

## 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 полевои 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 полевои 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. 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 небогащенным 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 \ Номера масс                      | 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    |

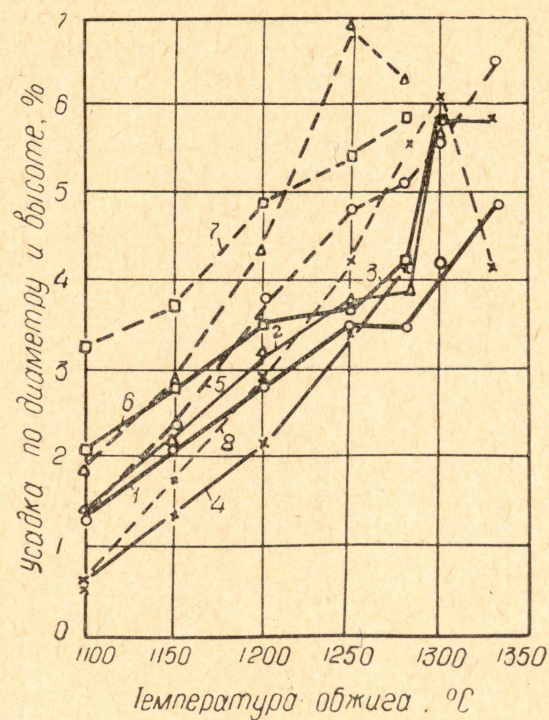


Рис. 1. Зависимость усадки опытных масс от температуры обжига 1—усадка по диаметру массы 1; 2—то же массы 2; 3—то же массы 5; 4—то же массы 2 а; 5—усадка по высоте массы 1; 6—то же массы 2; 7—то же массы 5; 8—то же массы 2 а.

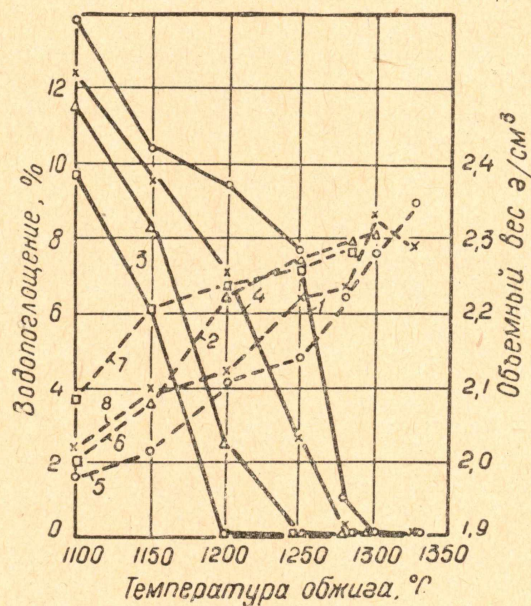


Рис. 2. Зависимость водопоглощения и объемного веса опытных масс от температуры обжига 1—водопоглощение массы 1; 2—то же массы 2; 3—то же массы 5; 4—то же массы 2 а; 5—объемный вес массы 1; 6—то же массы 2; 7—то же массы 5; 8—то же массы 2 а.

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.