

КЕРАМИЧЕСКИЙ И СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**КЕРАМИЧЕСКИЙ И
СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ**

Методические разработки к курсу лекций по дисциплине
"Строительные материалы"

Тамбов

◆ Издательство ТГТУ ◆
2005

УДК 691(075)
ББК Н30я73-5
К92

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук, доцент ТГТУ
П.В. Монастырев

К92 Керамический и силикатный кирпич: Метод. разработки /
Авт.-сост. О.А. Корчагина. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 16 с.

Представлены основные сведения о сырье, свойствах и производстве керамического и силикатного кирпича.

Предназначены для студентов 2 – 3 курсов строительных специальностей и магистрантов.

УДК 691(075)
ББК Н30я73-5

© Тамбовский государственный

технический университет (ТГТУ), 2005

© Корчагина О.А., 2005

Учебное издание

КЕРАМИЧЕСКИЙ И СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ

Методические разработки

Автор-составитель

КОРЧАГИНА Ольга Алексеевна

Редактор Т. М. Федченко

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 28.01.2005

Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная

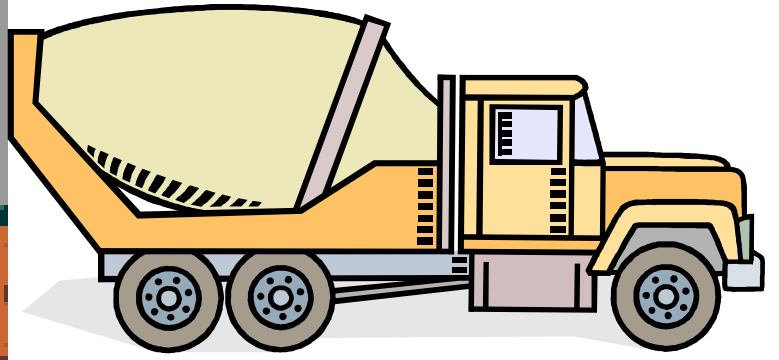
Гарнитура Times New Roman. Объем: 0,93 усл. печ. л.; 1,00 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 696^М

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета

392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14



СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Керамическими материалами называются материалы и изделия, получаемые обжигом до камне-видного состояния различных глиняных и им подобных масс.

Сырье: *глины* (размер частиц < 0,005 мм).

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ – каолинит;

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ – галлуазит;

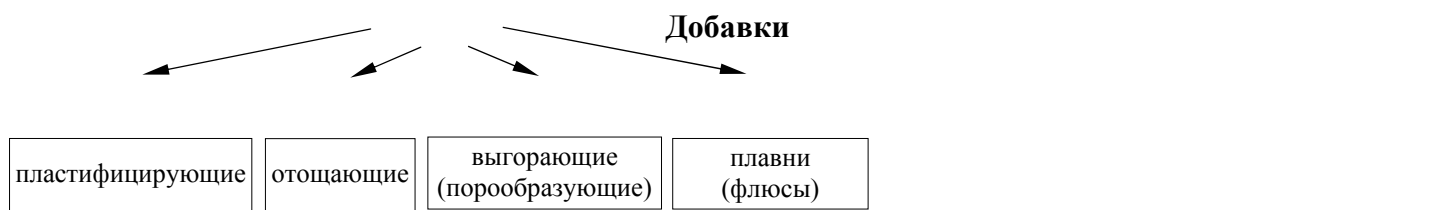
$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 4H_2O$ – монтмориллонит;

$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$ – бейделлит и др.

Сопутствующие глине соединения: кварцы SiO_2 , полевой шпат, серный колчедан FeS_2 , гидрослюды железа, карбонаты Ca и Mg (понижают огнеупорность глины), соединения титана, ванадия, органические примеси, гематит Fe_2O_3 , магнетит $FeO \cdot Fe_2O_3$, лимонит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (\approx до 7 %).

В каолиновых глинах содержание Al_2O_3 и SiO_2 примерно одинаково. Они тугоплавкие, малопластичные, малочувствительны к сушке.

В монтмориллонитовых глинах возрастает количество SiO_2 . Пластичность и прочность уменьшается, увеличивается пористость. С увеличением содержания Al_2O_3 повышается пластичность и огнеупорность глин. Наличие в глине оксидов щелочных металлов (плавней) ухудшает формуемость глин, понижает огнеупорность и вызывает появление белых выцветов на изделиях. Температура плавления SiO_2 – 1713 °С, Al_2O_3 – 2050 °С.



Пластифицирующие: высокопластичные глины (содержание частиц < 0,005 мм – 80...90 %), бентониты (содержание частиц < 0,001 – 85...90 %) ПАВ, ЛТС (для увеличения пластичности глин);

отощающие: кварцевые пески (0,16...5 мм – 10...15 %), пылевидный кварц (0,05...0,005 мм), шамот, дегидратированная глина (температура дегидратации 700...750 °С), золы ТЭС (для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин);

выгорающие: древесные опилки, измельченный бурый уголь, торф, антрацит, отходы углеобогачительных фабрик (для увеличения пористости и могут выполнять функции отощающей добавки, способствуют равномерному спеканию керамического черепка);

плавни (флюсы): полевые шпаты, пегматит, мел, доломит, тальк, железные руды (для понижения температуры спекания).

Свойства глин

1 *Связующая способность* – способность глины связывать непластичные материалы (песок, шамот) и образовывать при высыхании достаточно прочное изделие – сырец.

2 *Спекаемость* – свойство глины уплотняться при обжиге, образуя камнеподобный черепок.

3 *Огнеупорность* – свойство глин выдерживать действие высокой температуры без деформации.

По огнеупорности глины делятся на:

– огнеупорные ($t > 1580$ °С),

– тугоплавкие ($t 1350...1580$ °С),

– легкоплавкие ($t < 1350$ °С).

4 *Пластичность* – свойство влажной глины изменять под влиянием внешнего механического воздействия форму без нарушения сплошности структуры и сохранять полученную форму после снятия нагрузки.

Пластичность глин определяется числом пластичности J_p

$$J_p = W_l - W_p,$$

где J_p – число пластичности; W_l – влажность на пределе текучести; W_p – влажность на пределе раскатывания (табл. 1).

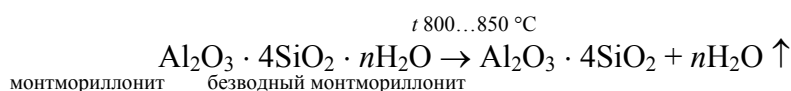
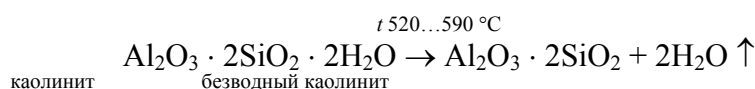
Таблица 1

Название глин	J_p	Водо- по- треб- ность, %	Воз- душная усадка, %	Свойства
Высокопластичные (до 80...90 % глиняных частиц)	> 25	> 28	10...15	Растрескива- ются при суш- ке и требуют отошения
Среднепластичные	15...2 5			
Умеренно- пластичные (30...60 % глиня- ных частиц)	7...15	20...2 8	7...10	Наиболее под- ходящие для производства керамических изделий
Малопластичные, непластичные (5...30 % глиняных частиц)	3...7 < 3	< 20	5...7	Плохо формируются

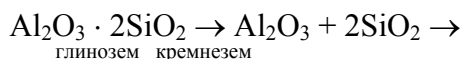
Высокопластичные, жирные глины (содержание глинистых частиц менее 60 %) отличаются высокой усадкой, для понижения которой вводят отошающие добавки. При содержании глинистых частиц более 10 % глины называются тощими.

Переход глины в камневидное состояние при обжиге

- 1 *Испарение* свободной воды до 110...250 °С.
- 2 *Выгорание* органических веществ и дегидратация глинистых минералов 250...900 °С



3 Разложение безводного метакаолинита на составляющие



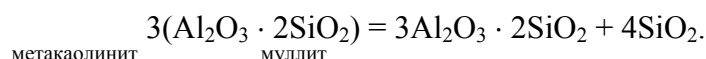
4 Температура до 900 °С и выше.

Выделение свободного оксида железа при 450...800 °С придает изделию красноватое или желтоватое окрашивание. Оксиды титана вызывают глубокую синеватую окраску черепка.

Al_2O_3 и SiO_2 вновь соединяются, образуя искусственный минерал силиманит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$; метакаолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$; муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

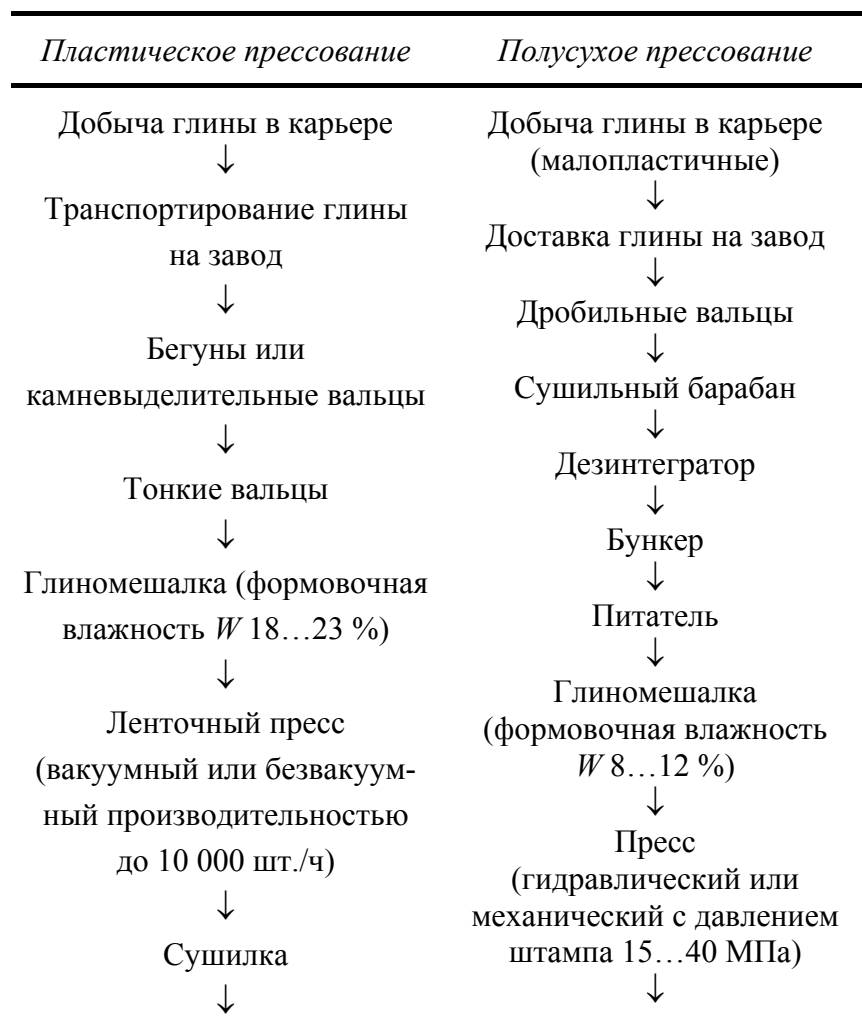
Вместе с образованием муллита расплавляются и легкоплавкие составляющие глины, цементируя и упрочняя материал. Помимо этого образуются другие соединения, например, шпинель $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, силикат кальция $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, алюминат кальция $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

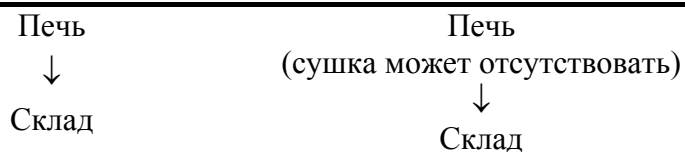
Увеличение муллита происходит при температуре 1000...1200 °С. Процесс перекристаллизации метакаолинита в муллит



Муллит характеризует стойкость изделий к высоким температурам. Обжиг кирпича и других пористых изделий обычно заканчивается при 950...1000 °С ($t_{\text{max}} = 1150$ °С). Дальнейшее повышение температуры резко интенсифицирует образование и накопление жидкой фазы – силикатного расплава, который не только цементирует частицы глины, но и уплотняет керамический материал. В результате получают изделия с плотным керамическим черепком, отличающиеся малым водопоглощением (< 5 %).

Две схемы формования керамических изделий



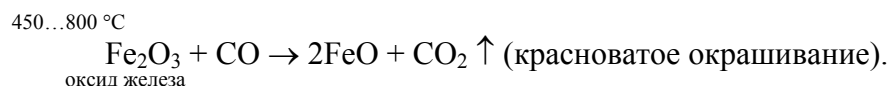


Примечание. После сушки влажность сырца снижается на 3...4 %, прочность возрастает в 2–3 раза, т.е. примерно в 1,5 раза упрочняется высушенное изделие.

Прочность обожженного изделия увеличивается до 2 раз, его водопоглощение снижается на 10...15 %. Перед обжигом сырец сушат до влажности 5...7 %. Время принудительной сушки 16...36 ч (до 3-х суток). Естественная сушка зависит от погоды и составляет 15 – 20 суток. Длина туннельных сушилок до 25...35 м, время τ 16...24 ч.

Потери при прокаливании (ППП) это воздушная и огневая усадка, составляющие примерно 5...18 %. Следовательно необходимо увеличивать размеры форм, чтобы получать готовое изделие необходимых размеров.

Выделение свободного оксида железа при 450...800 °С придает изделию красноватое и желтоватое окрашивание, оксиды титана синюю окраску черепка.



Главные преимущества полусухого прессования:

- 1 Сокращение затрат энергии (нет сушки сырца).
- 2 Кирпич отличается правильной формой и четкостью граней. Полусухой способ применяют, если шихта содержит большое количество отошающих материалов, а пластичное сырье трудно поддается размоканию, переработке и смешиванию с непластичными материалами.

Обжигают кирпич в туннельных и кольцевых печах максимальная температура обжига 950...1100 °С. Она необходима для спекания керамической массы. Производственный процесс изготовления кирпича часто длится 3 – 6 суток.

Свойства керамических изделий по ГОСТ 530–95

Размеры:

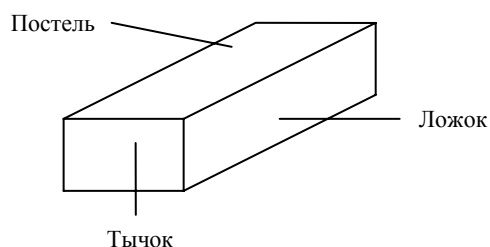
250 × 120 × 65 мм – обыкновенный (одинарный) (рис. 1);

250 × 120 × 88 мм – модульный (утолщенный);

250 × 120 × 138 мм – керамический камень;

250 × 250 × 138 мм – укрупненный керамический камень.

Остальные размеры кирпича и количество пустот указаны в ГОСТ 530–95.



Керамические кирпичи	Плотность $\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	
	кирпич	керамический камень
Обыкновенные	не < 1600	–
Условно-эффективные	1400...1600	1450...1600
Эффективные	< 1400	< 1450

Прочность. Марка стенового керамического кирпича по прочности обозначает предел прочности при сжатии (табл. 2).

Марки: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300. С горизонтально расположенными пустотами 25, 35, 50 и 100.

Морозостойкость: Мрз: 15, 25, 35, 50, (75, 100 – дорожный кирпич).

Пористость черепка 10...40 % и более.

Водопоглощение (табл. 3):

пористых W 6...20 % по массе, т.е. 12...40 % по объему;

плотных W 1...5 % по массе; 2...10 % по объему (дорожный кирпич).

Теплопроводность сплошного кирпича 0,7...0,82 Вт/(м · К).

Водопоглощение для лицевых кирпича и камней должно быть не менее 6 %, для изделий, изготовляемых из беложгущихся глин не более 12 %, из карбонатосодержащих глин и сырьевых смесей (содержащих до 10 % CaCO₃) и из глин с добавкой трепелов и диатомитов – не более 20 %, из остальных глин – не более 14 %, из трепелов и диатомитов – не более 28 %.

Если минимальная морозостойкость лицевых изделий составляет 25, то кирпичи из карбонатосодержащих глин с водопоглощением более 14 % из трепелов и диатомитов должны иметь марку по морозостойкости не менее 35.

Снижение плотности кирпича ρ с 1800 до 700 кг/м³ понижает их теплопроводность с 0,8 до 0,21 Вт/(м · К).

По назначению кирпич и камни могут быть *конструктивными* – для рядовой кладки под штукатурку или последующую облицовку и *лицевыми* – для кладки под расшивку.

3 Стандартные требования к кирпичу керамическому

Наименование	Марка по прочности	Мрз	Водопоглощение по массе, %
Полнотелый	75...300	15...50	не менее 6
Пустотелый и керамические камни	75...150	не более 15	не менее 8
Легкий	10...35	не более 10	не ограничиваются

$$R_{\text{сж}} = P / F, \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

где P – наибольшая сжимающая нагрузка, установленная при испытании образца МН (кгс); F – площадь образца, вычисляемая как среднее арифметическое площадей верхней и нижней граней, м² (см²) (рис. 2)

$$R_{\text{изг}} = 3/2 \cdot (pl / bh^2), \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

где p – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца МН (кгс); l – расстояние между осями опор, м (см); b – ширина образца, м (см); h – высота образца, м (см) (табл. 4).

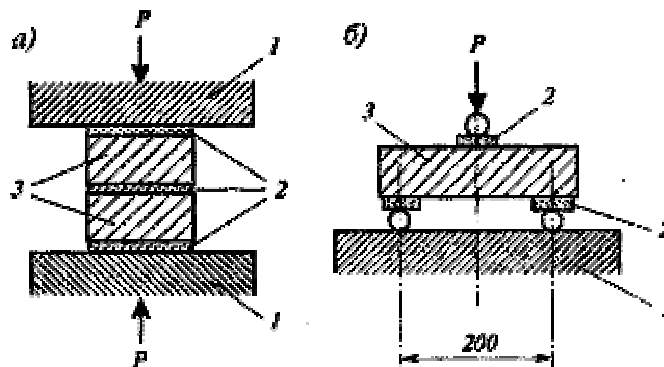


Рис. 2 Схема испытаний кирпича на сжатие (а) и изгиб (б) при определении его марки по прочности: 1 – плита пресса; 2 – выравнивающий материал; 3 – кирпич

4 Требования ГОСТ 530-95 для установления марки по прочности кирпича и керамических камней

Марка кирпича	Предел прочности, МПа					
	при сжатии		при изгибе			
	для всех видов изделий		для полнотелого кирпича пластического формования		для полнотелого кирпича полусухого прессования и пустотелого кирпича	
	средний из 5 обр.	минимальный	средний из 5 обр.	минимальный	средний из 5 обр.	минимальный
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
150	15,0	12,5	2,5	1,4	1,9	0,9
100	10,0	7,5	2,2	1,2	1,6	0,8
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7

Применение строительного глиняного кирпича: для кладки наружных и внутренних стен зданий, для кладки печей и дымовых труб. Его целесообразно применять для несущих конструкций, в которых прочность используется полностью.

СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА И СВОЙСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Силикатный кирпич относится к вяжущим автоклавного твердения.

Сырье: воздушная известь 5...8 % (считая на активную CaO);

кварцевый песок 92...95 %;

вода ≈ 7 %.

Требования к извести. Известь применяют молотой негашеной, частично загашенной или гашеной гидратной. Она должна быстро гаситься (не более 20 мин) и содержать не менее 5 % MgO. Известь не должна содержать пережога, так как он замедляет скорость ее гашения.

Кварцевый песок применяют немолотый или в виде смеси немолотого и тонкомолотого, а также грубомолотого с содержанием кремнезема не менее 70 %.

Примеси в песке отрицательно влияют на качество изделий:

- слюда понижает прочность (допустимо не более 0,5 %);
- органические примеси вызывают вспучивание и понижают прочность (допустимо не более 1 %).

Содержание в песке сернистых примесей допускается 1 % в пересчете на SO₃. Равномерно распределенные глинистые примеси допускаются в количестве не более 10 %, при таком содержании они даже несколько повышают удобоукладываемость смеси. Крупные включения глины в песке не допускаются, так как они снижают качество изделий.

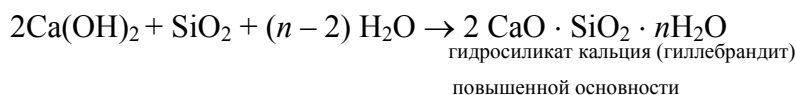
Физико-химические процессы твердения силикатного кирпича

Под действием высокой температуры и влажности происходит химическая реакция между известью и кремнеземом песка. Образующиеся в результате реакции гидросиликаты срастаются с зернами песка в прочный камень.

Твердение основано на техническом синтезе гидросиликатов кальция, происходящего в среде насыщенного водяного пара при температуре 174,5...200 °С в промышленных автоклавах и соответствующем давлении пара 0,9...1,3 МПа. Эти условия способствуют растворимости дисперсных фракций кварца и ускорению взаимодействия их в растворе с известью.

1 Как известно, растворимость извести с повышением температуры воды падает, в то время как растворимость кремнезема в этих условиях заметно повышается. Установлено, что по растворимости при 170...180 °С кварц по своим качествам не уступает извести, а при 200 °С даже существенно превосходит ее. Вначале при исходной концентрации извести в растворе образуется высокоосновный гидросиликат кальция

Повышенная концентрация извести в растворе $CaO > SiO_2$

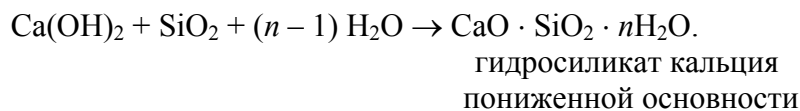


Наличие C_2SH способствует увеличению морозостойкости.

Стабильность $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ уменьшается при изменении концентрации извести в исходном (маточном) растворе.

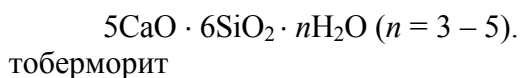
2 В связи с уменьшающейся (после выпадения из раствора $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) концентрацией извести при увеличении содержания в растворе кремнекислоты наступает разложение высокоосновного гидросиликата ($2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) и образование менее основных гидросиликатов ($CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$). Возможно образование $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ непосредственно путем взаимодействия извести с кремнеземом.

Пониженная концентрация извести в растворе $CaO < SiO_2$



CSH из-за слоистой кристаллической структуры вызывает заметные усадочные явления при высыхании цементного камня.

3 По мере увеличения продолжительности автоклавной обработки образуется группа гидросиликатов-тоберморитов, которые обуславливают высокую прочность автоклавных материалов.

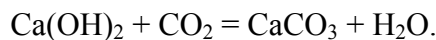


При высоком содержании тоберморитов в цементном камне прочность и морозостойкость силикатных изделий снижается. Следовательно, время автоклавной обработки строго лимитировано.

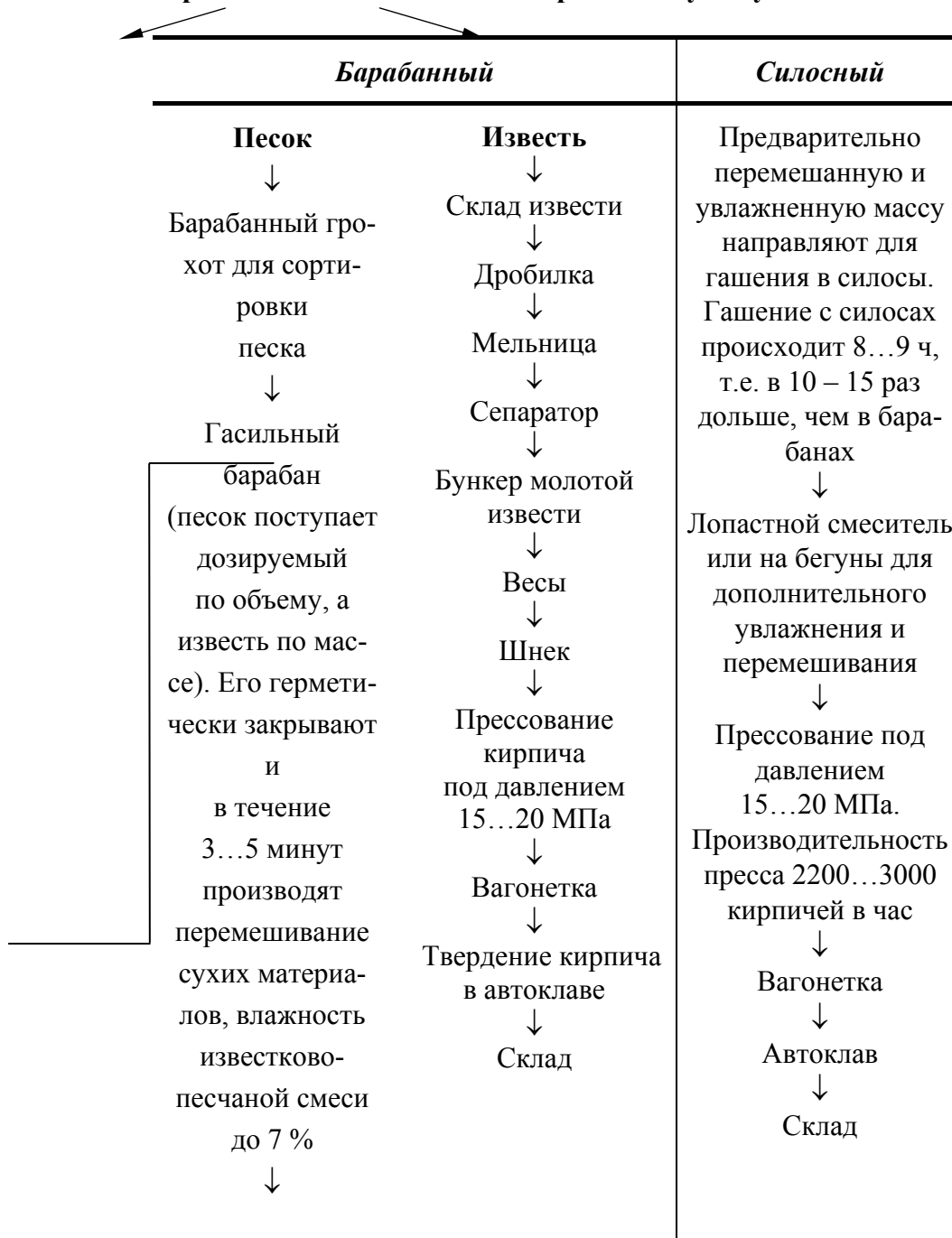
4 Образующиеся гидросиликаты кальция ($\approx 20\%$ от общего веса) связывают (цементируют) основное количество крупных зерен песка в монолит.

Твердение силикатного кирпича не прекращается, а прочность повышается после запаривания.

Образующиеся в результате реакции гидросиликаты срастаются с зернами песка в прочный камень. Однако прочность силикатного кирпича продолжает повышаться после запаривания. Часть извести, не вступившая в реакцию с кремнеземом песка, реагирует с углекислотой воздуха, образуя прочный CaCO_3 , т.е. происходит *карбонизация*



Производство силикатного кирпича ведут двумя способами:



Прочность, водостойкость и морозостойкость кирпича продолжает увеличиваться при его высыхании.

Автоклав: стальной цилиндр диаметром 2,6...3,6 м, длиной 20...30 м, с торцов герметически закрывающийся крышками.

Автоклав снабжен манометром, показывающим давление пара и предохранительным клапаном, автоматически открывающимся при повышении давления выше предельного. С повышением температуры ускоряется реакция между известью и песком, при температуре 174 °С она протекает в течение 8...10 часов. Быстрое твердение происходит не только при высокой температуре, но и при высокой влажности. Для этого в автоклав пускают пар под давлением до 0,8...1,3 МПа, и это давление выдерживают 6...8 часов. Подъем и снижение давления происходит около 1,5 часов. Цикл запаривания продолжается 10...14 часов. Запаривание сырца в автоклаве (по П.И. Баженову) условно состоит из пяти этапов.

- 1 От начала пуска пара до установления в автоклаве температуры 100 °С.
- 2 От начала подъема давления пара до установления максимально заданного; время 1 и 2 этапа 1,5...2 часа.
- 3 Выдержка изделия при постоянной температуре и давлении – 4...8 часов.
- 4 Этап начинается с момента снижения давления и температуры до 100 °С – 2...4 часа.
- 5 Предусматривает остывание изделий до температуры 18...20 °С (возможно добавление вакуумирования).

Характеристики силикатного кирпича по ГОСТ 379–95

Размеры:

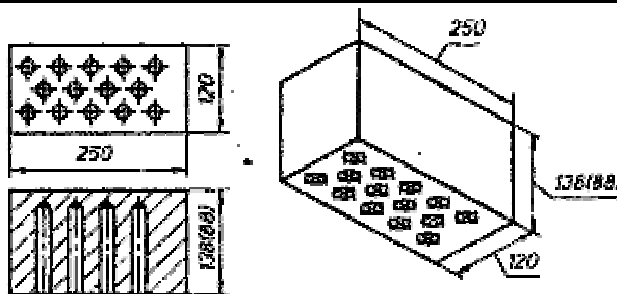
- 250 × 120 × 65 – одинарный (обычный);
- 250 × 120 × 88 – модульный;
- 250 × 120 × 138 – силикатный камень
(цвет кирпича светло-серый).

Силикатные камни изготавливают только пустотелыми. Масса модульного кирпича в сухом состоянии должна быть не более 4,3 кг.

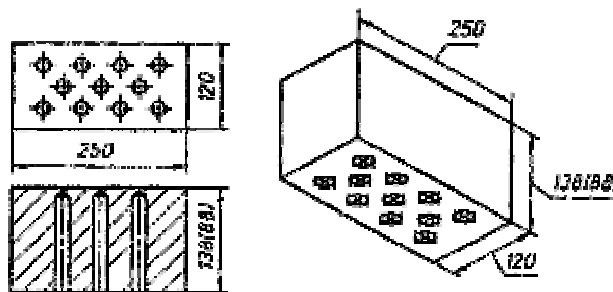
Виды кирпича: сплошной и пустотелый (с пустотами замкнутыми с одной стороны), лицевой и рядовой, пустотелый кирпич на 25 % легче обычного (табл. 5, рис. 3).

5 Средняя плотность силикатного кирпича

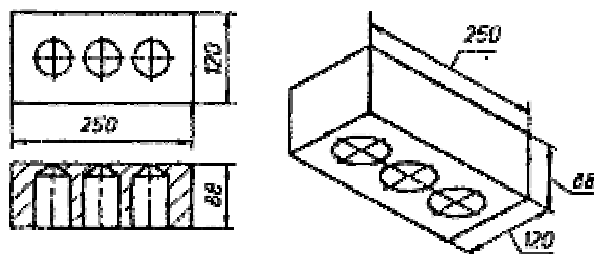
Наименование	Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт / (м · К)
Обыкновенный	> 1650	до 0,7
Условно-эффективный	1400...1650	до 0,58
Эффективный	< 1400	до 0,46



a)



б)



в)

Рис. 3 Виды пустотелых изделий:

а – камень (кирпич) 14-пустотный (диаметр отверстий 30...32 мм, пустотность 28...31 %); *б* – камень (кирпич) 11-пустотный (диаметр отверстий 27...32 мм, пустотность 22...25 %); *в* – кирпич 3-пустотный (диаметр отверстий 52 мм, пустотность 15 %)

Марки: 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250; 300 (табл. 6).

6 Средние показатели прочности кирпича в зависимости от марки (ГОСТ 379–95)

Марка кирпича	Предел прочности, МПа			
	при сжатии (всех изделий)		при изгибе (одинарного и утолщенного полнотелого кирпича)	
	Средний для 5-ти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5-ти образцов	Наименьший для отдельного образца
300	30	25	4,0	2,7
250	25	20	3,5	2,3
200	20	15	3,2	2,1
175	17,5	13,5	3,0	2,0
150	15	12,5	2,7	1,8
125	12,5	10,0	2,4	1,6
100	10	7,5	2,0	1,3
75	7,5	5,0	1,6	1,1

Марка по прочности лицевого кирпича должна быть не менее 125, лицевых камней не менее 100.

Предел прочности при изгибе определяют по фактической площади изделия без вычета площади пустот.

Предел прочности (напряжение) при изгибе $R_{изг}$ вычисляется по формуле

$$R_{изг} = 3/2 \cdot Pl / bh^2, \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

где P – разрушающая нагрузка (сила), МН (кгс); l – расстояние между порами, м (см); h – толщина образца, м (см); b – ширина образца, м (см).

Предел прочности (напряжения) при сжатии $R_{сж}$ – вычисляют по формуле

$$R_{сж} = P / F, \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)},$$

где P – разрушающая нагрузка (сила), МН (кгс); F – площадь образца, м² (см²).

Водопоглощение 8...16 % (лицевого не более 14 %, рядового не более 16 %).

Теплопроводность 0,46...0,7 Вт/(м · К).

Плотность 1800...2000 кг/м³.

Морозостойкость: Мрз 15 (рядового), 25, 35, 50 (лицевого кирпича).

Преимущество силикатного кирпича над глиняным заключается в том, что на его производство требуется в 2 раза меньше топлива, в 3 раза меньше электроэнергии и в 2,5 раза ниже трудоемкость производства, в конечном итоге себестоимость силикатного кирпича оказывается на 25...35 % ниже, чем глиняного.

Однако *недостатками* силикатного кирпича являются бóльшая по сравнению с глиняным его теплопроводность и вес, больший объемный вес. Силикатный кирпич менее стоек против химических воздействий, имеет меньшую огнестойкость, чем обыкновенный керамический кирпич.

Нельзя использовать силикатный кирпич для кладки фундаментов и цоколей, для кладки печей, так как при длительном воздействии высокой температуры происходит дегидратация гидросиликата кальция и гидроксида оксида кальция, которые связывают зерна песка и кирпич разрушается.

При температуре 500 °С происходит дегидратация Ca(OH)_2 на CaO и H_2O , а при температуре 573 °С кварц скачкообразно увеличивается в объеме (β -кварц переходит в α -кварц), что нарушает структуру кирпича и существенно понижает его прочность.

При температуре 600 °С происходит снижение прочности силикатного кирпича на 80 %, а при 700 °С в нем появляются трещины.

Применение. Для кладки несущих стен и столбов в жилых, общественных и промышленных зданиях, но выше гидроизоляционного слоя.

Ниже приводятся ГОСТы по керамическому и силикатному кирпичу.

ГОСТ 379–95. Кирпич и камни силикатные. Технические условия.

ГОСТ 530–95. Кирпич и камни керамические. Технические условия.

ГОСТ 7484–78. Кирпич и камни керамические лицевые. Технические условия.

ГОСТ 8462–85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.

ГОСТ 7025–91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.