

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 ($ZrO_2 \cdot SiO_2$)
4. глиноземистый
5. сподуменовый ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$)
6. анортитовый $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$
диопсидовый ($CaSiO_3 \cdot MgSiO_3$)



Сырьевые материалы для производства высоковольтного электрофарфора

полевые шпаты или пегматиты, кварц, каолин и огнеупорные глины

$K_2O/Na_2O > 2$

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 °С, 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

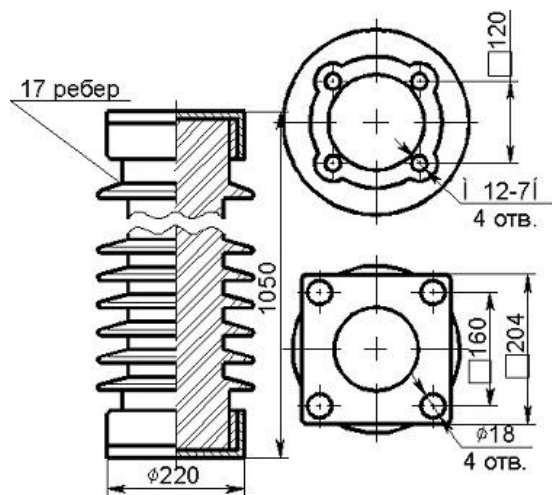
полевошпатовый:

кварц-

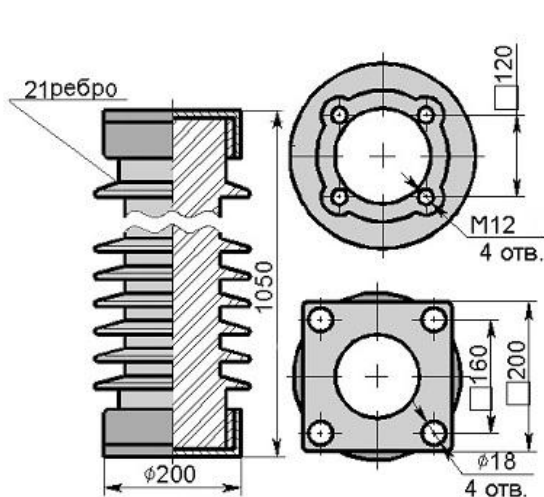
| компонент | мас.% |
|----------------------------------|-------|
| пегматит чупинский | 23–25 |
| каолин просяновский КЭ–1 (КЭ–3) | 18.0 |
| каолин кыштымский | 5.0 |
| глина дружковская ДН–10 | 22.0 |
| песок кварцевый по ГОСТ 22551–77 | 21–23 |
| Бой МГ–120 | 9.0 |

Обточка ребристых изоляторов

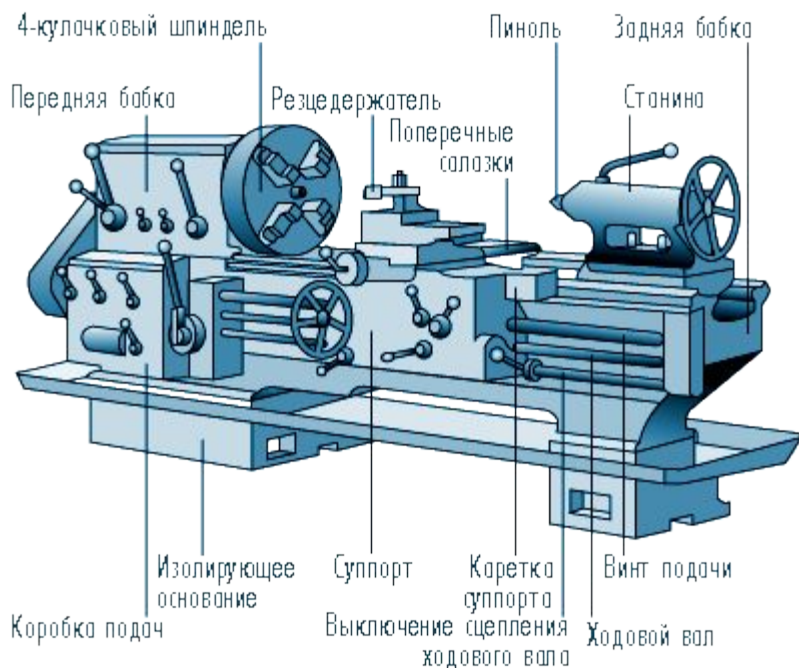
ИОС-110-600 м



ИОС 110-400, ИОС 110-400М



ИОС 110-400МУ - "ВОЛЬТА"



Глазури для ЭТФ и глазурование

В шихтовый состав коричневой глазури входят:

полевоы 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 % |

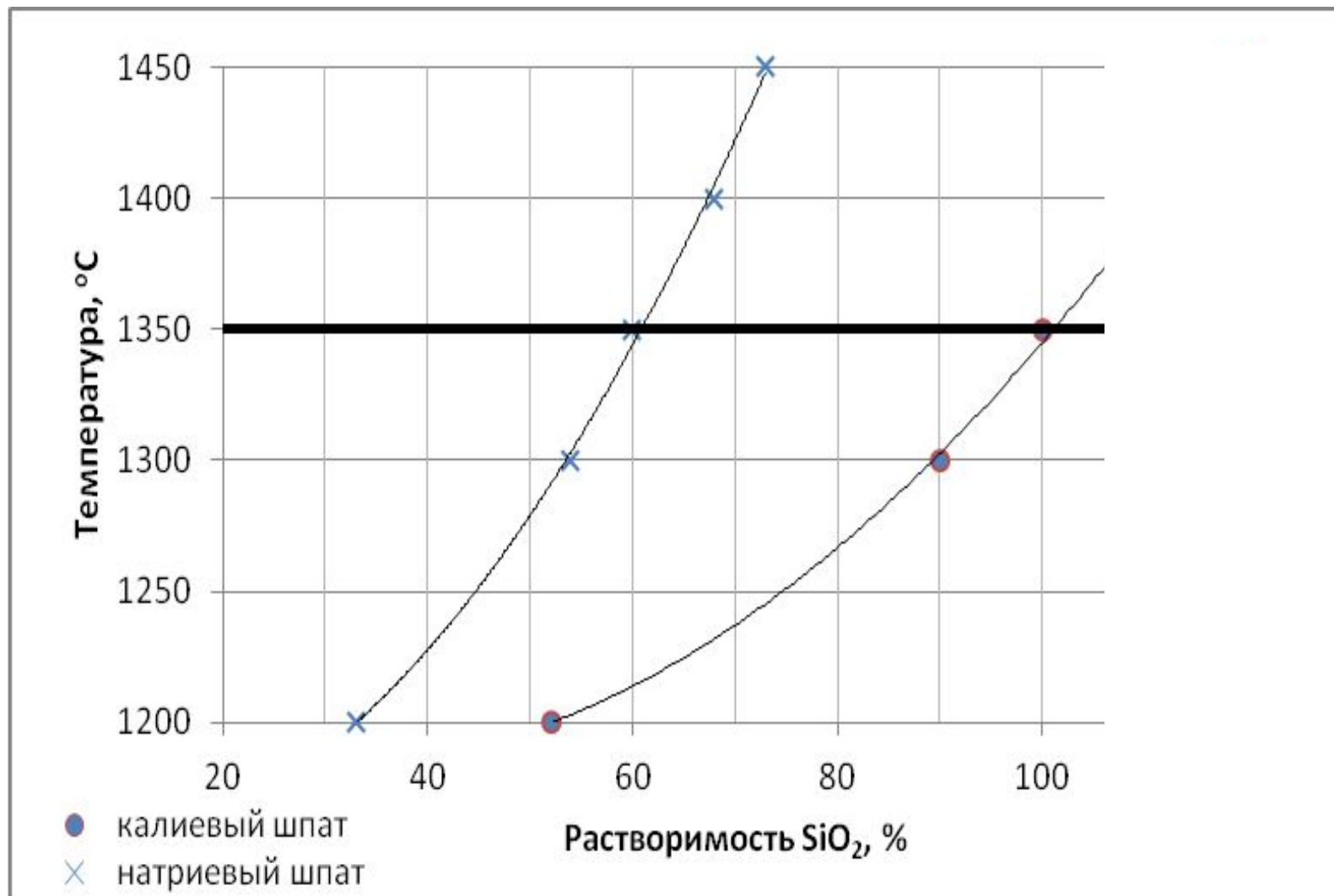
1.20 % Na_2O идет на образование альбита $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.

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

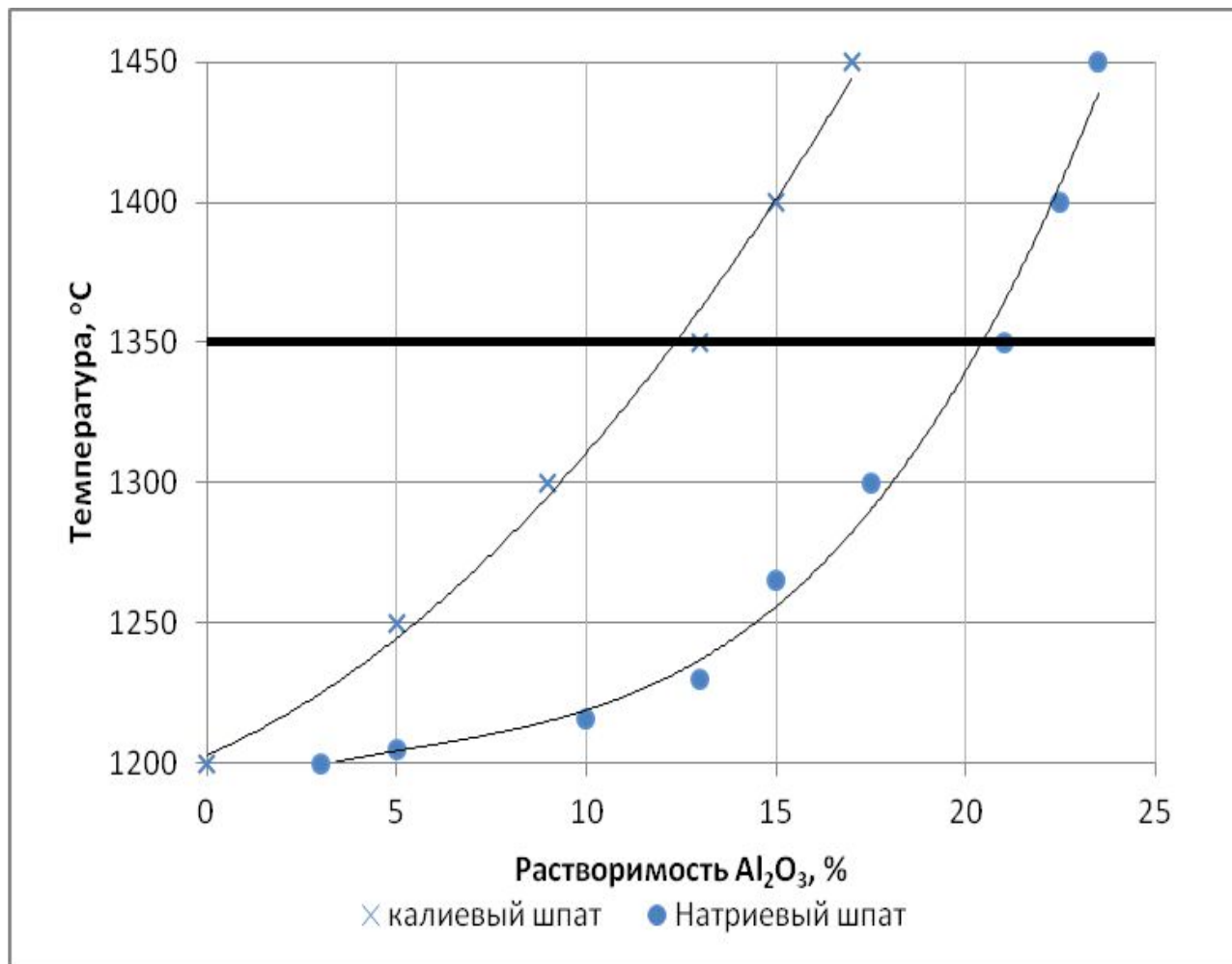
Также аналогично 0.89 % CaO идет на образование анортита $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

| 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 °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 °С имеет следующий фазовый состав:

Муллит – 15.81 %

Стеклофаза – 56.87 %

Свободный кремнезем – 27.29 %.

Сумма составляющих фаз 99.97 %.