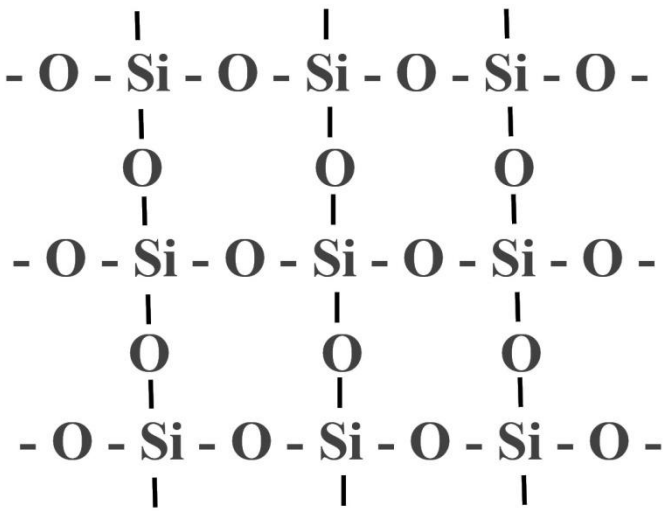
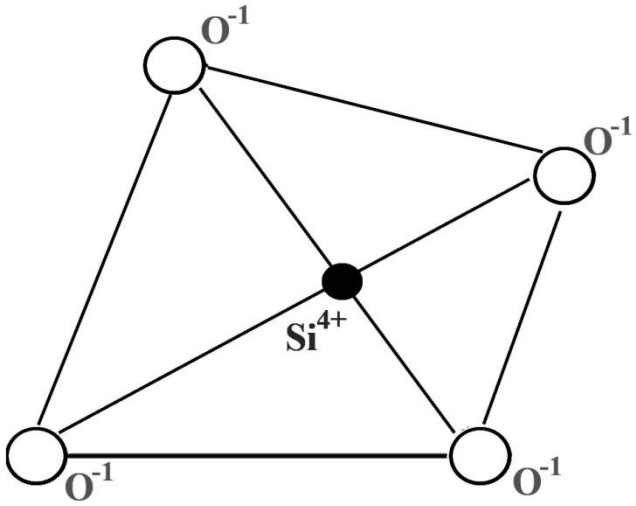
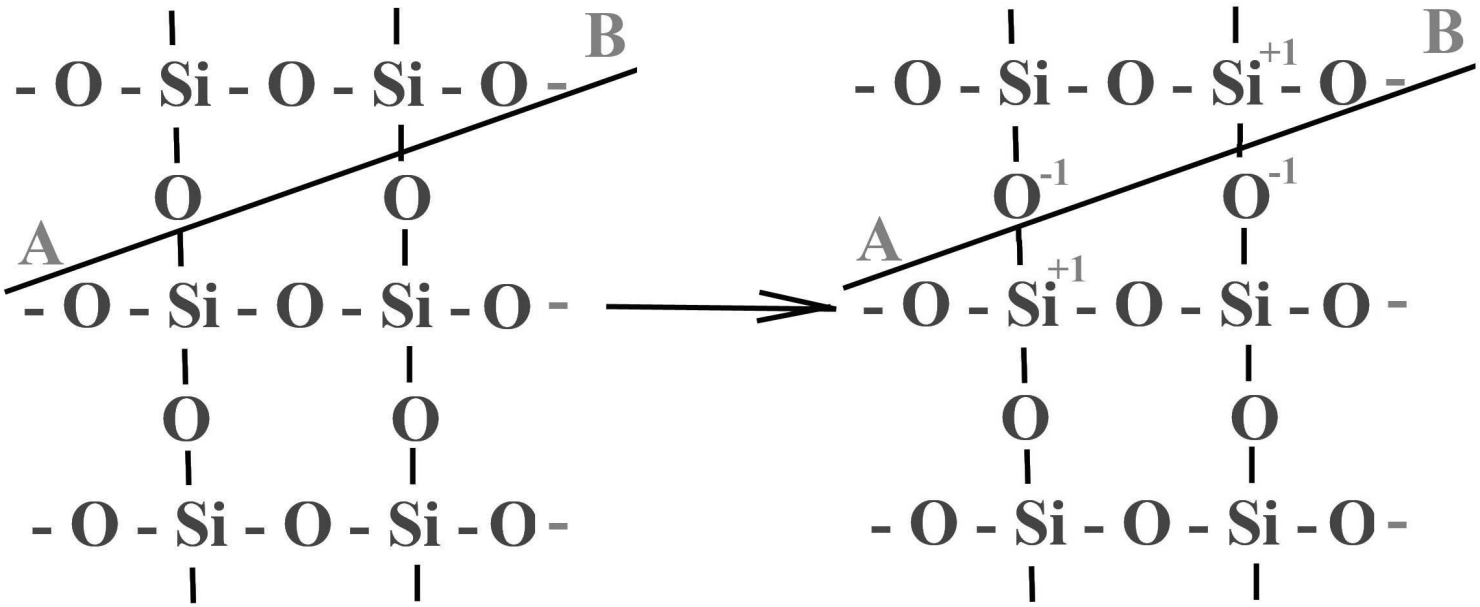
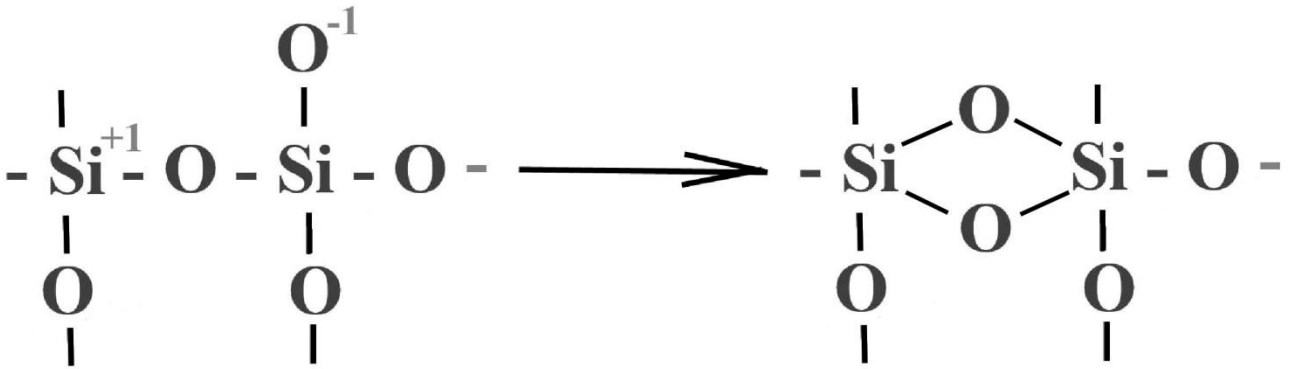
Кварцевые пески

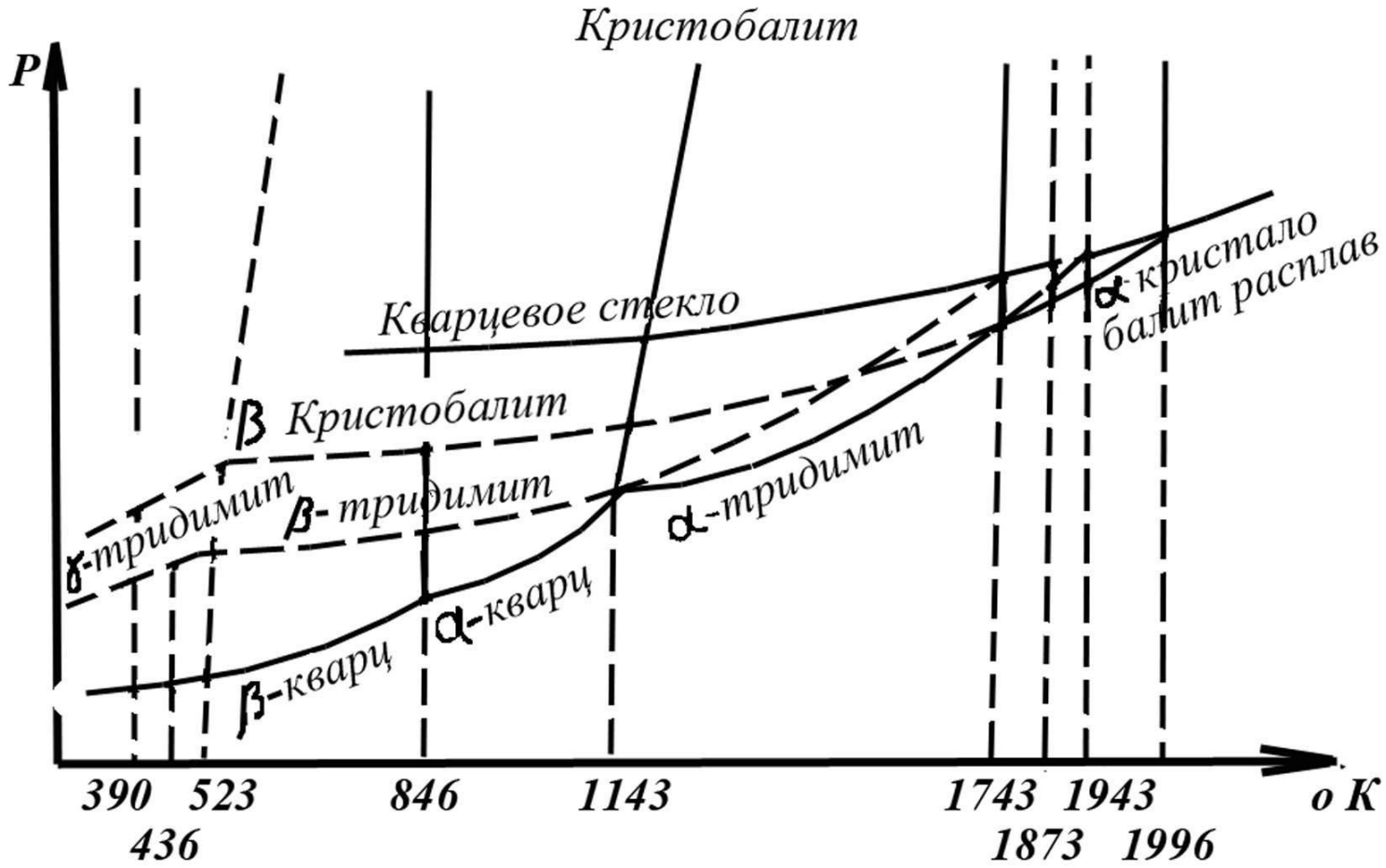
- морские
- дельтовые
- лагунно-континентальные
- озерные
- аллювиальные
- ледниковые
- элювиальные
- эоловые


- O - Si - O - Si - O - Si - O -
O O O
- O - Si - O - Si - O - Si - O -
O O O
- O - Si - O - Si - O - Si - O -


O-1
O-1
Si4+
O-1
O-1


B
- O - Si - O - Si - O -
O
O
A
- O - Si - O - Si - O -
O
O
- O - Si - O - Si - O -
B
- O - Si - O - Si+1 - O -
O-1
O-1
A
- O - Si+1 - O - Si - O -
O
O
- O - Si - O - Si - O -


O-1
Si+1
O
Si
O
O
O
Si
O
O
Si
O
O
O



$$2SiO_2 + 4H_2O \leftrightarrow SiO_4^{4-} + Si(OH)_4 + 2H_2$$

Превращения кремнезема	Температура превращения в °С	Изменение объема В %
β-кварц → α-кварц	573	+0,82
γ-тридимит → β-тридимиг	117	+0,20
β-кристобалит → α-кристобалит	250	+3,70
β-тридимит → α-тридимит	263	+0,20
α-кварц → α-тридимит	870	+16.0
α-тридимит → α-кристобалит	1470	+15,4
α-кристобалит → кремнеземнистое стекло	1713	+15,5
Кремнеземнистое стекло → кристобалит		—0,90

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

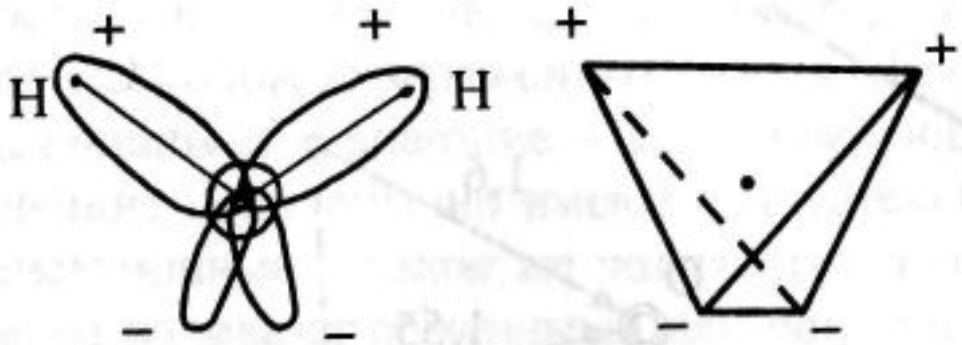
2,4; 15,1; 4,7; 0,1%

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°С
Магнетит (магнитный железняк)	$FeO \cdot Fe_2O$	5,5—6,6	4,9—5,2	Температура плавления 1540°С
Ильменит	$FeO \cdot TiO_2$	5—6	4,72	Перед паяльной трубкой не плавится
Гетит Лимонит	$FeO \cdot OH$ $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$	4,5—5,5 1—4	4,0—4,4 3,3—4,0	Перед паяльной трубкой не плавятся; начало выделения воды — при 250 °С
Пирит	FeS_2	6—6,5	4,9-5,2	Разлагается при 575 °С

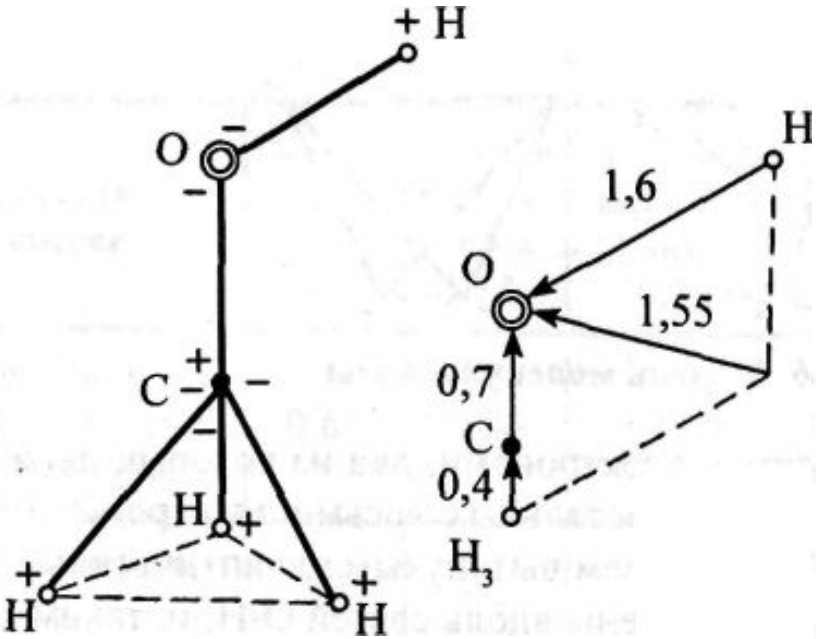
Минерал	Химическая формула	Твердость по шкале Мооса	Плотность, г/см^3	Температура диссоциации, °С
Кальцит (известковый шпат)	$CaCO_3$	3	2,6—2,8	885
Магнезит Доломит	$MgCO_3$ $CaCO_3 \cdot MgCO_3$	4—4,5 3,5—4,0	2.9—3,1 1,8—2,9	525 700—750 900—950
Сидерит	$FeCO_3$	3,5—4,5	3,7-3,9	500—600

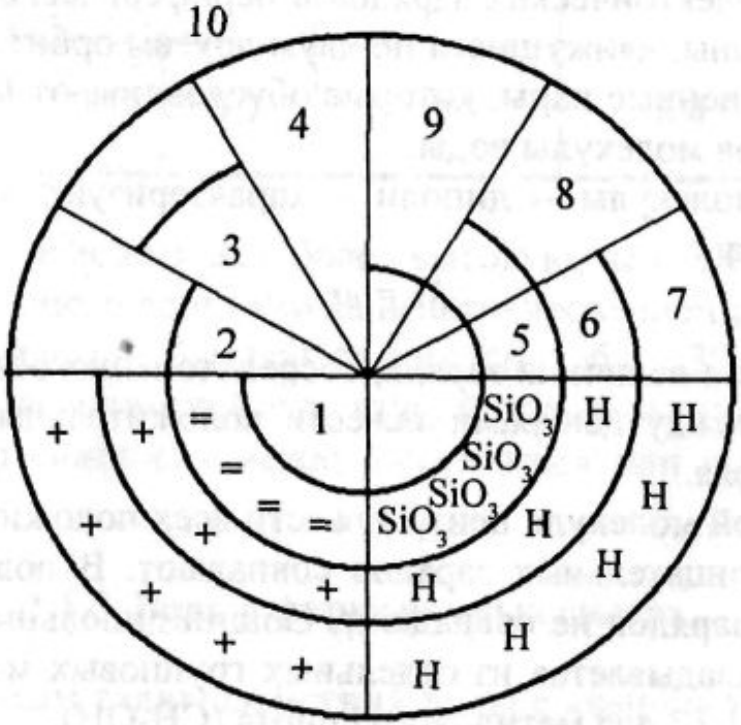
Диаметр зерен, мм	Форма песка		
	округлая	полуокруглая	остроугольная
0,01—0,05	0	9	91
0,05—0,1	6	26	68
0,1—0,25	18	36	46
0,25—0,5	26	37	37
0,5—1,0	30	38	32
1,0-2,0	14	45	41

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



$$M = e \cdot r,$$


+ H
O
C
H
H
H
H
O
1,6
1,55
0,7
C
0,4
H_3


10
4
9
8
3
7
6
2
5
1
SiO_3
H
H
SiO_3
SiO_3
H
H
SiO_3
H
H
H
H
H

$$pH = -\log [H^+]$$

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: $2К_1О_3 02$ - 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: $2Т_2О_4$ 02 - 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: $Ж_2$ 016 - 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 SiO_2 в кварцевых песках

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
$К_1$	99,0
$К_2$	98,0
$К_3$	97,0
$К_4$	95,0
$К_5$	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 SiO_2 тощих песков

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
$Т_1$	96,0
$Т_2$	93,0
$Т_3$	90,0

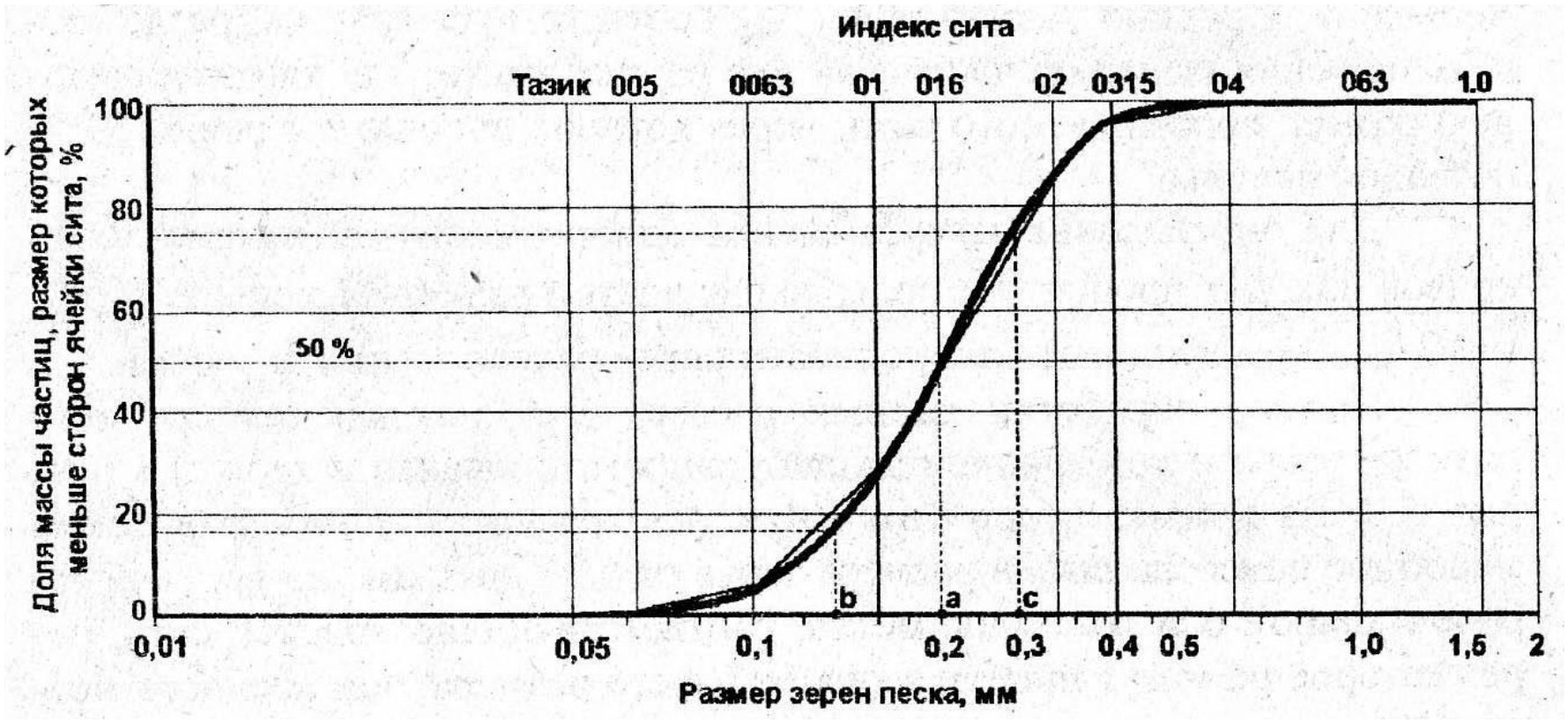
Предел прочности при сжатии во влажном состоянии

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

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

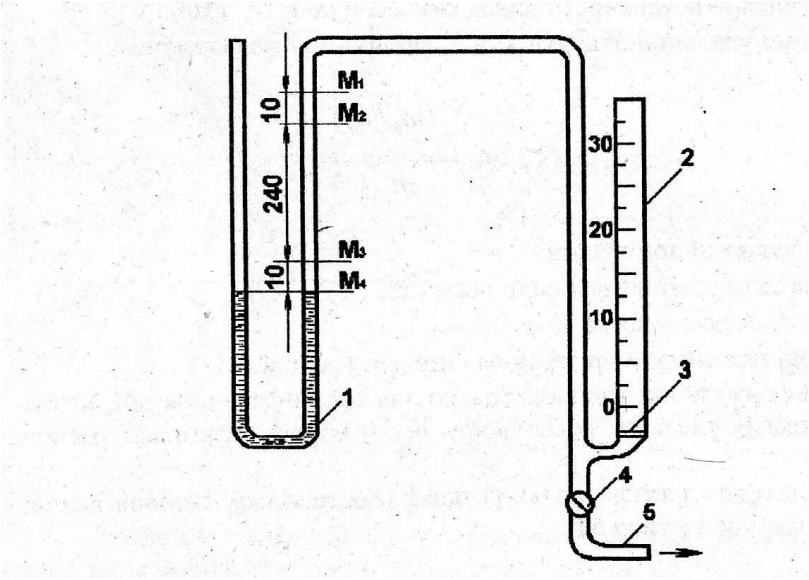
Индекс сита	Размер стороны ячейки сита в свету d, мм	Характерный размер фракции 6, мм	Остаток на сите		Доля массы частиц, размер которых меньше сторон ячейки сита, %
			г	%	
2.5	2,5	—	0	0	100
1.6	1,6	2,05	0	0	100
1.0	1	1,3	0,10	0,21	99,8
063	0,63	0,815	0,40	0,82	99,0
04	0,4	0,515	1,80	3,70	95,3
0315	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	



$$\delta = \frac{(d + d_в)}{2}$$

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

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



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_t, %	Содержание вредных примесей	
				оксиды щелочно-земельных и ще-лочных металлов, %, не более	оксиды железа (Fe_2O_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_2O_3	Оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов	
Балашейский карьер	$3К_3О_302$-025	0,2-0,9	96,8-97,8	0,2-0,4	0,38-0,8	1750
	$5К_4О_4О3$	1,2-2,0	96,9-98,0	0,2-0,4	0,4-0,8	1750
обогатительная фабрика	$1К_2О_303$	0,2	98	0,12	0,8	1760
	$1К_2О_202$-025	0,2	98	0,12	0,8	1760
Толмачев-ский карьер	$3К_2О_2025$	0,5-0,9	98,2-98,7	0,16-0,22	0,46-0,58	1740
	$3К_2О_303$	0,5-0,9	97,7-98,0	0,18-0,24	0,46-0,58	1740
Лужский ГОК	$2К_2О_2025$	0,3-0,5	98,4-98,5	0,20-0,26	0,49-0,65	1750
	$3К_3О_203$	0,1-0,7	97,0-98,0	0,21-0,28	0,64-0,80	1740
	$3К_3О_203$	0,2-1,2	97,0-98,0	0,25-0,40	0,65-0,80	1750
Люберецкий горно-обогатительный комбинат	$2К_2О_102$	0,1-0,3	98,0-98,8	0,1-0,24	0,40-0,52	1760
	$2К_2О_102$	0,1-0,3	98,0-98,5	0,14-0,26	0,42-0,60	1760
	$2К_3О_102$	0,1-0,5	97,5-98,4	0,18-0,28	0,46-0,64	1740
	$3К_3О_202$	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,^{0}C	Теплоемкость C_p, Дж/моль*К	ЛКТР 10^{-6}, л/^{0}C	Кислотность
SiO_2	2.65	1710	44.4	13.7	кислотный
Al_2O_3	3.96	2050	79.1	8.8	амфотерный
MgO	3.58	2800	37.8	13.5	основной
Cr_2O_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 ($3A1_20_3$-SiO_2); имеет огнеупорность 1690—1770 °С.

$Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2 \cdot H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2 + 2H_2O - Q$

Дистен-силлиманит состоит из двух модификаций: дистена (синоним-кианит) и силлиманита, имеющих один и тот же химический состав- $Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2$

Муллит плавится при температуре 1910^0С, химически инертен. С кремнеземом муллит образует эвтептику (5,5% Al_2O_3 и 94,5% SiO_2) с температурой плавления 1585^0С

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

В белом электрокорунде как примесь может присутствовать алюминат натрия $Na[Al(OH)_4]$, который с оксидом кремния дает соединения типа $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ (температура плавления 1060^0C) или $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (температура плавления 1100^0C). Присутствие этих веществ вызывает падение прочностных свойств керамических форм при температуре $1060\text{-}1200^0C$

Огнеупоры на основе **оксида магния**

Шпинелями называют минералы общей формулы R’O□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 $MgAl_2O_4$.

Магнезиальная шпинель, являясь химическим соединением в системе MgO - SiO_2 , содержит 71,7% Al_2O_3 и 23,3% MgO, имеет температуру плавления 2105^0C, с MgO образует эвтептику с $t_{пл.}$=1995^0C, с Al_2O_3 - $t_{пл.}$=1920^0C.

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°С. В чистом виде хромомагнезит представляет собой соединение $MgCr_2O_4$. Хромомагнезит получают в результате обжига при 1500-1600°С смеси, состоящей из 50— 70% хромитовой руды и 30—50% металлургического магнезита

Оливин и дунит

Оливин представляет собой изоморфную смесь форстерита $2MgO\text{-}SiO_2$ и фаялита $2FeO\text{-}SiO_2$; 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 (SiO_2 =38-52). Температура плавления оливина 1890^0С, примеси снижают её до 1620^0С

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 $FeO \cdot Cr_2O_3$). Получают обжигом при 900-1100^{0}С 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 — $ZrO_2 \cdot SiO_2$ соединение $ZrSiO_4$ (или $ZrO_2 \cdot SiO_2$), 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_2O_3	-	1690	Для многократных форм, противопригарных красок при литье марганцовистых сталей
Хромитовые порошки ПХК ПХС	≥45 Cr_2O_3 ≥30 Cr_2O_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_2O_3	≤0,8 Fe_2O_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 противопригарных красок
Оливиновый песок	46-50 MgO 42-43 SiO_2	≤10-12 Fe_2O_3 ≤2 (Al_2O_3+ Cr_2O_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, противопригарных красок при изготовлении отливок из высокомарганцовистых сталей
Магнезито-хромитовые и хромомагнезитовые ПМХТ ПХМТ	15-25 Cr_2O_3 MgO 30-40 Cr_2O_3 55 MgO	5 SiO_2 7SiO_2	2000-2100	Для облицовочных смесей, противопригарных красок и паст при получении крупных стальных отливок, особенно из высоколегированных сталей.
Корунд	98.5 Al_2O_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	$13{,}7\cdot10^{-6}$	2650
Дистен-силлиманит $Al_2O_3\cdot SiO_2$	1800–1830	1470	0,43	–	3250
Циркон $ZrO_2\cdot SiO_2$	2600	1820	0,16–0,63	$5{,}5\cdot10^{-6}$	4570
Рутил TiO_2	1560–1570	1960	0,25–0,92	–	4200–4300
Хромомагнезит $MgO\cdot Cr_2O_3$	2000–2100	2100	0,8–0,9	–	3900
Хромит $FeO\cdot Cr_2O_3$	1600–1800	2380	0,7	–	3760–4280
Магнезит $MgCO_3$	2000–2800	–	–	$13{,}5\cdot10^{-6}$	2900
Оливиниты, дуниты $(Mg,Fe)_2SiO_4$	1830–1750	–	–	–	3200–3500
Шамот (40% Al_2O_3, остальное SiO_2)	1580–1750	–	–	$(4{,}5\div6{,}0)\cdot10^{-6}$	3000
Муллит $3Al_2O_3\cdot 2SO_2$	1810	–	–	–	3030