	13,9	12,1	6,2	11,2	9,6	8,3
7,1	14,4	12,5	12,7	11,5	10,0	16,9
11,0	16,1	12,9	18,5	12,5	10,7	23,8

Tablica 31

Retencija

%	40 g/m ²		60 g/m ²		80 g/m ²	
	punila	retencija	punila	retencija	punila	retencija
	%	%	%	%	%	%
10	20	10	32	10	43	
20	19	20	31	20	42	
40	18	40	31	40	41	
60	18	60	30	60	39	

Osvrt na izvršena ispitivanja. — Prema rezultatima ispitivanja belog pirofilita kao punioca u industriji papira može se zaključiti sledeće:

- beli pirofilit pod određenim uslovima pripreme predstavlja veoma interesantnu mineralnu sirovinu za primenu u industriji papira;
- uzorak sirovog pirofilita (B-1) ne može se u potpunosti primeniti kao punilac u industriji papira usled nepovoljnog granulometrijskog sastava i znatnog sadržaja slobodnog SiO₂ i karbonata;

— koncentrat belog pirofilita (B-11) može se primeniti u industriji papira i isti predstavlja sirovinu, koja može da nađe širu primenu kao punilac u industriji papira.

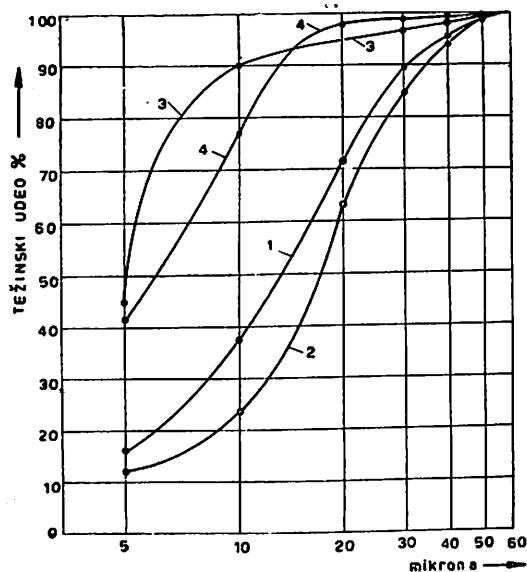
Osvrt na izvršena ispitivanja mogućnosti primene pirofilita u pojedinim granama industrije

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti primene pirofilita vršena su na uzorcima belog i ljubičastog pirofilita i to na uzorcima sirovog pirofilita sa označama B-1 i LJ-1 i na koncentratu pirofilita sa označama B-11 i LJ-11. Na osnovu postignutih rezultata u pojedinim granama industrije može se konstatovati sledeće:

- Postoji znatna razlika u mogućnosti primene belog i ljubičastog pirofilita u pojedinim granama industrije, sa činjenicom da beli pirofilit ima znatno veću mogućnost za primenu u pojedinim granama industrije i to kako kao sirovi pirofilit, tako isto i kao koncentrat pirofilita.

— Beli pirofilit može da se primenjuje u industriji keramike za proizvodnju zidnih i podnih pločica, za sanitarnu keramiku i eventualno u proizvodnji elektroporculana sa napomenom, da sirovi pirofilit ima donekle ograničenu primenu kao dodatna komponenta, a koncentrat belog pirofilita ima znatno širu primenu kao osnovna komponenta tj. sa znatno većim težinskim udalom u proizvodnji keramičkih proizvoda.

— Beli pirofilit može da se primenjuje kao punilac u industriji papira i to samo kao koncentrat pirofilita (B-11), a kao sirovi pirofilit ima ograničenu primenu.



Sl. 3 — Dijagram granulometrijskog sastava pripremljenih uzoraka pirofilita za laboratorijska ispitivanja za primenu u pojedinim granama industrije.

- 1 — kriva granulometrijskog sastava uzorka B-11
- 2 — kriva granulometrijskog sastava uzorka Lj-11
- 3 — kriva granulometrijskog sastava uzorka B-11
- 4 — kriva granulometrijskog sastava uzorka Lj-11.

— Ljubičasti pirofilit može da se primenjuje u industriji keramike za proizvodnju zidnih i podnih pločica, za sanitarnu keramiku i eventualno za proizvodnju elektroporculana, sa napomenom da sirovi pirofilit ima donekle ograničenu primenu kao dodatna komponenta, a koncentrat ljubičastog pirofilita ima znatno širu primenu kao osnovna komponenta tj. sa znatno većim težinskim udalom u proizvodnji keramičkih proizvoda.

— Ljubičasti pirofilit može se široko primenjivati u industriji zaštite bilja i to kao sirovi pirofilit i kao koncentrat pirofilita. Beli pirofilit se isto tako može veoma uspešno primeniti u industriji zaštite bilja kao i ljubičasti pirofilit.

Mogućnost primene belog i ljubičastog pirofilita u drugim granama industrije kao u industriji boja, industriji plastičnih masa i slično u ovoj studiji nije

dovoljno ispitana, usled kratkoće vremena, a prema rezultatima ispitivanja osnovnih fizičko-hemijskih osobina ispitivanih uzoraka pirofilita, kao i zahteva pomenutih grana industrije, mogu se očekivati povoljni rezultati.

Prema navedenim konstatacijama može se zaključiti da pirofilit ima znatno veliku mogućnost primene u pojedinim granama industrije i to kao sirovi pirofilit posle određene pripreme tj. usitnjavanja do potrebne granične krupnoće i kao koncentrat pirofilita, koji se dobija mokrim postupkom-klasiranjem u hidrociklonu.

Rezultati laboratorijskih ispitivanja su ukazali da je potrebno izvršiti poluindustrijske probe odnosno industrijske probe u pojedinim granama industrije radi konačne ocene o vrednosti pirofilita kao mineralne sirovine u navedenim granama industrije.

IDEJNA ŠEMA TEHNOLOŠKOG PROCESA PRIPREME SIROVOG PIROFILITA

Izvršena laboratorijska ispitivanja na uzorcima sirovog pirofilita su ukazala na mogućnost korišćenja ove sirovine, koju treba samo prethodno usitniti do potrebne granične krupnoće 100% — 60 mikrona ($10.000 \text{ } \mu\text{m}^2$).

Isto tako izvršena laboratorijska ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita dala su zadovoljavajuće rezultate; dobijen je koncentrat pirofilita koji ima znatno povoljniji hemijski sastav kao i ostale fizičko-hemijske osobine i znatno širu mogućnost za širu primenu u pojedinim granama industrije.

Imajući u vidu rezultate laboratorijskih ispitivanja pripreme i koncentracije pirofilita kao i rezultate izvršenih ispitivanja mogućnosti primene u industriji, predlaže se idejna šema tehnološkog procesa pripreme sirovog pirofilita u dve varijante. Prva varijanta: priprema sirovog pirofilita (samo mlevenje pirofilita) i druga varijanta: prerada i koncentracija sirovog pirofilita.

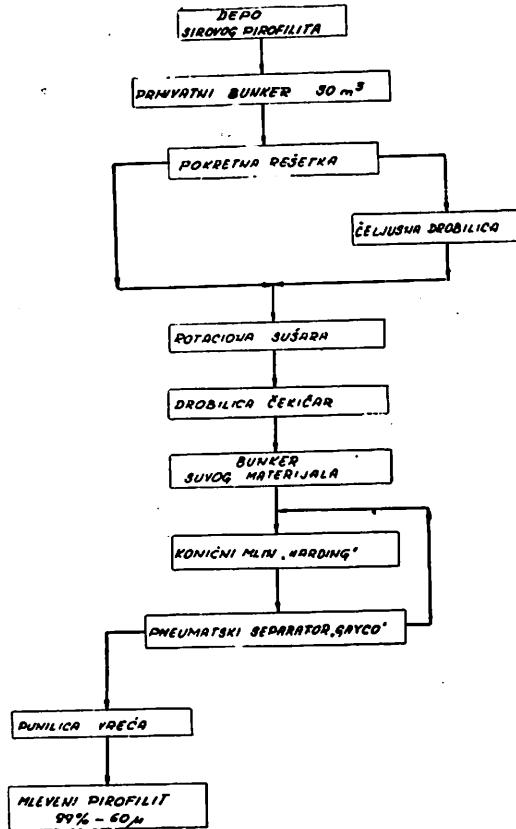
Na osnovu rezultata izvršenih laboratorijskih ispitivanja pripreme sirovog pirofilita, kao i na osnovu rezultata ispitivanja mogućnosti primene tako pripremljenog pirofilita u pojedinim granama industrije, daje se u kraćem izvodu opis tehnološkog procesa pripreme sirovog pirofilita. Na osnovu laboratorijskih ispitivanja utvrđena je mogućnost upotrebe samlevenog pirofilita, što znači da je sirovi pirofilit potreban samo samleti do 100% — 60 mikrona ($10.000 \text{ } \mu\text{m}^2$).

Na sl. 4 data je idejna šema tehnološkog procesa pripreme sirovog pirofilita.

— Doprerna i skladistenje sirovevine. — Sirovi pirofilit se doprema kamionom sa površinskog kopa i deponuje u neposrednoj blizini postrojenja za pripremu, posebno beli pirofilit, a posebno ljubičasti pirofilit. Depo sirovog pirofilita

treba da omogući delimično sušenje i mešanje sirovine radi dobijanja ujednačenog kvaliteta ulazne sirovine u postrojenje za pripremu.

— **Prihvati bunker.** — Na čelu postroje-



Sl. 4 — Idejna šema tehnološkog procesa pripreme sirovog pirofilita „Parsovici” — Konjic.

nja za pripremu nalazi se prihvati bunker kapaciteta oko 30 m^3 na kome je postavljena rešetka sa otvorima $250 \times 250 \text{ mm}$. Utovar i prevoz sirovog pirofilita od depoa do prihvatnog bunkera vrši se mehaničkom utovarnom lopatom.

— **Prosejanje sirovog pirofilita.**
— Sirovi pirofilit iz prihvatnog bunkera se dostavlja preko rezonantnog dodavača i transportne gumene trake na prosejanje na pokretnoj rešetki. Pri prosejanju na pokretnoj rešetki dobijaju se dve klase krupnoće: krupna klasa — $250 + 50 \text{ mm}$ i sitna klasa — $50 + 0 \text{ mm}$.

— **Primarno usitnjavanje.** — Krupna klasa — $250 + 50 \text{ mm}$ sirovog pirofilita usitnjava se u čeljusnoj drobilici sa otvorom čeljusti $400 \times 250 \text{ mm}$. Drobljenje se vrši do gvk 50 mm. Usitnjeni materijal od čeljusne drobilice i podrešetni proizvod od pokretnje rešetke se spajaju i dalje se dostavljuju transportnom trakom do rotacione sušare.

— **Sušenje sirovog pirofilita.** — Su-

šenje sirovog pirofilita vrši se u rotacionoj sušari. Sirovi pirofilit sadrži u proseku oko 5% vlage, koja posle sušenja treba da iznosi oko 0,5%. Zagrevanje materijala treba da bude indirektno, da ne bi došlo do prljanja sirovog pirofilita (pošto belina pirofilita igra vidnu ulogu za primenu u industriji).

— **Sekundarno usitnjavanje.** — Osušeni pirofilit iz rotacione sušare odvozi se transportnom gumenom trakom na sekundarno usitnjavanje u udarni granulator do gvk od 2 mm.

— **Bunker suvog materijala.** — Usitnjeni materijal do gvk od 2 mm se dostavlja transportnom gumenom trakom u metalni bunker, koji treba da ima kapacitet jednodnevne proizvodnje.

— **Mlevenje i klasifikacija pirofilita.** — Mlevenje i klasifikacija pirofilita vrši se u zatvorenom krugu rada mlinu sa kuglama i vazdušnog separatora. Mlevenje pirofilita može da se vrši u mlinovima sa valjcima tipa „Raymond”, koji rade u zatvorenom krugu sa protočnim vazdušnim separatorom.

Krupna klasa $+ 60 \text{ mikrona}$, koja se odvaja u vazdušnom separatoru, vraća se kao povratni materijal u mlin na dopunsко mlevenje. Smatra se da bi mlevenje pirofilita trebalo vršiti u koničnom mlinu sa sileks oblogama i kuglama tipa „Harding“, a vazdušni separator da bude tipa „Gayco“.

— **Pakovanje samlevenog pirofilita.** — Samleveni proizvod iz vazdušnog separatora finoča mliva 99% — 60 mikrona ide dalje u mali metalni bunker-dozer, koji se nalazi iznad same automatske punilice vreća. Pakovanje samlevenog pirofilita vrši se u četvorostruke papirane vreće od 50 kg.

— **Otprašivanje postrojenja.** — Otprašivanje postrojenja treba da se vrši, pošto sirovina koja se prerađuje sadrži jedan udeo kvarca, a kako se radi sa suvim i veoma finim česticama, to se prašina veoma lako i brzo oslobađa iz mašina i uređaja. Radi toga je potrebno vršiti posebno otprašivanje pojedinih tačaka u postrojenju gde su izvori prašine. Najprikladniji uredaji za otprašivanje za ovu svrhu su filter komore sa vrećicama.

— **Kvalitet samlevenog pirofilita.** — Samleveni pirofilit je istog hemijskog sastava kao što je sirovi pirofilit. U toku procesa pripreme ne dolazi do onečišćenja sirovine. Belina samlevenog pirofilita ostaje ista kao sirovog pirofilita. Finoča mliva samlevenog pirofilita je 99% — 60 mikrona. Ukoliko se zahteva druga finoča mliva samlevenog pirofilita, ista se može postići predviđenim uredajima i mašinama, ali se pri tome menja kapacitet. Ukoliko se traži veća finoča mliva kapacitet se znatno smanjuje, a ukoliko se traži krupnija granulacija samlevenog pirofilita, kapacitet se znatno povećava.

IDEJNA ŠEMA TEHNOLOŠKOG PROCESA PRERADE I KONCENTRACIJE PIROFILITA

U ovoj drugoj varijanti daje se tehnološki proces prerade i koncentracije pirofilita, na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita postupkom usitnjavanja, agitiranja u vodenoj sredini, mokrog prosejavanja i klasiranja u hidrociklonu.

Predloženim tehnološkim procesom dobija se koncentrat pirofilita, koji ima znatno širu mogućnost primene u pojedinim granama industrije nego sirovi pirofilit.

Na sl. 5 data je idejna šema tehnološkog procesa prerade i koncentracije pirofilita.

— D opre ma i skla dište nje si rovi ne. — Sirovi pirofilit se doprema kamionima sa površinskog kopa i deponuje u neposrednoj blizini postrojenja za pripremu, posebno beli pirofilit, a posebno ljubičasti. Depo sirovog pirofilita treba da omogući delimično sušenje i mešanje sirovine radi dobijanja ujednačenog kvaliteta ulazne sirovine u postrojenje za pripremu.

— Prihv atn i b unker. — Na čelu postrojenja za pripremu nalazi se prihvativni bunker kapaciteta oko 30 m^3 na kome je postavljena rešetka sa otvorima $250 \times 250 \text{ mm}$. Utovar i prevoz sirovog pirofilita od depo do prihvativnog bunkera vrši se mehaničkom utovarnom lopatom.

— Prosejavanje sirovog pirofilita. — Sirovi pirofilit iz prihvativnog bunkera dostavlja se preko dodavača i transportne gumene trake na prosejavanje na pokretnu rešetku. Pri prosejavanju na pokretnoj rešetki dobijaju se dve klase krupnoće: krupna klasa — $250 + 50 \text{ mm}$ i sitna klasa — $50 + 0 \text{ mm}$.

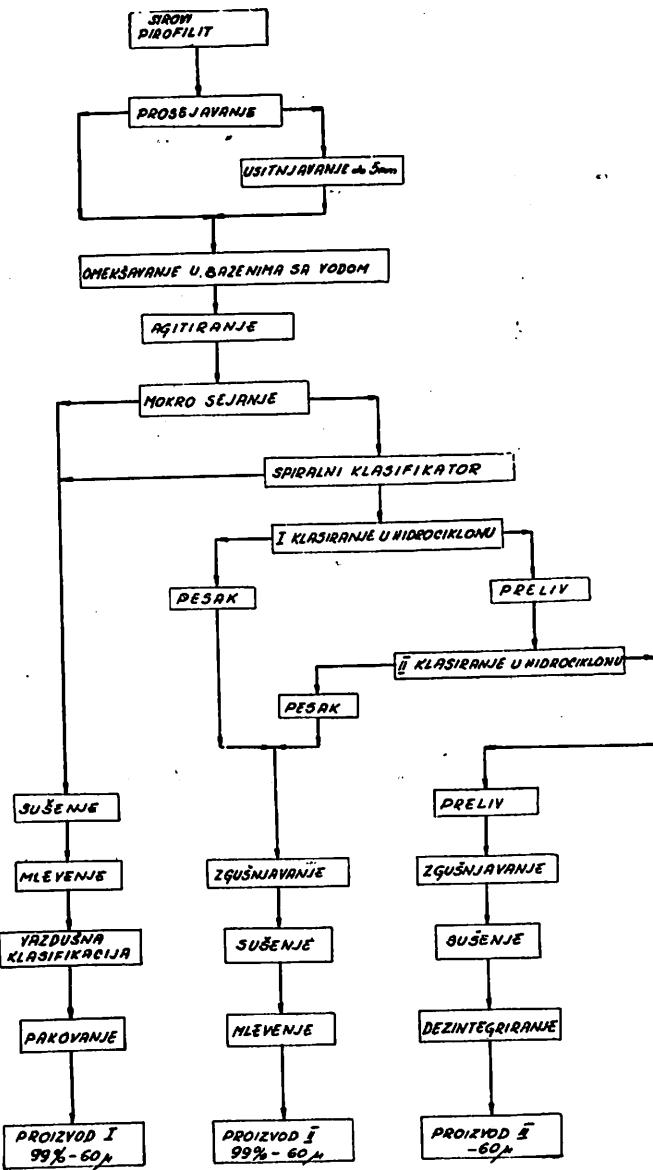
— Prim arno usitnjava nje. — Krupna klasa — $250 + 50 \text{ mm}$ sirovog pirofilita se usitnjava u čeljusnoj drobilici, otvora čeljusti $400 \times 250 \text{ mm}$. Drobljenje se vrši do ggk od 50 mm . Usitnjeni materijal od čeljusne drobilice i podrešetni proizvod od pokretnе rešetke se spajaju i dalje se transportnom gumenom trakom dostavljaju na sekundarno usitnjavanje.

— Sekundarno usitnjav a nje. — Sekundarno usitnjavanje pirofilta vrši se u udarnom granulatoru do ggk od 5 mm . Otvor rešetke na udarnom granulatoru je 5 mm . Kroz udarni granulator prolazi celokupna količina sirovog pirofilita.

— Omekšavanje u basenima sa vodom. — Usitnjeni sirovi pirofilit do ggk od 5 mm dostavlja se transportnom gumenom trakom do basena sa vodom. Potapanje pirofilita u vodi vrši se pri odnosu $C:T = 1:1$ (na jednu tonu sirovog pirofilita dodaje se jedan kubik vode). Sirovi pirofilit treba da

odstoji u basenu sa vodom 42 h. Posebno treba imati basen za beli pirofilit, a posebno za ljubičasti pirofilit.

— Agitiranje. — Iz bazena sa vodom pirofilit se dostavlja muljnom pumpom do uređaja za agitiranje-hidropulpera.



Sl. 5 — Idejna šema tehnološkog procesa oplemenjavanja i pripreme pirofilita „Parsovići” — Konjic.

— Mokro prosejavanje. — Posle agitiranja vrši se mokro prosejavanje na vibracionom sistemu sa dve mreže otvora 3 i 1 mm. Krupna klasa

— 5 + 3 mm i klasa — 3 + 1 mm se odvajaju i zajedno dalje tretiraju kao zaseban proizvod sa povećanim sadrjem kvarca i karbonata. Sitna klasa — 1 + 0 mm ide dalje na klasiranje u spiralni klasifikator, gde se vrši odvajanje krupnije klase — 1 + 0,1 mm, koja se spaja sa ranije odvojenim krupnim klasama — 5 + 1 mm. Sitna klasa — 0,1 + 0 mm ide dalje na klasiranje u hidrociklon.

— **Klasiranje u hidrociklonu.** — Sitna klasa — 0,1 + 0 mm klasira se u hidrociklonu u dva stupnja, tako da se preliv od prvog ciklusa klasiranja u hidrociklonu daje na drugi ciklus klasiranja u hidrociklon. Konačan proizvod tj. koncentrat pirofilita je preliv od drugog ciklusa klasiranja u hidrociklonu. Pesak od prvog i drugog ciklusa klasiranja u hidrociklonu se spaja u jedan proizvod i isti se posebno dalje tretira.

Prem tome, dobijaju se tri vrste proizvoda iz predloženog tehnološkog procesa prerade i koncentracije pirofilita:

— Proizvod I, koji se sastoji od krupne klase — 5 + 1 mm, koja se dobija mokrim prosejavanjem na vibracionom situ i sitne klase — 1 + 0,1 mm koja se dobija klasiranjem u spiralnom klasifikatoru.

— Proizvod II, koji se sastoji od peska prvog i drugog ciklusa klasiranja u hidrociklonu. Granulometrijski sastav ovog proizvoda je u rasponu — 0,1 + 0,06 mm. Ovaj proizvod se posebno tretira i predstavlja poseban kvalitet po hemijskom i granulometrijskom sastavu.

— Proizvod III je preliv drugog ciklusa klasiranja u hidrociklonu i predstavlja koncentrat pirofilita. Granulometrijski sastav je u rasponu od — 60 + 0 mikrona, sa znatnim udedom sitnih čestica ispod 30 mikrona.

Ovako dobijeni proizvodi posebno se dalje tretiraju, što se vidi na priloženoj šemi tehnološkog procesa (sl. 5).

Frerada proizvoda I

Dobijeni proizvod I prethodno se ocedi, a potom se vrši sušenje u rotacionoj sušari sa indirektnim zagrevanjem. Posle sušenja predviđa se mlevenje proizvoda u koničnom mlinu sa sileks oblogama i kuglama. Konični mlin „Harding“ radi u zatvorenom krugu sa vazdušnim separatorom tipa „Gayco“. Krupna klasa + 60 mikrona, koja se odvaja u vazdušnom separatoru, vraća se kao povratni materijal u mlin na dopunsko mlevenje. Samleveni proizvod finoće mliva 98% — 60 mikrona ide dalje na pakovanje preko automatske punilice vreća.

Prerada proizvoda II

Dobijeni proizvod II ide prvo na zgušnjavanje,

zatim na filtriranje na filter presama. Proizvod II posle filtriranja se suši u specijalnim rotacionim pećima sa indirektnim zagrevanjem. Zatim se vrši naknadno mlevenje u istim mlinovima kao proizvod I. U pojedinim slučajevima biće potrebno da se vrši samo dezintegriranje osušenog proizvoda u udarnom granulatoru. Samleven odnosno dezintegriran proizvod II se pakuje u papirnate vreće od 50 kg.

Priprema proizvoda III

Dobijeni proizvod III tj. koncentrat pirofilita ide prvo na zgušnjavanje, a potom na filtriranje na filter prese. Ovakav proizvod sa oko 20% vlage može da se direktno upotrebljava u industriji ili se pak može sušiti u specijalnim sušnicama. Ukoliko se koncentrat pirofilita suši, on se posle mora dezintegrirati u drobilici-čekićaru, a zatim se vrši pakovanje u papirnate vreće od 50 kg.

— **O t p r a š i v a n j e p o s t r o j e n j a .** — Kako se u krajnjem delu tehnološkog procesa predviđa rad sa suvim materijalom, to je potrebno predviđeti otprašivanje pojedinih faza tehnološkog procesa kao npr. u fazi sušenja, mlevenja i pakovanja gotovog proizvoda.

— **Bilans prerade i koncentracije pirofilita.** — Kako će se posebno prerađivati beli pirofilit, a posebno ljubičasti to se daje i poseban bilans prerade i koncentracije i jedne i druge vrste pirofilita.

U tablicama 32 i 33 daje se težinsko iskorišćenje pojedinih proizvoda, koji se dobijaju pri mokroj koncentraciji, a prema predloženom tehnološkom procesu, kao i hemijski sastav istih proizvoda.

Tablica 32

Bilans prerade i koncentracije belog pirofilita

Vrsta proizvoda	T%	Sadržaj %			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
Proizvod I	65,20	67,40	13,80	8,78	0,81
Proizvod II	8,40	69,72	23,09	2,94	0,27
Proizvod III	26,40	62,62	27,83	1,04	0,39
Ulaz	100,00	65,26	18,12	5,66	0,50

Tablica 33

Bilans prerade i koncentracije ljubičastog pirofilita

Vrsta proizvoda	T%	Sadražaj %			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
Froizvod I	75,70	68,40	16,20	6,87	0,98
Proizvod II	4,70	65,64	27,39	1,88	1,72
Proizvod III	19,60	58,38	31,95	0,90	0,86
Uzal	100,00	63,28	17,86	6,15	1,14

Predložena idejna šema tehnološkog procesa prerade i koncentracije pirofilita daje mogućnost da se sva tri proizvoda koriste u pojedinim granama industrije, tako da sa ekonomskе strane ova druga varijanta predloženog tehnološkog procesa ima znatne prednosti u odnosu na prvu varijantu. Pošto se dobija koncentrat pirofilita znatno boljeg kvaliteta nego što je sirovi pirofilit, istovremeno se koriste i ostali proizvodi koji se dobijaju pri koncentraciji pirofilita.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata izvršenih laboratorijskih ispitivanja sirovog pirofilita, ispitivanja mogućnosti koncentracije pirofilita, kao i ispitivanja mogućnosti primene sirovog pirofilita i koncentrata pirofilita u pojedinim granama industrije može se zaključiti sledeće:

— Laboratorijska ispitivanja osnovnih osobina i karakteristika sirovog pirofilita vršena su na tri uzorka i pri tome je konstatovano da je uzorak kompozita veoma sličan i u praktičnom smislu identičan uzorku ljubičastog pirofilita. U daljem tretiranju vrsta pirofilita može se uzeti samo uzorak belog i uzorak ljubičastog pirofilita.

— Prema rezultatima mineraloških ispitivanja kao fizičko-hemiskih osobina sirovog pirofilita može se konstatovati da se beli i ljubičasti pirofilit znatno razlikuju po svojim pojedinim osobinama iako u pogledu hemijskog i mineraloškog sastava nema većih razlika. Uzorak belog pirofilita ima karakterističnu belu boju, koja daje znatnu prednost u pogledu mogućnosti primene u pojedinim granama industrije.

— Prema rezultatima mineraloških ispitivanja, hemijskog sastava, racionalne analize, a imajući u vidu zahteve industrije za slične sirovine, može se konstatovati da su štetne primese odnosno nepoželjne komponente sirovog pirofilita, uglavnom, kvarc i karbonati.

— Prema rezultatima laboratorijskih ispitivanja može se konstatovati da se koncentracija pirofilita može uspešno da vrši postupkom usitnjavanja, mok-

rog prosejavanja i klasiranja u hidrociklonu. Ovim postupkom postiže se istovremeno koncentracija pirofilita i čišćenje od štetnih komponenti kvarca i karbonata.

— Kvalitet koncentrata pirofilita koji se dobija klasiranjem u hidrociklonu, je veoma povoljnog hemijskog i mineraloškog sastava. Sadržaj pirofilita se povećava od 57–60% na oko 80–90%. Sadržaj štetnih primesa se znatno smanjuje, npr. sadržaj CaO se smanjuje od 6% na oko 1%. Težinsko iskorisćenje koncentrata pirofilita iznosi u proseku oko 30% u odnosu na ulaznu sirovinu. Granulometrijski sastav koncentrata pirofilita je veoma povoljan, sadrži oko 90% čestica ispod 30 mikrona.

— Rezultati ispitivanja mogućnosti primene sirovog pirofilita i koncentrata pirofilita su ukazali da postoji znatna razlika u kvalitetima sirovog pirofilita i koncentrata pirofilita, kao i kvalitetu belog i ljubičastog pirofilita. Znatno veću mogućnost za primenu imaju koncentrati pirofilita u odnosu na sirovi pirofilit, a u pojedinim slučajevima i isključivo. Isto tako beli pirofilit ima znatnu prednost i veću mogućnost za primenu u odnosu na ljubičasti pirofilit.

— Beli pirofilit može da se primenjuje u industriji keramike za proizvodnju zidnih i podnih pločica, za sanitarnu keramiku, a delimično i za proizvodnju elektroporculana. Sirovi pirofilit ima donekle ograničenu primenu kao dodatna komponenta, a koncentrat belog pirofilita ima znatno širu primenu kao osnovna komponenta sa većim težinskim udalom u proizvodnji keramičkih proizvoda.

Beli pirofilit može da se primenjuje kao punilac u industriji papira i to samo kao koncentrat pirofilita, a kao sirovi pirofilit ima ograničenu primenu.

— Ljubičasti pirofilit može da se primenjuje u industriji keramike u iste svrhe kao i beli pirofilit sa napomenom da se dobijaju proizvodi nešto slabijeg kvaliteta i to, uglavnom, u boji pečenja.

Ljubičasti pirofilit ima mogućnost šire primene u industriji zaštite bilja i to kao sirovi pirofilit, a tako isto i kao koncentrat pirofilita.

— Mogućnost primene belog i ljubičastog pirofilita u drugim granama industrije u studiji je samo delimično ispitana, a postoje indikacije da se može očekivati primena pirofilita i u drugim granama industrije.

— Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja data je idejna šema tehnološkog procesa pripreme sirovog pirofilita u dve varijante.

— Prva varijanta — primena sirovog pirofilita za potrebe industrije tj. usitnjavanje sirovine do potrebne krupnoće 99% — 60 mikrona ($10.000 \text{ } \mu\text{m}^2$).

Druga varijanta — koncentracija pirofilita mokrim postupkom (klasiranjem u hidrociklonu) i priprema dobijenih proizvoda za potrebe industrije usitnjavanjem do potrebne krupnoće 99% — 60 mikrona ($10.000 \text{ } \mu\text{m}^2$).

Prema svemu ovom može se izvesti opšti zaključak, da pirofilit ima široku mogućnost za primenu u industriji i to kao koncentrat pirofilita i donekle kao sirovi pirofilit posle usitnjavanja do 99% — 60 mikrona. Koncentracija pirofilita predloženim tehnološkim postupkom, mokrim prosejavanjem i klasiranjem u hidrociklonu, daje veoma povoljne rezultate i predstavlja i najekonomičnije rešenje za korišćenje ove sirovine. Da bi se mogla dati konačna ocena o vrednosti pirofilita za primenu u navedenim granama industrije potrebno je izvršiti poluindustrijske odnosno industrijske probe kako sa koncentratom pirofilita tako i sa sirovim pirofilitom.

L iteratura

- Dubbovskij, A. S., 1959: Primenenie tal'ka kak napolnitelja bumagi. — „Bumažnaja promyšlenost” br. 4.
- Ominin, L. V., Popova, B. G., 1933: O primeñenii pirofilita v farfore i fajanse. — „Keramika i steklo” br. 2.
- Štaveman, A. V., 1958: Pirofilit Suranskogo mestoroždenija kak keromičeskoe syrje. — Trudy NIISTrojkeramiki, vyp. 13.
- Treischel, C., 1957: Availability and Control of Ceramic Grade Talc and Pyrophyllit. — Amer. Cer. Soc. Bull. May.
- Trice, M. F., 1940: Pyrophyllit Dust — its Effect and Control. — „Mining Technology”, May.
- Vatter, H., 1958: Talc and Pyrophyllit. — Euro-ceram. br. 8.
- New Pyrophyllite mill.... an Answer to Market Needs. — „Pit and Quarry”, 55/1963.
- Talk i pirofilit. — Trebovanija promyšlenosti k kachestvu mineralnogo syrja, Moskva 1961.
- Izveštaji o mineraloškim ispitivanjima pirofilita. — Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1964.

