

## ЭЛЕКТРОФАРФОРОВЫЕ МАССЫ НА ОСНОВЕ АЛГУЙСКОГО ТАЛЬКА

П. Г. УСОВ, Г. Н. ПОПОВА

(Представлена научным семинаром кафедры технологии силикатов)

Электроизоляционные керамические материалы, содержащие в своем шихтовом составе в качестве основного компонента тальк благодаря высоким механическим и диэлектрическим свойствам получают все большее применение в электро- и радиотехнике.

Среди всех видов тальковой керамики наибольшее распространение получили стеатитовые массы, содержащие в своем составе 60—80% талька и применяемые для изготовления как малогабаритных установочных деталей, так и крупных антенных изоляторов различной конфигурации. Исходным сырьем для производства этих изделий являются высококачественные тальки с добавкой пластичных огнеупорных глин и плавней.

Нами исследовались стеатитовые массы на основе маложелезистого талька недавно открытого Алгуйского месторождения. Целью исследования явилось изучение зависимости технологических и технических характеристик стеатитовых масс от вида и количества вводимых в их состав плавней. Одновременно ставилась задача выбора оптимальных составов, которые могли бы быть рекомендованы для производства стеатитовых электроизоляционных изделий. В качестве исходных материалов для синтеза опытных масс использовались следующие виды сырья: тальк Алгуйского месторождения, природный и обогащенный, глина Часов-ярская; обогащенный трехкратной магнитной сепарацией нефелин Горячегогорского месторождения Красноярского края и полевой шпат. Данные химического анализа исходных материалов приведены в табл. 1.

Алгуйский тальк вводился в состав масс в сыром виде, а также после предварительного обжига на температуру 1300—1320°. Сырой и обожженный тальк, а также полевой шпат и нефелин подвергались предварительному тонкому измельчению в шаровой мельнице до полного прохождения через сито 10000 отв/см<sup>2</sup>. Опытные массы готовились весовой дозировкой и перемешивались в присутствии воды в шаровой мельнице с кремневой галькой. Образцы формовались полусухим прессованием на ручном гидравлическом прессе при давлении 750 кг/см<sup>2</sup>. Все обжиговые характеристики и механическая прочность при сжатии определялись на образцах — цилиндриках с диаметром, равным высоте = 14,5 мм. Белизна определялась на дисках диаметром 2,5 см. Конфигурация и размеры образцов для электрических испытаний отвечали требованиям ГОСТ 5458—50 на материалы «керамические высокочастотные». Обжиг опытных образцов проведен в ла-

бораторной силитовой печи на температуры от 1100 до 1330°C с интервалом 50—20° и выдержкой при конечной температуре 2 часа. Все время обжига составляло 6—9 часов.

Таблица 1

Название материалов	Химический состав, в %										
	H <sub>2</sub> O	nnn	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
Тальк алгуйский, природный . .	0,20	4,18	68,00	—	0,78	0,02	0,39	26,97	—	—	100,54
Тальк алгуйский обогащенный	0,25	4,45	63,00	—	0,89	0,06	0,14	31,53	—	—	100,32
Глина Часов-ярская	2,46	6,80	50,76	1,16	32,38	1,11	0,84	0,63	8,27		96,14
Полевой шпат . . .	—	0,18	68,58	—	17,98	0,32	0,95	—		3,19	99,47
Нефелин горячегогорский	0,33	5,91	44,46	0,03	29,86	0,61	7,21	0,27	1,06	10,39	100,13

Было исследовано четыре серии опытных стеатитовых масс, состав которых приведен в табл. 2\*.

Таблица 2  
Шихтовой состав опытных масс, в весовых %

Исходные материалы	Номера масс		Массы 1 серии			Массы 2 серии			Массы 3 серии			Массы 4 серии	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	2а	5а
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	2а	5а
1. Тальк природный сырой			20	20	20	20	20	20	20	20	20	—	—
2. Тальк природный, обожженный на 1300—1320°			55	50	45	55	50	45	50	50	50	—	—
3. Тальк обогащенный сырой			—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	20
4. Тальк обогащенный, обожженный на 1300—1320°			—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50
5. Глина Часов-ярская			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
6. Полевой шпат			5	10	15	—	—	—	7,5	5,0	2,5	10	—
7. Нефелин			—	—	—	5	10	15	2,5	5,0	7,0	—	10

Массы первой серии (1, 2, 3) предназначались для изучения влияния содержания полевого шпата в них на их технологические свойства.

Массы второй серии (4, 5, 6), в которые в качестве плавней был введен нефелин в тех же количествах, что и полевой шпат в массы I серии, предназначались для исследования влияния этой замены на их свойства.

В массах третьей серии (7, 8, 9) был использован комбинированный плавень с различным соотношением полевого шпата и нефелина. Общее количество плавня в этих массах сохранялось одинаковым, равным 10%. Две последние массы 2а и 5а по составу соответствовали

\*) **Примечание:** При выборе ориентировочных составов опытных масс учтены результаты исследований стеатитовых масс на основе онотского талька с щелочно-земельными плавнями, проведенных ранее ГИЭКИ [1].

массам 2 и 5 с той лишь разницей, что алгуйский природный тальк, содержащий значительное количество кварца, был заменен в них тальком, обогащенным флотацией и почти полностью соответствующим по своему химическому составу (табл. 2) составу талькового минерала. Количество плавней в массах первой и второй серий варьировалось за счет количества обожженного талька. Тальк сырой и глина во все опытные массы вводились в одинаковых количествах. Керамические свойства исследуемых масс приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, все массы спекаются в интервале температур 1200—1300°C. Увеличение содержания полевого шпата в массах первой серии от 5 до 10% снижает температуру спекания с 40 до 50°, но увеличивает при этом усадку изделий при обжиге и несколько снижает их прочностные характеристики. Дальнейшее повышение количества полевого шпата в массах совершенно не целесообразно, так как не улучшая их технологических свойств, оно приводит к еще большему снижению прочности при сжатии образцов из этих масс, вызывая, очевидно, значительное увеличение количества стеклофазы. Из масс второй серии лучшие технологические характеристики зафиксированы у массы пятой с 10% нефелина. Интервал спекания ее достаточно широкий — 50°. Масса четвертая этой серии, имея очень узкий интервал спекания, при температуре 1280° не спекалась; при температуре 1300° образцы из нее деформировались. Увеличение содержания нефелина до 15% ухудшило обжиговые характеристики массы, сузив интервал спекания, снизив прочность при сжатии обожженных образцов и увеличив их усадку.

Частичная замена полевого шпата нефелином (массы 7, 8, 9) отрицательно сказалась на всех технологических характеристиках. Из трех масс этой серии при температуре 1280° спеклась лишь одна, девятая масса, с отношением полевого шпата к нефелину 1 : 3, но водопоглощение ее оставалось значительным — 0,051%, интервал спекания очень узкий, меньше 20°, прочность при сжатии спеченных образцов меньше 2000 кг/см<sup>2</sup>.

Массы 2а и 5а, содержащие обогащенный тальк, спекаются при более высокой температуре по сравнению с аналогичными массами второй и пятой с необогащенным тальком. Образцы из массы 2а имели значительно более высокую прочность по сравнению со второй массой; у массы 5а никаких преимуществ перед аналогичной ей массой 5 не зафиксировано. Недостатком обеих масс на основе обогащенного талька является очень узкий интервал спекания (около 20°), что затруднит работу с ними при производстве крупногабаритных изделий. Таким образом, из одиннадцати исследованных масс наиболее благоприятными технологическими характеристиками обладают массы 1, 2, 5. Учитывая, что у нас в стране есть опыт по обжигу стеатитовых изделий с узким (10—15°) интервалом спекания, к числу масс, выбранных для более детального исследования, решено отнести и массу 2а. Характер спекания четырех выбранных масс отражен на рисунках 1, 2. Как видно из рис. 1, усадка для всех масс имеет довольно близкие значения. Наибольшую усадку имеет масса с 10% полевого шпата, наименьшую — 10% нефелина. Для всех масс усадка продолжает нарастать даже и после значительного перегрева образцов (30—50°) относительно температуры спекания, что свидетельствует о продолжающемся уплотнении их. Это подтверждается и ростом объемного веса (рис. 2) с перегревом. Исключение составляет только масса 2а, у которой с перегревом выше температуры спекания на 30° наблюдается рост образцов и снижение объемного веса, хотя на водопоглощении это не отражается (рис. 2),

Таблица 3

## Сравнительная таблица керамических свойств опытных масс

Показатели свойств	1 серия		2 серия			3 серия			4 серия		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2а	5а
1. Температура спекания в °С . . . . .	1300	1250	1250	1280 не спеклась	1200	1200	1280 не спеклась	1280 не спеклась	1280	1300	1250
2. Водопоглощение, в % . . . . .	0,021	0,009	0,000	3,040	0,021	0,035	2,56	1,61	0,051	0,000	0,024
3. Объемный вес, г/см <sup>3</sup> . . . . .	2,28	2,31	2,33	2,23	2,24	2,28	2,20	2,22	2,21	2,34	2,32
3. Интервал спекания, °С . . . . .	40	50	50	<20	50	<30	<20	<20	20	<20	<20
5. Усадка по диаметру, % . . . . .	4,20	4,80	5,60	3,52	3,52	3,62	3,52	3,52	3,52	4,92	4,92
6. Усадка по высоте, в % . . . . .	5,55	7,05	7,36	4,86	4,92	6,25	4,86	4,82	4,30	6,05	6,8
7. Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	2310	1980	2160	2100	2357	2040	1870	1765	1870	3150	2140
8. Белизна . . . . .	91	91	90	90	91	90	90	90	90	90	90

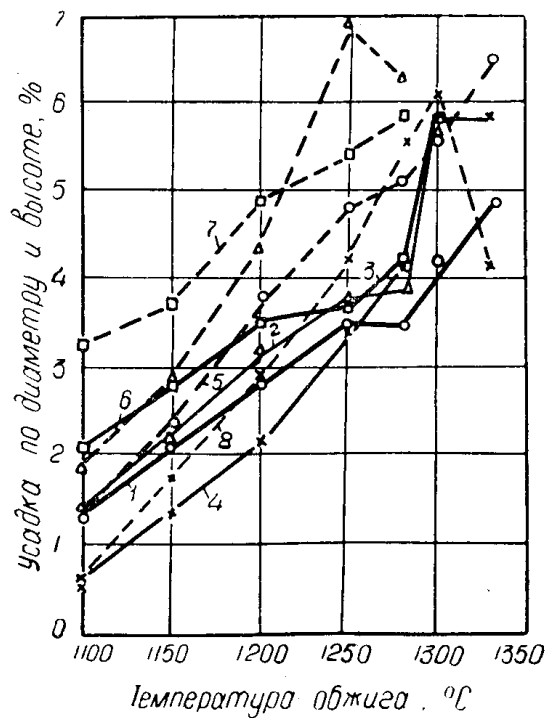


Рис. 1. Зависимость усадки опытных масс от температуры обжига 1—усадка по диаметру массы 1; 2—то же массы 2; 3—то же массы 5; 4—то же массы 2 а; 5—усадка по высоте массы 1; 6—то же массы 2; 7—то же массы 5; 8—то же массы 2 а.

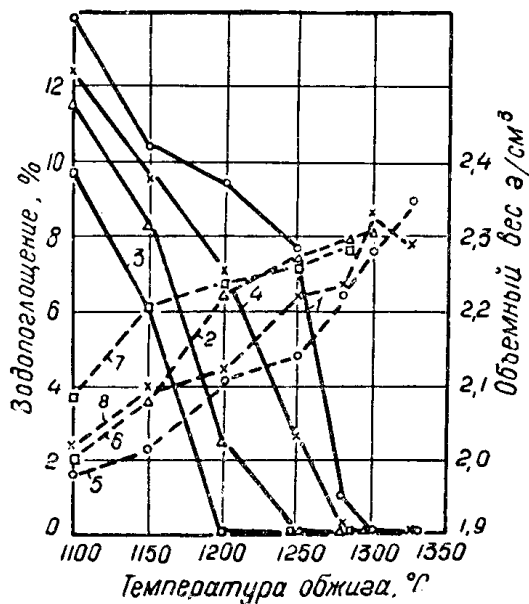


Рис. 2. Зависимость водопоглощения и объемного веса опытных масс от температуры обжига 1—водопоглощение массы 1; 2—то же массы 2; 3—то же массы 5; 4—то же массы 2 а; 5—объемный вес массы 1; 6—то же массы 2; 7—то же массы 5; 8—то же массы 2 а.

очевидно, благодаря значительному остекловыванию поверхности образцов. У массы 2 наблюдается лишь очень незначительное увеличение высоты при перегреве на  $50^\circ$  выше температуры спекания; по диаметру образцы уменьшаются; объемный вес возрастает. Под микроскопом в шлифах изучаемых керамических материалов фиксируется тонкозернистая масса, сложенная зернами метасиликата магния размером 1—2 микрона и стеклом. Суммарный показатель преломления этих агрегатов  $n_{\text{ср}} 1,603 \pm 0,005$ . Более крупные зерна силиката магния, размером 5—7 микрон имеют  $n_{\text{ср}} 1,656$ , что близко соответствует клиноэнстатиту. Встречаются зерна кварца, составляющие около 1%, и единичные зерна  $n 1,529$ , что приблизительно соответствует кордиериту. Поры изометричной, реже правильной формы, размером 0,01—0,05 мм составляют 3—5% всей площади шлифов. Диэлектрические свойства изучаемых материалов характеризуются следующими величинами: диэлектрическая проницаемость  $\epsilon 4,6—5,3$ ; тангенс угла диэлектрических потерь в нормальных условиях  $60—100 \cdot 10^4$ ; удельное объемное сопротивление  $10^{13}—10^{14}$  ом·см; электрическая прочность  $E 28—36 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}}$ .

### Выводы

1. Оптимальными массами для производства стеатитового электрофарфора на основе алгуйского талька со щелочным плавнем являются массы, содержащие в своем шихтовом составе 20% Часовярской глины; 20% сырого природного или обогащенного алгуйского талька; 50—55% алгуйского талька (природного или обогащенного), обожженного при температуре  $1300—1320^\circ$ ; 5—10% полевого шпата или 10% нефелина.

2. Указанные стеатитовые электроизоляционные массы значительно превосходят обычный электрофарфор по диэлектрическим свойствам, не уступая ему по прочности.

Следовательно, дешевый алгуйский тальк, очевидно, может заменить традиционное, зачастую дорогостоящее глиноземистое сырье в производстве электрофарфора и улучшить качество выпускаемой продукции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Аветиков, Г. В. Белинская, Э. И. Зинько. Исследование свойств пластичных стеатитовых масс для производства изоляторов. Труды Государственного исследовательского электрокерамического института, вып. 1, Госэнергоиздат, М—Л, 92—108, 1956.