

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*В этой статье рассматривается изготовление крупнопанельного кирпича, его теплофизические качества, экономичность и другие достоинства и недостатки*

*Ключевые слова: керамическое изделие, кирпич, камни и блоки, керамзит, аглопорит, шлаковые пемзы, туфа.*

### STUDY BASIC TECHNOLOGY OF POTTERY

*This article focuses on the manufacture of large bricks, its thermal quality, efficiency and other advantages and disadvantages*

*Keywords: pottery, bricks, stones and blocks, concrete block, agloporit, slag pumice tuff.*

Строительные свойства кирпича общеизвестны и они прошли длительную проверку временем. Производство кирпича постоянно совершенствуется и автоматизируется, однако, процесс его дальнейшего использования длительное время на одном и том же уровне. Естественно, что требуется разработать новые керамические изделия, современные способы укладки кирпича, которые обеспечили бы выполнение строительных задач на более высоком техническом уровне, с привлечением минимального количества специалистов.

Замечено, что, с одной стороны, в результате недостаточного притока новых кадров наблюдается острая нехватка кирпичных стен, с другой – отлив рабочих в другие отрасли промышленности с более благоприятными условиями труда. Поэтому заслуживают внимания попытки исследователей к увеличению размеров керамических изделий, что привело бы к индустриализации решающей операции – кладки кирпича, которая сейчас выполняются вручную.

Одним из первых направлений в организации изготовления более прогрессивных изделий явился выпуск эффективных камней и блоков. Пока практически освоен выпуск изделий эквивалентных по объему максимум 5-6 штук стандартного кирпича. Но они также как и обычный кирпич являются мелкими изделиями и не обеспечивают полной механизации укладки их в стене и потому продолжают оставаться изделиями «ручного монтажа». Строительная керамика может занять надлежащее место в индустриальном строительстве только в том случае, если будут использоваться не мелкоштучные изделия, а крупноразмерные элементы панели, блоки [2].

Одним из первых направлений в организации производства прогрессивных способов индустриального строительства было использование кирпича для изготовления сборных стеновых панелей. Такие панели, собранные из кирпича, керамических камней или блоков, получили признание строителей. Изготовление сборных кирпичных панелей впервые было освоено в Швейцарии в начале 50-х годов. Вскоре их модификации стали применяться во Франции, Италии, Испании, Португалии. Работы этого направления проводились в разных городах. Так в частности, из кирпичных панелей и блоков на бетонной основе были построены дома в Москве, Киеве, Минске, Горьком, Барнауле и др. городах, в общей сложности около 4 млн. м<sup>2</sup> стен [5]. Панели имели предел прочности при сжатии 3,5-6,0 МПа.

Создание сборных кирпичных панелей имеет прогрессивное значение, хотя и связано с решением многих сложных проблем, в частности, проблемы стоимости. Отметим, что в

настоящее время стоимость возведения зданий из сборных кирпичных панелей остается на том же уровне, а порою и выше ручной кирпичной кладки [3], так как укладка кирпича в панели производится вручную. Первые крупные блоки были изготовлены доцентом ЛИСИ Я.И. Ткачевым в 1960 году на первом кирпичном заводе. В 1961 году на Красковском опытном заводе РОСНИИМСа были отформованы крупноразмерные блоки - 3000×1100×400 мм. Изделия имели среднюю плотность (брутто) 1300-1500кг/м<sup>3</sup> и прочность 5,5-12,0 МПа, в зависимости от температуры обжига, при водопоглощении 12-14%. Эти работы не получили дальнейшего развития в силу больших и неравномерных условиях высушить и обжечь удалось блоки с максимальными размерами 800×400×400мм. В Краснодарском филиале ВНИИмонтажспецстроя разработана новая технология изготовления крупноразмерных керамических изделий [1], с применением вибрационного метода уплотнения высоко отоженных керамических масс. Эта технология позволяет на базе использования легкоплавких кирпичных глин в качестве связки и различного рода пористых заполнителей – керамзита, аглопорита, шлаковый пемзы, туфа – получить крупноразмерные изделия. Применение оттащенных масс с небольшой влажностью и заполнителей, не претерпевающих существенных физико-химических изменений в процессе обжига, позволяет получить крупноразмерные изделия без нарушения их монолитности при скоростных режимах тепловой обработки. Виброкерамикалегка, очень удобна при монтаже, является отличным теплоизолятором. Наряду с достоинствами есть недостатки – это низкая прочность (3,5-5,0 МПа), необходимость в большом количестве металлических форм, малая производительность технологических линий и др. На наш взгляд, низкая прочность обусловлена тем, что авторы не уделили должного внимания зерновому составу пористых заполнителей, который является важной характеристикой сырьевой шихты для крупноразмерной керамики. Бишкекском (Фрунзенском) политехническом институте А. С. Мавляновым и Н.М. Степовой проведена работа по получению аглопоритобетонных блоков по бесцементной технологии [1]. На заводе ЖБИ Ошоблмежхозстроя получены крупноразмерные изделия на основе местной глины и аглопорита, рациональный зерновой состав которого подобран по отдельной методике. В последние годы с развитием мощных ленточных прессов предпринимаются попытки изготовить цельные керамические элементы высотой на этаж методом экструзии. Такие разработки проводятся во Франции, ФРГ, Италии, Японии.

Так, в ФРГ получены пустотелые керамические элементы под названием «Plankensiegel» длиной 2700-3600, шириной 600-1200 и толщиной 50-300 мм с содержанием пустот в элементах около 50%, прочностью на сжатие 2,5-3,0МПа [1]. Фирмой «Ceric» [6] достигнуты на сегодняшний день наибольшие успехи в разработке технологии производства крупноразмерных изделий, которая изготавливает изделия с пустотностью 40-50% со встроенной теплоизоляцией и без нее. Две керамические панели соединяются с утеплителем клеем. На строительную площадку изделия доставляются в готовом к использованию виде, и монтаж их ведется быстро с помощью различных подъемно-транспортных механизмов.

Из крупноразмерных изделий возводят как отдельно стоящие или смежные коттеджи, так и многоквартирные жилые дома высотой до 5 этажей. В настоящее время изделия этого типа официально утверждены во Франции, что означает возможность использования их при строительстве зданий без специального разрешения.

Расчет экономической эффективности возведения однотипных домов из кирпича и панелей крупноразмерной керамики приведен в таблице 1, показывает, что возведение 1м<sup>2</sup> стены из кирпича составляет 4290 сом, аналогично из панелей -3498 сом, что дешевле на 792 сом. Строительство зданий из крупноразмерной керамики в сравнении с домами из кирпича дает возможность значительно уменьшить трудоемкость возведения стен, а также почти вдвое сократить продолжительность строительства.

Таблица 1

Расчет экономической эффективности возведения однотипных домов

№	Наименование показателей	Из кирпича	Из крупноразмерных керамики
1.	Жилая площадь, м <sup>2</sup>	5696	5409
2.	Стоимость 1м <sup>2</sup> жилой площади, сом	24626,25	23995,95
3.	Коэффициент сборности	0,4	0,8
4.	Трудоемкость возведение, $\frac{\text{ч/дней}}{\text{м}^2}$	2,71	1,5
5.	Срок строительства, мес.	11	6

Таким образом, применение крупноразмерных керамических элементов открывает широкую дорогу индустриализации строительства, обеспечивает значительную экономию затрат труда времени, материалов, повышает эффективность капитальных вложений.

Основная проблема в технологии производства крупноразмерных керамических изделий – устранение усадочных деформаций при их термической обработке, особенно при сушке. Поэтому сырье для таких изделий должно обладать хорошими сушильными и обжиговыми характеристиками – малой и стабильной воздушной и общей усадкой. Оно должно легко отдавать воду при сушке. В противном случае процесс сушки, и без того длительный даже для обычного кирпича (17-80 ч.), еще более увеличится. Сырье для крупноразмерных изделий должно обеспечивать повышенную прочность свежесформованного бруса и высушенного сырца.

Этим требованиям отвечает искусственная шихта, в том числе с использованием побочных продуктов промышленности и что, особенно важно, с рационально подобранным зерновым составом. Она, как будет показано дальше, малочувствительна к сушке и обжигу (коэффициент чувствительности 0,48-2,0% вместо 1,3), обладает малой усадкой (1,502%, что в 2-4 раза меньше, чем у обычных заводских шихт), низким начальным водосодержанием и малой водоудерживающей способностью, что позволяет значительно сократить сроки сушки и обеспечивает повышенную прочность сырца.

Возможность использования подобной сырьевой шихты для изготовления крупноразмерных элементов была подтверждена производственным испытанием, проведенным в экспериментальном цехе института ВНИИСтромаш. Изделия, эквивалентные 20-25 обыкновенным кирпичам, имели общую усадку 1,5-1,6% и предел прочности на сжатие 10,3-15,5МПа.

В настоящее время основные усилия исследователей и практиков направлены, в основном, на совершенствование оборудования по переработке глиняных масс и формовке изделий; разрабатываются новые виды сушил и печей, совершенствуются процессы сушки и обжига. И следует отметить, что до последнего времени еще недостаточно уделяется внимание исходному сырью для производства строительной керамики, хотя именно от него во многом и зависит качество готовой продукции.

Для изготовления строительной керамики обычно используются природные сырье – легкоплавкие глины, суглинки. Как известно, глины, как и другие осадочные породы, отличаются большой неоднородностью, пестротой состава и строй. Это создает большие трудности в производстве изделий строительной керамики. Технологическое оборудование, обеспечивающее хорошее качество продукции на одной глине, часто оказывается сокращенно не применимо для другой.

При изготовлении керамических блоков и панелей большое значение имеет точность размеров, что можно достигнуть стабильностью и малой величиной воздушной и общей усадок. Сырья для таких изделий должно обладать высокими сушильными и обжиговыми характеристиками, повышенной прочностью свежесформованного бруса и высушенного сырца.

Стремление интенсифицировать процессы сушки керамических изделий потребовало повысить содержание отощителей. Традиционные грубодисперсные отощающие добавки (песок, шамот) для многих кирпичных заводов не дают нужного эффекта при сокращенных

сроках сушки. Поэтому в последнее время широко используют в качестве отощителя дегидративную глину[1]. Не отрицая положительного влияния дегидратированной глины на качество готовых изделий, следует отметить, что ее применение сдерживается из-за высокой стоимости приготовления.

Вопросами гранулометрического состава керамических и шамотизированных масс занимаются давно. Особенно велика роль состава шихты, в которой основным компонентом являются зернистые материалы, а глина в этих массах играет роль связующего материала.

Исследования, проведенные Д. Полубояриновым и О. Грачевой, показывают, что важнейшие рабочие свойства шамотных изделий пластического формования, как-то механическая прочность, шлакоустойчивость, усадка, пористость готовых изделий, при содержании связующей глины около 30% находятся в резко выраженной зависимости от гранулометрического состава шамота. Установлено, что максимальная плотность смеси шамота не зависит от наличия в смеси достаточного количества мелкой зерен наиболее крупной и мелькой фракции, при незначительном содержании или отсутствии средней.

При подборе оптимального гранулометрического состава полизерной смеси необходимо знать не только соотношение зерен по размеру, но и по их массе. При подсчете количества фракций по массе имелось в виду, что плотность зерен заполнителя позволяет пренебречь имеющимися в них порами, т. е. условно считать зерна заполнителя абсолютно плотными. Однако в практике бывают случаи, когда необходимы осуществить плотную укладку зерен заполнителя, состоящих из пористого материала. В частности, такая задача возникла при подборе искусственной смеси для строительной керамики на основе побочных продуктов промышленности, например, пористых частиц золы и отходов углеобогащения. В этом случае применение метода расчета фракционированного заполнителя, предположенного ЛИСИ, оказалась невозможным из-за значительной пористости зерен, поскольку в значение средней плотности смеси  $\rho_0$  входит и межзерновая пустотность в этот метод нами были внесены соответствующие изменения. Количество первой крупной фракции, размещающееся в единичном объеме с учетом интенсивности и способа уплотнения, численно равно средней плотности этой фракции, т. е.

$$M_1 = \rho_{01} V_1 \quad (1)$$

где  $\rho_{01}$  - средняя плотность первой фракции в уплотненном состоянии;  $V_1$  - единичный объем. Пустотность этой фракции:  $\check{I}'_1 = \frac{\rho_0 - \rho_{01}}{\rho} \cdot 100\%$  (2)

Однако  $\check{I}'_1$  представляет здесь суммарное число пустот в объеме  $V_1$ , т.е. учитывает одновременно как межзерновые пустоты, так и поры зерен этой фракции. Так как в дальнейшем нас будет интересовать только объем межзерновых пустот, в котором разместятся зерна второй по крупности фракции, то его следует вычислить как разность.

$$\check{I}''_1 = \check{I}'_1 - \check{I}'_1' \quad (3)$$

где  $\check{I}'_1'$  - пористость зерен, %;  $\check{I}''_1$  - межзерновая пустотность, %.

Это означает, что при известном значении пористости зерен заполнителя необходима поправка на значение этой пористости при определении массы второй фракции.

Объем  $V_2$ , в котором должны разместиться зерна второй фракции при заполнении исходного единичного объема композицией из двух фракций, определим из выражения

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{\check{I}''_1}{100} = \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} - \check{a}'_1, \quad \text{где } \check{a}'_1 = \frac{\check{I}'_1'}{100}. \quad (4)$$

Последующую фракцию найдем из соотношения средних диаметров:  $\frac{d_{n+1}}{d_n} = 0,226$ . В

этом случае максимально возможная часть объема пустот, образованная крупной фракцией, заполняется более мелкой, без существенной раздвижки зерен.

Масса второй по крупности фракции с учетом коэффициента заполнения  $\varphi_2$ , определенного на основе ранее разработанного метода, вычислим по формуле

$$M_2 = \varphi_2 \cdot \rho (1 - \dot{a}'_2) \cdot V_2 = \varphi_2 \rho (1 - \dot{a}'_2) \left( \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} - \dot{a}'_1 \right), \quad \text{где } \dot{a}'_2 = \frac{\ddot{I}'_2}{100}. \quad (5)$$

Далее определим объем  $V_3$ , в котором должны разместиться зерна самой тонкой фракции, например глины, леса и т.д. Пустотность в области пустот первой фракции, заполненной зернами второй по крупности фракции, равна

$$\ddot{I}'_2 = \frac{\rho_0 - \rho_{02}}{\rho} \cdot 100\% \quad (6)$$

где  $\rho_{02}$  - средняя плотность двухфракционной смеси.

Ее можно также рассматривать как сумму  $\ddot{I}'_2 = \ddot{I}'_2 + \ddot{I}''_2$

где  $\ddot{I}'_2, \ddot{I}''_2$  - пористость второй фракции и межзерневая пустотность в области первой фракции. отсюда  $\ddot{I}''_2 = \ddot{I}'_2 - \ddot{I}'_1 = \frac{\rho_0 - \rho_{02}}{\rho} \cdot 100\% - \ddot{I}'_2 \quad (7)$

Выражение  $\frac{\rho_0 - \rho_{02}}{\rho}$  в формуле (7) есть суммарное содержание пустот, если

предположить, что зерна материала абсолютно плотные, или  $\frac{\rho_0 - \rho \varphi_2}{\rho} \cdot 100\%$ , так как

$\rho \cdot \varphi_2 = \rho_{02}$  при абсолютно плотных зернах. В формуле (7)  $\ddot{I}'_2$  - поправка на пористость самих зерен второй фракции. Итак,

$$\ddot{I}''_2 = \frac{\rho_0 - \rho \varphi_2}{\rho} \cdot 100\% - \ddot{I}'_2, \quad (8)$$

Объем  $V_3$  найдем из выражения

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 \cdot \frac{\ddot{I}''_2}{100} = V_2 (1 - \varphi_2) - V_2 \cdot \frac{\ddot{I}'_2}{100} = V_2 (1 - \varphi_2) - V_2 a'_2 = \left( \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} - a'_1 \right) (1 - \varphi_2) - \left( \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} - a'_1 \right) a'_2 = \\ &= \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} (1 - \varphi_2) - a'_1 (1 - \varphi_2) - \frac{\rho - \rho_{01}}{\rho} a'_2 + a'_1 a'_2 \end{aligned} \quad (9)$$

Слагаемое  $\dot{a}'_1 \dot{a}'_2$  в формуле (9) – малая величина и ею можно пренебречь.

Масса третьей по крупности фракции (глины) с учетом коэффициента, предложенное Е.А. Трейманом:

$$M_3 = \varphi_3 \cdot \rho \cdot V_3 = (\gamma - \rho_{01}) \cdot (1 - \varphi_2) \cdot \varphi_3 - (1 - \varphi_2) \cdot \rho \varphi_3 \dot{a}'_1 - (\rho - \rho_{01}) \varphi_3 \dot{a}'_2 \quad (10)$$

Экспериментальной проверкой подтверждено, что смесь рационального зернового состава обладает пониженной влажностью, лучшей формовочной способностью, а полученные на ее основе изделия имеют малую (не более 3%) величину суммарной усадки, более высокую механическую прочность.

#### Литература:

1. Боженков П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978.
2. Гинзбург Ш.М. Эффективность индустриализации жилищного строительства путем применения крупных стеновых кирпичных блоков и керамических панелей: Автореф.дис.Киев, 1967.
3. Гинзбург Ш.М. Экономическая эффективность индустриализации кирпичной кладки. М. Стройиздат, 1969.
4. Мавлянов А.С. Крупноформатная керамика. Фрунзе “Кыргызстан”, 1991.
5. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. М.: Стройиздат, 1974

6. Рекламный проспект фирмы «Сегіс» Использование керамических блоков высотой в этаж Тулуза, 1987.

---