

Электротехнический фарфор – разновидность твердого фарфора

Лекция 8



Классификация фарфоровых изоляторов

ГОСТ 20419–83. Материалы керамические электротехнические.
Классификация и технические требования

высоковольтные – свыше 500 В

По назначению

По конструкции: опорные, проходные, штыревые, изоляционные части и покрышки

используют для высоковольтных линий электропередач и высоковольтной аппаратуры

низковольтные – до 500 В

линейные и установочные
применяют для телефонных линий, для наружных и внутренних сетей низкого напряжения

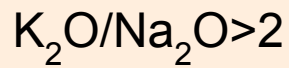
Виды электротехнического фарфора (ЭТФ):

1. кварц-полевошпатовый
2. кварцевый (повышенная прочность ЭТФ)
3. циркониевый ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$)
4. глиноземистый
5. сподуменовый ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$)
6. анортитовый $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
диопсидовый ($\text{CaSiO}_3 \cdot \text{MgSiO}_3$)



Сырьевые материалы для производства высоковольтного электрофарфора

полевые шпаты или пегматиты, кварц, каолин и огнеупорные глины



Кварцевый песок:

SiO_2 – не менее 98 %,
 Fe_2O_3 и TiO_2 – не более 0.15 %,
 $CaO + MgO$ – не более 0.2 %.

Кварц улучшает прочность
высоковольтного фарфора

основа массы:

50% глинистых материалов,
25% полевого шпата
и 25% кварца

Требования к глинам:

содержание Al_2O_3 – не менее 30 %,
красящих оксидов – не более 2.5 %.

Начало спекания 1100–1150 °C,
прочность полуфабриката в сухом состоянии
– не менее 80 кгс/см²

Требования к каолинам:

содержание Fe_2O_3 – не более 1.2 %,
 CaO – не более 0.8 %,

механическая прочность
высушенного каолина не менее 12 кгс/см².
Необходим безэлектролитный каолин

Помол: остаток на сите 10000 отв/см² не более 3–7%

Составы масс ЭТФ

Южноуральский Арматурно-Изоляторный Завод

компонент	мас. %
Белогорский полевой шпат (Асубулакское месторождение, Казахстан)	18.8–21.2–26.8
Глина веселовская ВТК (Веско, Прима, Экстра)	20
Каолин просяновский	12
Каолин кыштымский	12
Фарфоровый бой	5–16

Состав сподуменовой

керамики:

Сподумен –тройной оксид лития, алюминия и кремния $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

	М–2	М–7
Каолин	40	40,5
Глина	12	11
Кварц	28	28
Сподумен	12	20,5
Полевой шпат	8	–
Температура обжига, °С	1380	1350

Фазовый состав:
стеклофаза,
муллит,
кварц,
β–сподумен

Составы масс ЭТФ

"ВЗЭФ", г. Великие Луки

Масса для производства ЭТФ
МГ–120:
(глиноземистая масса)

компонент	мас.%
полево шпат Мамско-Чуйский (ПШК; Восточная Сибирь)	9.0
пегматит чупинский (КПШМ 0.2–2.0)	15–20
каолин кыштымский (КЭ–3)	5.0
каолин просяновский	10.0
глина дружковская (ДН–0)	24.0
глинозем ГК–1 (для керамического производства), ГЭФ	27.0
бой изделий МГ–120	5–10

фарфор

полевошпатовый:

кварц-

компонент	мас.%
пегматит чупинский	23–25
каолин просяновский КЭ–1 (КЭ–3)	18.0
каолин кыштымский	5.0
глина дружковская ДН–10	22.0
песок кварцевый по ГОСТ 22551–77	21–23
Бой МГ–120	9.0

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОИЗОЛЯТОРОВ



Слив шликера

Ситовая и магнитная очистка

Обезвоживание шликера (фильтр-пресс)

Промин и вакуумирование

Вытяжка массы из вакуум-пресса ($W=19,5 - 20$)

Подвялка заготовок снижение влажности на 2%

Формование изоляторов обточкой ($W=18\%$)

Сушка изделий

Парафинизация края изолятора

Глазурование

Подсушка

Обжиг $1280-1350^{\circ}\text{C}$

Обрезка изоляторов на станке СОИ-2

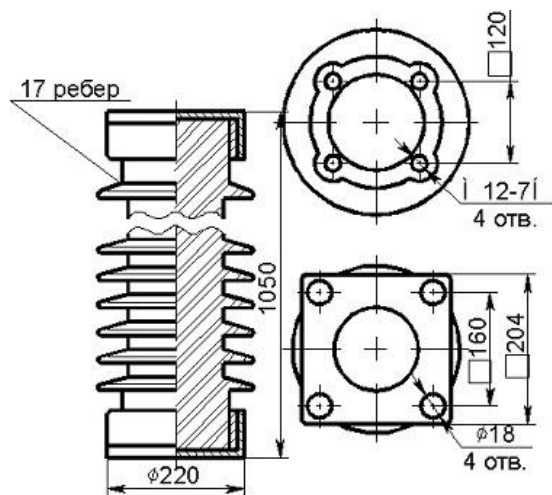
Контроль изоляторов ультразвуком

Армирование

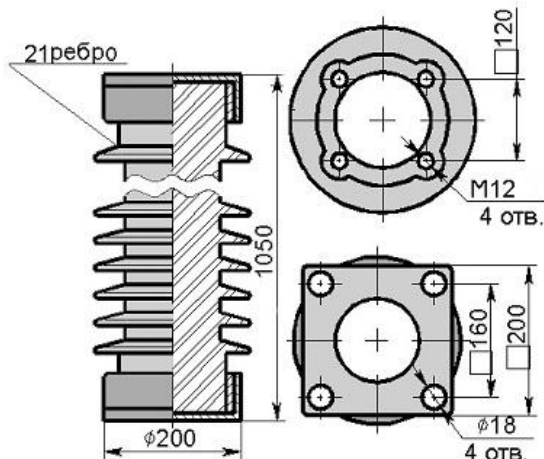


Обточка ребристых изоляторов

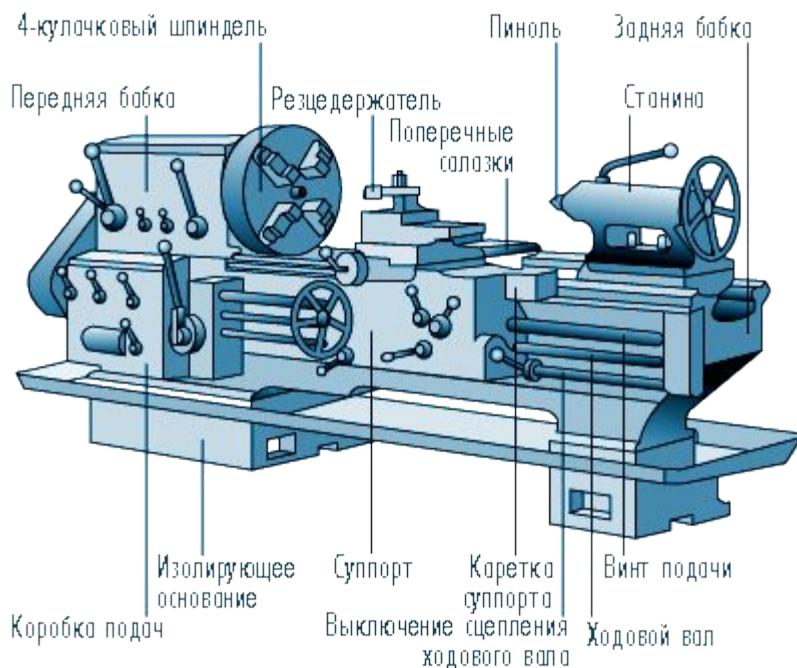
ИОС-110-600 м



ИОС 110-400, ИОС 110-400М



ИОС 110-400МУ - "ВОЛЬТА"



Глазури для ЭТФ и глазурование

В шихтовый состав коричневой глазури входят:
полевой шпат,
кварцевый песок,
бой,
доломит,
марганцевая и хромовая руда,
мельничные добавки: глина и каолин.
Для белых глазурей шихтовый состав не включает руд.

Свойства глазури: остаток на 0056 не более 0.03–0.05%.
Длительность помола 18–20 ч (3000 кг).

Технические требования

Свойство	
Предел прочности при растяжении, не менее, МПа Неглазурованные Глазурованные	30 35
Предел прочности при статическом изгибе, МПа Неглазурованные Глазурованные	60 70
Предел прочности при ударном изгибе, кДж/см ² , не менее	1.8
Предел прочности при сжатии, не менее, МПа (ГОСТ 20419–83)	450
Стойкость фарфора к термоударам, °С, не менее Неглазурованные Глазурованные	160 170
Водопоглощение, %	0
Открытая пористость	Отсутствие прокрашивания поры должны быть только закрытые, определяют в прокрашенной жидкости)

Технические требования

Удельное объемное сопротивление при постоянном токе, Ом·см, не менее при температуре: 20 °С 200 °С	10^{12} 10^8
Электрическая прочность при переменном токе промышленной частоты 50 Гц, кВ/мм, не менее	30
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц, не менее	0.03 или 0.025 (высоковольтный, но низкочастотный материал)
Диэлектрическая проницаемость ϵ при переменном токе промышленной частоты 50 Гц	5–7
ТКЛР в диапазон температур 20–100°С, К ⁻¹	$(3.5–5.5) \cdot 10^{-6}$

У готовых изделий определяют:

Пробивное напряжение, [кВ]

Выдерживаемое напряжение в сухом состоянии и под дождем

Выдерживаемое импульсное напряжение

Длина пути утечки тока, мм (не менее 265 для ШФ–10)

Нормированная механическая разрушающая сила при изгибе, не менее 130 кН.

Пути повышения качества высоковольтного фарфора

- Повышение дисперсности исходных сырьевых материалов
- Изменение минерального состава фарфора: введение $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, ZrSiO_4 , диопсида, добавок редкоземельных элементов
- Кристаллизация стеклофазы ЭТФ

Изменение фазового состава электротехнического фарфора

Вид фарфора	Фазовый состав, %			
	стекло	муллит	кварц	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
Производственный полевошпатовый (ЮУАИЗ)	55	26	19	-
Глиноземистый	43	27	18	12
Высококварцевый	55	20	25	-
Диопсидовый (5% к составу ЮУАИЗ сверх 100 %)	41.51	13.12	36.05	Анортит 9.32

Расчет фазового состава электротехнического фарфора по его химическому составу и температуре обжига

Заданный химический состав ЭТФ (содержание оксидов, мас.%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
72.02	21.83	0.55	0.42	0.89	0.38	2.81	1.20

Температура обжига ЭТФ заданного состава 1350 °С.

2.8 % K_2O идет на образование микроклина – $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.

K_2O	Al_2O_3	SiO_2	сумма
16.8 %	18.3 %	64.9 %	100 %

Для расчета содержания микроклина необходимо рассчитать, какое количество Al_2O_3 и SiO_2 свяжет 2.81 % K_2O . Расчет производится по пропорции:

$$16.8 - 18.3$$

$$2.81 - x$$

$$x = 3.06$$

K_2O	Al_2O_3	SiO_2	сумма
16.8 %	18.3 %	64.9 %	100 %
2.81	3.06	10.89	16.76 %

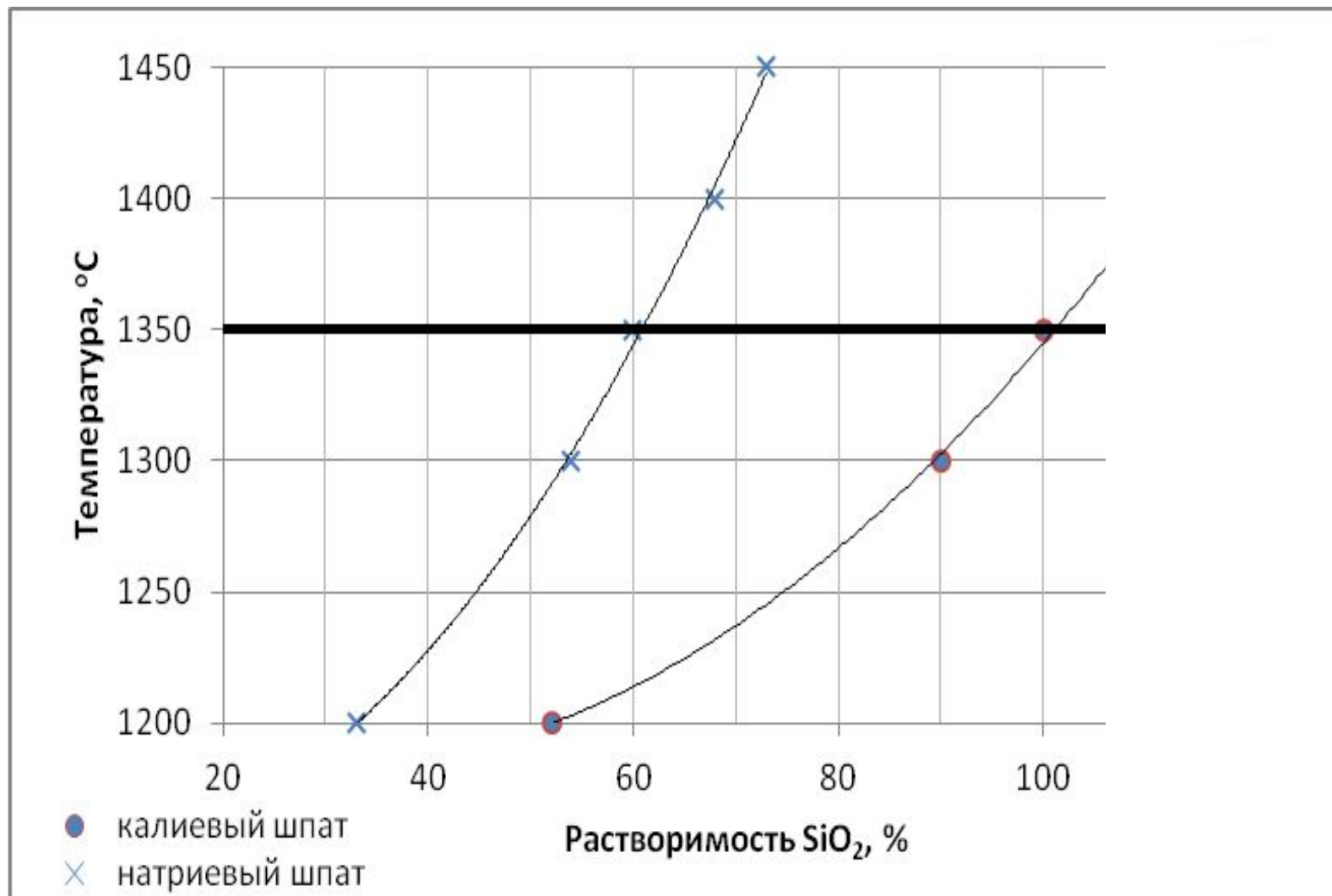
1.20 % Na_2O идет на образование альбита $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.

Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	сумма
16.8 %	18.3 %	64.9 %	100 %
1.20	1.98	7.02	10.20

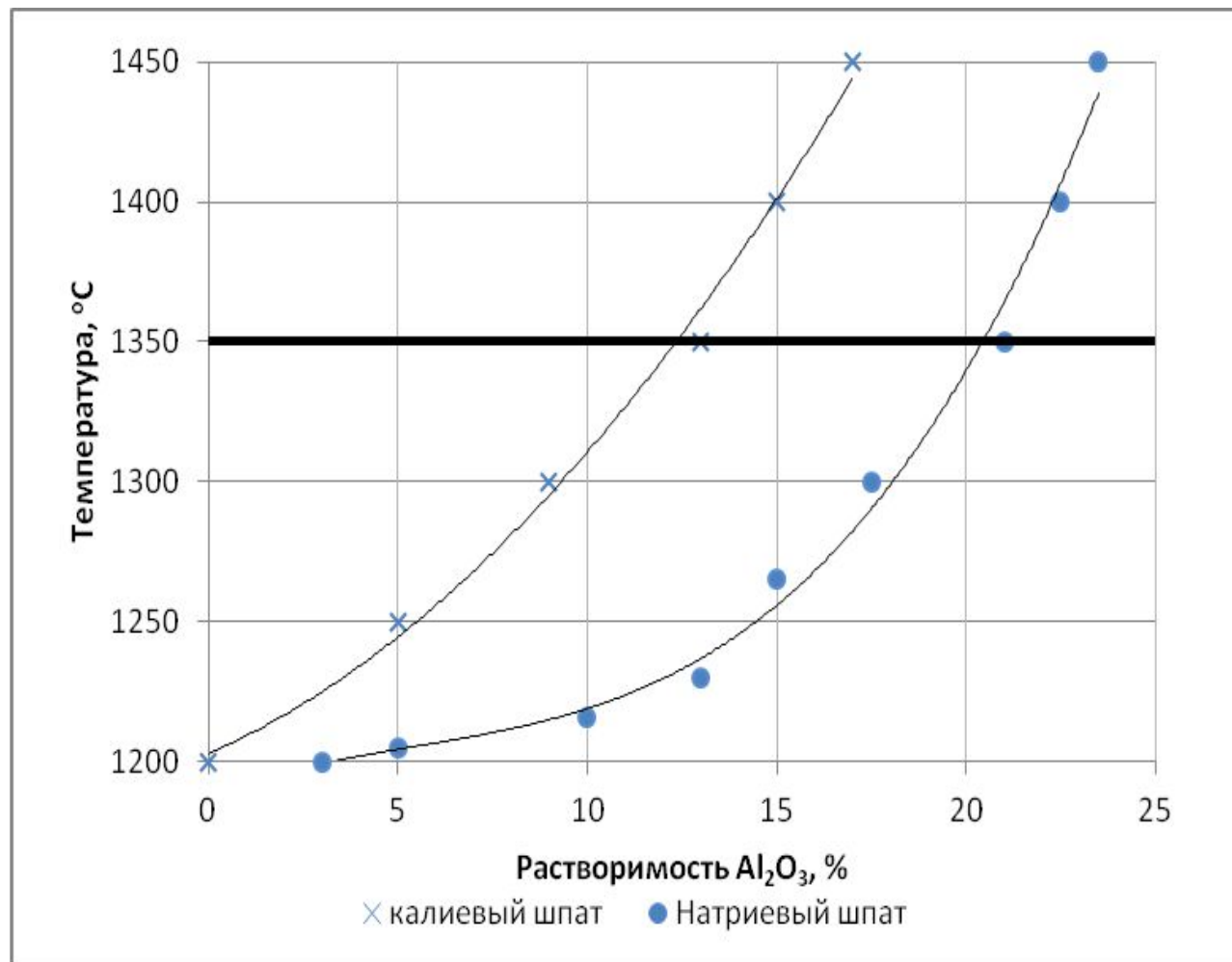
Также аналогично 0.89 % CaO идет на образование анортита $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

CaO	Al_2O_3	SiO_2	сумма
25 %	25 %	50 %	100 %
0.79	1.43	1.69	3.91

Зависимость растворимости кварца в расплавах от температуры



Зависимость растворимости глинозема в расплавах от температуры



при температуре обжига $1350^{\circ}C$ в калиевом полевошпатовом расплаве растворяется 2.10 % Al_2O_3 и 10.65 % SiO_2

В натриевом полевошпатовом расплаве растворяется 1.90 Al_2O_3 и 10 % SiO_2 .

оставшееся количество Al_2O_3 :

$$21.83 - 3.06 - 1.98 - 1.43 - 2.10 - 1.90 = 11.36 \%$$

Это количество $Al_2O_3 = 11.36 \%$ идет на образование муллита $3Al_2O_3 \cdot SiO_2$.

Al_2O_3	SiO_2	сумма
71.7 %	28.3 %	100 %
11.36	4.45	15.81 %

оставшееся количество SiO_2 :

$$72.02 - 10.89 - 7.02 - 1.69 - 4.46 - 10.65 - 10 = 27.29 \%$$

— это количество является свободным кремнеземом.

Затем находим количество стеклофазы. Это делают, суммируя содержание полевых шпатов с количеством растворенных в них Al_2O_3 и SiO_2 и учитывая примеси (TiO_2 , Fe_2O_3 и MgO):

$$16.76 + 10.20 + 3.91 + 2.10 + 1.90 + 10.65 + 10.0 + 0.42 + 0.38 + 0.55 = 56.87 \%$$

Таким образом, данный электрофарфор после обжига при температуре $1350^\circ C$ имеет следующий фазовый состав:

Муллит — 15.81 %

Стеклофаза — 56.87 %

Свободный кремнезем — 27.29 %.

Сумма составляющих фаз 99.97 %.