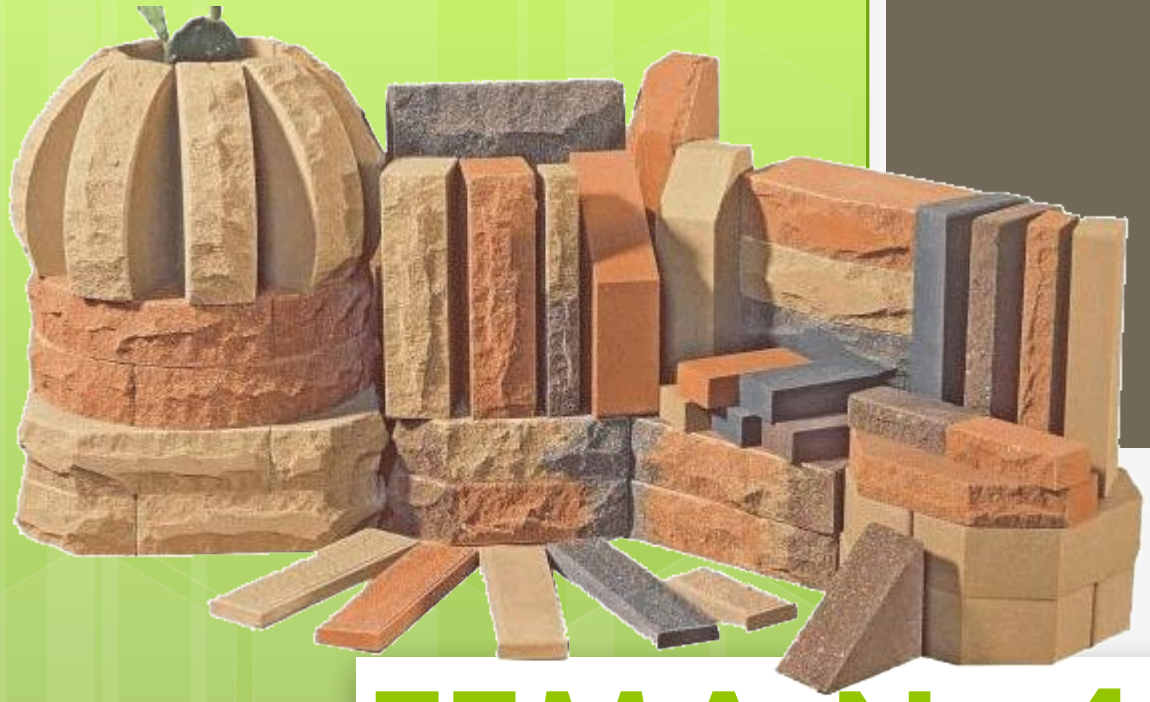


ТЕМА № 4 «КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»

1. Введение

Керамика – искусственные каменные материалы и изделия из минерального сырья, доведенного до спекания (в большинстве случаев – из обожженной глины).

Строительная керамика – изделия из обожженной глины.

Греч. «Keramos» – глина.

Керамический черепок – материал, из которого состоят керамические изделия после обжига.

Сырец – глина, смешанная с необходимым количеством воды и отформованная.

2. Исторические сведения

Глины всегда были одним из основных видов строительных материалов.

- За 8000 лет до н.э. – глины применялись в необожженном виде для глинобитного строительства, изготовление саманного и сырцового кирпича.
- 3500 лет до н.э. – начало применения керамического кирпича.
- 1000 лет до н.э. – глазурованный кирпич и черепица.
- Середина первого тысячелетия – Китай – начало производства изделий из фарфора.

2. Исторические сведения

- 1475 г. – первый кирпичный завод в России (Москва).
- 1744 г. – в Петербурге запущен первый фарфоровый завод.
- Начало XX в. – производство эффективного кирпича, пустотелых камней, керамических плиток, санитарно-технических изделий.

В последнее время распространение получили специальные виды керамики.

3. Особенности керамики

Достоинства:

– Распространенность сырья (глины);
– Простота переработки сырья;
– Высокие физико-механические характеристики керамики;
– Химическая стойкость;
– Высокая долговечность;
– Высокие эстетические качества;
– Экологическая безопасность.

3. Особенности керамики

Недостатки:

– Трудность изготовления крупноразмерных изделий => высокие трудозатраты на устройство конструкций => низкая технологичность;

– Малая деформативность (хрупкость) керамических изделий.

– Высокая энергоемкость производства керамических изделий => высокая стоимость изделий.

4. Сырьевые материалы

4.1. Глинистое сырье

Глина – осадочная горная порода, продукт выветривания полевошпатовых пород.

Свойства глин как сырья для керамики:

- Пластичность – свойство глин принимать заданную форму без разрыва сплошности;
- Связующая способность – свойство глины сохранять связность и прочность после сушки;
- Наличие воздушной и огневой усадки;
- Огнеупорность;
- Спекаемость – свойство глин переходить в результате обжига в камневидное состояние, образуя водостойкий материал, который и будет называться керамикой.

Для производства изделий от темно-красного до красно-коричневого цвета используют **красножгущиеся глины**, для производства изделий светлой цветовой палитры используют **светложгущиеся глины**.

4. Сырьевые материалы

4.1. Глинистое сырье

Зерновой (гранулометрический) состав:

- Глинистые частицы - размером менее 0,005 мм. Глинистые частицы имеют пластинчатую форму, в воде набухают.

  При сушке глиняное тесто теряет воду и уменьшается в объеме. Чем больше глинистых частиц – тем выше пластичность и воздушная усадка глин.;
- Пылевидные частицы (0,005…0,16 мм);
- Песок (0,16…2,0 мм).
- Камни (>2 мм) – должны быть отделены от глины.

Минеральный состав глин:

– **Глинистые минералы:**

- Каолинит $\mathbf{Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O}$ – светлая окраска глин; слабо набухают, тугоплавки, малопластичны, малочувствительны к сушке.
- Монтмориллонит $\mathbf{Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 4H_2O}$ – пластичны, сильно набухают, чувствительны к сушке и обжигу с появлением искривлений и трещин.
- Бентонит – более 85…90% частиц размером менее 0,001мм.

– **Кварц** – SiO_2 (песок);

– **Полевые шпаты, слюды и гидрослюды**.

4. Сырьевые материалы

4.2. Отощающие добавки – вводят в пластичные глины для уменьшения усадки при сушке и обжиге, предотвращения деформаций и трещин (дегидратированная глина, шамот, шлаки, золы, кварцевый песок).

4.3. Порообразующие добавки – вводят для повышения пористости черепка и повышения теплозащитных характеристик изделий (древесные опилки, угольный порошок, торфяная пыль).

4.4. Плавни – вводят с целью снижения температуры обжига (полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк, песчаник, пегматит, стеклобой, перлит).

4.5. Сырьевые материалы

4.5. Пластифицирующие добавки – вводят для повышения пластичности сырьевых смесей при меньшем расходе воды (высокопластичные глины, бентониты, ПАВ).

4.6. Специальные добавки – к примеру, для повышения кислотостойкости добавляют песчаные смеси, затворенные жидким стеклом. Для получения некоторых видов цветной керамики в сырьевую смесь добавляют оксиды металлов (Fe, Co, Ti, Cr, Mn).

Возможно **объемное окрашивание** кирпича (когда минеральный пигмент вводится непосредственно в керамическую массу) и **декорирование поверхности кирпича** путем посыпки отформованного бруса пигментами – диоксид марганца, хромит, оксид железа, волластонит, кварцевая мука, кварцевый песок, глиняная мука.

5. Основы технологии производства керамики

5.2. Подготовка глин

Карьерная глина, как правило, непригодна для получения керамических изделий.

Обработка – естественная + механическая

- ***Естественная*** – вылеживание предварительного добытой глины в течение 1-2 лет при периодическом увлажнении осадками или искусственном замачивании и периодическом замораживании и оттаивании.
- ***Механическая*** – проводится с целью разрушения природной структуры глин, удаления и измельчения крупных включений, удаления примесей, измельчения глин и добавок, перемешивание всех компонентов.

Используются ***специализированные машины*** – глинорыхлители; дезинтеграторы, мельницы, мешалки и т. д.

Качественная подготовка сырья – ключевой аспект обеспечения надлежащего качества керамики.

5.2. Подготовка глин

5.3. Формование

В зависимости от вида продукции, вида и свойств сырья массу формуют по одному из 5-ти способов.

– Пластический способ

– Жесткий способ

– Полусухой способ

– Сухой способ

– Шликерный (литьевой) способ

Пластический способ

Влажность теста 18…28%.

Наиболее простой, наименее металлоемкий и наиболее распространенный способ.

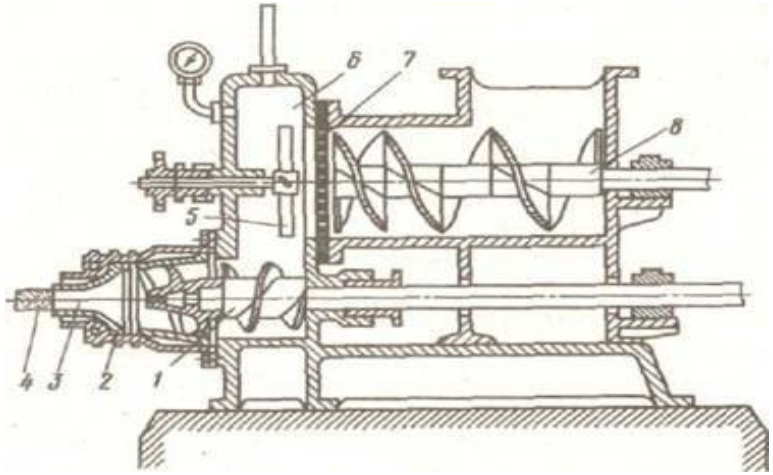
Применяется в случаях использования среднепластичных и умеренно-пластичных, рыхлых и влажных глин с умеренным содержанием посторонних включений.

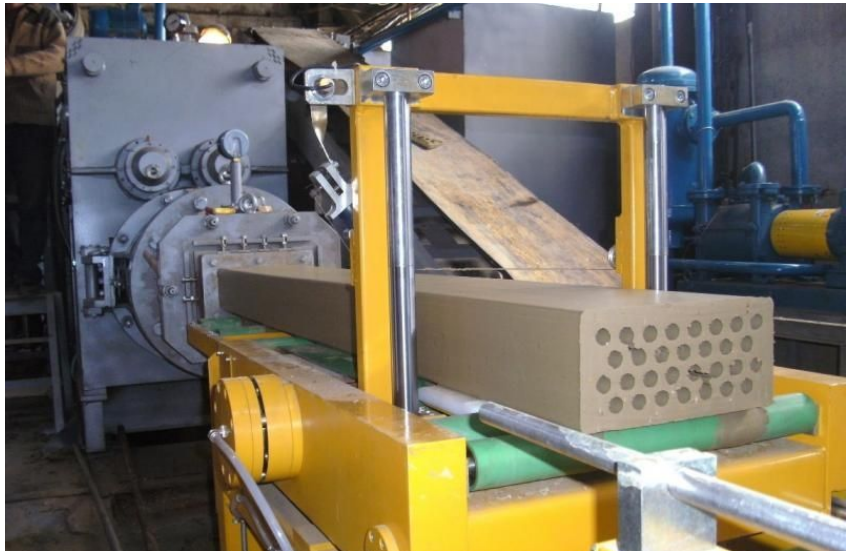
Формование осуществляется на ленточных прессах (шнековых) с вакуумированием или подогревом и без них.

P=1,6…7 МПа.

Производительность до 10 000 штук/час.

Схема ленточного пресса





Жесткий способ

Представляет собой разновидность пластического способа формования.

Влажность массы 13…18%.

Формование осуществляется на мощных вакуумных и гидравлических прессах.

P=10…20 МПа.

Могут быть использованы менее пластичные глины. Требуются меньшие энергетические затраты на сушку. Сырец имеет повышенную прочность.

Этими способами выпускаются сплошные и пустотелые кирпичи, камни, блоки, панели, черепица.

Полусухой способ

Менее распространен. Влажность шихты 8…12%, P=15…40 МПа.

Недостаток – металлоемкость в 3 раза выше пластического.

Длительность производственного цикла сокращается в 2 раза.

Изделия имеют более правильную форму и точные размеры.

До 30% сокращается расход топлива.

Можно использовать малопластичные тощие глины с большим количеством добавок.

Пресс – порошок должен иметь около 50% частиц менее 1 мм и 50% размером 1-3 мм. Прессование осуществляется в пресс-формах на гидравлических или механических прессах.

Сухой способ

Представляет собой разновидность полусухого способа.

Влажность пресс-порошка 2…6%.

Устраняется операция сушки.

Применение – изготовление плотных керамических изделий – плитки для полов; дорожный кирпич; материалы из фаянса и фарфора.

Шликерный (литьевой) способ

Используется многокомпонентная масса, состоящая из неоднородных и трудноспекающихся глин и добавок, для изготовления изделий сложной формы.

Влажность – до 40%.

Применение способа – изготовление санитарно-технических изделий, облицовочных плиток.

5.4. Процессы, происходящие при сушке и обжиге глин

1) **Сушка изделий** (t=100…150°С) – удаление свободной воды. Процесс обратим.

Необходимо высушить изделия до влажности 5…6% во избежание неравномерной усадки, искривлений, растрескиваний при обжиге.

Время сушки – до 72 часов.

$$\varepsilon_{\text{в.у.}} = 6 \ldots 10\%$$

$$\Delta l = l_0 - l$$

$$\varepsilon_{\text{о.у.}} = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot 100\%$$

5.4. Процессы, происходящие при сушке и обжиге глин

2) t=500…800°С – потеря химически связанной воды, выгорание органических примесей.

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \xrightarrow{t} Al_2 \cdot O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O\uparrow$$

Метакаолинит

5.4. Процессы, происходящие при сушке и обжиге глин

3) t=800…900°C

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \rightarrow Al_2O_3 \quad 2SiO_2$$

Оксиды находятся в химически активном состоянии.

5.4. Процессы, происходящие при сушке и обжиге глин

4) t=1000…1100°C – образование керамического черепка.

Образуются: силлиманит $Al_2O_3 \cdot SiO_2$

муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

Происходит частичное плавление.

- $\varepsilon_{о.у.} = 6 \ldots 10\%$

5.4. Процессы, происходящие при сушке и обжиге глин

5) **t=1200°C** – усиление спекания, образование плотного керамического черепка.

6) **t=1350°C** – плавление (до этой температуры обычно не доводят).

6. Стеновые керамические материалы

ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» – основной нормативный документ, регламентирующий технические требования к стеновым керамическим материалам и методы их испытания.

Виды изделий:

- *Кирпич керамический (КР) – 7 типоразмеров:*
  - *Полнотелые и пустотелые;*
  - *Рядовые и лицевые;*
  - *Кирпич нормального формата (одинарный);*
  - *Фасонный кирпич;*
  - *Клинкерный кирпич.*
- *Кирпич с горизонтальными пустотами (КРГ) – 2 типоразмера;*
- *Камень керамический (КМ) – крупноформатное изделие номинальной толщиной 140 мм и выше – 14 типоразмеров формата 2,1НФ…14,9НФ ;*
- *Камень доборный (КМД) – 5 типоразмеров.*

В настоящее время существует большой ассортимент лицевого кирпича разных цветов, фактур поверхности и большой ассортимент фасонных кирпичей, что дает свободу в архитектурном решении здания.

Основные определения

Кирпич – керамическое штучное изделие, предназначенное для устройства кладок на строительных растворах.

Камень – крупноформатное пустотелое керамическое изделие номинальной толщиной 140 мм и более, предназначенное для устройства кладок.

Кирпич нормального формата (одинарный) – изделие в форме прямоугольного параллелепипеда номинальными размерами 250×120×65 мм.

Кирпич полнотелый – изделие, в котором отсутствуют пустоты или с пустотностью не более 13 %. Под ***пустотностью*** подразумевается доля пустот в объеме изделия, выраженная в процентах.

Кирпич пустотелый – изделие, имеющее пустоты различной формы и размеров. Учитывая предыдущее определение полнотелого кирпича, можно уточнить, что к пустотелому кирпичу следует относить изделия с пустотностью 13 % и выше. Пустоты в изделиях могут располагаться перпендикулярно (вертикальные) или параллельно постели (горизонтальные).

Кирпич рядовой – изделие, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки. Рядовые изделия могут быть с гладкими или рельефными вертикальными гранями.

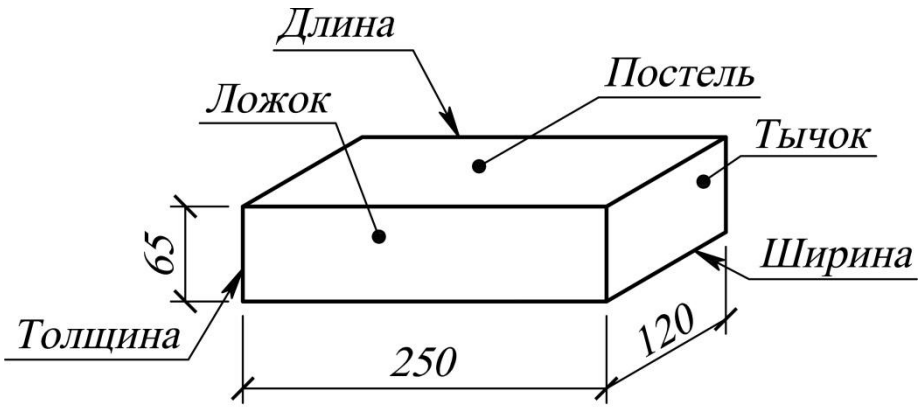
Кирпич лицевой – изделие, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки и выполняющее функции декоративного материала. Лицевой кирпич имеет не менее двух (ложковую и тычковую), а чаще три лицевых грани. Лицевой кирпич может быть с гладкой, рельефной или офактуренной поверхностями, естественного цвета или объемно окрашенным.

Фасонный кирпич – изделие, имеющее форму, отличающуюся от формы прямоугольного параллелепипеда.

Кирпич клинкерный – изделие, имеющее высокую прочность и низкое водопоглощение, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки в сильно агрессивной среде и выполняющее функции декоративного материала.

Камень с пазогребневой системой – изделие с выступами на вертикальных гранях для пазогребневого соединения камней в кладке без использования кладочного раствора в вертикальных швах.

Кирпичи рядовые полнотелые и пустотелые



$V=25\times12\times6,5=1950$ см³ (1 НФ)

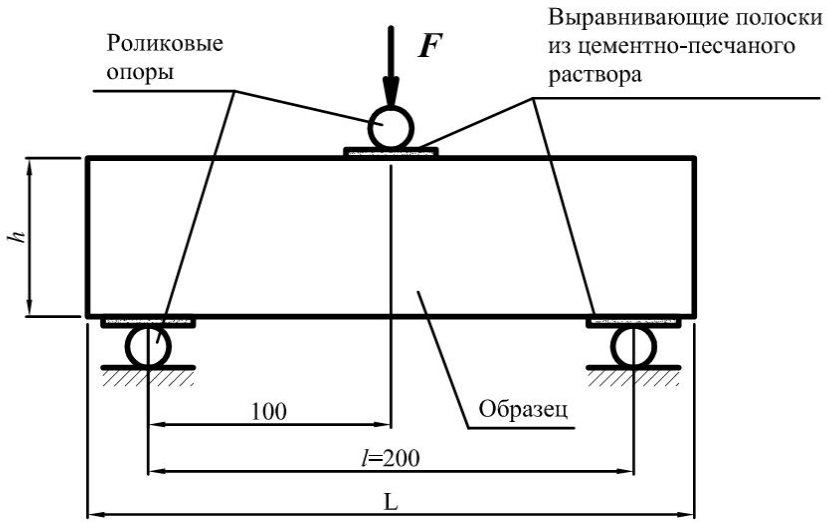
Лицевой кирпич

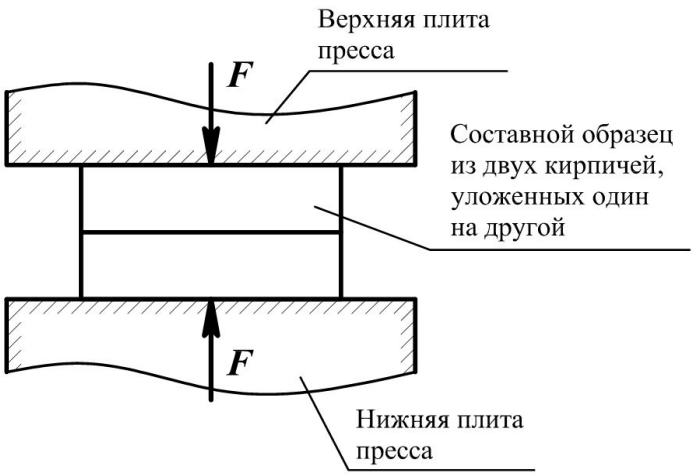
Крупноформатный керамический камень
2,1NF
4,5NF
10,7NF-25
10,7NF-38
12,3NF
14,3NF

Технические требования к стеновым керамическим материалам

- **1. По прочности** кирпич подразделяют на марки: М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300;
- Клинкерный кирпич – М300, М400, М500, М600, М800, М1000;
- Камни – М25, М35, М50, М75, М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300;
- Кирпич и камень с горизонтальными пустотами – М25, М35, М50, М75, М100.

Схема испытания кирпича на изгиб и на сжатие





Технические требования к стеновым керамическим материалам

Марку кирпича по прочности устанавливают по значениям пределов прочности при сжатии и при изгибе, кирпича с горизонтальным расположением пустот и камня – по значению предела прочности при сжатии. Нормируется 2 значения – средний результат по пяти образцам и наименьший единичный результат.

2. По морозостойкости изделия подразделяют на марки F25, F35, F50, F75, F100, F200, F300. Марка по морозостойкости лицевых изделий должна быть не ниже F50, клинкерного кирпича - не ниже F75.

Технические требования к стеновым керамическим материалам

3. По показателю средней плотности изделия подразделяют на классы: 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0, 2,4.

Классы средней плотности изделий	Средняя плотность, кг/м^3
0,7	До 700
0,8	710 – 800
1,0	810–1000
1,2	1010–1200
1,4	1210 –1400
2,0	1410 – 2000
2,4	2010 –2400

Технические требования к стеновым керамическим материалам

4. По теплотехническим характеристикам изделия в зависимости от класса средней плотности подразделяют на группы:

Класс средней плотности изделия	Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии λ, Вт/(м·°С)
0,7; 0,8	Высокой эффективности	До 0,20
1,0	Повышенной эффективности	Св. 0,20 до 0,24
1,2	Эффективные	Св. 0,24 до 0,36
1,4	Условно-эффективные	Св. 0,36 до 0,46
2,0; 2,4	Малоэффективные (обыкновенные)	Св. 0,46

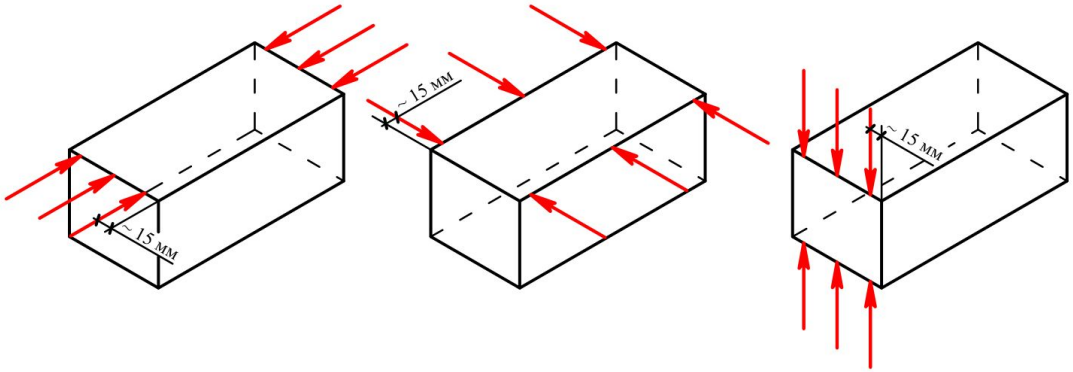
Технические требования к стеновым керамическим материалам

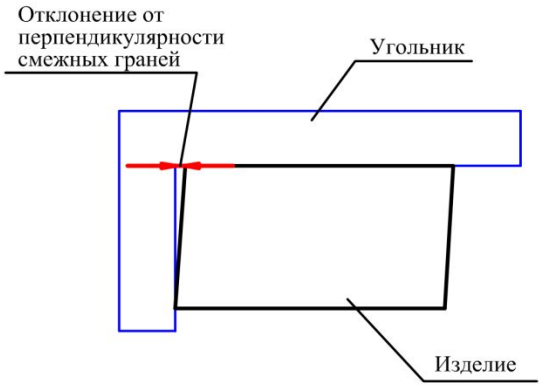
5. Изделия должны соответствовать **номинальным размерам**, приведенным в ГОСТ.

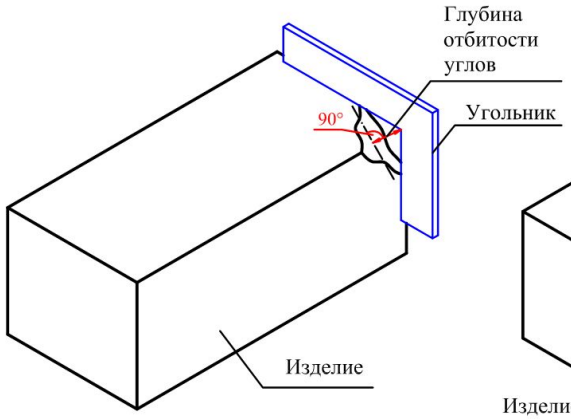
6. Предельные отклонения от номинальных размеров не должны превышать на одном изделии значений, указанных в ГОСТ.

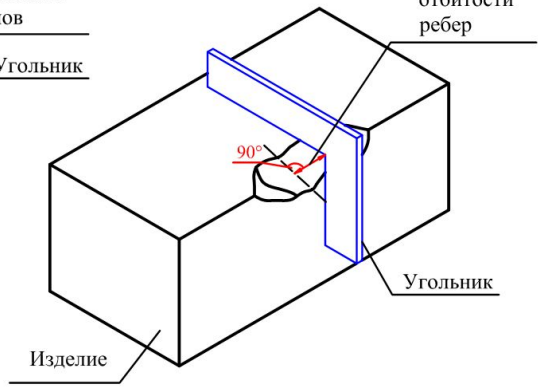
7. На лицевых и клинкерных изделиях не допускаются **высолы**.

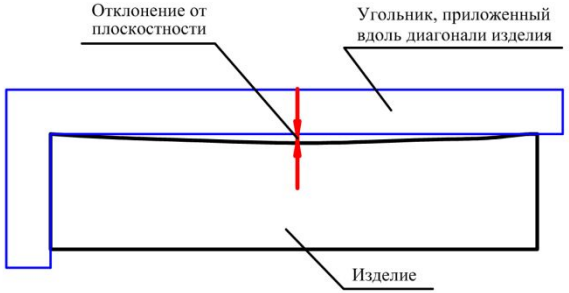
Схемы определения отклонений от номинальных размеров и дефектов внешнего вида изделий











Технические требования к стеновым керамическим материалам

8. Дефекты внешнего вида изделий, размеры и число которых превышают значения, указанные в ГОСТ, не допускаются.

9. Водопоглощение изделий должно быть не более 6% для клинкерного кирпича, и не менее 6% для остальных изделий.

10. Скорость начальной абсорбции воды опорной поверхностью (постелью) изделий должна быть не менее 0,10 кг/(м^2·мин) и не более 3,00 кг/(м^2·мин)

Пример условного обозначения:

КР-р-по 250×120×65/1 НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530–2012.

НОВЫЙ ГОСТ !!!

С 01.07.2017 г. введен в действие

ГОСТ Р 57347-2016/EN 771-1:2011

«Кирпич керамический. Технические условия», идентичный EN 771-1:2011

(действует параллельно с ГОСТ 530-2012).

<u>Изучить самостоятельно.</u>

9. Керамические облицовочные изделия

Внешний вид

- Лицевая поверхность керамических плиток может быть гладкой, шероховатой или рельефной, неглазурованной, частично или полностью покрытой одно- или многоцветной глазурью.
- Глазурь может быть глянцевой, матовой, прозрачной или глушенной.

1. Фасадные керамические плитки

Изготавливаются методом пластического и полусухого прессования.

Свойства:

- $W_m \leq 9\%$ (стеновые), $W_m \leq 5\%$ (цокольные)
- морозостойкость не менее 40 (стеновые) и 50 циклов (цокольные)
- Предел прочности при изгибе не менее 16 МПа (стеновые) и 8 МПа (цокольные).

Применение: наружная облицовки стен, стеновых панелей, цоколей зданий, подземных переходов.

2. Коврово-мозаичная керамика

Плитки размером 23 мм и 48 мм и толщиной 6–8 мм собираются в ковры на крафт-бумаге размером 400×600 мм.

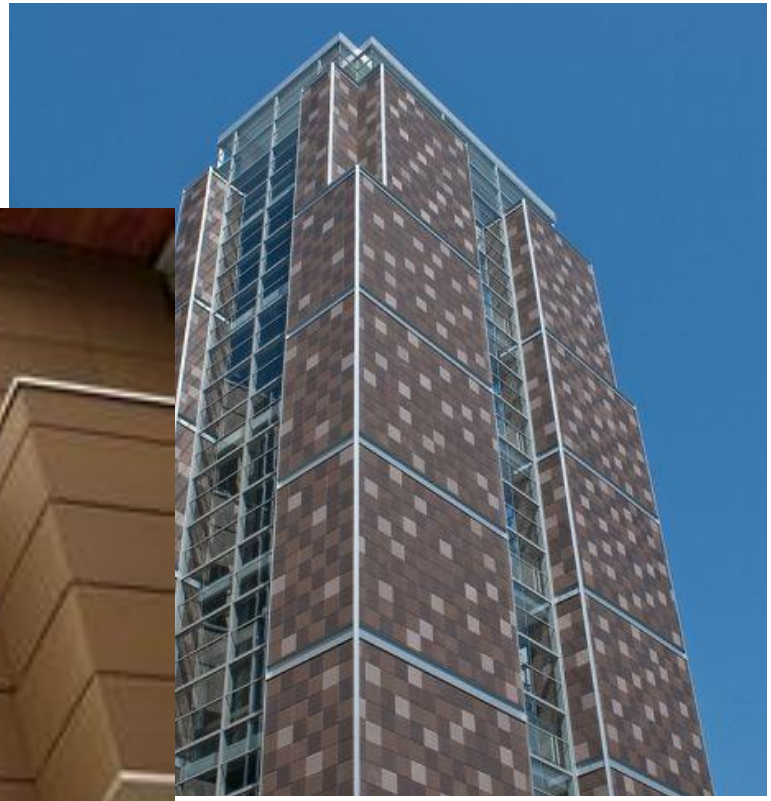
3. Крупноразмерные облицовочные керамические плиты

Выпускаются квадратной или прямоугольной формы с размерами (500÷1200)×(500÷1000)×(9÷10) мм.

Водопоглощение по массе менее 1%, морозостойкость 50 циклов и более.

Применение: облицовка фасадов и цоколей зданий, подземных переходов.

3. Крупноразмерные облицовочные керамические плиты



4. Керамические плитки для внутренней облицовки стен

По форме подразделяются на:

- Квадратные;
- Прямоугольные;
- Фасонные угловые;
- Карнизные;
- Плинтусные;
- Для отделки внешних и внутренних углов.

Monopole

Поверхность может быть глянцевой, матовой, полуполированной, «под камень», «под мозаику», структурированной.

Размер плиток (50÷200)×(100÷200)×(5÷8) мм.

Водопоглощение по массе не более 16%, предел прочности при изгибе не менее 15 МПа, термостойкость глазури не менее 125°С.

5. Керамические плитки для полов

Производятся из тугоплавких и огнеупорных глин путем обжига до спекания.

Свойства:

- Низкое водопоглощение (менее 4%);
- Высокая прочность (прочность при изгибе не менее 25 МПа);
- Высокая износостойкость.

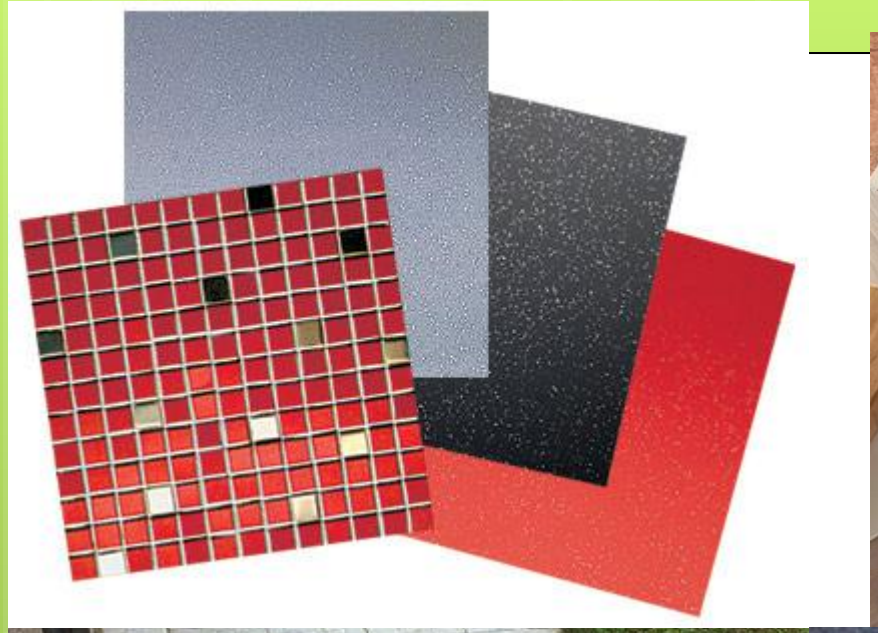
Могут быть квадратными, прямоугольными с размерами (150÷500)×(150÷500)×(10÷13) мм, многогранными и фигурными.

6. Плитки из керамогранита

формуются из глинистого сырья под высоким давлением (40…50 МПа) и подвергаются обжигу до спекания.

<u>Особенности керамогранита:</u>

- низкое водопоглощение;
- высокая прочность, в т.ч. к ударным воздействиям;
- высокая износостойкость;
- термическая и химическая стойкость;
- долговечность;
- морозостойкость;
- богатый выбор цветов и фактур.



- Типы поверхности: глазурованная, матовая, полированная, полуполированная, структурированная («под дерево» – «керамический паркет», «под ткань», «под натуральную кожу», с рельефным рисунком, рустика).
- Выпускают плиты квадратные и прямоугольные с типовыми размерами (150÷600)×(150÷600) мм, толщиной 8÷20 мм.
- Применение: облицовка фасадов, в конструкции вентилируемого фасада, облицовка стен и полов в жилых и общественных зданиях, помещениях с повышенной проходимостью.

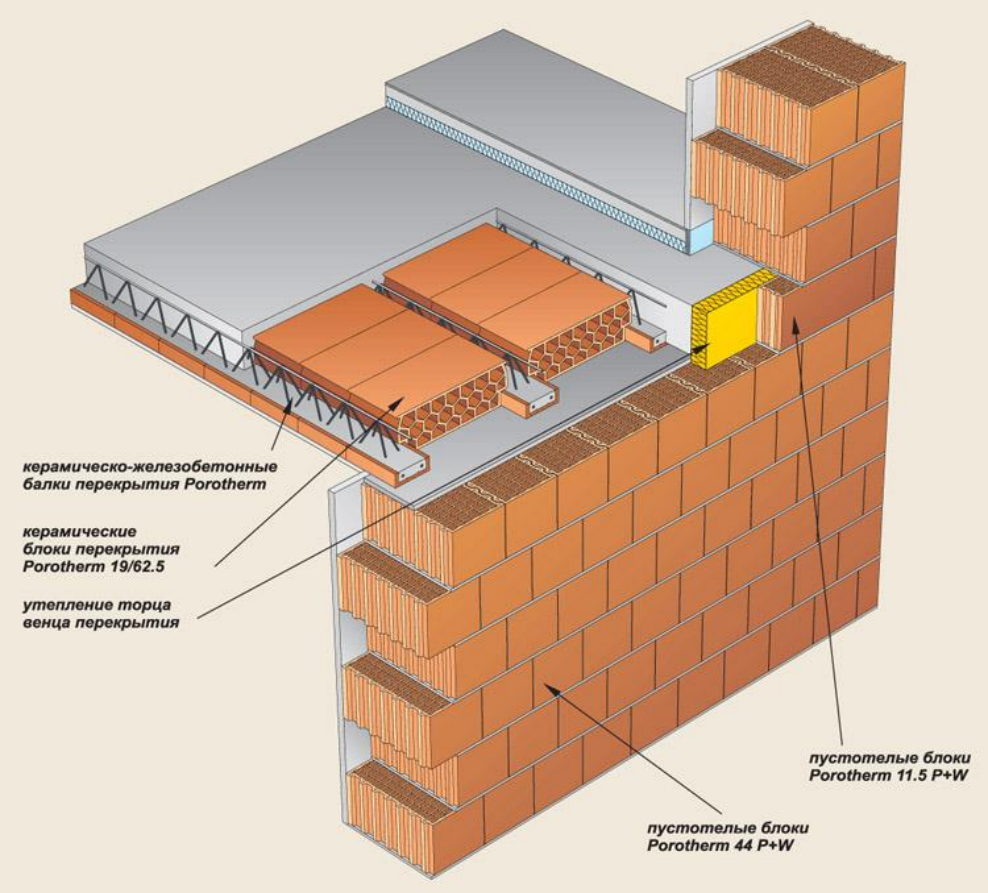
Керамическая черепица

Керамическая черепица – одно из древнейших кровельных покрытий, известных человечеству.

Преимущества:

- Высокая долговечность – до 300 лет.
- Огнестойкость;
- Химическая и атмосферостойкость;
- Высокие эстетические качества.

Недостатки:

- Большой вес покрытия (50…65 кг/м^2);
- Малая технологичность, высокая трудоемкость кровельных работ;
- Необходимость устройства большого уклона кровли (не менее 30%) и обеспечения высокой прочности стропильных конструкций;
- Высокая стоимость черепицы (от 2000 руб/м^2).

Керамические камни для перекрытий