

2. Физико-химические свойства огнеупоров

1. Макроструктура (пористость, газопроницаемость, удельная поверхность, характеристика текстуры).

1.1 Пористость. Различают открытые, закрытые поры. Поэтому различают общую пористость и открытую (кажущуюся).

$$P_{\text{отк}} = ((a_2 - a_1) / V) \times 100$$

динас - 20-25;

шамот - 24-30;

высокоглиноземистые огнеупоры - 10-30;

периклазовые огнеупоры - < 25;

периклазо-хромитовые огнеупоры - < 23.

$$B = ((a_2 - a_1) / a_1) \times 100, \text{ водопоглощение (примеры)}$$

1.2 Газопроницаемость

Используют при оценке равномерности структуры, отношение к шлакоустойчивости.

$$K = 18,4 \times 1000 (Q_L / S \Delta p), \text{ нПм – наноперм (от лат. проницаемость)}$$

K- коэффициент газопроницаемости, Q – расход воздуха, L – высота образца, S – площадь сечения, $\Delta p = p_1 - p_2$ – перепад давления, 18,4 – коэффициент, учитывающий вязкость воздуха при T=20.

1.3 Удельная поверхность, анизотропия текстуры, удельная поверхность.

2. Физико-химические свойства огнеупоров

• 2. Прочностные свойства

2.1 Механическая прочность

Огнеупоры при комнатной температуре характеризуется хрупким разрушением при сжатии. В качестве показателя используется предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$. Для обычных изделий $\sigma_{сж} = 20-50$ МПа, для плотных – до 100 МПа, прочность зависит от пористости.

- Значения $\sigma_{сж}$ для некоторых огнеупоров такие, МПа:
- динасовые - 17,5-25; шамотные - > 25; высокоглиноземистые огнеупоры - > 45; периклазовые огнеупоры - > 40; хромпериклазовые огнеупоры - > 25.

Огнеупорные материалы определяются мерой хрупкости. Механическая прочность при высоких Т.

2.2 Температура деформации под нагрузкой

определяется под нагрузкой 0,2 МПа. При этом отмечают температуру начала деформации (размягчения), 4 % и 40 % сжатие образца высотой 50 мм и диаметром 36 мм. Деформация под нагрузкой при высоких температурах определяется количеством образующейся жидкой фазы и ее распределением в образце. Температура 4 % деформации является по существу предельной температурой службы огнеупора, а 40 % деформации – температурой разрушения образца.

| Огнеупор и его характеристика | Количество стекла, % масс. | Огнеупорность, °С | Температура деформации под нагрузкой 0,2 Н/мм ² , °С | | Интервал деформации, °С |
|--|----------------------------|-------------------|---|-----------------|-------------------------|
| | | | начало размягчения | 40 %-ное сжатие | |
| 1. Динасовый (96 % масс. SiO_2) | 10-15 | 1730 | 1660 | 1670 | 10 |
| 2. Периклазовый (92 % масс. MgO) | 5-8 | 2300 | 1550 | 1580 | 30 |
| 3. Шамотный (40 % масс. Al_2O_3 + 55 % масс. SiO_2) | ~ 50 | 1750 | 1400 | 1600 | 200 |
| 4. Корундовый (99 % масс. Al_2O_3) | ~ 0,5 | 2050 | 1900 | 1950 | 50 |

2. Физико-химические свойства огнеупоров

- 2.3 Ползучесть - необратимая пластическая деформация материала при высокой температуре под воздействием напряжений, меньших предела прочности.

Зависит от структуры, пористости, примесей, условия эксплуатации.

По увеличению ползучести массовые огнеупоры располагаются в следующий ряд: диасовые <высокоглиноземистые <периклазовые <шамотные.

3. Теплофизические свойства

3.1 Теплоемкость - количество тепла, затрачиваемое на повышение температуры единицы массы тела на 1 градус. Теплоемкость огнеупоров 0,84-0,96 кДж(кгК), средняя удельная – 1,04-1,26.

3.2 Термический коэффициент линейного расширения – это увеличение линейных размеров тела при нагревании на 1 К, т. е. приростом их линейных размеров по отношению к первоначальным размерам при нагревании на 1°. Коэффициент линейного температурного расширения большинства огнеупорных изделий в пределах температур до 1000° С не превышает десятых долей процента от их первоначальных линейных размеров при комнатной температуре. **Наибольший коэффициент линейного температурного расширения имеют магнезитовые изделия – 0,000013—0,000014 град-1, а наименьший карбидкремневые – 0,0000047 град-1. У шамотных изделий коэффициент линейного температурного расширения находится в пределах 0,0000052— 0,0000058 град-1.**

Показатель зависит от физико-химических реакций и температуре обжига.

2. Физико-химические свойства огнеупоров

3.3 Температурные швы

Огнеупоры должны иметь возможность свободного расширения при нагревании. При кладке принимают следующие предельные расширения в интервале температур 20-1000 С, %

Шамотные – 0,5-0,7, диасовые -1,2-1,4, магнезитовые – 1,3-1,4, хромомagneзитовые – 0,8-0,9, форстеритовые – 1,1.

Температурные (толщина) швы, мм/1 пог. м кладки, принимают равными: Шамотная – 5,2-7,8, Диасовая – 10,4-15,6, Магнезитовая – 20,8, Хромомagneзитовая – 15,6, корундовая – 14,2.

3.4 Теплопроводность, (Вт/м*К) - зависит от составляющих фаз и характера их структуры и определяется той фазой, которая является сплошной средой.

Аккумулирующая способность огнеупоров, ($\text{Вт}\cdot\text{с}^{0,5}/\text{м}^2\cdot\text{К}$) характеризует способность материала принимать при нагреве и отдавать при охлаждении теплоту. Эта величина имеет большое значение при выборе огнеупоров, работающих в

| Огнеупор | Теплопроводность, Вт/м·К | | | Теплоемкость, кДж/кг·К | | | Температуропроводность, м ² /с | | | Плотность, г/см ³ |
|----------|--------------------------|------|------|------------------------|------|------|---|------|------|------------------------------|
| | 20 | 500 | 1000 | 20 | 500 | 1000 | 20 | 500 | 1000 | |
| шамот | 1,16 | 1,34 | 1,51 | 0,83 | 1,0 | 1,08 | 0,70 | 0,67 | 0,70 | 2,0 |
| диас | 1,16 | 1,40 | 1,63 | 0,79 | 0,96 | 1,0 | 0,77 | 0,77 | 0,86 | 1,9 |
| периклаз | 5,82 | 4,66 | 3,50 | 0,92 | 1,08 | 1,08 | 2,42 | 1,66 | 1,25 | 2,6 |
| корунд | 29,1 | 10,0 | 5,82 | 0,83 | 1,0 | 1,08 | 9,2 | 2,74 | 1,42 | 3,8 |

2. Физико-химические свойства огнеупоров

- 3.5 Температуропроводность, $(\text{м}^2/\text{с})$ – характеризует скорость распространения температуры. Температуропроводность и теплопроводность являются двумя из наиболее важных параметров веществ и материалов, поскольку они описывают процесс переноса теплоты и изменение температуры в них. Величина коэффициента температуропроводности зависит от природы вещества.

При температуре выше 1600-1800 огнеупоры начинают испаряться

4. Термические свойства

4.1 Постоянство объема (дополнительные рост и усадка). Важный критерий при подборе огнеупоров для футеровки.

- 4.2 Термостойкость – способность огнеупоров противостоять, не разрушаясь, колебаниям температуры при нагревании или охлаждении. Термостойкость характеризуется числом теплосмен, т.е. циклов нагрева и охлаждения. Различают водяные и воздушные теплосмены.
- При водяных теплосменах образец (кирпич 230x113x65 мм) нагревают до 1300°C, выдерживают его 10 мин при этой температуре, а затем охлаждают в проточной воде (5-25°C) в течение 5 мин. Эти циклы (теплосмены) продолжают до тех пор, пока образец не потеряет 20 % первоначальной массы. Большое влияние на термостойкость оказывает химико-минералогический состав и зерновой состав огнеупора.
- Термостойкость $T_{с_{1300}}$ – вода некоторых огнеупоров равна: динасовых – 1-2; шамотных – 10-25; высокоглиноземистых – 15-20; периклазовых – 1-2; периклазохромитовых – 5-20.
- При воздушных теплосменах кирпич нагревают до 800°C и охлаждают в потоке компрессорного воздуха до потери 20 % массы. В настоящее время этот метод не используется.

2. Физико-химические свойства огнеупоров

4.3 Усталость. Огнеупоры часто испытывают циклические нагрузки, сопровождающиеся расширением и сжатием. В некоторых конструктивных элементах кладки изменения размеров огнеупоров не могут компенсироваться температурными швами (арочные своды), в огнеупорах накапливаются переменные по знаку напряжения. На усталость огнеупоров влияет температура, продолжительность нагрева, время простоя, разогрев футеровки.

4.4 Термическое старение. Длительная служба приводит к разрушению огнеупоров. Характер разрушения отличается от обычного шлакоразъедания или растрескивания при термическом ударе. Процессы связаны с перерождением структуры, при которых увеличивается пористость, ползучесть, снижается прочность, термостойкость.

5. Химическая стойкость - способность огнеупоров не разрушаться в результате различных химических реакций – коррозии (переход их твердого в жидкое). При взаимодействии шлака с огнеупором бывают два крайних случая. (пример)

5.1 Шлакоустойчивость – процесс взаимодействия огнеупоров со шлаками включает в себя пропитку, смачивание и растрескивание, растворение, химические реакции, эрозию. Большую роль в процессе играет пористость.

Динасовые и алюмосиликатные огнеупоры образуют с FeO наиболее легкоплавкие расплавы; периклазовые обладают минимальной растворимостью, оксид кальция с динасовыми и алюмосиликатными огнеупорами образует легкоплавкие соединения, а с MgO высокоогнеупорные составы. По этой причине MgO и CaO находят широкое применение для футеровки мартеновских печей и кислородных конвертеров.

1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

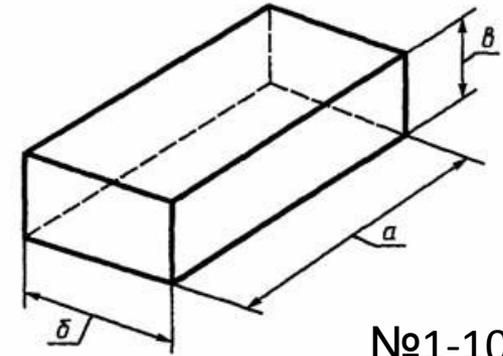
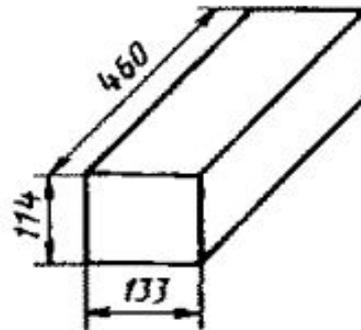
| Обозначение , марка | Размеры, мм | Форма |
|---------------------------|---------------------------|------------------|
| ШБ-5 | 230 x 114 x 65 | прямой |
| ШБ-6 | 230 x 114 x 40 | прямой (пещадка) |
| ШБ-8 | 250 x 124 x 65 | прямой |
| ШБ-9 | 300 x 150 x 65 | прямой |
| ШБ-22 | 230 x 114 x 65/55 | клин торцовый |
| ШБ-23 | 230 x 114 x 65/45 | клин торцовый |
| ШБ-25 | 250 x 114 x 65/55 | клин торцовый |
| ШБ-44 | 230 x 114 x 65/55 | клин ребровой |
| ШБ-45 | 230 x 114 x 65/45 | клин ребровой |
| ШБ-29, 30 | 300 x 150 x 65/55 (65/45) | клин торцовый |
| ШБ-47 | 250 x 114 x 65/55 | клин ребровой |
| ША-5 | 230 x 114 x 65 | прямой |
| ША-6, ША-14 | 230 x 114 x 40 | прямой |
| ША-8 | 250 x 124 x 65 | прямой |
| ША-9 | 300 x 150 x 65 | прямой |
| ША-22 | 230 x 114 x 65/55 | клин торцовый |
| ША-23 | 230 x 114 x 65/45 | клин торцовый |
| ША-25 | 230 x 114 x 65/45 | клин торцовый |
| ША-29, ША-30 | 300x150x65/55 | клин торцовый |
| ША-44, ША-45, ША-49 | 230 x 114 x 65/55 (65/45) | клин ребровой |



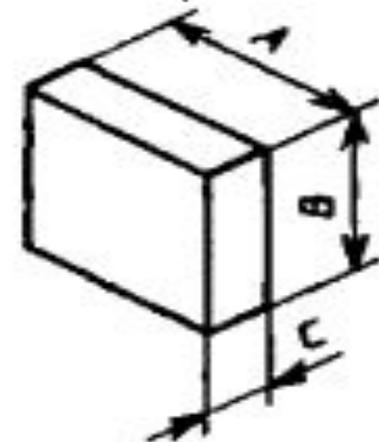
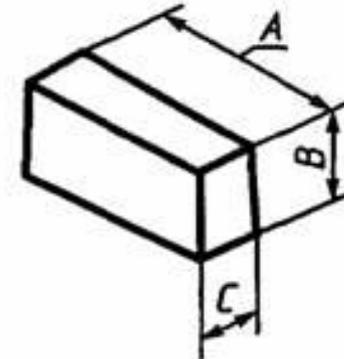
1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

| Тип кирпича | Серия 64 мм | Серия 76 мм |
|---|---|---|
| Прямоугольный ¹ | A x B x C 230 x 114 x 64 230 x 172 x 64 345 x 114 x 64 | A x B x C 230 x 114 x 76 230 x 172 x 76 345 x 114 x 76 |
| Лещадка | A x B x C 230 x 114 x 32 | A x B x C 230 x 114 x 38 |
| Плитка | A x B x C 230 x 230 x 64 | A x B x C 230 x 230 x 76 |
| ¹ В Северной Америке «прямоугольный» известен как «прямой». ² Буквы, обозначающие размеры, относятся только к чертежам данной таблицы. | | |

ГОСТ 8691 Изделия
огнеупорные общего
назначения

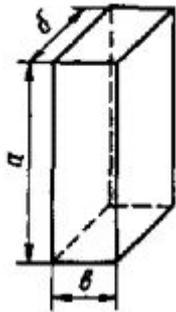


№1-10

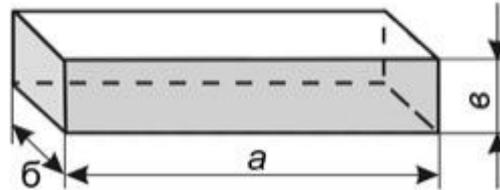


1. Формы изделия, размеры и отклонения, поверхности

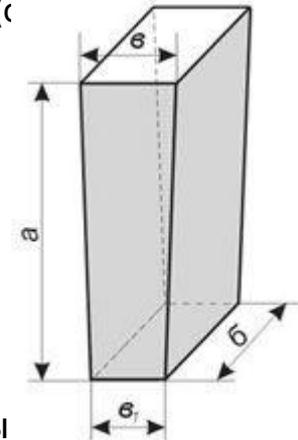
Кирпич прямой полуторный



T



тин торцевой (с



Размеры: (ахбхв) – 230х172х75 (65), Размеры: (ахбхв) – 172х117х75 (65)

250х187х75 (65), 300х225х65

187х124х75 (65)

размеры

№ 11-15

№ 16-19

ахбхвхв1 – 230х114х75х65 (55)

230Х114Х65Х55 (45),

2. Клин ребровый

Клин ребровый

(двусторонний и односторонний)

250Х124Х75Х65, 250Х124Х55(45)

172х114х65х55 (45), 300х150х65 (55, 45)

Размеры: ахбхвхв1 (55), № 20-32

230х114х75х65(55)

230х114х65х55 (45)

230х150х65х55 (45)

250х174х75х65 (55)

250х124х65х55 (45)

№ 42-48

№ 20-32,

клин торцевой полуторный № 33-41

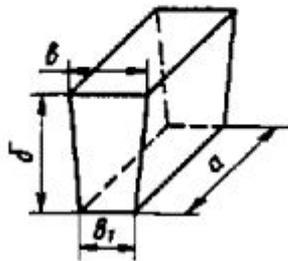
Размеры : 230Х172Х75Х65 (55)

230Х172Х65Х55 (45),

250Х187Х75Х65

250Х187Х65Х55 (45)

300Х225Х65Х55 (45)



1. Формы и размеры изделий, отклонения

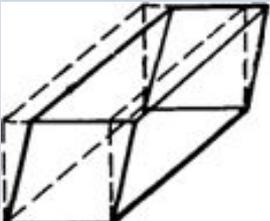
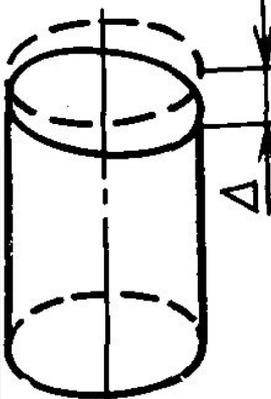
- 1. Формы изделий, размеры и отклонения, поверхности

рабочая поверхность изделия: Поверхность изделия, находящаяся в контакте с расплавом металла или шлака.

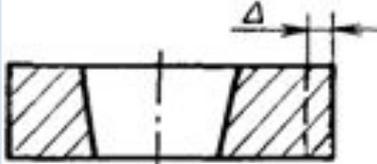
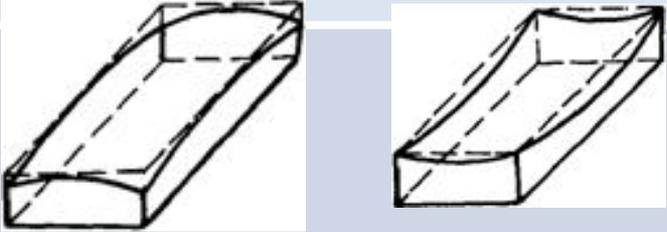
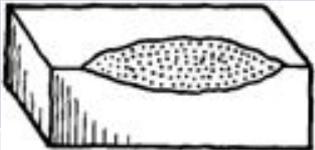
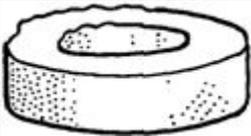
шовная поверхность изделия: Поверхность изделия, по которой огнеупорные изделия соединяются между собой.

поверхность изделия, обращенная к кожуху: Поверхность изделия, противоположная рабочей поверхности.

ГОСТ 28833 Дефекты огнеупорных изделий

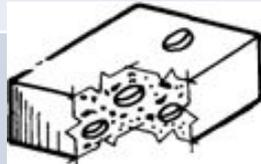
| Термин | Определение | Чертеж |
|-----------------|---|--|
| Косоуголь-ность | Дефект в виде отклонения угла между плоскостями (поверхностями) изделия от прямого угла |  |
| Скошен-ность | Дефект изделия, имеющего форму тел вращения, в виде отклонения угла между торцевой поверхностью и горизонтальной осью от прямого угла |  |

1. Формы и размеры изделий, отклонения

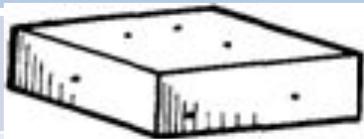
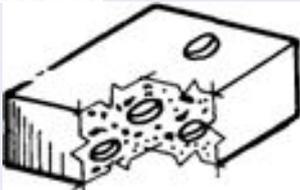
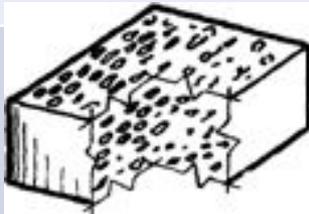
| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Разнотолщина | Дефект в виде разной толщины между противополож. поверхностями (или в любом сечении) |  |
| Кривизна (вогнутость, выпуклость) | Дефект в виде отклонения от прилегающей поверхности, при котором удаление точек поверхности изделия от этой плоскости увеличивается или уменьшается от краев к середине |   |
| Отбитости углов, ребер, кромок | - | |
| Заусеница на поверхности | Дефект в виде сплошного или прерывистого выступа на ребрах, кромках, образовавшийся при формовании |  |

Впадина, выбоина, вмятина, царапина

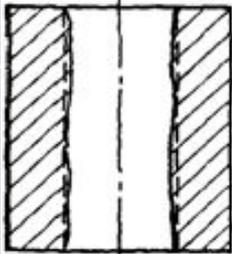
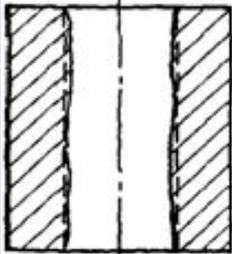
1. Формы и размеры изделий, отклонения

| | | |
|------------------------|---|---|
| Налип | Дефект в виде выступа, образовавшегося в результате прилипания к поверхности огнеупорного материала |  |
| Выкрошенность зерен | Дефект в виде углубления, образовавшегося выпадения зерен | - |
| Трещина | Дефект в виде разрыва целостности материала шириной более 0,5 мм |  |
| Посечка | Дефект в виде разрыва целостности материала шириной менее 0,5 мм |  |
| Сетка трещин и посечек | Дефект в виде трех и более взаимнопересекающихся посечек и трещин |  |
| Пустота (раклвина) | Дефект в виде незаполненного пространства (полости) |  |

1. Формы и размеры изделий, отклонения

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Выплавка | Дефект в виде сплавленных участков с углублением, образовавшегося в результате плавления различных примесей |  |
| Мушка | Дефект поверхности в виде пятна до 1 мм |  |
| Посторонние включения | Дефект в виде участка, имеющего границу раздела фаз с огнеупором |  |
| Неоднородность | Дефект с неравномерным распределением заполнителя и керамич. связки |  |
| Участок без глазури | Дефект в виде участка с механическим повреждением глазури без выгорания графита |  |

1. Формы и размеры изделий, отклонения

| | | |
|--|--|--|
| Выгорание углерода с поверхности изделия | Дефект поверхности в виде участка, отличающегося по цвету от изделия и образовавшийся в результате выгорания графита |  |
| Вспученность | Дефект в виде локализованных вздутий, сопровождающихся нарушением поверхности |   |
| Волнистость поверхности | Дефект поверхности в виде папльвов, образовавшихся при охлаждении расплава, виброформовании |  |
| Слоистость, расслоение | Дефект в виде двух и более слоев с различной макроструктурой | - |

Внутренние дефекты: непропрессовка, непромесс, перепрессовка, трещины, пустоты, посторонние включения. Пережог, недожог.

1. Формы и размеры изделий, отклонения

- [ГОСТ 162-90](#) Штангенглубиномеры. Технические условия
- [ГОСТ 164-90](#) Штангенрейсмасы. Технические условия
- [ГОСТ 166-89](#) (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия
- [ГОСТ 427-75](#) Линейки измерительные металлические. Технические условия
- [ГОСТ 2310-77](#) Молотки слесарные стальные. Технические условия
- [ГОСТ 3749-77](#) Угольники поверочные 90°. Технические условия
- [ГОСТ 7502-98](#) Рулетки измерительные металлические. Технические условия
- [ГОСТ 8026-92](#) Линейки поверочные. Технические условия
- [ГОСТ 8179-98](#) (ИСО 5022-79) Изделия огнеупорные. Отбор образцов и приемочные испытания
- [ГОСТ 10905-86](#) Плиты поверочные и разметочные. Технические условия
- [ГОСТ 15136-78](#) Изделия огнеупорные. Метод измерения глубины отбитости углов и ребер
- [ГОСТ 20010-93](#) Перчатки резиновые технические. Технические условия
- [ГОСТ 25706-83](#) Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования
- [ГОСТ 28833-90](#) Дефекты огнеупорных изделий. Термины и определения
- [СТ СЭВ 543-77](#) Числа. Правила записи и округления

1. Формы и размеры изделий, отклонения

В миллиметрах

| Наименование изделия | Предельные отклонения для классов | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | I | II | III | IV |
| Прямые изделия нормальных размеров: | | | | |
| длина | ± 3 | ± 4 | ± 5 | ± 5 |
| ширина | ± 2 | ± 2 | ± 3 | ± 4 |
| толщина | ± 2 | ± 2 | ± 2 | ± 3 |
| Фасонные изделия размерами: | | | | |
| до 100 мм включ. | ± 2 | ± 2 | ± 2 | ± 3 |
| св. 100 до 250 мм включ. | ± 2 | ± 3 | ± 3 | ± 4 |
| св. 250 до 300 мм включ. | ± 3 | ± 4 | ± 4 | ± 5 |
| св. 300 до 400 мм включ. | ± 5 | ± 6 | ± 6 | ± 6 |
| св. 400 мм, % | $\pm 1,5$ | $\pm 2,0$ | $\pm 2,0$ | $\pm 3,0$ |

До 100 мм - ± 1 мм

100-200 мм - $\pm 1,5-2$ мм

Свыше 300 мм - $\pm 2-3$ мм.

1. Формы и размеры изделий, отклонения

- Вопросы для самоконтроля
- 1. Дайте понятие термину «огнеупоры»
- 2. Дайте понятие термину «огнеупорность»
- 3. Приведите не менее 3 принципиальных отличий формованных и неформованных огнеупоров.
- 4. Дайте понятие терминов: торец, плашка,
- Ребро, рабочая поверхность.
- 5. Напишите по пять важнейших свойств формованных и неформованных огнеупоров