

Керамические материалы

- **Керамика** – собирательное название искусственных каменных материалов, получаемых формованием из глиняных смесей с минеральными и органическими добавками с последующей сушкой и обжигом

- Сырьем для керамики служат глины
- Глина – осадочные горные породы, состоящие преимущественно из алюмосиликатов ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$), размер частиц менее 0,005 мм.
- Каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Монтмориллонит ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$)

Свойства глин:

1. Пластичность – способность глиняного теста деформироваться под действием нагрузок без нарушения сплошности и сохранять полученную форму после прекращения воздействия

Типы глины	Водопотребность, %	Усадка при сушке, %
Высокопластичная	> 28	10...15
Средней пластичности	20...28	7...10
Малопластичная	< 20	5...7

Свойства глин

2. Скорость сушки. Определяется скоростью миграции воды от центра изделия к поверхности.

Чем больше глинистых минералов, тем больше требуется воды для набухания, но труднее сохнет и дает большую усадку. Такие глины называют **«жирными»**

Глины, содержащие больше песчаных частиц, характеризуются небольшой усадкой, пластичностью. Эти глины – **«тощие»**

Свойства глин

3. Спексаемость – способность глины при обжиге переходить в камневидное состояние.

Этапы:

- 500-600°C удаление химически связанной воды ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$)
- 800-900 °C разложение глины на оксиды Al_2O_3 и SiO_2
- 1000-1200 °C образование новых водостойких и тугоплавких материалов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ – силлиманита и $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – муллита
- 900-1200 °C образование расплава из других более легкоплавких материалов (склеивает твердые частицы глины)

Свойства глин:

4. Усадка.

Полная усадка (6-18%) делится на

-огневая (при обжиге) в пределах 2-6%

-воздушная (при сушке) 4-12%

Учитывают при расчете размеров заготовок (сырца).

Свойства глин:

5. Огнеупорность – способность выдерживать действие высоких температур без деформаций и потери свойств.
- легкоплавкие. Плавятся при $T < 1350$ °С. Используют для кирпича, стеновых камней, черепицы
 - тугоплавкие 1350-1580 °С. Изготавливают облицовочные изделия, лицевой кирпич, канализационные трубы
 - огнеупорные $T > 1580$ °С. Изготавливают огнеупорные материалы

Дополнительные компоненты в составе глин

1. Отощающие материалы

Вводятся в высокопластичные глины, для затворения которых требуется большое количество воды (до 28%) и которые поэтому дают большую линейную усадку при сушке и обжиге (до 15%).

Применяют вещества неорганического происхождения: кварцевый песок, **шамот** (обожженная и измельченная глина), бой изделий, молотый шлак и золу.

Дополнительные компоненты в составе глин

2. Порообразующие добавки (для снижения плотности и теплопроводности)
 - Диссоциируют с выделением газа (мел и т.д.)
 - Выгорают (опилки древесные, угольный порошок)

Дополнительные компоненты в составе глин

3. Пластифицирующие добавки – увеличить пластичность без воды (лигносульфонаты, сульфитно-дрожжевая бражка и др.)
4. Плавни – понижают температуру спекания (полевые шпаты, железная руда, тальк ...)
5. Глазури и ангобы



Глазурование

Глазурь - тонкий слой стекловидного покрытия, которое наносится на поверхность глиняного изделия.

Данная отделка образовывается при проведении процедуры политого обжига.

Глазурь можно разделить на две большие группы, которые состоят из сырых и нефриттованных и сплавленных нефриттованных (спеченных) видов глазури:

Тугоплавкая - температура розлива которой составляет около 1000 – 1420 °С.

Легкоплавкая -

Ангоб



- лицевые
покрытия,
выполненные из
цветных глин (не
дает расплава,
покрытие
образуется
матовое)

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИКИ. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ

Добычу сырья осуществляют в карьерах открытым способом — экскаваторами.

Транспортировку сырья от карьера к заводу производят автосамосвалами, вагонетками или транспортерами при небольшой удаленности карьера от цеха формовки.

Заводы по производству керамических материалов, как правило, строят вблизи месторождения глины, и карьер является составной частью завода.



Подготовка сырьевых материалов состоит из

- разрушения природной структуры глины,
- удаления или измельчения крупных включений,
- смешения глины с добавками
- увлажнения до получения *удобоформируемой* глиняной массы.

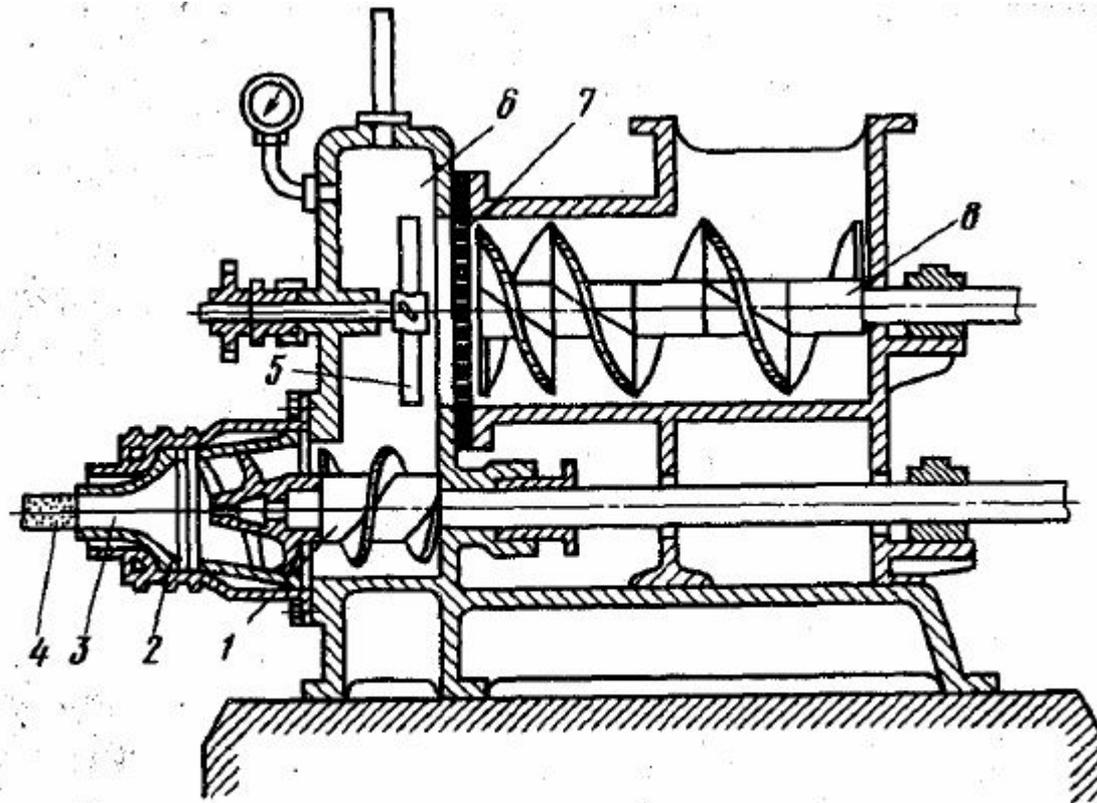


- **Формование** керамической массы в зависимости от свойств исходного сырья и вида изготавливаемой продукции осуществляют способами
 - **полусухим,**
 - **пластическим**
 - **шликерным (мокрым).**



- При **полусухом способе** производства глину вначале дробят и подсушивают, затем измельчают и с влажностью 8... 12% подают на формование.
- При **пластическом способе** формования глину дробят, затем направляют в глиносмеситель, где она перемешивается с отощающими добавками до получения однородной пластичной массы влажностью 20...25%.
- По **шликерному способу** исходные материалы измельчают и смешивают с большим количеством воды (до 60%) до получения однородной массы — шликера.
- В зависимости от способа формования шликер используют как непосредственно для изделий, получаемых способом литья, так и после его сушки в распылительных сушилках.

Вакуумный ленточный пресс (пластический способ формования рядового кирпича)



Производство керамики. 4 этап - сушка

- Сложность – перенос влаги из середины изделия к поверхности.
- Поэтому толстые изделия сушат долго (2-3 суток) при температуре 130-170 °С

Производство керамики. 5 этап - обжиг

- В печь сырец поступает с влажностью 8...12%, и в начальный период происходит его досушивание.
- По достижении максимальной температуры обжига изделие выдерживают для выравнивания температуры по всей толщине его, после чего температуру снижают на 100...150°С, в результате изделие претерпевает усадку и пластические деформации.
- Затем интенсивность охлаждения при температуре ниже 800°С увеличивается до 250...300°С/ч и более.
- При таких условиях обжиг кирпича можно осуществить за 6...8 ч. Изделия из легкоплавких глин обжигают при температуре 900...1100°С.
- **В результате обжига изделие приобретает камневидное состояние, высокие водостойкость, прочность, морозостойкость и другие ценные строительные качества.**

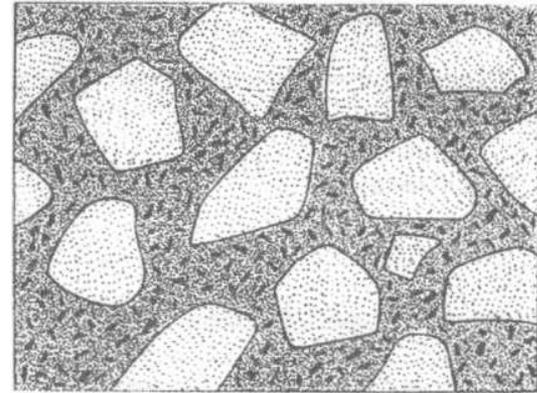
Туннельная печь для обжига





Структура керамики

- *Керамике свойственна **поликристаллическая структура**, в которой припеченные друг к другу зерна кристаллического вещества, могут быть разделены участками стекла (так называемой **стеклофазой**) или порами.*
- Эти три основные фазы - кристаллическая, аморфная и газовая - в той или иной степени представлены практически во всех керамических материалах (рис.).



Схематическое изображение структуры фарфора: серый фон - стеклофаза; мелкие черные участки - кристаллы муллита; белые поля - крупные зерна кварца, пористость незначительна

Дефекты керамических изделий:

1. Недожог (алый цвет)
2. Пережог (фиолетово-бурый цвет)
3. «Дутик» (включения известняка).
Впоследствии вымывается – выколы и разрушение изделия.

Классификация керамических изделий

- **По плотности** изделия делят на:
 - плотные с *водопоглощением* менее 5%
 - пористые – более 5%.
- **Пористые материалы** – кирпич глиняный, стеновые камни, черепица, облицовочные плитки и трубы керамические.
- **Плотными** являются керамические плитки для полов и дорожный кирпич.
- Санитарно-технические изделия: ванны, унитазы, умывальники – бывают пористыми (фаянс) и плотными (фарфор).
- **Высокопористые материалы** : керамзит и аглопорит.

- **По прочности и морозостойкости** керамические изделия делят на марки.
- **По качеству переработки сырья керамику делят на грубую и тонкую:**
 - **- грубая:**— это строительный и шамотный кирпич, который широко используется при возведении зданий и других строительных работах, облицовочная плитка, черепица, гончарные изделия.
 - **- тонкая:** фарфор, полуфарфор, фаянс, майолика.
- .

Изделия из керамики

1. Стеновые материалы. Кирпич и камень керамические (размер от 250*120*138мм)



**Кирпич керамический
полнотелый размером
250x120x65 мм**



**Кирпич керамический
утолщенный размером 250x120x88
мм**



**Камень керамический
размером 250x120x138 мм**



Основные виды кирпича керамического

- различаются по назначению и подразделяются на **рядовой** (другие названия: строительный или обычный) и **лицевой**.
Лицевой в зависимости от технологического исполнения может быть нескольких типов:
- фасадный;
- глазурованный;
- фасонный;
- фигурный;
- ангобированный.



- Керамический кирпич может быть монолитным или пустотелым, а его поверхности ложковые и тычковые делаются гладкими или рифлеными.
- *При этом изделия одного вида часто сочетают несколько признаков, так рядовой блок изготавливается полнотелым или с полостями.*
- Кладка печей или каминов осуществляется из специального **огнестойкого (шамотного) кирпича**, а для мощения дорожек применяется его специальный вид – **клинкерный**.



Плотность керамического

кирпича

- Физико-химические свойства и технические параметры изделия во многом зависят от внутренней структуры.
- Плотность кирпича зависит от фракционного состава сырья, разновидности и пористости строительного кирпича.

Разновидность	Плотность, кг/м ³	Пористость, %	Марка прочности	Морозостойкость
Рядовой полнотелый	1600 - 1900	8	75 - 300	15 - 50
Рядовой пустотелый	1000 - 1450	6 - 8	75 - 300	15 - 50
Лицевой	1300 - 1450	6 - 14	75 - 250	25 - 75
Лицевой ангобированный	1300 - 1450	6 - 14	75 - 250	25 - 75
Клинкерный	1900 - 2100	5	400 - 1000	50 - 100
Шамотный	1700 - 1900	8	75 - 250	15 - 50

Плотность керамического кирпича определяет его класс, который обозначается числовым кодом в пределах от 0,8 до 2,4. Этот показатель обозначает вес одного кубического метра строительного материала, выраженный в тоннах. Всего существует шесть классов изделий, введение данного показателя существенно упрощает учет и делопроизводство в строительной отрасли.

Пустотелость кирпича

- В целях снижения массы изделия и его теплопроводности в нем оставляются полости разной формы.
- Пустотелым может быть как рядовой, так и облицовочный керамический кирпич. Форма и глубина отверстий задается технологией и может быть самой разной: круглой, щелевидной или прямоугольной. Пустоты в теле изделия располагаются вертикально или горизонтально, в некоторых разновидностях они делаются сквозными в других закрытыми с одной из сторон.
- Направление отверстий по отношению к плоскости нагрузки оказывает заметное влияние на показатель механической прочности. Так, кирпич с горизонтальными пустотами нельзя использовать при кладке несущих стен, возможно его разрушение под действием массы строительной конструкции. При изготовлении пустотелых блоков экономиться до 13 % сырья, что снижает их стоимость и делает более доступными.



Пустотелый керамический кирпич с пустотами прямоугольной формы.

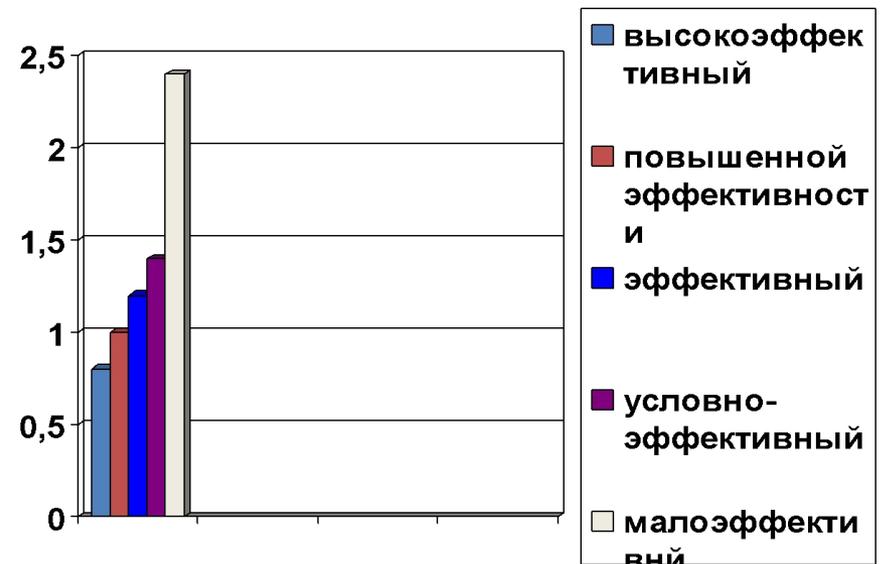


Пустотелый керамический кирпич с круглыми полостями по центру.

Теплопроводность кирпича

- В соответствии с данным показателем изделия могут быть отнесены к одной из пяти групп по теплопроводности.
- Полнотелый керамический кирпич теплоизоляционные характеристики которого сравнительно невысокие используется обычно для возведения несущих конструкций. Для стен сложенных из такого материала необходимо дополнительное утепление. Применение пустотелых или щелевых изделий позволяет в значительной мере уменьшить толщину ограждающих конструкции в малоэтажных строениях.
- Наличие сухого воздуха в пустотах существенно снижает потери тепловой энергии сквозь стены.

Зависимость теплопроводности кирпича от его класса плотности



Водопоглощение кирпича

- Наличие пор в керамическом кирпиче может способствовать проникновению воды и паров в его структуру.
- Коэффициент водопоглощения зависит от многих факторов и первую очередь от плотности и некоторых других характеристик материала. **Для полнотелых изделий величина его колеблется в пределах от 6 до 14 %**, что является довольно низким показателем. *Это положительно сказывается на прочностных и теплоизолирующих характеристиках кирпича.*
- Сохранность кирпичных зданий и сооружений напрямую зависит от устойчивости отопления. Снижение температуры внутри помещения до уровня уличной способствует проникновению влаги в поры и накоплению в них воды. Кристаллизация ее при замерзании вызывает образование напряжений и микротрещин, которые постепенно разрушают материал строительных конструкций.

Паропроницаемость

- Напрямую со способностью к влагопоглощению связан такой показатель, как *паропроницаемость*.
- В любом обитаемом помещении влажность воздуха повышается вследствие жизнедеятельности человека. В регулировании этого параметра участвуют кирпичные стены, которые способны активно поглощать и отдавать пары в окружающую среду. Данный показатель для керамического кирпича находится на уровне 0,14 - 0,17 Мг/(м*ч*Па) и этого достаточно для создания комфортного микроклимата в квартире, доме или офисе.
- Паропроницаемость материала определяется специальным коэффициентом. Данный показатель характеризует плотность проникающего потока через поверхность площадью в 1 кв. м в течение одного часа.
Морозостойкость керамического кирпича указывается в виде буквенно-числового кода от F50 до F100. Это означает, что при правильном выполнении кладки и постоянном отоплении в зимний период срок эксплуатации здания составит от 50 до 100 лет. Керамический кирпич отличается высокой стойкостью к внешним воздействиям и экстремальным колебаниям температур.

Огнестойкость

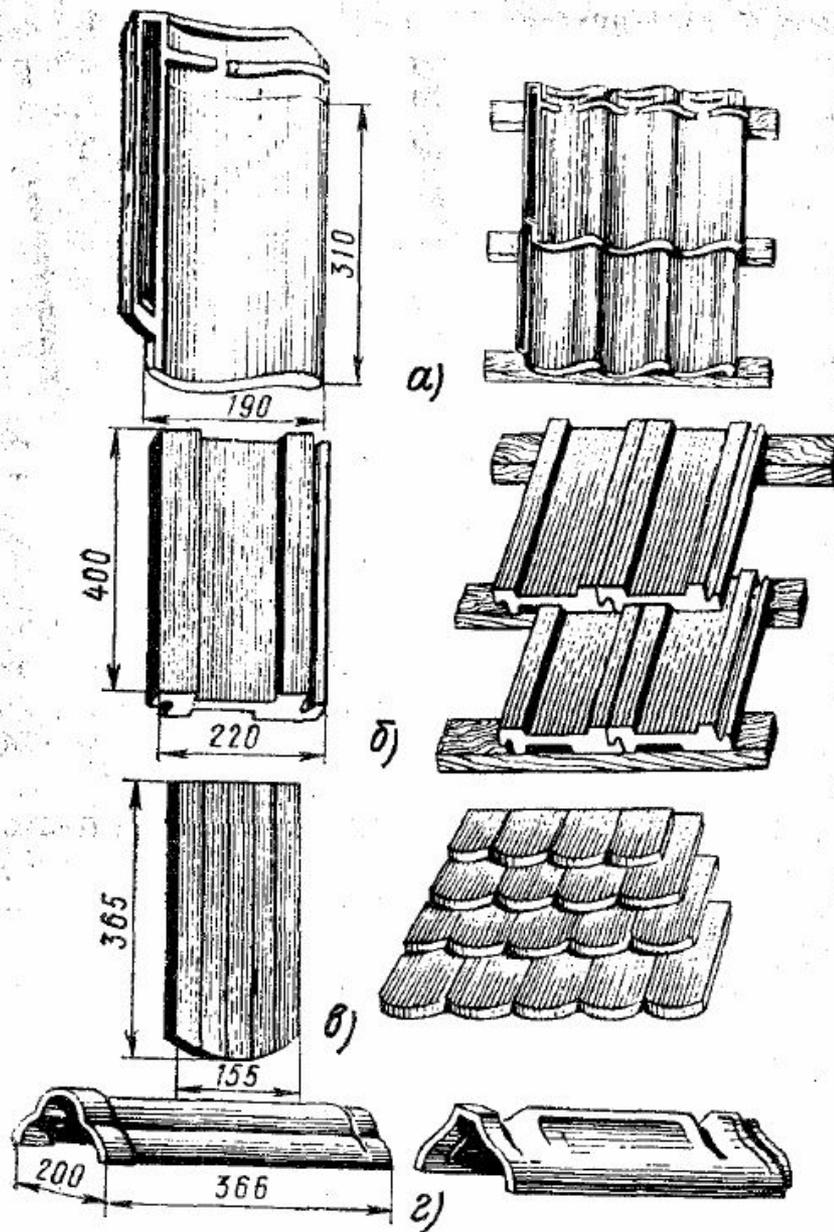
- Пожарная безопасность зданий определяется способностью строительных материалов противостоять воздействию высоких температур и открытого пламени.
- Керамический кирпич относится к негорючим строительным материалам, а его огнестойкость зависит от вида. *Данный показатель определяется временем, которое способна выдержать стенка минимальной толщины до начала ее разрушения.*
- Керамический кирпич имеет максимальную огнестойкость среди других строительных материалов свыше 5 часов. Для сравнения железобетон способен противостоять огню не более 2 часов, а металлоконструкции менее 30 минут.
- Важным параметром стойкости материала к огню является максимальная температура, которую он может выдержать. Для рядового кирпича она составляет 1400 °С, а для шамотного или клинкерного превышает 1600 °С.

2. Кровельные керамические материалы

- Черепица как кровельный материал прочна, долговечна и огнестойка. Кровля из нее не требует частых ремонтов.
- Недостатки черепичной кровли — большая масса, необходимость устройства значительных уклонов для стока воды, а также большая трудоемкость возведения. Черепицу применяют в малоэтажном сельском строительстве.







Р и с . 5.6. Современные виды черепицы и схемы ее укладки на кровлю:
а — штампованная пазовая; *б* — ленточная пазовая; *в* — ленточная плоская; *г* — коньковая

3. Керамические облицовочные плиты делятся на виды



■ 3.1. Клинкерная плитка

- При производстве фасадных панелей используется клинкерная плитка. Изготавливают из тугоплавких глин обжигом до полного спекания, имеет низкое
- **водопоглощение (2...6 %),**
- **высокую прочность при сжатии (40...100 МПа) и морозостойкость не менее F100 .**
- Основу панели составляет жесткий пенополиуретан и керамическая плитка (клинкер)
- Пенополиуретан заливается в матрицу, в которой находится клинкерная плитка. Дальше происходит затвердевание пенополиуретана.



3.2. Терракота

- Терракота (от лат. terra cotta — жженая земля) — крупноразмерные облицовочные изделия в виде плит, частей колонн, наличников и других архитектурных деталей.
- Терракота — очень долговечный и декоративный облицовочный материал, незначительно уступающий природному камню по свойствам, но значительно менее трудоемкий в производстве.
- **Марка по прочности** — не ниже 100, **морозостойкость** не менее F50.



3.3. Плитка керамическая

- ГОСТ 13996-2019 Плитки керамические
- Настоящий стандарт распространяется на керамические плитки (далее — плитки), фасонные изделия и детали к ним (доборные элементы), а также ковры из плиток, изготовленные методом пластического формования (экструзии) и полусухого прессования, предназначенные для отделки внутренних и наружных стен и полов согласно группе по водопоглощению.
- Керамогранит - Керамическая плитка с водопоглощением не более 0,5 %



Астория 3С/ 20x30



Декор Астория 3
"Стрекоза"/ 20x30



Астория 3Т/ 20x30



Киото 3С/ 20x30



Бордюр Астория 3/
20x1,5



Бордюр Астория 3/
20x3,5



Бордюр Астория 3
"Стрекоза"/ 20x6,2



Декор Киото 3
"Каштан"/ 20x30



Киото 3Т/ 20x30



Киото 3П/ 30,4x30,4



Бордюр Киото 3
"Каштан"/ 20x6,2



Бордюр Киото 3 "Геометрия"/
30x4,7



Бордюр Киото 3/
20x1,5



Бордюр Киото 3/
20x3,5

- **Плитку для внутренней облицовки** выпускают разнообразных типоразмеров. Кроме плиток, выпускают фасонные элементы: фризы, уголки, бордюры и т. п.
- **Плитки для полов** должны обладать высокой износостойкостью и минимальным водопоглощением. Такие плитки почти не имеют пор и практически водонепроницаемы. В соответствии со стандартом их **водопоглощение** не должно быть выше 4 % (как правило, оно не более 1...2 %).
- Размеры плиток: от самых мелких (23x23 мм) мозаичных до плиток среднего размера (300 x 300 мм). Для полов общественных зданий, торговых центров, выставочных залов и т. п. используют крупноразмерные (до 600 x 600 мм) плиты из керамогранита.



Критерии классификации плитки по новому ГОС

- 1. Водопоглощение и метод производства

Таблица 1 — Классификация керамических плиток пластического формования (метод А) по водопоглощению

Группа изделий	Значение водопоглощения E	Характеристика группы
AI	a: $E \leq 0,5 \%$ b: $0,5 \% < E \leq 3 \%$	С низким водопоглощением
AII	a-1: $3 \% < E \leq 6 \%$, класс 1 a-2: $3 \% < E \leq 6 \%$, класс 2 b-1: $6 \% < E \leq 10 \%$, класс 1 b-2: $6 \% < E \leq 10 \%$, класс 2	Со средним водопоглощением
AIII	$E > 10 \%$	С высоким водопоглощением

Таблица 2 — Классификация керамических плиток полусухого прессования (метод В) по водопоглощению

Группа изделий	Значение водопоглощения E	Характеристика группы
VI	a: $E \leq 0,5 \%$ b: $0,5 \% < E \leq 3 \%$	С низким водопоглощением
VII	a: $3 \% < E \leq 6 \%$ b: $6 \% < E \leq 10 \%$	Со средним водопоглощением
VIII	$E > 10 \%$	С высоким водопоглощением

2. По стойкости к образованию пятен керамические плитки подразделяются на 5 классов

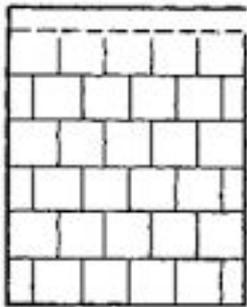
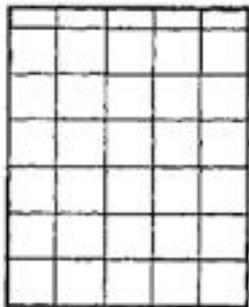
3. По химической стойкости к воздействию на плитки стандартных реагентов керамические

плитки подразделяются на классы А (самый высокий), В, С

4. По износостойкости (только для глазурованных плиток для покрытия полов) плитки делятся на классы 1-5 (самая низкая истираемость)

Технология облицовки стен керамической плиткой

1. Выбор основания, подготовка основания
2. В начале стену провешивают отвесом, наносят на нее разметку и устанавливают маячки, которые будут отмечать уровни облицовочного покрытия. При фиксации маячков нужно учитывать и толщину раствора, которая равна 10-15 мм. Шаг между маяками должен составлять примерно 60 см.
3. По краям стен закрепляют рейки-отвесы, длина которых составляет 2 м, а сечение – 4x4 см. К этим рейкам впоследствии будет крепиться горизонтальный шнур, отмечающий расположение облицовки.
4. Укладку плитки осуществляют классически снизу-вверх справа-налево. Перед началом работы материал на несколько часов погружают в воду, а непосредственно перед монтажом каждую деталь еще раз хорошо смачивают.
5. Затем на плитку кладут немного раствора (клея) и прижимают ее к стене, слегка вращая в разных направлениях. При укладке материала нужно следить, чтоб край плиток касался натянутого шнура. Вертикальность швов можно проверить с помощью отвеса, а волнистость – маячной рейкой. Каждую плитку, уложенную на свежий раствор, необходимо слегка простучать, чтоб раствор равномерно заполнил свободное пространство между стеной и облицовкой.
6. Формируя ровные швы, в промежутки между плитками вставляют специальные пластиковые крестики. Когда укладка будет окончена и раствор хорошо застынет, крестики вынимают, а швы заделывают декоративной мастикой. (есть и бесшовная технология)
7. По окончании работ облицовку очищают от излишков раствора и тщательно протирают.



Gardenweb.ru



3.5. Майолика

- – изделия из цветной легкоплавкой и тугоплавкой обожженной глины высокой и средней пластичности с крупнопористым строением, покрытые глазурью и красками, благодаря чему пористый черепок становится водонепроницаемым.
- Майолика имеет пористый черепок, водопоглощение около 15 %, естественный цвет обожженной глины.
- Изделия имеют гладкую поверхность, блеск, малую толщину стенок, покрываются цветными глазурями и могут иметь декоративные рельефные украшения.
- Декоративные качества майолики обогащают нанесением ангоба (ангобированием) – очень тонкого слоя белой или цветной глины.
- Для изготовления майолики применяется литьё.
- Сырьё – беложгущиеся глины (фаянсовая майолика) или красножгущиеся глины (гончарная майолика), плавни, мел, кварцевый песок.



4. Санитарно-техническая керамика

Санитарно-технические изделия — раковины, унитазы, биде, смывные бачки и т. д. изготавливают в основном из беложгущихся фаянсовых или полужфарфоровых масс. Формуют изделия методом литья в гипсовые формы. После извлечения из форм изделия сушат, глазуруют и обжигают. Санитарно-технические изделия должны иметь правильную форму, ровную, гладкую и чистую поверхность, равномерно покрытую глазурью. Их применяют для оборудования кухонь, санитарных узлов и специальных помещений (лабораторий, парикмахерских и др.)



Фаянс

- – пластичная масса из глины с примесью гипса и других компонентов для изготовления посуды, других керамических изделий.
- В отличие от майолики фаянсовый черепок более тонкий, чаще всего белый с желтоватым оттенком.
- Неглазурованный фаянс имеет водопоглощение 10-14 %, пропускает жидкости и газы, используется для фильтрации.
- Пористость его блокируют глазуриями, главным образом прозрачными невысокой термостойкости.
- *Используют его для хозяйственной посуды, санитарно-технических и декоративных изделий.*
- Фаянс также применяется для производства столовой посуды повседневного использования и декоративных изделий.
- Сырье для производства фаянса – беложгущиеся глины с добавлением мела и кварцевого песка.

Фарфор

- – спекшаяся белая (иногда с голубоватым оттенком) минеральная масса на основе лучших сортов белой глины, каолина; в тонких слоях может просвечивать; непроницаемая для жидкостей и газов, с низким водопоглощением (до 0,2 %), при постукивании издает высокий мелодичный звук.
- По своим декоративным свойствам качественно отличается от других видов керамики. Исторически это наиболее поздний вид керамики, хотя в Китае он известен почти полторы тысячи лет.
- Белизна, прочность, химическая и термическая стойкость дают возможность использовать фарфор для разнообразных целей.

5. Канализационные и дренажные трубы

- *Канализационные трубы* изготавливают из огнеупорных или тугоплавких глин. Формуют трубы вместе с раструбом на трубных прессах. После сушки на внутреннюю и наружную поверхности труб наносят глазурь и обжигают. Наличие тонкого слоя глазури предопределяет водонепроницаемость и высокую стойкость труб к воздействию кислот и щелочей. Канализационные трубы выпускают внутренним диаметром 150—600 и длиной 800—1200 мм. Высокая химическая стойкость керамических труб позволяет широко применять их для отвода промышленных вод, содержащих щелочи и кислоты.
- *Дренажные трубы* изготавливают из высокопластичных глин — гладкие неглазурованные изделия, фильтрующие через свою толщину, и глазурованные с раструбами и перфорацией. Они предназначены для отвода дождевых и грунтовых вод от фундаментов; осушения территорий с избыточным влажностью; орошения засушливых территорий. мелиоративных работ



6. Клинкерный (дорожный) кирпич

- Клинкерный кирпич предназначен для облицовки фасадов и цокольных частей зданий, мощения полов во внутренних помещениях производственного назначения и дорожек на улице.
- Изделие отличается высокой механической прочностью, износо- и морозостойкостью, способно выдержать до 50 циклов охлаждения до экстремальных температур с последующим нагревом.
- Марка прочности изделия не менее М400 обеспечивается высокой плотностью и особыми требованиями к составу сырья.



7. Огнеупорные материалы

Кремнеземистые огнеупоры (основной компонент SiO_2) по строению могут быть стеклообразные (кварцевое стекло) и кристаллические (динасовые огнеупоры).

Кварцевое стекло хорошо работает при температурах до 1000°C ; при более высоких температурах оно расстекловывается (кристаллизуется) и крошится.

Динасовые огнеупоры получают обжигом при температуре около 900°C кварцевого сырья (молотый кварцевый песок с добавкой известковой или другой связки). Динасовые огнеупоры содержат не менее 93 % SiO_2 в виде устойчивых к высоким температурам модификаций тридимита или кристобаллита. Огнеупорность — $1600\text{...}1700^\circ\text{C}$. Их применяют для сводов стеклоплавильных и стекловаренных печей.



Алюмосиликатные огнеупоры делят на три группы: полукислые, шамотные и высокоглиноземистые.

Полукислые огнеупоры изготавливают обжигом кварцевых пород на глиняной связке (содержание $\text{SiO}_2 > 65 \%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 < 28 \%$). Огнеупорность — $1580\text{...}1700^\circ \text{C}$.

Шамотные огнеупоры получают обжигом смеси шамота и огнеупорной глины. Они содержат $30\text{...}35 \%$ Al_2O_3 . Отличаются термостойкостью и шлакоустойчивостью. Огнеупорность таких материалов — до 1500°C . Применяют в стекловаренной и цементной промышленности.

Высокоглиноземистые огнеупоры содержат более 45% Al_2O_3 ; получают из бокситов. Их огнеупорность увеличивается с повышением со-