

УДК 621.318.136

КЕРАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ СВАРОЧНЫХ АППАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ТРЕПЕЛА

А.А. ШЕВЧЕНОК

(Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск)

Исследовано влияние добавок природного и термообработанного трепела на плотность, микроструктуру и свойства образцов на основе технического глинозема. На основе проведенных исследований разработан электроизолирующий керамический материал для выпрямительных блоков источников питания сварочных аппаратов.

Введение. Надежность отдельных элементов и узлов сварных конструкций, а также всего изделия в целом во многом зависят от качества сварных соединений, их прочности. Последние в значительной степени определяются стабильностью работы сварочного оборудования, в том числе и используемых источников питания сварочной дуги. В качестве диэлектрических элементов выпрямительных блоков таких источников ранее использовался литевой полиамид и реактопласты. Однако эти материалы обладают рядом недостатков, существенно снижающих стабильность работы сварочного оборудования.

Термостойкость таких изолирующих элементов при сварке большими токами невелика. Они обладают значительной усадкой при длительном воздействии температуры, при этом происходит ухудшение электрического контакта. Попытки использования на предприятиях Беларуси фарфоровых и стеклокерамических изолирующих элементов не привели к положительным результатам. Сборка выпрямительных устройств связана с большими механическими нагрузками при стяжке изолирующих элементов с диодами и охлаждающими алюминиевыми пластинами в единый блок. В результате отмеченные выше материалы растрескивались уже на стадии сборки, поэтому ведущие фирмы Германии, Японии, Италии и США, производящие высокоточные источники питания, используют в выпрямительных блоках керамические изоляционные втулки.

В связи с этим целью данной работы была разработка относительно дешевого электроизоляционного материала на основе оксидной керамики из исходного технического ($GK_{ИСХ}$) и молотого глинозема ($GK_{МОЛ}$) с добавками природного и термообработанного трепела.

Результаты исследований и их обсуждение. С использованием данных рентгенофазового анализа изучены фазовый и количественный состав глинозема марки ГК, а также легирующих добавок природного трепела и синтезированного из него при $T = 950^\circ C$ волластонитсодержащего материала (табл. 1,2).

Добавки исходного и термообработанного трепела вводили в глинозем с целью снижения температуры спекания, а также для улучшения прочностных свойств. Поскольку между прочностью и плотностью керамических образцов имеется определенная корреляция, в качестве критерия качества полученных образцов была принята их плотность.

Таблица 1

Физико-химические характеристики исходного глинозема

Массовая доля, %				Потери массы при прокаливании, %, не более	Содержание α - Al_2O_3 , %	Насыпная плотность, ρ_n , г/см ³
Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Сумма Na_2O+K_2O в пересчете на N_2O			
99,5	0,12	0,06	0,3	0,2	95	0,89

Исследовано влияние давления статического прессования в жестких матрицах (до 700 МПа) и различных режимов термообработки в интервале температур 1250...1600 $^\circ C$ на плотность, микроструктуру и фазовый состав спеченных образцов. Анализ результатов прессования технического глинозема в исходном состоянии (средний размер частиц 10 мкм) и после помола до размера 1 - 3 мкм, а

также с добавками природного трепела показал, что лучше уплотняется материал в молотом состоянии. Добавки трепела улучшают технологические свойства исходного порошка, но плотность прессовки снижается. Это объясняется наличием в структуре трепела «легких» компонентов, таких как CaO, SiO₂ и др. При давлении 600 - 700 МПа у молотого глинозема можно достичь плотности 2,50 г/см³, что составляет 64 % от теоретической.

Таблица 2

Фазовый состав природного трепела в исходном и термообработанном состоянии

Фаза	Исходный		Термообработанный	
	кристаллографическая модификация	содержание, %	кристаллографическая модификация	содержание, %
CaCO ₃	Гексагональная	40,1	Гексагональная	2,8
SiO ₂	Гексагональная		Моноклинная	33,0
	Моноклинная	22,7	Гексагональная	16,1
KAlSi ₃ O ₈	Триклинная	6,7	Моноклинная	15,9
Al ₂ Si ₄ O ₁₀	Триклинная	5,9	Триклинная	5,5
CaO	Кубическая	2,5		
CaO ₂			Тетрагональная	3,5
CaSiO ₃	Моноклинная	1,0	Триклинная	19,3
Fe ₂ O ₃	Тетрагональная	0,5		
K ₂ O			Кубическая	0,5
KO ₃			Тетрагональная	3,4
α-K ₂ O	Гексагональная	0,5		

Результаты исследования влияния температуры спекания на абсолютную плотность образцов на основе молотого глинозема с добавками термообработанного трепела показали, что с ростом температуры спекания плотность образцов возрастала. На начальной стадии спекания до температуры 1450 °С более интенсивно процесс спекания происходил в образцах с добавкой 10 % трепела. Однако в дальнейшем с ростом температуры до 1600 °С скорость процесса спекания увеличивалась незначительно. В интервале температур 1450... 1600 °С плотность возрастала от 3,06 до 3,39 г/см³. В случае спекания молотого глинозема с добавкой 5 % трепела в интервале температур 1450...1600 °С абсолютная плотность образцов возрастала с 2,89 до 3,53 г/см³. Причём, с ростом температуры интенсивность процесса спекания была гораздо выше, чем в случае чистого глинозема и глинозема с добавкой 10 % трепела. При 1600 °С процесс спекания для образца с добавкой 5 % трепела практически завершился.

Концентрация добавки трепела влияет на абсолютную плотность образцов на основе молотого глинозема после спекания при 1550 °С следующим образом: наибольшей плотностью обладали спечённые образцы с содержанием 5 % термообработанного и исходного трепела, их плотность составляла 3,51 и 3,24 г/см³, соответственно.

Из приведенных фактов видно, что существует оптимальная концентрация добавки трепела, которая находится в пределах 5...10 %. Эти данные подтверждены также измерением усадки образцов после спекания.

Лучшие результаты после спекания при T = 1550 °С и изотермической выдержке 2 ч по плотности и прочностным свойствам показали материалы с добавкой до 10 масс. % природного трепела. Для исходного технического глинозема с добавкой 10 масс. % природного трепела повышение температуры спекания до 1550 °С приводило к росту плотности до 3,5...3,6 г/см³, усадка по диаметру составляла примерно 12 %. С ростом концентрации добавки природного трепела от 3 до 10 % мас. микротвердость спеченных при 1550 °С в течение 2 ч образцов на основе исходного глинозема возрастала от 9,86 до 17,0 ГПа, а коэффициент трещиностойкости K_{1C} - до 3 МПа·м^{1/2} (табл. 3).

Изучение микроструктуры изломов показало:

- глинозем без добавок, а также исходный глинозем с добавками трепела имеет интеркристаллитный излом, а молотый глинозем с добавками трепела - транскристаллитный излом;

- добавки 5...10 % трепела способствуют более полному протеканию процесса спекания по сравнению с добавкой 3 % термообработанного трепела;
- с ростом температуры от 1450 до 1600 °С размер кристаллитов возрастал до 3,8...4,6 мкм.
- оптимальная концентрация добавки трепела лежит в пределах 5...10 %.

Таблица 3

**Физические и механические свойства электроизолирующих материалов
на основе технического глинозема**

Состав материала	Микротвердость, ГПа	Коэффициент трещиностойкости, МПа·м ^{1/2}	Электрическая прочность, кВ/мм	Предел прочности при сжатии, МПа
Глинозем молотый	9,86	1,7	13	282
Глинозем молотый + + 5 % трепела	18,6	3	15	360

Выводы

1. Установлена оптимальная концентрация добавки трепела в технический глинозем, которая находится в пределах 5... 10 %.

2. В результате проведенных исследований разработан электроизоляционный материал, который наряду с относительной дешевизной имеет высокие электрофизические свойства и может применяться в ряде узлов различных приборов и электротехнических устройств.