

# Oplemenjivanje magnezitne rude s većim udjelom dolomita

KUI – 22/2010  
Prispjelo 10. studenog 2008.  
Prihvaćeno 22. srpnja 2010.

S. Hoda,\* Sh. Rashani, K. Berisha i M. Shaqiri

Fakulteti i Xehetarisë dhe Metalurgjisë,  
Parku pn, 40000 Mitrovicë

Glavne primjese magnezitne rude rudnika "Strezovce" su minerali silicija i kalcija koji nepovoljno utječu na vatrostalnost proizvoda na osnovi magnezijevog oksida. Stoga se proizvodnja i prerada magnezitne rude provodi s ciljem smanjenja njihovog masenog udjela. Za uklanjanje primjesa minerala silicija postoje razrađeni tehnološki postupci, dok je uklanjanje primjesa minerala kalcija samo na osnovu mehaničkih separacijskih operacija nezadovoljavajuće. U ovom su radu prikazani rezultati istraživanja utjecaja temperature i vremena žarenja magnezitne rude te načina naknadne hidratacije na oplemenjivanje sirovine u taložnom separatoru s gustom suspenzijom. Istraživanja su pokazala da je optimalna temperatura žarenja rude od 600 – 700 °C tijekom 4 i 6 h, a nakon hidratacije i taložne separacije  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$  dobiva se sirovina sa smanjenim udjelom kalcija i silicija. Procesom hidratacije u dinamičkim uvjetima zbog usitnjavanja materijala nastaju velike količine sitne klase, manje od  $d = 0,5 \text{ mm}$ , koja nepovoljno utječe na udjel kvalitetnog proizvoda. Tijekom hidratacije potapanjem žarenog materijala to se ne događa.

U radu je ustanovljen i povoljan utjecaj produljene termičke obrade na iskorištenje proizvoda te optimalna gustoća guste suspenzije za dobivanje kvalitetnog proizvoda.

Ključne riječi: *Magnezit, oplemenjivanje ruda, toplinska obrada, hidratacija, taložna separacija*

## Uvod

Proizvodnja vatrostalnog materijala na osnovi magnezita ( $\text{MgCO}_3$ ) dug je i složen proces koji počinje iskopavanjem magnezitne rude i njezinom preradom u što čišći materijal za proizvodnju vatrostalnih opeka. Vatrostalne opeke i drugi vatrostalni materijali nalaze primjenu u nizu toplinskih uređaja.<sup>1</sup> Republika Kosovo raspolaže dostatnim količinama magnezita, koje se prerađuju samo do poluproizvoda, tj. samo do proizvodnje magnezijeva oksida ( $\text{MgO}$ ), tzv. sintermagnezita.<sup>2</sup> Magnezijev oksid nalazi niz primjena u industriji, a upotrebljava se kao dodatak pri proizvodnji umjetnih gnojiva, kao punilo pri proizvodnji gume, plastičnih masa i papira, za proizvodnju magnezija te oblikovanih i neoblikovanih visokovatrostalnih materijala na osnovi magnezijeva oksida.<sup>3</sup> U ležištu "Strezovce" nalaze se znatne zalihe magnezita s primjesama minerala kalcija, koji se postupcima pripreme mineralnih sirovina ne može ukloniti, te u daljnjoj preradi snižava vatrostalnost i kvalitetu gotovih vatrostalnih materijala. Uklanjanje primjesa minerala kalcija iz magnezita za sada nije u svijetu uspješno riješeno. Istraživanja u ovom radu usmjerena su na minerale magnezit i dolomit (nosilac primjesa kalcija), koje je moguće kemijski promijeniti termičkom obradom.<sup>4,5</sup> Naime, kvarc reagira tek pri vrlo visokim temperaturama, a prisutnost ostalih minerala je zanemariva, te oni nisu predmet ovih

istraživanja. Cilj ovoga rada je oplemeniti magnezit uklanjanjem dolomita selektivnom dekarbonizacijom i naknadnom taložnom separacijom.

## Eksperimentalni dio

### Opis procesa separacije:

U rudniku Strezovce iskopana magnezitna ruda prethodno se drobi u čeljusnoj drobilici do krupnoće čestica od  $d = -25 + 0,5 \text{ mm}$ . Iz sirovine se operacijom separacije faza uz gustoću odvajanja  $\rho = 2,80 \text{ g cm}^{-3}$  dobiva koncentrat magnezita. Suspenziju teške sredine čini voda i 15 % ferosilicija proizvodnje "Knapsak" Z. Njemačka, kvaliteta "ciklon 40". Uređaj za separaciju faza "pliva-tone" je proizvodnje Denver Co.

### Uzorkovanje:

U rudniku Strezovce magnezitna ruda se kopa u jamskom i površinskom kopu te su uzorci s površine uzeti na svakih 50 m, a iz jame metodom bušenja na svakih 30 m te je nakon separacije izvršena homogenizacija materijala u laboratoriju.

### Analiza uzorka

#### Karakterizacija uzorka:

a) instrumentalne metode kvalitativne kemijske analize:

\* Autor za korespondenciju: Dr. Selver Hoda  
Fakulteti XM-Mitrovicë, Parku pn tel: ++381512-433  
E-mail: selverhoda@hotmail.com

rendgenska difrakcija provedena je na difraktometru proizvođača Phillips, s goniometrom PW 10–50 i difraktometrom PW 10–51, dok su analize TGA i DTA provedene na derivatografu – C. Sistem F. i J. Paulik i L. Erdey Hungary;

b) mineraloška ispitivanja, optičkim mikroskopom u polariziranoj svjetlosti, pokazala su da ruda sadrži krupnokristalaste minerale magnezita ( $\text{MgCO}_3$ ), dolomita ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) i kvarca ( $\text{SiO}_2$ );

c) istraživanja su provedena na koncentratu magnezitne rude, a čini ga klasa krupnoće čestica,  $d = -25 + 0,5$  mm, sljedećeg kemijskog sastava:

$w(\text{MgO}) = 41,90\%$ ,  $w(\text{CaO}) = 7,25\%$ ,  $w(\text{SiO}_2) = 1,35\%$ , gubitak žarenjem iznosi 49,36 %, te ostalo 0,14 %.

Oplemenjivanje hidratiziranog materijala odvija se na temelju razlike u gustoći, a provodi se u taložnom koncentratu s gustom kapljevnom. Na taj je način ulazni procesni tok razdvojen na “laku” i “tešku” komponentu separacijske operacije.

Na slici 1 prikazana je shema plinske peći za žarenje uzoraka. Potrebna količina uzorka ne dolazi u doticaj s plamenom, a za vođenje temperature peći upotrebljava se električni pirometar u središtu žarenog materijala.

Gusta kapljevina je suspenzija ferosilicija proizvođača “Knapsak”, kvalitete “ciklon 40” u vodi ( $w(\text{ferosilicij}) = 15\%$ ). Razdvajanje mineralnih faza odvija se uz gustoću suspenzije  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$  (tablica 1). Laku komponentu čine čestice manje gustoće koje plutaju na upotrebnoj suspenziji gustoće  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ , a tešku komponentu čine čestice koje tonu u suspenziji.

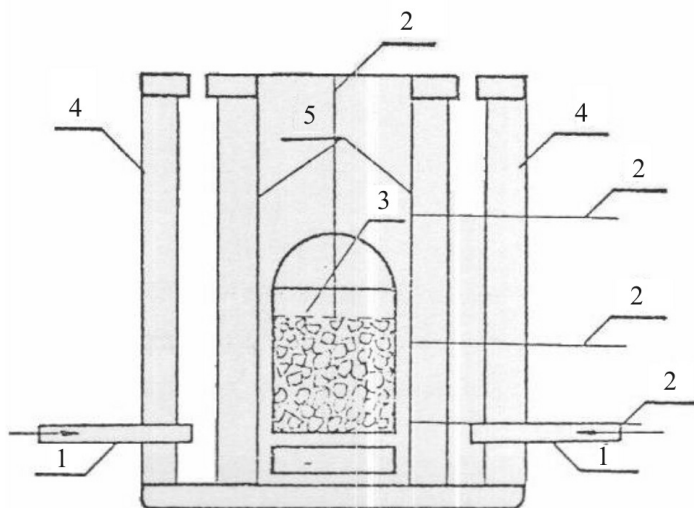
## Rezultati i rasprava

### Rezultati

Uzorak rude od 25 kg stavljen je u plinsku peć za žarenje i žarenja su provedena pri temperaturama od 600, 700, 800, 900, 1000 i 1200 °C. Nakon žarenja tijekom 4 ili 6 sati uzorak je izvađen i ohlađen tijekom 24 sata u vatrostalnoj komori. Ohlađeni uzorak se nadalje hidratizira u vodi, pri čemu dolazi do hidratacije magnezijeva oksida. Proces hidratacije ohlađenog uzorka proveden je na dva načina: u spiralnom klasifikatoru s dovodom vode i potapanjem u vodu.

*Hidratacija u spiralnom klasifikatoru:* preljev klasifikatora hvatan je zajedno s finim muljem i mokro prosijan na situ otvora 0,5 mm. Ostatak na situ, klasa promjera  $-25+0,5$  mm dalje je kemijski analizirana, a materijal koji je prošao kroz sito i preljev klasifikatora skupljeni su zajedno i također kemijski analizirani.

*Hidratacija direktnim potapanjem u vodu* (uz omjer mase čvrste i kapljevite faze,  $\zeta_{\text{C/K}} = 1:5$ ): potapanjem žarenog materijala u vodu započinje egzotermna reakcija magnezijeva oksida i vode. Nakon završetka hidratacije uzorci su mokro prosijani kroz sito veličine 0,5 mm. Ostatak na situ, veličine  $d = -25+0,5$  mm dalje je ispitan, dok je mulj koji je prošao kroz sito sakupljen, dekantiran, osušen, vagnut i također kemijski analiziran.



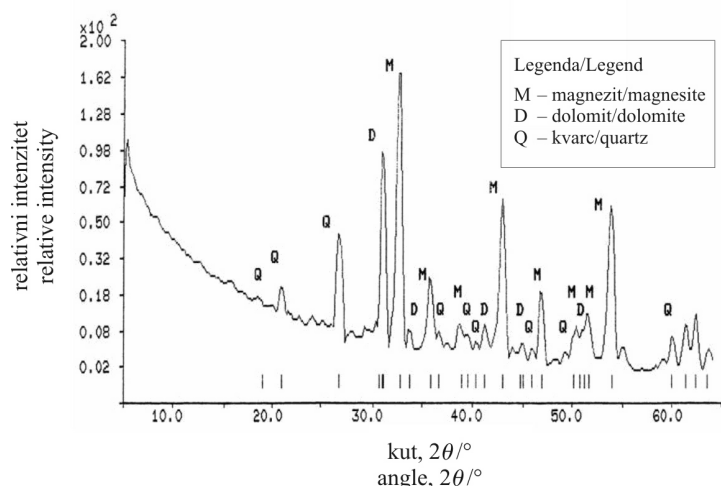
Slika 1 – Shematski prikaz plinske peći. (1) – plinski gorionik, (2) – pirometri, (3) – posuda za žarenje, (4) – vanjski oxid peći i (5) – unutrašnji oxid peći.

Fig. 1 – Schematic of gas furnace. (1) – gas burner, (2) – pyrometer, (3) – sample holder, (4) – outer furnace wall and (5) – inner furnace wall.

Tablica 1 – Gustoća, kemijski sastav te fazni sastav žarenog i hidratiziranog koncentrata magnezitne rude pri različitim temperaturama žarenja

Table 1 – Density, chemical composition and calculated phase composition of calcined and hydrated magnesite ore concentrate in dependence of soaking temperature

$t/^\circ\text{C}$	Gubitak žarenjem % Ignition loss %	$w(\text{CO}_2)$ %	Fazni sastav, w/% Phase composition, w/%				$\rho$ $\text{g cm}^{-3}$
			$\text{MgCO}_3$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	
20	54,55	35,83	68,80	17,35	13,15	–	2,98
300	47,70	35,50	65,50	18,88	8,68	–	2,13
400	21,90	18,60	35,60	10,70	–	53,00	2,17
500	2,80	2,30	4,40	1,62	–	93,30	2,76
600	2,10	1,70	3,25	1,30	–	94,60	3,40
700	1,70	1,60	3,25	–	–	94,60	3,40
800	0,80	0,80	1,50	–	–	98,70	3,45
900	0,10	0,10	0,20	–	–	99,20	3,51
1000	–	–	–	–	–	99,40	3,53
1100	–	–	–	–	–	99,40	3,56
1200	–	–	–	–	–	99,40	3,57
1300	–	–	–	–	–	99,40	3,57
1400	–	–	–	–	–	99,40	3,57
1500	–	–	–	–	–	99,40	3,59
1600	–	–	–	–	–	99,40	3,57
1700	–	–	–	–	–	99,40	3,57



Slika 2 – Rezultat rendgenske difrakcije koncentrata magnezitne rude

Fig. 2 – Result of X-ray powder diffraction on magnesite ore

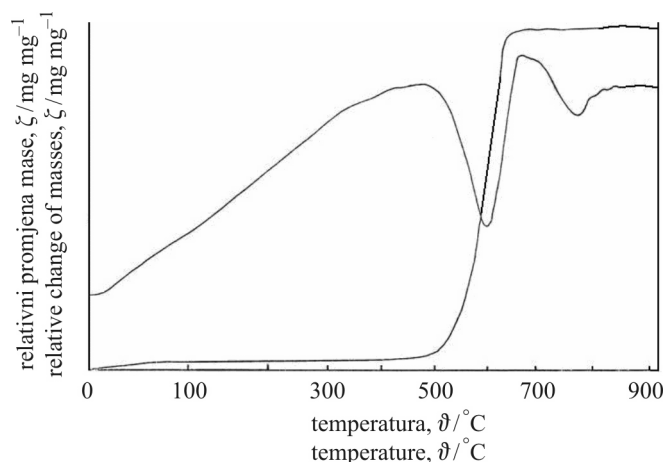
Tablica 2 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 600 °C tijekom 4 h i hidratacije u spiralnom klasifikatoru

Table 2 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 600 °C during 4 h.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	47,17	7,11	1,70	44,10
laka komponenta light component	11,64	54,87	4,05	0,75	39,60
teška komponenta heavy component	75,61	45,62	7,24	1,98	45,08
mulj mud	12,75	46,31	9,32	1,57	42,43

Konačna separacija minerala žarenog i hidratiziranog koncentrata magnezitne rude provedena je na osnovi razlike u gustoći minerala u taložnom separatoru. Razdvajanje mineralnih faza odvija se uz gustoću suspenzije  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ , jer je ustanovljeno da najniža gustoća magnezitne rude tijekom žarenja iznosi  $\rho = 2,13 \text{ g cm}^{-3}$  (tablica 1).

Laku komponentu čine čestice manje gustoće koje plutaju na upotrebnoj suspenziji gustoće  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ , a tešku



Slika 3 – Rezultati diferencijalne termičke i termogravimetrijske analize koncentrata magnezitne rude

Fig. 3 – Results of DTA and TGA analysis of magnesite ore concentrate used

Tablica 3 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 700 °C tijekom 4 h i hidratacije u spiralnom klasifikatoru

Table 3 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 700 °C during 4 h.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	56,59	8,29	2,05	32,49
laka komponenta light component	45,72	62,81	4,13	0,51	32,30
teška komponenta heavy component	13,56	40,81	23,30	5,43	29,98
mulj mud	40,92	54,99	7,83	2,63	33,57

komponentu čine čestice koje tonu u suspenziji. Gustoća suspenzije ferosilicija u vodi određena je piknometrom.

U prvim ispitivanjima magnezit žaren tijekom 4 h pri temperaturi od 600, 700, 800, 900 i 1000 °C hidratiziran je u spiralnom klasifikatoru. Gustoća suspenzije u taložnom separatoru iznosi  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ . Rezultati su dani u tablicama 2 – 6.

Tablica 4 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 800 °C tijekom 4 h i hidratacije u spiralnom klasi-fikatoru

Table 4 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 800 °C during 4 h.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/ Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	61,53	8,73	2,15	27,04
laka komponenta light component	49,58	69,50	5,49	0,67	24,04
teška komponenta heavy component	10,60	41,24	25,16	7,37	25,83
mulj mud	39,82	56,93	8,39	2,63	31,13

Tablica 5 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 900 °C tijekom 4 h i hidratacije u spiralnom klasi-fikatoru

Table 5 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density of  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 900 °C during 4 h.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/ Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	66,59	11,09	1,70	20,27
laka komponenta light component	37,93	73,53	8,97	1,11	15,15
teška komponenta heavy component	12,14	72,32	8,52	2,43	16,67
mulj mud	59,93	62,20	12,60	1,83	22,90

Budući da uz ove uvjete eksperimenta nastaje velika količina mulja,  $w = 12,75 - 74,47 \%$ , koji sadrži u svom sastavu velik udjel  $w(\text{CaO}) = 7,83 - 12,50 \%$ , u daljnjem istraživa-

Tablica 6 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 1000 °C tijekom 4 h i hidratacije u spiralnom klasi-fikatoru

Table 6 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 1000 °C during 4 h.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/ Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	68,76	10,29	1,97	18,00
laka komponenta light component	7,80	74,98	13,98	1,11	9,41
teška komponenta heavy component	17,72	86,24	1,86	4,65	6,98
mulj mud	74,47	66,97	9,32	1,43	21,53

Tablica 7 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 700 °C tijekom 4 h i hidratacije potapanjem

Table 7 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 700 °C during 4 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/ Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	58,89	7,40	1,29	31,68
laka komponenta light component	66,05	65,51	3,53	0,60	30,08
teška komponenta heavy component	33,30	47,96	13,99	2,58	34,87
mulj mud	0,58	40,72	20,97	6,36	31,70

nju je hidratacija obavljena potapanjem uzoraka u vodu, a temperature žarenja bile su: 700, 1000 i 1200 °C. Rezultati su prikazani u tablicama 7 – 9.

Tablica 8 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 1000 °C tijekom 4 h i hidratacije potapanjem

Table 8 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 1000 °C during 4 h with subsequent immersion hydration.

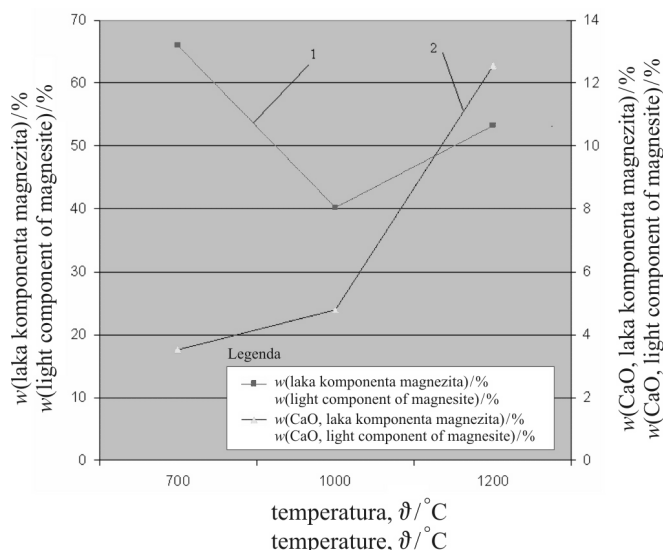
Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	70,75	9,98	2,33	16,35
laka komponenta light component	40,22	77,63	4,78	1,12	15,93
teška komponenta heavy component	31,63	86,80	3,40	4,72	4,78
mulj mud	28,15	43,25	24,82	1,38	29,95

Tablica 9 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 1200 °C tijekom 4 h i hidratacije potapanjem

Table 9 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 1200 °C during 4 h with subsequent immersion hydration.

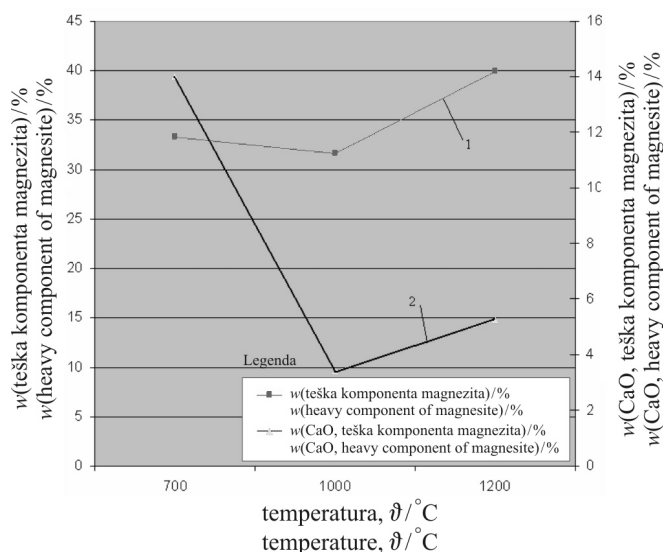
Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	81,13	10,91	2,31	5,52
laka komponenta light component	53,22	80,08	12,55	1,16	5,92
teška komponenta heavy component	39,93	88,79	5,26	3,92	2,13
mulj mud	6,86	44,59	31,03	1,82	22,21

Usporedbom rezultata kemijske analize materijala nakon hidratacije u spiralnom klasifikatoru i hidratacije potapanjem uočena je prednost hidratacije potapanjem, te je u



Slika 4a – Rezultati ispitivanja lake komponente obrađenog koncentrata magnezitne rude u ovisnosti o temperaturi žarenja u trajanju od 4 h

Fig. 4a – Chemical composition test results of light component of magnesite ore calcined 4 h



Slika 4b – Rezultati ispitivanja teške komponente obrađenog koncentrata magnezitne rude u ovisnosti o temperaturi žarenja u trajanju od 4 h

Fig. 4b – Chemical composition test results of heavy component of magnesite ore calcined 4 h

daljnem istraživanju vrijeme žarenja produljeno na 6 h, a materijal je hidratiziran potapanjem. Rezultati su prikazani u tablicama 10 – 14.

Tablica 10 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 600 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem

Table 10 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 600 °C during 6 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	48,92	7,85	1,08	41,77
laka komponenta light component	41,96	60,12	2,73	0,75	36,36
teška komponenta heavy component	57,70	40,81	9,55	1,26	46,75
mulj mud	0,34	44,91	11,94	8,27	35,06

Tablica 11 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 700 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem

Table 11 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 700 °C during 6 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	60,05	6,64	1,31	30,43
laka komponenta light component	72,04	65,37	3,54	0,30	30,42
teška komponenta heavy component	26,27	40,27	22,54	6,30	30,70
mulj mud	1,69	44,48	18,67	2,27	33,90

## Rasprava

Koncentrat magnezitne rude dobiven postupcima mehaničke separacije u rudniku "Strezovce" i dalje u svom sastavu sadrži previše primjesa minerala kalcija i silicija, te iz njega nije moguće dobiti visokokvalitetan vatrostalni materijal na osnovi magnezijevog oksida. Stoga su u ovom radu istražena svojstva rudnog koncentrata promjera čestica  $d = -25 + 0,5 \text{ mm}$ , posebice mogućnosti djelomične

Tablica 12 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 800 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem

Table 12 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 800 °C during 6 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	61,21	7,18	1,91	29,10
laka komponenta light component	19,59	61,30	9,64	0,79	27,94
teška komponenta heavy component	65,63	63,87	3,84	2,33	29,19
mulj mud	14,78	49,28	18,74	1,57	30,27

Tablica 13 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 900 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem

Table 13 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 900 °C during 6 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	w(MgCO <sub>3</sub> ) %	w(MgO) %	w(CaO) %	w(SiO <sub>2</sub> ) %	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
ulaz inlet	100,00	68,74	10,19	1,37	18,22
laka komponenta light component	29,29	72,71	14,92	0,75	10,83
teška komponenta heavy component	32,31	87,94	2,73	2,82	6,09
mulj mud	23,62	50,11	23,09	2,36	24,00

razgradnje karbonatnih minerala tijekom termičke obrade pri nizu temperatura.

Mineraloško ispitivanje pokazuje prisutnost minerala magnezita (MgCO<sub>3</sub>), dolomita (MgCO<sub>3</sub> · CaCO<sub>3</sub>) i kvarca (SiO<sub>2</sub>), (slika 2), dok analize DTA i TGA jasno pokazuju da se razlaganje MgCO<sub>3</sub> odvija u području temperatura 650 – 700 °C (slika 3).

Tablica 14 – Rezultati kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 1000 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem

Table 14 – Result of chemical analysis of inlet material, mud, light and heavy component obtained from settling separator (heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ ). Soaking of magnesite ore at 600 °C during 6 h with subsequent immersion hydration.

Sastav materijala Composition of material	$w(\text{MgCO}_3)$	$w(\text{MgO})$	$w(\text{CaO})$	$w(\text{SiO}_2)$	Gubitak žarenjem/% Ignition loss/%
	%	%	%	%	
ulaz	100,00	72,05	12,83	1,79	12,34
inlet					
laka komponenta light component	44,07	72,71	14,92	0,75	10,80
teška komponenta heavy component	32,31	87,94	2,73	2,82	6,09
mulj mud	23,62	50,11	23,00	2,36	24,00

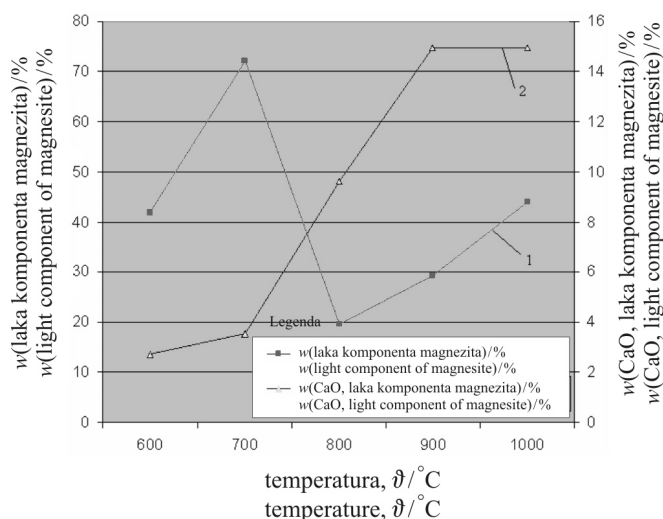
Žarena ruda je u daljnjem tijeku istraživanja hidratizirana vodom. Sam postupak hidratacije proveden je na dva načina. U početnim istraživanjima odžarena i ohlađena magnezitna ruda hidratizirana je u spiralnom klasifikatoru, no tijekom odvijanja tog procesa nastaje velika količina mulja, tj. sitnih čestica promjera manjeg od  $d = 0,5 \text{ mm}$ . Tolika količina sitne komponente nije prihvatljiva s ekonomskog gledišta, a niti svojstva na osnovi gustoće razdvojenih komponenata materijala nisu zadovoljavajuća (tablice 2 – 6). Uočeno je da s porastom temperature žarenja dolazi do porasta količine najsitnijih čestica, mulja, koji čine čestice promjera manjeg od  $d = 0,5 \text{ mm}$  i preljev iz klasifikatora.

Razdvajanje mineralnih faza odvija se uz gustoću suspenzije  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ , jer je ustanovljeno da najniža gustoća magnezitne rude tijekom žarenja iznosi  $\rho = 2,13 \text{ g cm}^{-3}$  (tablica 1). Laku komponentu čine čestice manje gustoće koje plutaju na upotrebnoj suspenziji gustoće  $\rho = 2,20 \text{ g cm}^{-3}$ , a tešku komponentu čine čestice koje tonu u suspenziji.

Budući da je postupak dinamičke hidratacije u spiralnom klasifikatoru nepogodan, hidratacija je provedena potapanjem u vodi uz omjer mase čvrste i kapljevite faze,  $\zeta_{\text{CK}} = 1:5$ .

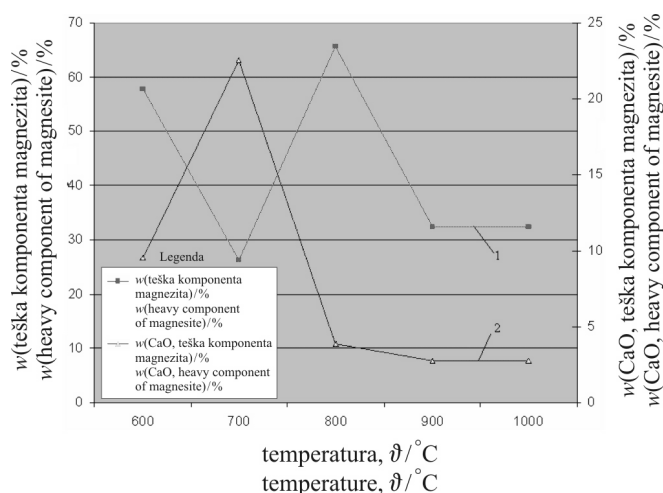
Preliminarni rezultati (prikazani u tablicama 7 – 9 i slikama 4a i 4b) kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 700 °C tijekom 4 h i hidratacije potapanjem jasno pokazuju da je udjel lake komponente magnezita na toj temperaturi najveći s  $w(\text{MgCO}_3) = 66,05 \%$ , smanjen je udjel primjesa kalcija  $w(\text{CaO}) = 3,53 \%$ , a posebice je uočljivo znatno smanjenje količine mulja.

Preliminarni rezultati (tablice 10 – 14 i slike 5a i 5b) prikazuju kemijske analize ulaznog materijala, lake i teške komponente te mulja nakon žarenja koncentrata magnezitne rude pri 700 °C tijekom 6 h i hidratacije potapanjem. Udjel lake komponente magnezita na toj temperaturi je najveći,  $w(\text{MgCO}_3) = 72,04 \%$ , a udjel primjesa kalcija je smanjen,  $w(\text{CaO}) = 3,54 \%$ .



Slika 5a – Rezultati ispitivanja lake komponente obrađenog koncentrata magnezitne rude u ovisnosti o temperaturi žarenja u trajanju od 6 h

Fig. 5a – Chemical composition test results of light component of magnesite ore calcined 6 h



Slika 5b – Rezultati ispitivanja teške komponente obrađenog koncentrata magnezitne rude u ovisnosti o temperaturi žarenja u trajanju od 6 h

Fig. 5b – Chemical composition test results of light component of magnesite ore calcined 6 h

Nadalje, izdvojena laka komponenta nakon žarenja na 700 °C i tijekom 4 h ima sljedeći kemijski sastav (tablica 10):  $w(\text{MgO}) = 65,51 \%$ ,  $w(\text{CaO}) = 3,53 \%$ ,  $w(\text{SiO}_2) = 0,60 \%$  i gubitak žarenjem od 30,08 %. Iz tako pripremljenog materijala može se proizvesti sintermagnezit s udjelom magnezijeva oksida,  $w(\text{MgO})$  od 93,69 %,  $w(\text{CaO}) = 5,06 \%$  i  $w(\text{SiO}_2) = 0,86 \%$ , a takav proizvod ima široku primjenu u industriji vatrostalnog materijala. Prednost hidratacije potapanjem vidljiva je i iz veće količine lake komponente koja se dobiva,  $w = 66,05 \%$ , prema svega  $w = 45,72 \%$  za hidrataciju u spiralnom klasifikatoru, pri istoj temperaturi žarenja od 700 °C.

U daljnjem je radu istražen utjecaj vremena žarenja na svojstva lake komponente, te je ustanovljeno (tablice 10 – 14) da se najbolji rezultati dobiju pri temperaturi žarenja od 700 °C tijekom 6 h. Izdvojena laka komponenta čini čak 72,04 % količine ulaznog materijala i sadrži:  $w(\text{MgO}) = 65,37\%$ ,  $w(\text{CaO}) = 3,54\%$ ,  $w(\text{SiO}_2) = 0,30\%$ , a gubitak žarenjem iznosi 30,42 %. Iz takvog je materijala moguće pripremiti sintermagnezit s udjelom  $w(\text{MgO}) = 94,50\%$ ,  $w(\text{CaO}) = 5,00\%$  i  $w(\text{SiO}_2) = 0,40\%$ , koji ima zadovoljavajuću primjenu u svim segmentima industrije vatrostalnih materijala.

## Zaključak

Na osnovi rezultata istraživanja glavni su čimbenici koji utječu na sastav procesne struje obogaćene magnezitom: temperatura i vrijeme žarenja, način hidratacije i gustoća suspenzije u taložnom separatoru.

Pri temperaturama žarenja od 600 – 700 °C i hidratacije potapanjem te kao komponenta koja pluta na fluidu gustoće  $2,20 \text{ g cm}^{-3}$  dobiva se proizvod sa smanjenim udjelom primjese minerala kalcija i silicija.

Žarenjem u trajanju od 6 h dobiva se još kvalitetniji proizvod s većim udjelom magnezijevog oksida, koji se može primijeniti u svim granama industrije vatrostalnog materijala.

Uzorci su žareni bez doticaja s plamenom i produktima gorjenja, te je daljnjim istraživanjem potrebno obuhvatiti utjecaj sagorjelih plinova, posebice  $\text{CO}_2$  na razgradnju karbonatnih minerala.

## Popis kratica i oznaka

### List of abbreviations and symbols

<i>M</i>	– $\text{MgCO}_3$ , magnezit – $\text{MgCO}_3$ , magnesite
<i>D</i>	– $(\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3)$ , dolomit – $(\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3)$ , dolomite
<i>Q</i>	– $\text{SiO}_2$ , kvarc – $\text{SiO}_2$ , quartz
$\rho$	– gustoća suspenzije, $\text{g cm}^{-3}$ – fluid density, $\text{g cm}^{-3}$
<i>d</i>	– promjer čestica, mm – particle diameter, mm

<i>m</i>	– masa, g, kg – mass, g, kg
<i>t</i>	– vrijeme, h, – time, h,
<i>w</i>	– maseni udjel, % – mass fraction, %
$\vartheta$	– temperatura, °C – temperature, °C
$\theta$	– Braggov kut, ° – Bragg angle, °
$\zeta$	– relativna promjena mase, $\text{mg mg}^{-1}$ – relative change of mass, $\text{mg mg}^{-1}$
$\zeta_{\text{Č/K}}$	– maseni omjer čvrste i kapljevite faze – solid to liquid mass ratio

## Literatura

### References

1. S. Hoda, Selektivna dekarbonizacija rude magnezita s povećanim sadržajem kalcijevog oksida, magistarski rad, Tehnološko-metalurški fakultet, Zagreb, 1983.
2. Č. Koič, Elaborat rezervi magnezita "Strezovci" Kamenica, **3** (2) (2007) 95–112.
3. K. Nibu, Y. Takamya, F. Kawano, Y. Oda, Development of high-quality sea water magnesia, 2<sup>nd</sup> International Conference on Refractories, Tokyo **2** (1998) 11–15.
4. Sh. Rashani, Termodinamika Inxhinjerike Kimike, FXM, Prishtinë, 2008., str. 112–158.
5. S. Hoda, Pastrimi i magnezitit nga mineralet e kalciumit me ndihmën e nitratit të magnezit, Punim doktorate, Fakulteti i Xehetarisë dhe Metalurgjisë, Prishtinë, 2008.
6. S. Hoda, I. Fejza, Sh. Rashani, S. Avdullahi, E. Hajra, Purification of harmful materials with  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  application – prevention of the pollution of environment, J. Int. Environmental Application & Science **3** (2) (2008) 80–90.
7. R. Vračar, V. Simonović, I. Ilija, D. Vučurović, Kinetika luženja kalcijuma iz dolomita rastvorom magneziumhlorida, Rud., geolog. i metal., Beograd **45** (1994) 8–9.
8. Ju. M. Butt, M. A. Vorobojeva, N. P. Kudjerova, Issledovanie vlijanija skorosti gidratcii okisi kalcija na disperznost polucaemogo gidrata, Sb. Tr. Mosk. Ins. Stroit. Inst. Im. V. V. Kuibysheva **19** (1998) 109–113.
9. M. Coppertwaite, N. H. Brett, Effects of Precipitation temperature on the Power Properties of  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  and Calcined  $\text{MgO}$ , J. Chem. Tech. Biotechnol. **34** (8) (1984) 407–415.



**SUMMARY****Enriching of Magnesite Ore Containing Dolomite***S. Hoda, S. Rashani, K. Berisha, and M. Shaqiri*

Minor mineral phases containing calcium and silica in magnesite ore are the main cause of detrimental properties of magnesia refractory materials prepared thereof. All stages of the production process aim to remove such unwanted mineral phases. While the removal of silica minerals is well documented, it is not so for the calcium containing minerals, especially when it is not possible to do so by mechanical separation processes only. In this work, the influence of duration and temperature of heat treatment and subsequent hydration of magnesia has been studied. The final product obtained is a light component from the settling separation utilizing dense water suspension of ferrosilica. The optimal process conditions were: 4 to 6 h soaking at temperature between 600 and 700 °C with subsequent hydration of partially calcined product by immersion in water and settling separation at heavy fluid density  $\rho = 2.20 \text{ g cm}^{-3}$ .

Furthermore, a positive influence of prolonged heat treatment on product quality as well as the optimal density of ferrosilica suspension has been obtained.

*Fakulteti i Xehetarisë dhe Metalurgjisë,  
Parku p.n Mitrovicë R.e Kosoves  
Le Universitetit nr 2, Prishtinë*

*Received November 10, 2008  
Accepted July 22, 2010*