ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 54 Nr kol. 438

Zbigniew Kalandyk
Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

WYKORZYSTANIE ZGARU GLINOWEGO DO SYNTEZY MULITU DLA ODLEWNICTWA PRECYZYJNEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące możliwości zastosowania zgaru glinowego do syntezy mulitu metodą topienia w piecu elektrycznym łukowym. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania tego materiału do syntezy mulitu na szerszą skalę.

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zapotrzebowania na materiały charakteryzujące się nie tylko wysokimi własnościami wytrzymałościowymi, ale również odpornymi na działanie wysokich temperatur. Do takich materiałów zaliczany jest mulit, otrzymywany przez stapianie mieszanin glin ogniotrwałych z tlenkiem glinu. Mulit otrzymywany z tych materiałów jest produktem drogim ze względu na wysoką cenę tlenku glinu, którego udział procentowy w mulicie jest znaczny. W celu obniżenia ceny mulitu zastosowano do jego syntezy zgar glinowy, który jest materiałem odpadowym, otrzymywanym przy produkcji aluminium ze złomu [1-8]. Zgar ten charakteryzuje się wysoką zawartością tlenku glinu oraz nieznacznymi domieszkami tlenków żelaza, tytanu i magnezu. Wysoka zawartość tego tlenku oraz niska cena zgaru, przemawiają za jego wykorzystaniem do syntezy mulitu.

Badania własne

Materiał do badań

Do syntezy mulitu używano gliny G_1 - Jaroszów oraz zgaru glinowego. Skład chemiczny materiałów wyjściowych zawiera tablica 1.

Materiały wyjściowe suszono w suszarce w temperaturze 383°K w czasie 2 godzin, a następnie rozdrobniono w młynie młotkowym. Z materiałów tych sporządzono masy syntetyczne, mieszając je w odpowiednich proporcjach z dodatkiem wody w mieszarce laboratoryjnej. Z przygotowanych mas wykonano brykiety o wymiarach 100 x 100 x 100 mm, które następnie suszono w temperaturze 383°K w czasie 5 godzin. Skład chemiczny przygotowanych próbek zawiera tablica 2.

Tablica 1

Skład chemiczny materiałów wyjściowych na próbki topione w piecu łukowym

Lp.	Nazwa materiału	Al_2O_3 %	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	TiO_2 %	CaO %	MgO %	Cu %	C %	F %	Zn %	Str. pr.%
1	Zgar glinowy	82,5	6,20	1,65	0,35	-	0,53	0,46	0,46	0,49	ślad	8,25
2	Glina G_1 - Jaroszów	37,0	47,2	1,15	0,11	0,10	0,71	-	-	-	-	13,10

Tablica 2

Skład chemiczny próbek topionych w piecu elektrycznym łukowym

Lp.	Materiał	Al_2O_3 %	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	Na_2O %	CaO %	MgO %	Cu %	C %	F %
1	30% zgar glinowy + G_1	53,08	41,17	2,62	1,62	0,55	0,56	0,15	0,11	0,16
2	40% zgar glinowy + G_1	58,39	36,23	2,48	1,39	0,47	0,48	0,20	0,15	0,21
3	50% zgar glinowy + G_1	63,71	31,44	2,36	1,16	0,40	0,40	0,25	0,19	0,26
4	60% zgar glinowy + G_1	69,22	27,99	2,23	0,93	0,32	0,32	0,30	0,22	0,31

r r z e b i e g b a d a ń

Badania obejmowały wykonanie wytopów mulitu, identyfikację chemiczną oraz określenie własności fizycznych i technologicznych mulitu syntetycznego, uzyskanego ze zgaru glinowego i gliny G_1 - Jaroszów. Topienie wsadu prowadzono w piecu elektrycznym łukowym o działaniu bezpośrednim, wyłożonym masą grafitową. Proces topienia prowadzono metodą "na blok" w czasie 4 godzin. Stopiony wsad studzono z piecem, a następnie po wybiciu z pieca kruszono w łamaczu szczękowym. Rozdrobniony materiał mielono w młynie kulowym przez 24 godziny.

Zawartość mulitu w próbkach określono metodą opracowaną w IMO [5], [6]. Badania własności fizycznych mulitu obejmowały pomiary ogniotrwałości zwykłej, przewodności cieplnej oraz gęstości. W dalszej kolejności wykonano analizy ziarnowe oraz pomiary powierzchni właściwej. Na podstawie wyników analizy ziarnowej określono współczynnik kształtu ziarn. Ogniotrwałość mulitu oznaczono zgodnie z BN-69/4024-25.

Pomiary przewodności cieplnej mulitu przeprowadzono na aparacie firmy Feutron Fabrik Elektro-Phisikal Gerate Karls Weiss K.G. Greiz Thur. Zasada pomiaru oparta jest na stacjonarnym przepływie ciepła przez próbkę. Pomiar przeprowadzono w zakresie temperatur 293÷308°K.

Pomiary gęstości mulitu wykonano metodą piknometryczną, używając wody destylowanej. Oznaczenie składu ziarnowego wykonano wg normy PN-56/C-04501. Skład ziarnowy dla frakcji poniżej 0,056 mm określono za pomocą separatora powietrznego marki Fritsch.
Dla porównania wykonano te same badania na mulicie grade 100 typ I importowanym z Wielkiej Brytanii.

Badania technologiczne przeprowadzono w celu określenia przydatności mulitu syntetycznego, otrzymanego przez stapianie mieszaniny gliny G1 Jaroszów i zgaru glinowego w piecu łukowym. W tym celu wykonano pomiary skurczu liniowego i rozszerzalności cieplnej oraz badania wytrzymałościowe. Dla porównania wykonano podobne badania na mulicie importowanym z Wielkiej Brytanii grade 100 typ I.
Ponadto przeprowadzono próby technologiczne form wykonanych z mulitu syntetycznego na zhydrolizowanym krzemianie etylu.

Oznaczenie skurczu liniowego wykonano na próbkach w kształcie belek, na których odwzorowano znaki w postaci krzyżyka z matrycy metalowej. Odległość między kolejnymi znakami wynosiła 150±1 mm. Jako spoiwa do sporządzenia masy używano zhydrolizowanego krzemianu etylu produkcji firmy Monsanto Chemicals Ltd., importowanego z Wielkiej Brytanii. Pomiary skurczu liniowego wykonano na próbkach wyjętych z matrycy bezpośrednio po zaformowaniu, po wstępnym wypaleniu oraz po wyżarzeniu.
Oznaczenie rozszerzalności cieplnej mulitu prowadzono przy pomocy dylatometru firmy Netzsch. Dla porównania wykonano również oznaczenie rozszerzalności cieplnej mulitu angielskiego grade 100 typ I.

Badania wytrzymałości na ściskanie prowadzono na próbkach walcowych o średnicy 50 ± 0,8 mm. Do oznaczeń wytrzymałości masy na zginanie stosowano próbki podłużne o przekroju 22,36 x 22,36 x 172 mm, natomiast badania wytrzymałości na rozciąganie - na próbkach ósemkowych. Do badań wytrzymałościowych wykonano dwie serie próbek: jedną na spoiwie o pełnej wytrzymałości, a drugą na spoiwie tzw. słabym, przy stosunku ciężarowym materiału ceramicznego do spoiwa 3,2:1. Próbki po wypaleniu i wyżarzeniu badano przy pomocy uniwersalnego aparatu do badań wytrzymałościowych mas formierskich. Próby technologiczne przeprowadzono na formach, wykonanych wg technologii Shawa z mulitu syntetycznego na bazie zgaru glinowego.
Masę sporządzono przy stosunku materiału ceramicznego do spoiwa 3:1. Formy po wyjęciu modeli suszono w temperaturze 573°K przez 4 godz., a następnie wyżarzono w temperaturze 1073°K przez 1 godzinę. Formy zalewane były staliwem oraz żeliwem stopowym. Temperatura zalewania form dla staliwa wynosiła 1773°K, natomiast dla żeliwa stopowego 1973°K. Temperaturę metalu mierzono za pomocą termopary NiCr-Ni.

W y n i k i i a n a l i z a w y n i k ó w b a d a ń

Wyniki analizy chemicznej mulitu syntetycznego uzyskanego podczas wytopów oraz mulitu angielskiego zawiera tablica 3.

Tablica 3

Wyniki analizy chemicznej mulitu syntetycznego i angielskiego

Lp.	Składniki masy	Mulit %	Szkliwo %
1	Mulit angielski	89,0	11,0
2	Mulit syntetyczny	86,5	14,5

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 angielskim. Zawartość mulitu w próbce ze zgarem była mniejsza o 3% od próbki mulitu angielskiego.

Wyniki badań własności fizycznych mulitu syntetycznego ze zgaru glinowego i mulitu angielskiego grade 100 typ I zawiera tablica 4.

Tablica 4

Porównanie własności mulitu syntetycznego otrzymanego ze zgaru glinowego z mulitem angielskim

Własności fizyczne mulitu	Mulit syntetyczny	Mulit angielski
Ogniotrwałość zwykła [Sp]	185/187	185/190
Gęstość [kg/m^3]	3520	3320
Przewodność cieplna [w/m.deg]	0,756	0,756
Liczba ziarnistości [Lz]	130	133
Powierzchnia właściwa Sw [m^2/kg]	19270	20040

Badania ogniotrwałości zwykłej mulitu miały na celu określenie jego odporności na działanie wysokich temperatur. Dla porównania określono ogniotrwałość zwykłą również dla mulitu angielskiego grade 100 typ I. Badania wykazały, że mulit syntetyczny uzyskany ze zgaru glinowego i gliny G1 Jaroszów ma ogniotrwałość zwykłą zbliżoną do mulitu angielskiego.

Gęstość mulitu syntetycznego jest nieco wyższa od mulitu angielskiego. Związane jest to z wyższą temperaturą syntezy mulitu, jaką uzyskano podczas stapiania wsadu w piecu łukowym. Również przewodności cieplne obu rodzajów mulitu wykazują nieznaczne różnice. Sugeruje to, że mulit na bazie zgaru glinowego pod względem tych własności w niczym nie ustępuje angielskiemu.

O przydatności mulitu do wykonywania form precyzyjnych w dużej mierze decyduje wielkość ziarna. W tym celu wykonano badania składu ziarnowego mulitu na bazie zgaru glinowego, rozdrobnionego w młynie kulowym i strumieniowym. Wyniki analizy sitowej podano w tablicy 5.

Tablica 5

Wyniki analizy sitowej mulitu syntetycznego i angielskiego

Rodzaj mulitu	Udział procentowy frakcji ziarnowych (mm)									
	0,85	0,60	0,42	0,30	0,21	0,15	0,105	0,075	0,056	R
Mulit badany	-	-	-	0,2	0,2	1,8	6,3	5,1	10,8	75,6
Mulit angielski	-	-	-	-	0,15	0,15	0,9	3,5	8,5	84,8

Wyniki analizy ziarnowej frakcji poniżej 0,056 mm zawiera tablica 6.

Tablica 6

Wyniki analizy ziarnowej mulitu
wykonanej na separatorze powietrznym marki Fritsch

Wielkość ziarn	Udział procentowy ziarn	
	Mulit badany	Mulit angielski
10	2,5	1,5
20	24,5	21,0
30	14,5	33,1
40	21,0	10,5
50	12,5	8,7
pow. 50	25,0	15,2

Na podstawie uzyskanych wyników badań ziarnistości mulitu syntetycznego i angielskiego, można stwierdzić, że różnice między udziałami procentowymi poszczególnych frakcji dla obu rodzajów mulitu są niewielkie. Wskazuje to, że mulit syntetyczny można będzie stosować w odlewnictwie do wykonania form precyzyjnych.

Wykonane obliczenia liczb ziarnowych obu rodzajów mulitu wykazały, że mulit angielski charakteryzuje się nieco większą wartością liczby ziarnowej od liczby ziarnowej mulitu syntetycznego. Podobnie niewielkie różnice stwierdzono pomiędzy powierzchnią właściwą obu rodzajów mulitu. Dla mulitu angielskiego wartość tego współczynnika jest nieco większa. Wyniki pomiarów skurczu liniowego mulitu syntetycznego oraz mulitu angielskiego zawiera tablica 7.

Tablica 7

Wyniki pomiarów skurczu liniowego
mulitu syntetycznego i angielskiego

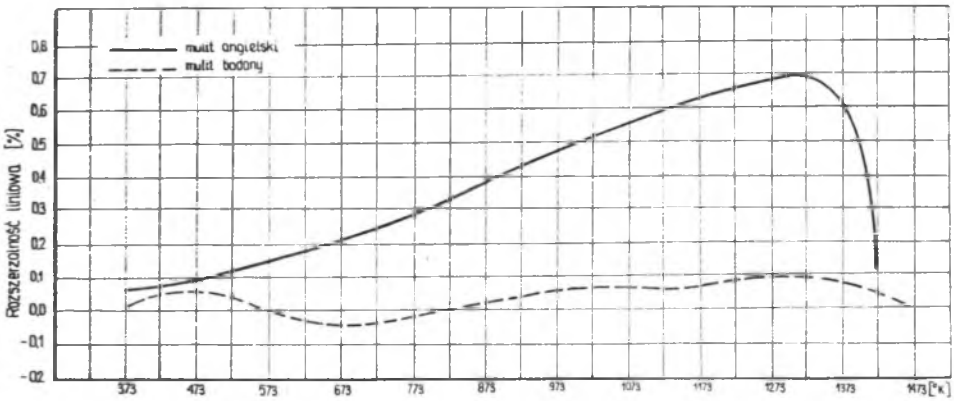
Rodzaj mulitu	Skurcz liniowy (%)				
	po zaformowaniu	Po wypaleniu		Po wyżarzeniu	
		S_o	S_1	S_o	S_1
Mulit badany	0,18	0,68	0,51	0,55	0,38
Mulit angielski	0,00	0,54	0,54	0,33	0,33

Oznaczenia w tablicy 7:

S_o - skurcz liniowy w stosunku do wymiaru na matrycy,

S_1 - skurcz liniowy w stosunku do wymiaru po zaformowaniu.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, różnice między pomiarami skurczu liniowego mulitu badanego i angielskiego są nieznaczne.



Rys. 1. Krzywe zmian rozszerzalności cieplnej mulitu angielskiego i syntetycznego

Krzywe zmiany rozszerzalności cieplnej obu rodzajów mulitu przedstawia rys. 1. Jak wynika z tego rysunku, krzywe rozszerzalności obu mulitów różnią się od siebie istotnie. Dla mulitu angielskiego obserwuje się wzrost rozszerzalności w zakresie temperatur 373-1373°K, a następnie gwałtowny skurcz. Mulit syntetyczny wykazuje natomiast, nieznaczne zmiany rozszerzalności w zakresie temperatur 373-1423°K. Powodem tak małej rozszerzalności cieplnej mulitu na bazie zgaru glinowego, jak się wydaje, jest wyższa temperatura jego syntezy. Wysoka stabilność cieplna przemawia za wy-

rzystaniem tego materiału w odlewnictwie precyzyjnym. wyniki badań wytrzymałościowych mulitu syntetycznego i angielskiego zawiera tablica 8.

Tablica 8

wyniki badań wytrzymałościowych
mulitu syntetycznego i angielskiego

Rodzaj mulitu	Spoiwo o pełnej wytrzymałości			Spoiwo tzw. słabe		
	Rm MN/m^2	Rg MN/m^2	Rc MN/m^2	Rm MN/m^2	Rg MN/m^2	Rc MN/m^2
Mulit badany	0,80	1,91	6,38	0,41	0,34	5,58
Mulit angielski	0,34	0,53	1,55	0,12	0,40	1,44

Jak wynika z tej tablicy mulit syntetyczny posiada prawie 4-krotnie większą wytrzymałość w porównaniu z angielskim. Stąd można stosować mniejszą ilość drogiego spoiwa, (zhydrolizowanego krzemianu etylu), co wpłynie na obniżenie kosztów wykonania formy.

Próby technologiczne wykazały, że formy wykonane z uzyskanego mulitu posiadają gładką powierzchnię wnęki i odznaczają się wysoką wytrzymałością oraz charakterystyczną dla masy Shawa siatką mikropęknięć, ułatwiającą przepuszczalność gazów podczas zalewania form metalem. Otrzymane po zalaniu form metalem odlewy, cechują się dokładnym odwzorowaniem wnęki formy oraz dużą dokładnością wymiarową. Powierzchnia odlewów jest gładka bez wżarć i przypaleń. Masa formierska przy wybijaniu łatwo odpala od odlewów.

Wnioski

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

Zgar glinowy w pełni nadaje się do wykorzystania w procesie syntezy mulitu dla potrzeb odlewnictwa precyzyjnego.

Zastosowanie zgaru glinowego do syntezy mulitu pozwoli na osiągnięcie znacznych efektów ekonomicznych, dzięki niższej cenie tego odpadu przemysłowego oraz przyczyni się do ochrony środowiska naturalnego przez likwidację tych odpadów.

Przeprowadzone badania własności fizycznych i próby technologiczne mulitu syntetycznego i angielskiego pozwalają na stwierdzenie, że mulit syntetyczny na bazie zgaru glinowego posiada własności zbliżone do angielskiego i może z powodzeniem zastąpić go nawet w przypadku produkcji skomplikowanych odlewów metodą wytapianych modeli.

LITERATURA

1. Sakwa W., Wachelko T.: Teoria i praktyka technologii materiałów formierskich. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1972.
2. Groszewa W.M. i inni: Sinteticzeskij mulit i materiały na jewo osnowie. Tiechnika, Kijew, 1971.
3. Gołdina N.M. i inni: Ognieupory 3, 1967, 21.
4. Groszewa W.M.: Ognieupory 9, 1967, 55.
5. Grylicki M.: Sprawozdanie IMO 472 B-392, 1962, 62.
6. Gawroński J., Kalandyk Z.: ZN Pol. Śl. Mechanika 50, 1973, 13.
7. Gawroński J., Kalandyk Z.: Materiały na Zebranie Sprawozdawcze Komitetu Hutnictwa PAN, - Krynica 1971, 9.
8. Kalandyk Z.: Praca doktorska, Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1974.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО УГАРА ДЛЯ СИНТЕЗА МУЛЛИТА ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ЛИТЬЯ

Р е з ю м е

В работе даются результаты исследований касающихся возможности применения алюминиевого угара для синтеза муллита методом плавления в электродуговой печи. Полученные результаты указывают на возможность использования этого материала для синтеза муллита в более широком масштабе.

THE UTILIZATION OF ALUMINIUM MELTING LOSS FOR THE SYNTHESIS OF MULLITE IN PRECISION CASTING

S u m m a r y

The results of investigations on the possibility of using aluminium melting loss for the synthesis of mullite by means of melting in an electric arc furnace have been presented. The obtained results point at the possibility of utilization of this material for the synthesis of mullite on a large scale.