

ОБЗОРЫ

УДК 691.4

**ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Шишакина О.А., Паламарчук А.А.

*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир,
e-mail: olya.shishakina@mail.ru*

Керамические материалы используются в строительстве с древнейших времён. Керамическая плитка, кирпичи, черепица используются в строительстве и по сей день. Однако традиционные керамические материалы не всегда могут удовлетворять потребностям современной строительной отрасли. Для различных специальных задач, возникающих при строительстве жилых и промышленных помещений, используют специальные керамические изделия. В связи с усложнением конструкций зданий, вызванной природными и антропогенными факторами, активное применение и разработка новых специальных строительных керамических материалов как никогда актуальны. К специальным керамическим изделиям принято относить те виды керамики, которые выгодно отличаются какими-либо положительными свойствами, что позволяет использовать их в различных специфических условиях эксплуатации. Целью данной работы является анализ современного состояния производства и перспектив развития основных разновидностей специальных строительных керамических изделий. Специальную керамику, используемую в строительстве, разделяют на кислотоупорную, клинкерную, огнеупорную, термостойкую и теплоизоляционную. Применение изделий из специальной керамики в строительстве весьма разнообразно. Кислотоупорная плитка нашла широкое применение в отделке химических лабораторий, промышленных цехов, пищевых производств, а также наружной отделке стен для защиты от кислотных дождей. Термостойкую керамику применяют в условиях больших перепадов температур: для кухонных фартуков, каминов, труб дымоходов и т.д. В результате проведённой работы было выяснено, что производство специальных строительных керамических изделий является перспективной, быстроразвивающейся отраслью, а разработка новых специальных керамических изделий как никогда актуальна.

Ключевые слова: специальная керамика, строительная керамика, кислотоупорная керамика, огнеупорная керамика, термостойкая керамика, теплоизоляционная керамика

CHARACTERISTICS OF SPECIAL CONSTRUCTION CERAMIC PRODUCTS

Shishakina O.A., Palamarchuk A.A.

Vladimir State University named A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: olya.shishakina@mail.ru

Ceramic materials have been used in construction since ancient times. Ceramic tiles, bricks, tiles are used in construction to this day. However, traditional ceramic materials cannot always meet the needs of the modern construction industry. For various special tasks arising in the construction of residential and industrial premises, special ceramic products are used. Due to the complexity of building structures caused by natural and man-made factors, the active use and development of new special building ceramic materials is more relevant than ever. It is customary to attribute to types of ceramic products those types of ceramics that are favorably distinguished by any positive properties, which makes it possible to use them in various specific operating conditions. The aim of this work is to analyze the current state of production and development prospects of the main varieties of special building ceramic products. Special ceramics used in construction are divided into acid-resistant, clinker, refractory, heat-resistant and heat-insulating. The use of products from special ceramics in construction is very diverse. Acid-resistant tiles are widely used in the decoration of chemical laboratories, industrial workshops, food production, as well as the exterior walls for protection against acid rain. Heat-resistant ceramics are used in conditions of large temperature differences: for kitchen aprons, fireplaces, chimney pipes, etc. As a result of the work carried out, it was found out that the production of special building ceramic products is a promising, rapidly developing industry, and the development of new special ceramic products is more relevant than ever.

Keywords: special ceramics, building ceramics, acid-resistant ceramics, refractory ceramics, heat-resistant ceramics, heat-insulating ceramics

Значение промышленности строительных материалов в нашей стране огромно – от уровня их производства всецело зависят темпы и качество строительных работ. В современном строительстве традиционно используют керамические строительные материалы. Они являются наиболее востребованными и популярными, благодаря своим великолепным эксплуатационным качествам и разнообразию. Конструкции, возведенные из керамических материалов,

не подвержены горению и воздействию химически агрессивных сред. На них не влияют погодные условия, такие конструкции не поддаются гниению, характеризуются высокой морозостойкостью и теплоизоляционными свойствами. При этом они долговечны и внешне привлекательны [1]. В тех случаях, когда эксплуатация предполагается в экстремальных условиях (контакт с агрессивными веществами, высокими температурами и др.), в которых традицион-

ные керамические материалы уже не могут удовлетворять повышенным предъявляемым требованиям, применяют специальные керамические материалы и изделия из них.

Целью данной работы является анализ современного состояния производства и перспектив развития основных разновидностей специальных строительных керамических изделий.

Кислотоупорная керамика

Основной областью применения кислотоупорной керамики в строительстве является возведение стен, а также наружная и внутренняя отделка, в тех случаях, когда возможен контакт с агрессивными веществами.

К сферам, где кислотоупорная керамика используется наиболее широко, относятся промышленные помещения и химические лаборатории. Однако значительные преимущества кислотоупорной плитки способствовали активному её применению и в бытовых условиях [2]. Эстетичный внешний вид вместе с высокими физико-механическими характеристиками позволяют применять кислотоупорную плитку для облицовки кухни: фартука, столешницы и пола. Хорошие показатели морозостойкости и истираемости позволяют выложить кислотоупорной плиткой балкон, веранду и тротуарные дорожки, не боясь преждевременного износа [3]. Для производства кислотоупорной керамики используют полукислые и основные спекающиеся глины с высокой пластичностью. Кислотоупорность керамики может быть повышена при использовании соединений, образующих химически стойкую стеклофазу в объеме и на поверхности изделий, что не только повышает кислотоупорность, но и способствует повышению прочности, снижению водопоглощения [4]. Из кислотоупорной керамики выпускают плитки, кирпичи и фасонные изделия.

Плитка из кислотоупорной керамики используется для защиты зданий и сооружений, а также футеровки различного оборудования, при воздействии на них агрессивных химических веществ. Плитки выпускаются различной формы и размеров. Наиболее распространенными являются квадратные, прямоугольные и клиновидные плитки, с длиной и шириной от 50 до 200 мм. Толщина плиток обычно составляет от 15 до 50 мм и выбирается в зависимости от предполагаемой нагрузки. Физико-механические свойства кислотоупорных плиток могут значительно изменяться в зависимости от их марки и производителя. В среднем кисло-

тостойкость плиток составляет 97–99%, предел прочности при изгибе 15–30 МПа, а при сжатии – 15–120 МПа, водопоглощение равно 0,5–8%, морозостойкость составляет от 10 до 25 циклов [5].

Области применения кислотоупорного кирпича практически аналогичны областям применения кислотоупорной плитки: это футеровка различных конструкций, аппаратов и дымовых труб, работающих в контакте с агрессивными веществами. Кирпич производится прямой, радиальной, фасонной и клиновидной форм, может быть высшей и первой категории качества, которые в свою очередь делятся на классы А, Б и В. Кислотоупорный кирпич имеет следующие характеристики: прочность при сжатии от 30 до 70 МПа, кислотостойкость 95–98%, термическая стойкость не менее 5 теплосмен [6].

Клинкерная керамика

Клинкерная керамика относится к изделиям грубой строительной керамики. Но, в отличие от обыкновенного кирпича, облицовочных плиток и черепицы, изделия из клинкерной керамики обладают значительной механической прочностью, стойкостью к агрессивным средам, высокой износостойкостью и низким водопоглощением. Значения свойств клинкерных керамических изделий связаны с большим количеством стеклофазы в их составе. Обжиг при температуре около 1300 °С до полного спекания шихты обеспечивает плотную микрозернистую структуру без каверн и пустот [7]. Введение в состав шихты плавней и флюсоустойчиво-упрочняющих добавок обеспечивает жидкофазное спекание при более низких температурах (1000–1150 °С) и в сочетании со стеклообразующими компонентами шихты позволяет получить эффекты самоглазурования и остекловывания [8–10]. В строительстве клинкерная керамика используется в виде плиток, кирпича и фасонных изделий.

Клинкерная плитка обычно производится методом пластического формования на специальных экструдерах, реже методом полусухого прессования на автоматических прессах. Преимуществом использования экструдеров является возможность выпуска фасонных изделий – плитуса, ступеней, соединительных элементов, водостоков и т.п. Плитка может выпускаться с рельефной или гладкой поверхностью, покрытая глазурью, может быть окрашена в различные цвета. Клинкерная плитка и фасонные изделия используются для облицовки наружных и внутренних стен, полов, лестниц с высокой проходимостью, а также плава-

тельных бассейнов и других гидротехнических сооружений.

Клинкерный кирпич производят из специальных тугоплавких глин, обжигаемых при температурах выше 1200 °С. Своё название клинкерный кирпич, как, впрочем, и вся клинкерная керамика, получили из-за высокого звука, издаваемого кирпичами при постукивании друг по другу [11]. Благодаря высокой механической прочности, твёрдости, морозостойкости и устойчивости к истираемости клинкерный кирпич используется для кладки тротуаров, мостовых, возведения стен различных сооружений, рассчитанных на продолжительный срок службы.

Клинкерная керамика с успехом используется для замены обычной строительной керамики. Большая стоимость клинкерных керамических изделий компенсируется их длительным сроком службы и высокими физико-механическими характеристиками. В связи с разнообразием сфер применения клинкерной керамики помимо высокой прочности и низкой пористости к изделиям могут предъявляться и другие требования. Например, для гидротехнического клинкера, который, как следует из названия, применяется для отделки гидротехнических сооружений, более важна не прочность или истираемость, а низкое водопоглощение, которое не должно быть больше 1,5%. Для клинкерной плитки, применяемой при отделке жилых помещений, важен привлекательный внешний вид, а для тротуарного кирпича определяющими показателями являются механическая прочность, истираемость и морозостойкость [12].

Огнеупорная керамика

Огнеупорная керамика применяется для строительства и облицовки производственных помещений металлургической, цементной, керамической и стекольной отраслей промышленности. Огнеупорная облицовка необходима для печей обжига цемента и керамики, стекловаренных печей, муфельных печей для закалки и отпуска сталей. По степени огнеупорности данная керамика подразделяется на классы:

- огнеупорная керамика с огнеупорностью 1580–1770 °С;
- высокоогнеупорная керамика с огнеупорностью 1770–2000 °С;
- керамика высшей огнеупорности керамика с огнеупорностью более 2000 °С [13].

По пористости различают пять классов огнеупорной керамики: особоплотная (пористость менее 3%), высокоплотная (8–10%), плотная (10–20%), обычная (20–30%) и легковесная (40–80%).

В зависимости от типа сырья различают керамику:

- шамотную – изготовленную из огнеупорной глины (каолина) с отощающей добавкой (шамотом), изготовленной из каолина, огнеупорность до 1500 °С;
- динасовую – изготовленную из кварцевого песка с добавкой извести или глины, огнеупорность – 1750 °С;
- магнезиальную – изготовленную из магнезита ($MgCO_3$), состоит преимущественно из MgO (периклаза), огнеупорность выше 2000 °С.

Производятся также хромистые, карбидные, углеродистые, доломитовые, полукислые и высокоглиноземистые огнеупорные изделия [14].

Высокопористые огнеупорные изделия широко применяют в двух главных направлениях. Первое направление заключается в тепловой изоляции и тепловой защите. В этом случае эффективность высокопористых огнеупоров определяется главным образом двумя показателями: теплопроводностью и средней плотностью.

Второе направление связано с использованием развитой поверхности высокопористых огнеупоров. В этом случае решающими показателями являются общая пористость, ее характер, газопроницаемость и другие показатели пористой структуры [15].

Более 50% всех выпускаемых огнеупорных керамических изделий применяют в черной металлургии, 20% – в машиностроении, остальной объем – в промышленности строительных материалов, химической промышленности и других отраслях. Для огнеупорной защиты промышленных помещений наиболее широко используют шамотные изделия, однако при воздействии температур выше 1450 °С чаще используют более термостойкую корундовую керамику [16].

Термостойкая керамика

Термостойкая керамика отличается способностью выдерживать множество циклов нагрев – охлаждение без потери своих физико-механических свойств. Также, в зависимости от области применения, термостойкие керамические изделия могут иметь высокую тепло- и огнестойкость, значительную механическую прочность и стойкость к воздействию агрессивных сред. Термостойкие керамические изделия используются в строительстве промышленных помещений (цеха металлургических, стекловаренных и цементных заводов), крематориев, в быту для облицовки каминов и кухонных фартуков, при возведении дымоходов и т.д. [17].

Термостойкие керамические изделия выпускаются преимущественно в виде плиток, реже – фасонных изделий. Основными методами производства изделий из термостойкой керамики являются пластическое и полусухое формование, для фасонных изделий сложной формы – шликерное литьё и литьё на термопластических связках с последующим обжигом.

Высокие требования к эксплуатационным свойствам термостойкой керамики обуславливают сложный состав шихты и разнообразие видов применяемого сырья. По химическому составу принято разделять термостойкую керамику на три группы: оксидную, безоксидную, силикатную или алюмосиликатную. Оксидную керамику производят из чистых оксидов металлов и переходных элементов, безоксидную – из нитридов, карбидов, боридов и т.п. Силикатную и алюмосиликатную термостойкую керамику изготавливают на основе оксидов кремния и алюминия с добавлением соединений циркония, лития, иттрия, титана, бериллия, магния и др. металлов [18]. Основным критерием для возможности использования сырья при производстве термостойкой керамики является коэффициент термического линейного расширения. Он должен быть как можно меньше, чтобы во время циклов нагрев – охлаждение не возникало внутренних напряжений, которые могут вызвать деформацию и разрушение готового изделия. Также коэффициент термического линейного расширения у разных компонентов шихты должен быть по возможности максимально близким друг к другу, что также уменьшит вероятность появления трещин при обжиге. К тому же необходимо помнить о других требованиях, предъявляемых к термостойкой керамике – твёрдости, водопоглощению, химической стойкости. Дороговизна применяемого сырья и сложность производства делают термостойкие керамические изделия сравнительно редкими и узкоспециализированными. Применение термостойкой керамики оправдано при необходимости выдерживать значительные перепады температур при сохранении физико-механических характеристик и химической стойкости.

Теплоизоляционная керамика

Теплоизоляционные керамические изделия находят широкое применение в строительной отрасли для утепления наружных и внутренних стен зданий, а также в качестве футеровки для различного оборудования. Теплоизоляционные материалы производятся преимущественно в виде штучных материалов – кирпичей, блоков. Примене-

ние таких лёгких, пористых теплоизоляционных строительных материалов позволяет возводить здания и сооружения с минимальными затратами на отопление [19].

Существуют два основных способа снижения теплопроводности изделий из керамики: это целенаправленное создание пустот в изделии, путем изменения конструкции изделия, а также увеличение количества замкнутых пор, возникающих при обжиге. При создании пустот в изделии обычно делают вертикальные сквозные отверстия различной формы: квадратной, круглой, прямоугольной. Наиболее эффективными являются узкие прямоугольные прорези – в них не забивается кладочный раствор и меньше циркуляция воздуха. Объём прорезей колеблется от 15 до 50%. Такие изделия называют пустотелыми. Для увеличения количества замкнутых пор при обжиге в шихту вводят выгорающие добавки – опилки, торф, уголь и т.д. В качестве выгорающей добавки могут использоваться и полимерные отходы, но при этом необходимо обеспечить обезвреживание образующихся при горении полимеров токсичных соединений [20, 21]. Возможно использование глинистых материалов, содержащих в своём составе карбонаты или органические вещества. Такую керамику называют поризованной. Для снижения теплопроводности наиболее эффективно использовать оба этих метода в одном изделии.

Однако необходимо помнить, что снижение плотности керамических изделий приводит к уменьшению их прочностных характеристик. Например, пустотелый кирпич, часто называемый «самонесущим кирпичом», нельзя использовать для возведения несущих стен. Его сфера применения ограничивается заполнением каркасов, строительством перегородок и других строительных конструкций, не испытывающих значительных нагрузок [22]. Наличие микропористой структуры позволяет обеспечить теплоизоляционные свойства при меньшем снижении прочностных характеристик [23]. Также стоит учитывать, относятся ли поры к закрытым или открытым, так как открытая пористость увеличивает водопоглощение и снижает морозостойкость [8, 9, 21].

Уменьшение плотности изделий из керамики позволяет существенно увеличить размер штучных изделий, что позволило перейти от многорядной кладки к однорядной. Использование однорядной кладки крупноформатными керамическими изделиями значительно увеличивает скорость возведения зданий и снижает затраты на перевозку и хранение строительных материалов [24].

Заключение

Активное применение специальных керамических изделий в строительстве связано с их уникальными характеристиками. Применение специальной строительной керамики актуально на всех стадиях строительства: при возведении фундамента хорошим решением будет использование кислотоупорной керамики, а стены и дороги к зданию лучше укладывать из клинкерного кирпича. Использование крупноформатной теплоизоляционной керамики позволяет значительно сократить расходы на отопление и ускорить строительство. Применение огне- и термостойкой керамики необходимо при внутренней облицовке дымовых труб, печей, каминов, цехов металлургических предприятий и других промышленных зданий. Высокие характеристики специальных керамических изделий привели к значительному расширению их ассортимента, несмотря на их большую стоимость [25].

Список литературы

1. Байер В.Е. Архитектурное материаловедение: учебник для студентов вузов. М.: Архитектура, 2012. 234 с.
2. Захаров А.И. Основы технологии керамики: учебное пособие. РХТУ им. Д.И. Менделеева. М., 2005. С. 79.
3. Непластичные материалы и добавки [Электронный ресурс]. URL: <https://helipiks.org/9-50417.html> (дата обращения: 25.07.2019).
4. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Использование отходов, содержащих тяжелые металлы, для получения кислотоупорной керамики с эффектом самоглазурирования // Экология промышленного производства. 2018. № 2. С. 2–6.
5. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник для инженерно-экономических специальностей строительных вузов, 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1988. 527 с.
6. Дятлова Е.М., Климош Ю.А. Химическая технология керамики и огнеупоров. В 2 ч. Ч. 1: тексты лекций для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 01 09 «Технология тонкой функциональной и строительной керамики». Минск: БГТУ, 2014. 224 с.
7. Августиник А.И. Керамика. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Стройиздат (Ленингр. отд-ние), 1975. 592 с.
8. Шахова В.Н., Березовская А.В., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г., Сысоев Э.П. Разработка облицовочного керамического материала с эффектом самоглазурирования на основе

малопластичной глины // Стекло и керамика. 2019. № 1. С. 13–18.

9. Шахова В.Н., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Получение облицовочной керамики с использованием несортированного боя тарных стекол // Экология и промышленность России. 2019. № 2. С. 36–41.
10. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка молибденсодержащей облицовочной керамики на основе малопластичной глины // Стекло и керамика. 2019. № 11. С. 24–28.
11. Салахоф А.М. Современные керамические материалы; Министерство образования и науки РФ, Казанский федеральный университет. Казань: КФУ, 2016. 407 с.
12. Киреева Ю.И. Строительные материалы: учебное пособие. Минск: Новое знание, 2005. 399 с.
13. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов: учебное пособие. М.: ЛКИ, 2014. 496 с.
14. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы: учебник для вузов. М.: Студент, 2012. 440 с.
15. Домокеев А.Г. Строительные материалы: учебник для строительных вузов, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. 495 с.
16. Алимов Л.А., Воронин В.В. Строительные материалы: учебник для бакалавров. М.: Академия, 2012. 320 с.
17. Основин В.Н., Шуляков Л.В., Дубяго Д.С. Справочник по строительным материалам и изделиям. М.: Феникс, 2006. 448 с.
18. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка состава шихты для получения термостойкой керамики // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 126–130.
19. Миккульский В.Г. Строительные материалы и изделия. М.: АСВ, 2009. 520 с.
20. Перовская К.А., Петрина Д.Е., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Применение полимерных отходов для повышения энергоэффективности стеновой керамики // Экология промышленного производства. 2019. № 1. С. 7–11.
21. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Применение полимерных и стекольных отходов для получения самоглазурирующей облицовочной керамики // Экология и промышленность России. 2019. № 11. С. 38–42.
22. Панибратов Ю.П., Тихонов Ю.М., Мешеряков Ю.Г. Архитектурное материаловедение: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Академия, 2012. 288 с.
23. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка энергоэффективной облицовочной керамики на основе местного сырья и стекольного боя // Экология промышленного производства. 2019. № 3. С. 22–26.
24. Рыбьев И.А. Материаловедение в строительстве. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 528 с.
25. Сентюрин Е.Г., Мекалина И.В., Тригуб Т.С. Все материалы. Энциклопедический справочник. М.: Химия, 2012. 203 с.