

Józef GAWROŃSKI, Zbigniew KALANDYK

Instytut Odlewnictwa

ZASTOSOWANIE PIECA ELEKTRYCZNEGO ŁUKOWEGO
DO SYNTEZY MULITU

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań nad możliwością zastosowania pieca elektrycznego łukowego do syntezy mulitu przez stapianie technicznego tlenku glinu i zgaru glinowego z gliną kaolitową. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania metody na szerszą skalę.

1. Wstęp

Postępująca w ostatnich latach intensyfikacja procesów metalurgicznych, stosowanie coraz wyższych temperatur w urządzeniach cieplnych oraz rozwój nowych technologii, powoduje wzrost zapotrzebowania na materiały cechujące się nie tylko wysokimi własnościami wytrzymałościowymi, ale również odpornością na działanie wysokich temperatur. Do takich materiałów zalicza się glinokrzemian o wzorze chemicznym $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, zwany mulitem. Minerale mulit spotykany jest w przyrodzie raczej rzadko, a do znanych miejsc jego występowania należy wyspa Mull w Szkocji, skąd też pochodzi jego nazwa. Mulit posiada szereg zalet, z których najważniejszymi są: stabilność objętości w wysokich temperaturach, odporność na działanie ciekłych żużli i metali, odporność na działanie ściernące oraz odporność na wstrząsy cieplne. Ujemną cechą mulitu jest stosunkowo mała odporność na atmosfery redukcyjne, szczególnie wodoru.

Ze względu na jego własności, mulit znalazł szerokie zastosowanie w odlewnictwie do produkcji form dla odlewów precyzyjnych. Z uwagi na znikomą ilość mulitu w przyrodzie, opracowano szereg technologii jego syntezy. Opracowane dotychczas metody otrzymywania mulitu syntetycznego, wymagają odpowiedniego przygotowania materiałów wyjściowych oraz dużej ich czystości. Wpływa to w znacznym stopniu na podwyższenie kosztów produkcji mulitu. Ten stan stwarza konieczność prowadzenia dalszych badań nad doskonaleniem procesu produkcji mulitu syntetycznego.

2. Badania własne. Materiały do badań

Do badań nad syntezą mulitu użyto technicznego tlenku glinu, zgaru glinowego oraz gliny G₁-Jaroszw. Skład chemiczny materiałów wyjściowych zawiera tablica 1.

Tablica 1

Skład chemiczny materiałów wyjściowych na próbki topione w piecu łukowym

Lp.	Nazwa materiału	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Cu %	C %	F %	Zn %	Str. pr. %
1	Techniczny Al ₂ O ₃	99,0	0,49	0,05	-	0,05	0,03	-	-	-	-	-
2	Zgar glinowy	82,5	6,20	1,65	0,35	-	0,53	0,46	0,46	0,49	śląd	8,25
3	Gлина G ₁ -Jaroszw	37,0	47,2	1,15	0,11	0,10	0,71	-	-	-	-	13,10

Wszystkie materiały wyjściowe były suszone w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 353^oK w czasie 1 godziny. Po wysuszeniu mielono je w młynku młotkowym i przesiewano przez sito o prześwicie oczka 0,088 mm. Z materiałów wyjściowych sporządzono masy syntetyczne, mieszając je w odpowiednich proporcjach. Substraty mieszano w mieszarce laboratoryjnej na sucho, a następnie z dodatkiem wody. Z przygotowanych mas sporządzono próbki o średnicy \varnothing 50 mm na ubijaku laboratoryjnym. Próbki suszono w suszarce w temperaturze 378^oK w czasie 1 godziny. Skład chemiczny wykonanych próbek zawiera tablica 2.

Tablica 2

Skład chemiczny próbek topionych w piecu elektrycznym łukowym

Lp.	Materiał wyjściowy	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Na ₂ O %	CaO %	MgO %	Cu %	C %	F %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Gлина G ₁ + 60% Al ₂ O ₃	72,67	27,56	0,41	-	0,92	0,10			
2	30% zgar glinowy + G ₁	53,08	41,17	2,62	1,62	0,55	0,56	0,15	0,11	0,16
3	40% zgar glinowy + G ₁	58,39	36,23	2,48	1,39	0,47	0,48	0,20	0,15	0,21

cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	50% zgar glinowy + G ₁	63,71	31,44	2,36	1,16	0,40	0,40	0,25	0,19	0,26
5	60% zgar glinowy + G ₁	69,22	27,99	2,23	0,93	0,32	0,32	0,30	0,22	0,31

3. Opis stanowiska badawczego

Wykonane próbki topiono w piecu elektrycznym łukowym, w tyglach grafitowych. Tygle z próbkami ustawiono na dnie pieca, bezpośrednio pod elektrodami. W celu zapewnienia przewodności prądu elektrycznego między tyglami, dno pieca wysypano drobnym koksem. W ramach badań wykonano także wytopy miltu na skalę półtechniczną. Topienie wsadu prowadzono w piecu elektrycznym łukowym o działaniu bezpośrednim, o wyłożeniu grafitowym. Proces topienia prowadzono metodą "na blok" w czasie 4 godz. Stopiony wsad studzono z piecem, a następnie po wybicciu z pieca kruszono w łamaczu szczękowym. Rozdrobniony materiał mielono w młynie kulowym przez 24 godziny.

4. Przebieg badań

W pierwszym etapie badań określono wpływ czasu topienia na zawartość miltu w próbkach. Próbki topiono w piecu elektrycznym łukowym po czasie 2,4,6,8 i 10 minut. W celu określenia składu fazowego przetopu, rozmieszczenia składników strukturalnych oraz zawartości miltu w przetopie, stopiony produkt poddano badaniom rentgenowskim, mineralogicznym i analizie chemicznej. Badania rentgenowskie wykonano na dyfraktometrze TUR-M61. W badaniach zastosowano odfiltrowane promieniowanie $\text{CuK}\alpha$.

Napięcie prądu w czasie pomiarów wynosiło 35 kV a natężenie 12 mA. Prędkość kątowa goniometru wynosiła $1^\circ/\text{minutę}$, przy szybkości przesuwu taśmy w rejestratorze 2 cm/minutę. Badania mineralogiczne przeprowadzono na wybranych próbkach, zawierających stosunkowo dużo miltu. Zdjęcia mikrostruktur wybranych próbek wykonano aparatem Neofot-1 przy powiększeniu 500 x. Zawartość miltu w próbkach określano metodą opracowaną w IMO [5], polegającą na tym, że milt nie rozpuszcza się w zimnym kwasie fluorowodorowym, a pozostałe składniki jak: faza szklista, krystalalit i ewentualnie kwarc ulegają całkowitemu rozpuszczeniu. Próbki trawiono przez 15 minut w roztworze 40%-wego kwasu fluorowodorowego i 38%-wego kwasu solnego, zmieszanych w stosunku 1:1. Do oznaczenia miltu w próbce o ciężarze 0,5 g używano 30 ml roztworu.

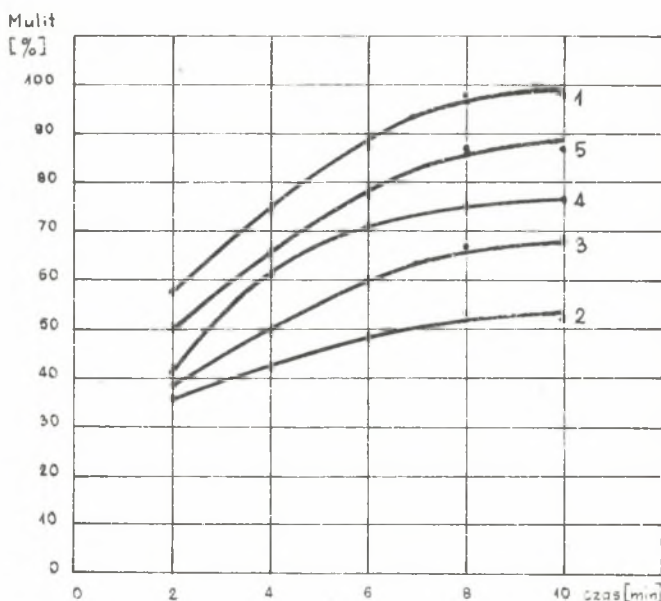
Przeprowadzono również badania nad możliwością zastosowania do syntezy miltu produktu odpadowego przy produkcji aluminium, jakim jest zgar gli-

nowy. Oprócz badań laboratoryjnych wykonano wytopy wsadów na skalę półtechniczną. Wsady sporządzono z mieszania gliny G_1 - Jaroszków z tlenkiem glinu oraz zgerem glinowym. Wytopy prowadzono w piecu elektrycznym żukowym o działaniu bezpośrednim, wyłożonym grafitem.

5. Wyniki badań

Przeprowadzono badania wpływu czasu topienia na zmiany zawartości mulitu w przetopie wykazały, że optymalny czas topienia próbek wynosi 10 minut. Na podstawie badań rentgenograficznych i analizy chemicznej stwierdzono, że próbki topione w tym czasie zawierały maksymalną ilość mulitu możliwą do uzyskania przy danym składzie chemicznym.

Wpływ czasu topienia na zmiany zawartości mulitu w próbkach przedstawia rys. 1. Wyniki analizy chemicznej badanych próbek zawiera tablica 3.



Rys. 1. Wpływ czasu topienia na zmiany ilości mulitu w próbkach:
 1 - 60% Al_2O_3 + 40% glina G_1 , 2 - 30% zgar glinowy + 70% glina G_1 , 3 -
 40% zgar glinowy + 60% glina G_1 , 4 - 50% zgar glinowy + 50% glina G_1 ,
 5 - 60% zgar glinowy + 40% glina G_1

Tablica 3

Wyniki analizy chemicznej badanych próbek

Lp.	Składniki masy	% ilości mulitu w próbkach po czasie:				
		(2/min)	(4/min)	(6/min)	(8/min)	(10/min)
1	Gлина G ₁ + 60% Al ₂ O ₃	55,3	76,5	86,7	93,4	94,2
2	30% zgar glin. + G ₁	35,5	42,1	49,3	42,9	53,6
3	40% zgar glinowy + G ₁	38,7	49,6	60,2	67,4	68,6
4	50% zgar glin. + G ₁	40,4	62,0	70,5	75,8	75,9
5	60% zgar glin. + G ₁	50,0	65,2	76,7	85,3	86,1

Analiza chemiczna mulitu syntetycznego, uzyskanego w wytopie na skalę półtechniczną wykazała niewielkie różnice w zawartości mulitu, pomiędzy mulitem syntetycznym, uzyskanym ze zgaru glinowego a mulitem z tlenku glinu. Zawartość mulitu w próbce ze zgarem była mniejsza o 8% od próbki z tlenkiem glinu. Wyniki analizy chemicznej mulitu syntetycznego zawiera tablica 4.

Tablica 4

Wyniki analizy chemicznej mulitu syntetycznego

Lp.	Składniki masy	Mulit (%)	Szkliwo (%)
1.	Gлина G ₁ + Al ₂ O ₃	93,9	6,1
2.	60% zgar glin. + G ₁	86,5	14,5

W celu ustalenia składu fazowego mulitu syntetycznego otrzymanego na skalę półtechniczną stosowaną metodą, wykonano badania rentgenowskie.

Wyniki tych badań wykazały, że główną fazą mulitu syntetycznego jest mulit o wzorze $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ z niewielkimi domieszkami trydymitu i krystalitu (tablica 5).

Badania mineralogiczne umożliwiły określenie rozłożenia faz strukturalnych oraz rodzaju kryształów mulitu, występującego w próbkach. Na podstawie wykonanych zdjęć stwierdzono, że mulit występujący w próbkach ma postać podłużnych igieł.

Wyniki badań rentgenograficznych próbki nr 1

Lp.	$2\theta^\circ$	$d(\text{Å})$	I	h,k,l	Mulit	α -kry- stobalit	γ -trydy- mit
1.	12,80	3,430	1	111			+
2	13,00	3,423	10	120	+		
3	17,60	2,540	7	111	+		
4	18,19	2,200	7	121	+		
5	20,48	2,196	9	211	+		
6	21,65	1,598	4	220	+		
7	26,26	1,597	7	041	+		
8	28,75	1,594	5	401		+	
9	30,65	1,403	4	520	+		
10	33,25	1,401	4	250	+		
11	34,10	1,379	3	151	+		
12	38,42	1,371	2	214			+

6. Analiza wyników

Na podstawie wykonanych badań rentgenowskich, mineralogicznych i analizy chemicznej należy sądzić, że zastosowanie gliny G₁-Jaroszków i technicznego tlenku glinu do syntezy mulitu dały pozytywne wyniki. Ilość mulitu jest tym większa im skład materiałów wyjściowych do jego syntezy jest bardziej zbliżony do składu równowagowego.

Przeprowadzone badania nad wprowadzeniem do masy wyjściowej zgaru glinowego zamiast technicznego tlenku glinu dały także pozytywne wyniki. Na podstawie badań chemicznych i rentgenograficznych stwierdzono bowiem, że zawartość mulitu w próbkach ze zgaru glinowym jest prawie równa ilości mulitu w próbkach z tlenkiem glinu. Sugeruje to twierdzenie, że mulit otrzymany z obu substratów i gliny kaolinowej niczym się od siebie nie różni. Przeprowadzone badania laboratoryjne i na skalę półtechniczną pozwalają sądzić, że zastosowanie zgaru glinowego i gliny G₁-Jaroszków da pozytywne wyniki w procesie produkcji mulitu syntetycznego na skalę przemysłową, przy czym zastosowanie zgaru glinowego, będącego produktem odpadowym, wydatnie obniży koszt produkcji mulitu.

7. Wnioski

Zastosowanie pieca elektrycznego łukowego do produkcji mulitu syntetycznego na skalę półtechniczną daje pozytywne wyniki.

Gлина G₁ - Jarosów oraz techniczny tlenek glinu nadają się do sporządzenia materiału wsadowego do syntezy mullitu metodą topienia.

Zastąpienie tlenu glinu zgarem glinowym daje pozytywne wyniki mullyzacji, a także pozwoli na osiągnięcie znacznych efektów ekonomicznych, dzięki niższej cenie tego odpadu przemysłowego.

LITERATURA

- [1] W. Sakwa, -T. Wachelko - Teoria i praktyka technologii materiałów formierskich, Wydawnictwo "Śląsk", Katowice, 1971.
- [2] W.M. Groszewska i inni - Sinteticheskij mullit i materiały na jewo osnowie, Tiechnika, Kijew, 1971.
- [3] N.M. Gołdina i inni - Ognieupory 3, 1967, 21.
- [4] W.M. Groszewska - Ognieupory 9, 1967, 55.
- [5] M. Grylicki - Sprawozdanie IMO 472- B-392, 62, 1962.
- [6] J. Gawroński, Z. Kalandyk - Zeszyty Naukowe Pol, Śl., Mechanika 50, 1973, 13.
- [7] J. Gawroński, Z. Kalandyk - Materiały na Zebranie Sprawozdawcze Komitetu Hutnictwa PAN, Krynica, 1971, 9.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ СИНТЕЗА МУЛЛИТА

Резюме

В статье даны результаты исследований использования электрической дуговой печи для синтеза мullита путём плавления смеси технической окиси алюминия и остатка после плавления алюминия с каолиновой глиной. Полученные результаты позволяют рассчитывать на возможности применения этого метода в более широком масштабе.

THE APPLICATION OF ARC FURNACE FOR THE WINNING OF SYNTHETIC MULLITE

Summary

The article presents some of the investigation results concerning the possibility of obtaining synthetic mullite by means of fusing in the arc furnace a mixture of technical aluminium oxide with kaolinite clay. The obtained results signify the possibility of applying this method in large.