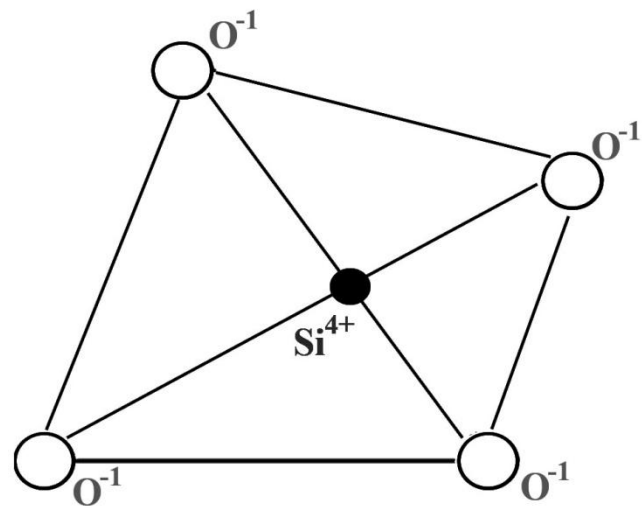
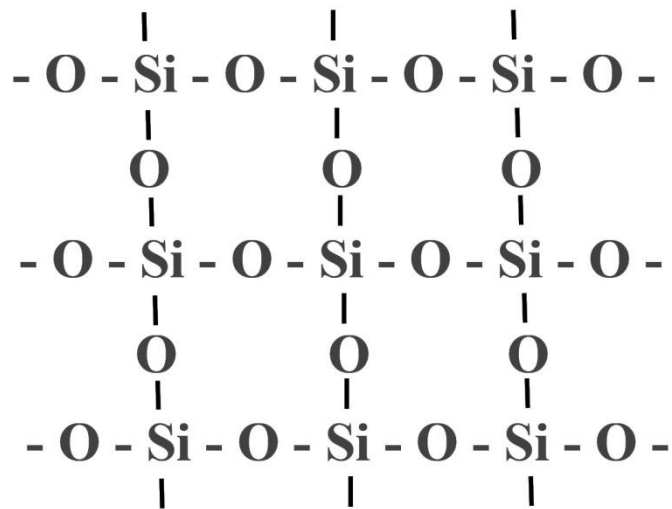
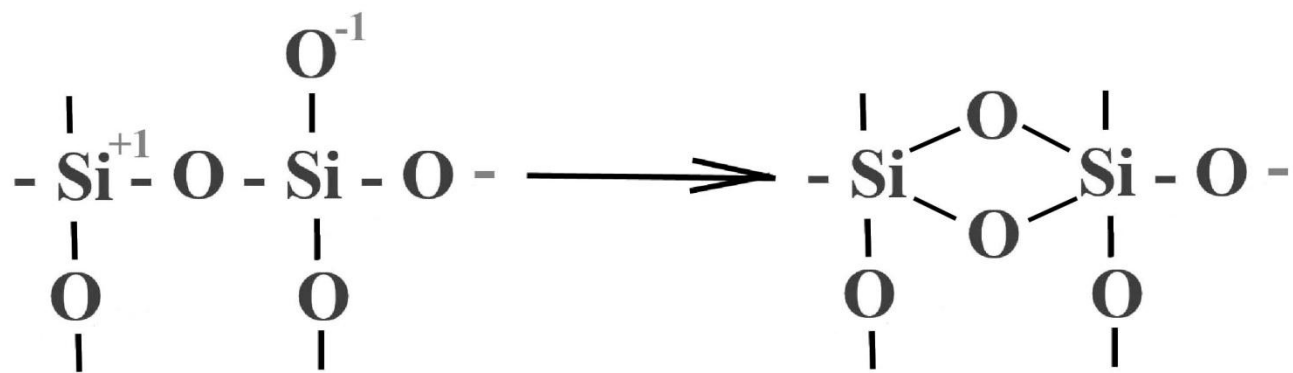
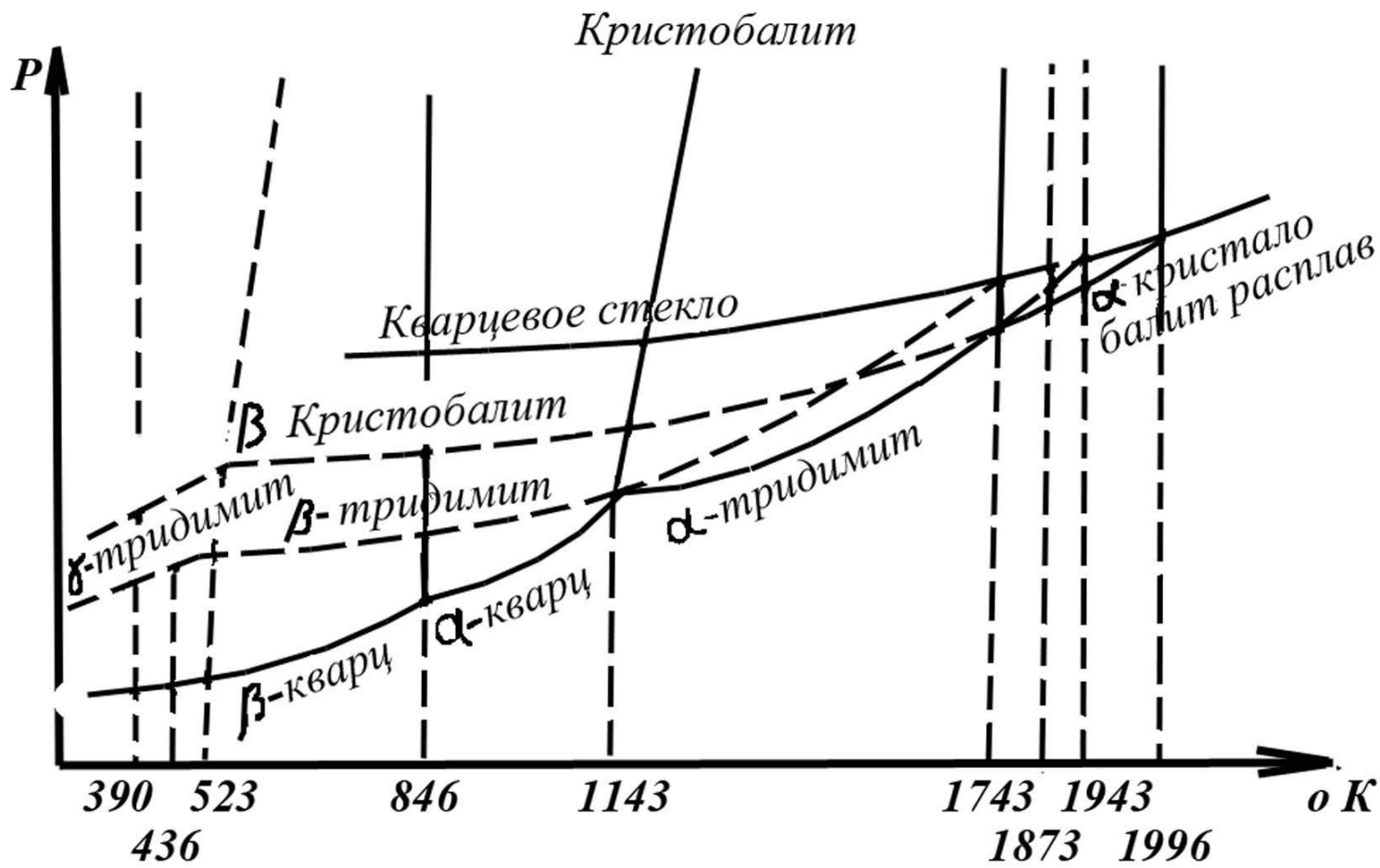


Кварцевые пески

- морские
- дельтовые
- лагунно-континентальные
- озерные
- аллювиальные
- ледниковые
- элювиальные
- эоловые







| Превращения кремнезема | Температура превращения в °С | Изменение объема В % |
|--|------------------------------|----------------------|
| β -кварц \rightarrow α -кварц | 573 | +0,82 |
| γ -тридимит \rightarrow β -тридимит | 117 | +0,20 |
| β -кристобалит \rightarrow α -кристобалит | 250 | +3,70 |
| β -тридимит \rightarrow α -тридимит | 263 | +0,20 |
| α -кварц \rightarrow α -тридимит | 870 | +16,0 |
| α -тридимит \rightarrow α -кристобалит | 1470 | +15,4 |
| α -кристобалит \rightarrow кремнеземнистое стекло | 1713 | +15,5 |
| Кремнеземнистое стекло \rightarrow кристобалит | | -0,90 |

α -кварц \rightarrow 573 °С \rightarrow β -кварц \rightarrow 870 С \rightarrow β -тридимит \rightarrow 1470 °С \rightarrow β -кристаболит 1713 °С \rightarrow расплав.

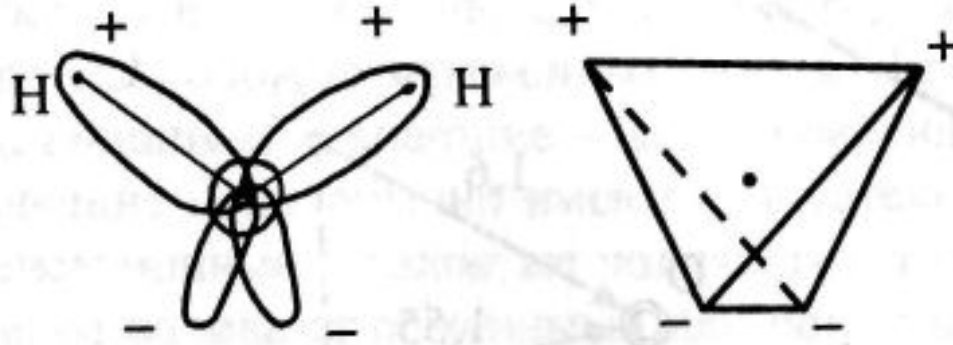
2,4; 15,1; 4,7; 0,1%

| Минерал | Химическая формула | Твердость по шкале Мооса | Плотность, г/см ³ | Примечание |
|----------------------------------|---|--------------------------|------------------------------|--|
| Гематит (красный железняк) | Fe_2O_3 | 5,5-6,5 | 5,0—5,3 | Температура плавления 1560°C |
| Магнетит (магнитный железняк) | $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 5,5—6,6 | 4,9—5,2 | Температура плавления 1540°C |
| Ильменит | $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ | 5—6 | 4,72 | Перед паяльной трубкой не плавится |
| Гетит Лимонит | $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ $2\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | 4,5—5,5 1—4 | 4,0—4,4 3,3—4,0 | Перед паяльной трубкой не плавятся; начало выделения воды — при 250 °C |
| Пирит | FeS_2 | 6—6,5 | 4,9-5,2 | Разлагается при 575 °C |

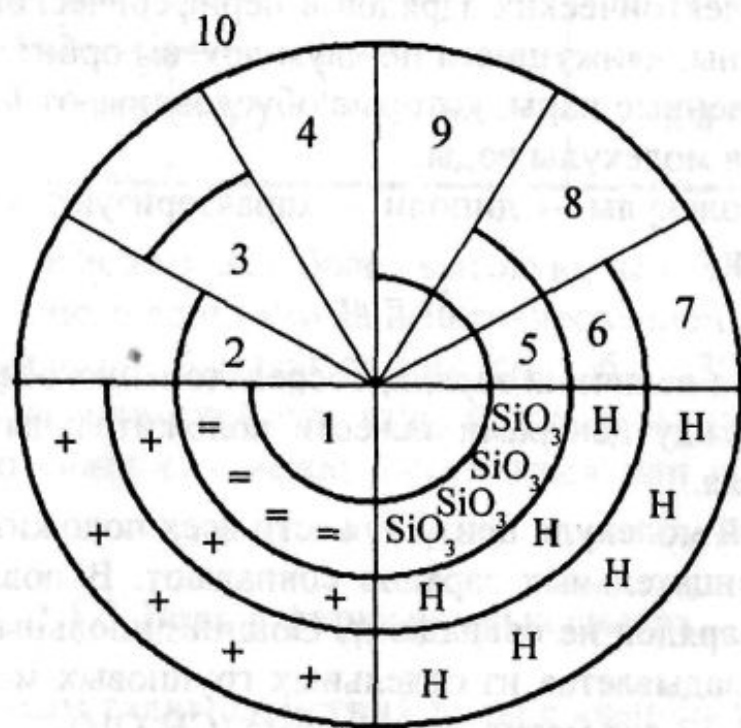
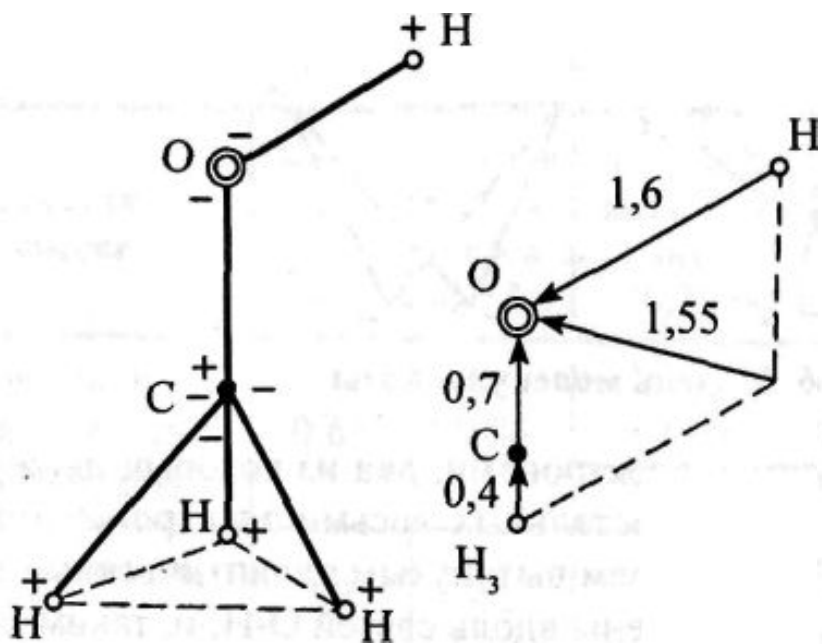
| Минерал | Химическая формула | Твердость по шкале Мооса | Плотность, г/см ³ | Температура диссоциации, °С |
|-------------------------------|--|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Кальцит (известковый шпат) | CaCO_3 | 3 | 2,6—2,8 | 885 |
| Магнезит Доломит | MgCO_3 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ | 4—4,5 3,5—4,0 | 2,9—3,1 1,8—2,9 | 525 700—750 900—950 |
| Сидерит | FeCO_3 | 3,5—4,5 | 3,7-3,9 | 500—600 |

| Диаметр зерен, мм | Форма песка | | |
|----------------------|-------------|--------------|---------------|
| | округлая | полуокруглая | остроугольная |
| 0,01—0,05 | 0 | 9 | 91 |
| 0,05—0,1 | 6 | 26 | 68 |
| 0,1—0,25 | 18 | 36 | 46 |
| 0,25—0,5 | 26 | 37 | 37 |
| 0,5—1,0 | 30 | 38 | 32 |
| 1,0-2,0 | 14 | 45 | 41 |

| | | | | | |
|---------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|
| минерал | твердость | минерал | твердость | минерал | твердость |
| Тальк | 1 | Флюорит | 4 | кварц | 7 |
| Гипс | 2 | Апатит | 5 | корунд | 9 |
| Кальцит | 3 | ортоклаз | 6 | алмаз | 10 |



$$M = e \cdot r,$$



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

| Диаметр зерен, мм | Форма песка | |
|----------------------|-------------|---------------|
| | округлая | Остроугольная |
| 0,15 | 38,4 | 47,7 |
| 0,1 | 39,0 | 50,8 |
| 0,075 | 40,3 | 51,3 |

Пример 1: обозначение марок кварцевых формовочных песков: $2K_1O_302$ - марка кварцевого формовочного песка с массовой долей глинистой составляющей от 0,2 до 0,5%, массовой долей диоксида кремния не менее 99,0%, коэффициента однородности от 60,0 до 70,0% и средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм.

Пример 2: $2T_2O_402$ - тощий формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей не более 8%, массовой долей диоксида кремния не менее 93,0%, коэффициента однородности от 50,0 до 60,0% и средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм.

Пример 3: $Ж_2016$ - жирный формовочный песок с пределом прочности при сжатии во влажном состоянии от 0,05 МПа до 0,08 МПа и средним размером зерна от 0,14 до 0,18 мм.

Массовая доля глинистой составляющей в кварцевых песках

| Группа | Массовая доля глинистой составляющей, %, не более |
|--------|---|
| 1 | 0,2 |
| 2 | 0,5 |
| 3 | 1,0 |
| 4 | 1,5 |
| 5 | 2,0 |

Массовая доля SiO₂ в кварцевых песках

| Группа | Массовая доля диоксида кремния, %, не менее |
|----------------|---|
| K ₁ | 99,0 |
| K ₂ | 98,0 |
| K ₃ | 97,0 |
| K ₄ | 95,0 |
| K ₅ | 93,0 |

**Коэффициент однородности
формовочных песков**

| Группа | Коэффициент однородности, % |
|----------------|-----------------------------|
| O ₁ | Св. 80,0 |
| O ₂ | От 70,0 до 80,0 |
| O ₃ | >> 60,0 >> 70,0 |
| O ₄ | >> 50,0 >> 60,0 |
| O ₅ | До 50,0 |

**Средний размер зерен
формовочных песков**

| Группа | Средний размер зерна, мм |
|--------|--------------------------|
| O1 | До 0,14 |
| O16 | От 0,14 до 0,18 |
| O2 | >> 0,19 >> 0,23 |
| O25 | >> 0,24 >> 0,28 |
| O3 | Св. 0,28 |

**Массовая доля глинистой
составляющей тощих песков**

| Группа | Массовая доля глинистой составляющей, %, не более |
|--------|---|
| 1 | 4,0 |
| 2 | 8,0 |
| 3 | 12,0 |

**Массовая доля SiO₂
тощих песков**

| Группа | Массовая доля диоксида кремния, %, не менее |
|----------------|---|
| T ₁ | 96,0 |
| T ₂ | 93,0 |
| T ₃ | 90,0 |

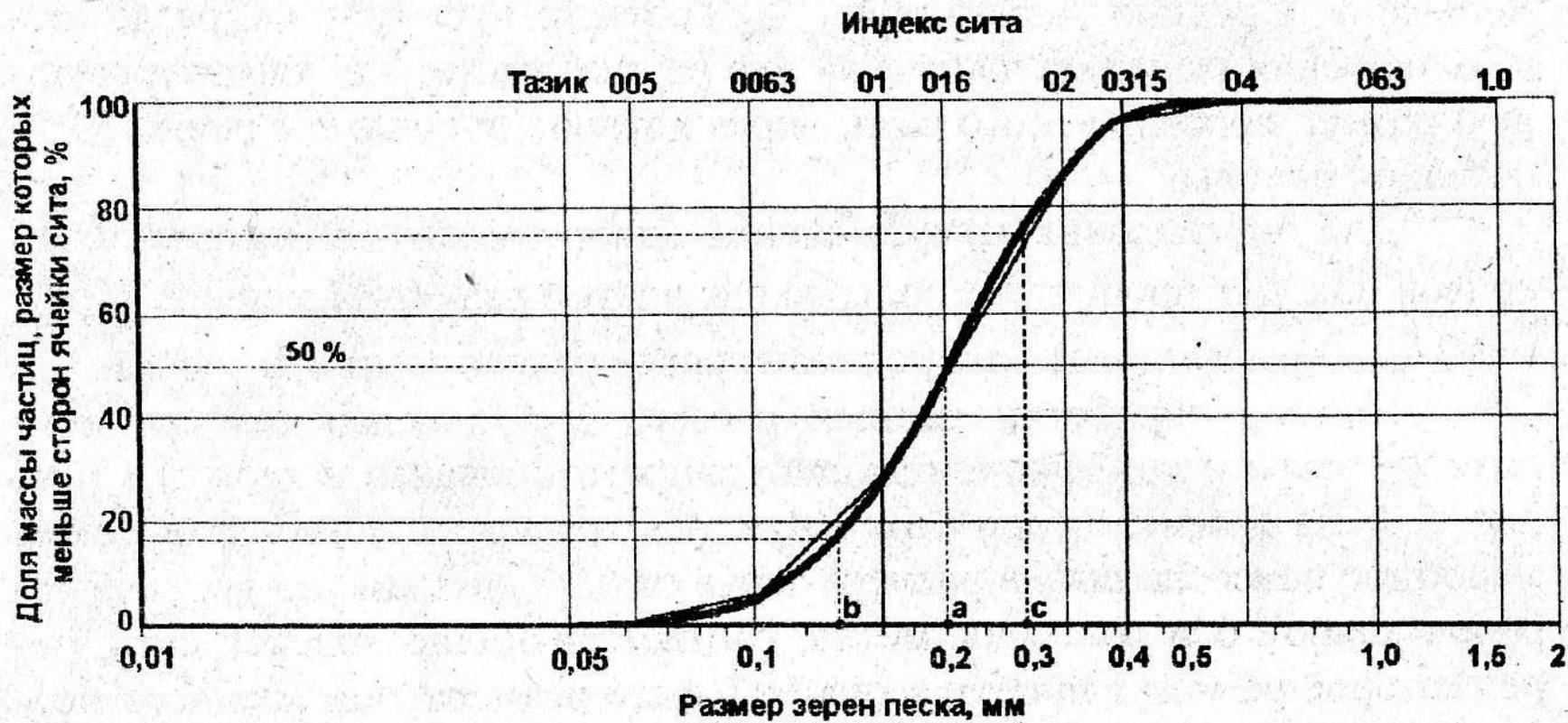
**Предел прочности при сжатии
во влажном состоянии**

| Группа | Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, МПа |
|----------------|---|
| Ж ₁ | Св. 0,08 |
| Ж ₂ | От 0,05 до 0,08 |
| Ж ₃ | До 0,05 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|-------|------|
| номер сита | 25 | 16 | 10 | 063 | 04 | 0315 | 02 | 016 | 01 | 0063 | 005 |
| размер стороны ячейки сита, мм | 2,5 | 1,6 | 1,0 | 0,63 | 0,4 | 0,315 | 0,2 | 0,16 | 0,1 | 0,063 | 0,05 |

$$X_i = \frac{m_i \cdot 100}{m}$$

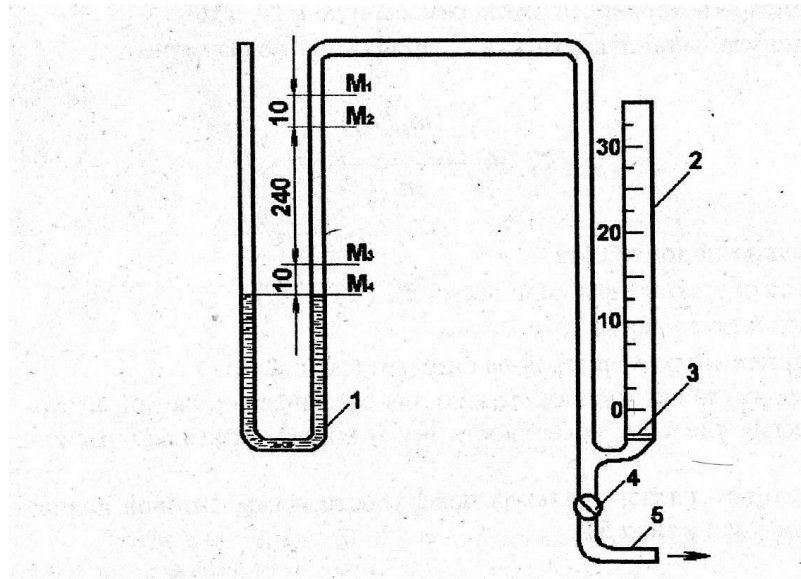
| Индекс сита | Размер стороны ячейки сита в свету d, мм | Характерный размер фракции б, мм | Остаток на сите | | Доля массы частиц, размер которых меньше сторон ячейки сита, % |
|-------------|--|----------------------------------|-----------------|-------|--|
| | | | г | % | |
| 2.5 | 2,5 | — | 0 | 0 | 100 |
| 1.6 | 1,6 | 2,05 | 0 | 0 | 100 |
| 1.0 | 1 | 1,3 | 0,10 | 0,21 | 99,8 |
| 063 | 0,63 | 0,815 | 0,40 | 0,82 | 99,0 |
| 04 | 0,4 | 0,515 | 1,80 | 3,70 | 95,3 |
| 0315 | 0,315 | 0,3575 | 4,60 | 9,45 | 85,8 |
| 02 | 0,2 | 0,2575 | 18,75 | 38,50 | 47,3 |
| 016 | 0,16 | 0,18 | 8,90 | 18,27 | 29,0 |
| 01 | 0,1 | 0,13 | 11,60 | 23,82 | 5,2 |
| 0063 | 0,063 | 0,0815 | 2,35 | 4,83 | 0,4 |
| 005 | 0,05 | 0,0565 | 0,15 | 0,30 | 0,1 |
| Тазик | — | 0,035 | 0,05 | 0,10 | 0 |
| Всего | | | 48,70 | 100 | |



$$\delta = \frac{(d + d_s)}{2}$$

$$S_p = 22,64 \frac{\sum (m_i / \delta_i)}{m}$$

$$S_p = \frac{22,64}{48,7} \cdot \left(\frac{0,1}{1,3} + \frac{0,4}{0,815} + \frac{1,8}{0,515} + \frac{4,6}{0,3575} + \frac{18,75}{0,2575} + \frac{8,9}{0,18} + \frac{11,6}{0,13} + \frac{2,35}{0,0815} + \frac{0,15}{0,0565} + \frac{0,05}{0,035} \right) = 121,5$$



| Группа | Теоретическая удельная поверхность, см ² /г, не менее |
|---------|--|
| Высокая | 150 |
| Средняя | 100 |
| Низкая | 50 |

| Группа | Коэффициент угловатости, ед., не более |
|--------------|--|
| Округлая | 1,10 |
| Полуокруглая | 1,25 |
| Угловатая | 1,40 |

$$D = m/V$$

$$\varepsilon + \frac{\gamma - D}{\gamma}$$

$$S_{\phi} = \frac{y}{D} \sqrt{\frac{\varepsilon^3}{H}} \cdot T$$

$$K = \frac{S_{\phi}}{S_p}$$

| Класс | Наименование песка | Содержание глинистой составляющей, % | Содержание кремнезема SiO ₂ , % | Содержание вредных примесей | |
|----------------------|-----------------------|--|--|--|---|
| | | | | оксиды щелочно-земельных и щелочных металлов, % не более | оксиды железа (Fe, O ₃), % не более |
| Об1к Об2к Об3К | Обогащенный кварцевый | Не более 0,2 « » 0,5 » » 1,0 | Не менее 98,5 » » 98,0 » » 97,5 | 0,40 0,75 1,00 | 0,20 0,40 0,60 |
| 1К 2К 3К 4К | Кварцевый | » » 2,0 » » 2,0 » » 2,0 » » 2,0 | » » 97,0 » » 96,0 » » 94,0 « » 90,0 | 1,20 1,50 2,0 - | 0,75 1,00 1,50 - |
| т | Тощий | Св. 2,0 до 10,0 | — | — | — |
| п | Полужирный | » 10,0 » 20,0 | — | — | — |
| ж | Жирный | » 20,0 » 30,0 | — | — | — |
| ож | Очень жирный | » 30,0 » 50,0 | — | — | — |

| Пески | Группа | Номера сит смежных размеров, на которых остаются зерна основной фракции |
|---------------|--------|---|
| Грубый | 063 | 1; 063; 04 |
| Очень крупный | 04 | 063; 04; 0315 |
| Крупный | 0315 | 04; 0315; 02 |
| Средний | 02 | 0315; 02; 016 |
| Мелкий | 016 | 02; 016; 01 |
| Очень мелкий | 01 | 016; 01; 0063 |
| Тонкий | 0063 | 01; 0063; 005 |
| Пылевидный | 005 | 0063; 005; тазик |

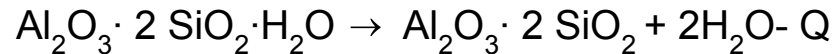
1К02А обозначают кварцевый песок 1-го класса средней зернистости, группы 02, категории А.

| Предприятие | Марка песка | Массовая доля компонентов, % | | | | Огнеупорность, °С |
|--|---------------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| | | Глинистая составляющая | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов | |
| Балашейский карьер | 3K ₃ O ₃ 02-025 | 0,2-0,9 | 96,8-97,8 | 0,2-0,4 | 0,38-0,8 | 1750 |
| | 5K ₄ O ₄ O3 | 1,2-2,0 | 96,9-98,0 | 0,2-0,4 | 0,4-0,8 | 1750 |
| обогащительная фабрика | 1K ₂ O ₃ O3 | 0,2 | 98 | 0,12 | 0,8 | 1760 |
| | 1K ₂ O ₂ 02-025 | 0,2 | 98 | 0,12 | 0,8 | 1760 |
| Толмачев-ский карьер | 3K ₂ O ₂ 025 | 0,5-0,9 | 98,2-98,7 | 0,16-0,22 | 0,46-0,58 | 1740 |
| | 3K ₂ O ₃ O3 | 0,5-0,9 | 97,7-98,0 | 0,18-0,24 | 0,46-0,58 | 1740 |
| Лужский ГОК | 2K ₂ O ₂ 025 | 0,3-0,5 | 98,4-98,5 | 0,20-0,26 | 0,49-0,65 | 1750 |
| | 3K ₃ O ₂ O3 | 0,1-0,7 | 97,0-98,0 | 0,21-0,28 | 0,64-0,80 | 1740 |
| | 3K ₃ O ₂ O3 | 0,2-1,2 | 97,0-98,0 | 0,25-0,40 | 0,65-0,80 | 1750 |
| Люберецкий горно-обогащительный комбинат | 2K ₂ O ₁ 02 | 0,1-0,3 | 98,0-98,8 | 0,1-0,24 | 0,40-0,52 | 1760 |
| | 2K ₂ O ₁ 02 | 0,1-0,3 | 98,0-98,5 | 0,14-0,26 | 0,42-0,60 | 1760 |
| | 2K ₃ O ₁ 02 | 0,1-0,5 | 97,5-98,4 | 0,18-0,28 | 0,46-0,64 | 1740 |
| | 3K ₃ O ₂ 02 | 0,2-1,0 | 97,0-98,0 | 0,18-0,28 | 0,46-0,65 | 1740 |

| Оксид | Плотность, 10^{-3} , т/м ³ | Температура плавления t, °C | Теплоемкость C _p , Дж/моль*К | ЛКТР 10^{-6} , л/°C | Кислотность |
|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-----------------------------|-------------|
| SiO ₂ | 2.65 | 1710 | 44.4 | 13.7 | кислотный |
| Al ₂ O ₃ | 3.96 | 2050 | 79.1 | 8.8 | амфотерный |
| MgO | 3.58 | 2800 | 37.8 | 13.5 | основной |
| Cr ₂ O ₃ | 5.21 | 2275 | 118.9 | 9.6 | амфотерный |
| ZrO ₂ | 5.79 | 2700 | 56.2 | 10.0 | амфотерный |
| TiO ₂ | 4.20 | 1830 | 56.4 | 8.1 | кислотный |
| FeO | 5.87 | 1368 | 49.9 | 15.2 | основной |

→
Алюмосиликатные огнеупоры (шамот, дистен-силлиманит и муллит)

Шамот получают путем обжига каолинов и огнеупорных глин; он содержит 30—70% муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$); имеет огнеупорность 1690—1770 °С.



Дистен-силлиманит состоит из двух модификаций: дистена (синоним-кианит) и силлиманита, имеющих один и тот же химический состав- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

Муллит плавится при температуре 1910⁰С, химически инертен. С кремнеземом муллит образует эвтептику (5,5% Al_2O_3 и 94,5% SiO_2) с температурой плавления 1585⁰С

Электрокорунд получают плавлением боксита (основа боксита - глинозем Al_2O_3) с углем в дуговых печах

В белом электрокорунде как примесь может присутствовать алюминат натрия $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, который с оксидом кремния дает соединения типа $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ (температура плавления 1060°C) или $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (температура плавления 1100°C). Присутствие этих веществ вызывает падение прочностных свойств керамических форм при температуре $1060\text{-}1200^\circ\text{C}$

Огнеупоры на основе оксида магния

Шпинелями называют минералы общей формулы $R'O \square R''O$ или $R'(R',R'')O_4$, где R' - Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} и др.; R'' - Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} и др.

Алюмомагнезиальная шпинель



Магнезиальная шпинель, являясь химическим соединением в системе $MgO - SiO_2$, содержит 71,7% Al_2O_3 и 23,3% MgO , имеет температуру плавления $2105^{\circ}C$, с MgO образует эвтептику с $t_{пл.} = 1995^{\circ}C$, с Al_2O_3 - $t_{пл.} = 1920^{\circ}C$.

Хромомагнезит.

Иногда называют магнезито-хромитом (от преобладающего содержания оксидов хрома или магния). Он содержит MgO не менее 42% и Cr_2O_3 , не менее 15%; имеет температуру плавления до $2200^{\circ}C$. В чистом виде хромомагнезит представляет собой соединение $MgCr_2O_4$. Хромомагнезит получают в результате обжига при $1500-1600^{\circ}C$ смеси, состоящей из 50—70% хромитовой руды и 30—50% металлургического магнезита

Оливин и дунит

Оливин представляет собой изоморфную смесь форстерита $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ и фаялита $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$; Оливин имеет состав, % масс.: 48-50 MgO, 8-10 (до 20) FeO, 0,1 NiO, до 0,01 CoO, присутствуют также оксиды марганца, кальция, алюминия ($\text{SiO}_2 = 38-52$). Температура плавления оливина 1890°C , примеси снижают её до 1620°C

Форстерит. Иначе - ортосиликат магния имеет теоретический состав, % масс.: 57,1 MgO, 42,9 SiO_2 .

Ставролит и пирофиллит. Ставролит содержит, % масс.: 55,9 Al_2O_3 , 26,3 SiO_2 , 15,8 FeO, 2,0 H_2O . Fe^{2+} в значительных количествах заменяется Mn^{2+} . Пирофиллит состоит: 66,7 SiO_2 , 28,3 Al_2O_3 , 5,0 H_2O , примесями могут быть оксиды железа, кальция, титана.

Хромит (хромистый железняк или $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$). Получают обжигом при $900-1100^\circ\text{C}$ соответствующей руды или боя металлургического хромистого железняка с последующим размолом и рассевом.

Cr_2O_3 не менее 45, Fe_2O_3 не более 26, SiO_2 не более 8 и CaO не более 2,5.

Хромитовые пески на ситах 1,6—01 имеют остаток 60—70%, на ситах 0063, 005 и в тазике — 30—40%

Цирконовый песок представляет собой природный минерал — $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ соединение ZrSiO_4 (или $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$), является силикатом циркония, называют цирконом или реже силикатом циркония, встречается в россыпях.

| Материал | Массовая доля, % | | Огнеупорность, °С | Область применения |
|--|---|--|-------------------|--|
| | Основной компонент | Вредных примесей | | |
| Шамотный порошок ПШС | 32 Al ₂ O ₃ | - | 1690 | Для многократных форм, противопопригарных красок при литье марганцовистых сталей |
| Хромитовые порошки ПХК ПХС | ≥45 Cr ₂ O ₃ ≥30 Cr ₂ O ₃ | ≤8 SiO ₂ ≤2,5 CaO ≤ 10 SiO ₂ ≤ 3 CaO | 1600-1800 | Для облицовочных смесей при получении крупных стальных отливок |
| Дистенсиллиманит | ≥ 75 Al ₂ O ₃ | ≤0,8 Fe ₂ O ₃ ≤0,2 CaO ≤0,4MgO ≤1,5TiO ₂ | 1800 | Для формовочных и стержневых смесей при получении крупных отливок из высоколегированных сталей, в том числе марганцовистых, для противопопригарных красок |
| Оливиновый песок | 46-50 MgO 42-43 SiO ₂ | ≤10-12 Fe ₂ O ₃ ≤2 (Al ₂ O ₃ + Cr ₂ O ₃ + CaO+MgO | 1750-1830 | Для облицовочных смесей и покрытий при изготовлении форм и стержней для крупных отливок из высоколегированных сталей, в том числе марганцовистых |
| Магнезитовый порошок МФЛ | 91 MgO | 3,5 CaO 3,0 SiO ₂ | 1900-2000 | Для облицовочных смесей, противопопригарных красок при изготовлении отливок из высокомарганцовистых сталей |
| Магнезито-хромитовые и хромомagneзитовые ПМХТ ПХМТ | 15-25 Cr ₂ O ₃ MgO 30-40 Cr ₂ O ₃ 55 MgO | 5 SiO ₂ 7SiO ₂ | 2000-2100 | Для облицовочных смесей, противопопригарных красок и паст при получении крупных стальных отливок, особенно из высоколегированных сталей. |
| Корунд | 98.5 Al ₂ O ₃ | | 2050 | Для облицовочных смесей при производстве стальных отливок |
| Цирконовые Ц1 Ц2 | 97-98.5 ZrSiO ₄ 94-96.5 ZrSiO ₄ | 1.5-3.0 3.5-6.0 примеси | 2430-2450 | Для формовочных материалов при получении крупных, толстостенных отливок, когда смесь подвергается длительному воздействию высоких температур при высоком гидростатическом давлении |

Теплофизические свойства высокоогнеупорных материалов

| Материал | Температура плавления, °С | Тепло-аккумулирующая способность, Дж/(м ² ·с ^{1/2} ·К) | Температурный коэффициент расширения (К ⁻¹) в интервале 300–1000°С | | ρ, кг/м ³ |
|--|---------------------------|--|--|----------------------------|----------------------|
| | | | объемного | линейного | |
| Кварцевый песок SiO ₂ | 1550–1713 | 1260 | 1,54 | 13,7·10 ⁻⁶ | 2650 |
| Дистен-силлиманит Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ | 1800–1830 | 1470 | 0,43 | – | 3250 |
| Циркон ZrO ₂ ·SiO ₂ | 2600 | 1820 | 0,16–0,63 | 5,5·10 ⁻⁶ | 4570 |
| Рутил TiO ₂ | 1560–1570 | 1960 | 0,25–0,92 | – | 4200–4300 |
| Хромомагнезит MgO·Cr ₂ O ₃ | 2000–2100 | 2100 | 0,8–0,9 | – | 3900 |
| Хромит FeO·Cr ₂ O ₃ | 1600–1800 | 2380 | 0,7 | – | 3760–4280 |
| Магнезит MgCO ₃ | 2000–2800 | – | – | 13,5·10 ⁻⁶ | 2900 |
| Оливиниты, дуниты (Mg,Fe) ₂ SiO ₄ | 1830–1750 | – | – | – | 3200–3500 |
| Шамот (40% Al ₂ O ₃ , остальное SiO ₂) | 1580–1750 | – | – | (4,5÷6,0)·10 ⁻⁶ | 3000 |
| Муллит 3Al ₂ O ₃ · 2SO ₂ | 1810 | – | – | – | 3030 |