

С. В. Морозова, А. В. Корнилов, Е. Н. Пермяков,  
Е. Р. Корнилова

## КИСЛОТОУПОРНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЛЕГКОПЛАВКОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

*Ключевые слова:* кислотоупорный, кирпич, плитка, легкоплавкий, глинистый, сырье, керамика, свойства.

*Установлено, что на основе кирпично-черепичного глинистого сырья и цеолитсодержащей глины способом пластического формования возможно получение кислотоупорных керамических изделий: кирпича прямого, клинового, радиального и фасонного различных классов; плитки марок ТКД, ТКГ, КС, КШ и ТКШ.*

*Keywords:* acid-resisting, brick, tile, low-melting, clay, raw materials, ceramics, property.

*It is established, that on the basis of brick-tile clay raw materials and zeolitic clay in the way of plastic formation reception acid-resisting pottery is possible: a brick direct, wedge, radial and shaped various classes; tiles of marks ТКД, ТКГ, КС, КШ and ТКШ.*

Для производства керамических кислотоупорных изделий (кирпича и плитки) используют пластичные глины без примесей карбонатов, сернистого колчедана, гипса, понижающих химическую стойкость. Данные изделия применяют для футеровки башен и резервуаров на химических заводах, печей, а также устройств полов в цехах с агрессивными средами.

Химически стойкая керамика, как правило, имеет плотный черепок. Для управления микроструктурой керамики, а соответственно и регулирования ее плотности можно использовать механохимическую обработку сырья, эффективные модифицирующие добавки и другие способы. В данной работе с целью повышения прочностных характеристик керамики и, соответственно, получения высокоплотного керамического черепка в глинистое сырье, применяемое для производства кислотоупорной керамики, вводилась добавка-плавень, улучшающая процесс спекания. Скорость твердофазного спекания повышают путем введения полностью растворимых добавок, которые действуют главным образом за счет изменения концентраций вакансий в катионной или анионной подрешетках кристалла. Нерастворимые добавки образуют жидкую фазу за счет плавления или взаимодействия с образованием эвтектического расплава и ускоряют процесс спекания в результате интенсификации массопереноса. Однако, не всякая добавка, способствующая образованию дефектов, может интенсифицировать спекание.

Объектом исследований являлись 3 пробы (№№ АС-1, АС-2 и АС-3) легкоплавкого кирпично-черепичного глинистого сырья, относящиеся к различным минерало-технологическим разновидностям (4б, 4а и 3б соответственно) [1]. Пробы относятся к группе низкодисперсного сырья (содержание частиц размером < 1 мкм составляет в пробе АС-1 32,4%, в пробе АС-2 - 33,5%, в пробе АС-3 - 36,2%). Глинистое сырье является умереннопластичным (число пластичности равно 11,4 и 12,7 соответственно у проб № АС-1 и АС-2) и среднепластичным (число пластичности у пробы АС-3 составляет 15,1).

В качестве технологической добавки использовалась цеолитсодержащая глина (проба № ЦА), выбор которой обусловлен эффективным ее

влиянием на процесс спекания, что в итоге приводит к получению более плотной и прочной керамики [2]. Минеральный состав добавки: 53% монтмориллонита, 25% цеолита, 8% ОКТ-фазы, 7% кварца, 4% слюды, 3% полевых шпатов. Проба № ЦА по содержанию тонкодисперсной фракции (48,64%) относится к группе среднеластичного сырья, по числу пластичности (20,1%) – к группе среднепластичного сырья.

В таблице 1 представлены результаты определения основных физико-механических характеристик кислотоупорной керамики (кирпича, плитки).

**Таблица 1 – Физико-механические свойства керамических образцов**

Состав сырьевой шихты	Водопоглощение, %	Водопроницаемость, ч
1	2	3
100% АС-1	4,3	50
90% АС-1+10% ЦА	3,7	50
80% АС-1+ 20% ЦА	3,7	50
100% АС-2	1,3	50
90% АС-2+10%ЦА	2,5	50
80% АС-2+20%ЦА	1,1	50
100% АС-3	3,9	50
90% АС-3+10%ЦА	2,2	50
80% АС-3+20%ЦА	1,2	50

Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Кислотостойкость, %
4	5	6
20,5	99,7	97,2
23,0	154,0	97,5
23,0	92,4	96,8
27,6	130,0	97,4
28,4	91,0	96,8
30,5	97,5	99,0
8,5	70,0	96,6
23,5	104,0	97,1
21,0	149,0	98,2

изготовленной методом пластического формирования и обожженной при температуре 1100°C.

Образцы, изготовленные только из глинистого сырья, по значению кислотостойкости (96,6 – 97,4%) соответствуют требованиям ГОСТ 474-90 «Кирпич кислотоупорный. ТУ», предъявляемым к прямому, клиновому и радиальному кирпичу низшего класса «В». Для различных типов изделий, в том числе и высшего класса, оно должно находиться в пределах 95,0-97,5%. Показатели прочности при сжатии, водопоглощения и водонепроницаемости также удовлетворяют регламентируемым стандартным значениям. С обратной стороны образцов капли не появились после 50 – часовой выдержки, после чего испытания по определению водонепроницаемости были прекращены. Максимальное значение данного показателя (48 часов) установлено для кирпича класса «А».

Для кислотоупорного прямого, клинового и радиального кирпича всех классов одним из справочных параметров (т. е. он не является браковочным), указанных в стандарте, является модуль упругости при 20°C. Его определение проводилось на приборе Shimadzu Autograph AG-X Series (Япония). У образцов, приготовленных из исходного глинистого сырья пробы № АС-1, значение модуля упругости составляет  $0,8 \cdot 10^4$  МПа, что несколько меньше стандартных значений ( $1,7 - 3,4 \cdot 10^4$  МПа). При введении в глину 10% технологической добавки данный показатель незначительно снижается (до  $0,6 \cdot 10^4$  МПа).

Из исследуемого глинистого сырья возможно получение и фасонного кирпича классов «А» и «Б».

Применение технологической добавки в определенном количестве (10, 20%) позволяет получать более кислотостойкие изделия. В зависимости от разновидности легкоплавкого глинистого сырья и содержания в нем цеолитсодержащей глины показатель кислотостойкости увеличивается на 0,3-1,6%, вследствие чего улучшается качество кислотоупорного кирпича (его класс возрастает с низшего «В» до «высшего «А»). При этом значения прочностных характеристик в основном увеличиваются. Некоторое снижение прочности при сжатии наблюдается у образцов, приготовленных из пробы № АС-2. Из двухкомпонентных сырьевых смесей возможно получение кислотоупорного кирпича прямого, клинового и радиального высокого класса «А» и «Б».

Полученные образцы по показателю кислотостойкости также удовлетворяют требованиям ГОСТ 961-89 «Плитки кислотоупорные и термостойкие керамические. Технические условия». Введение в глинистое сырье технологической до-

бавки позволяет получить большее количество марок кислотоупорных изделий и повысить их сортность. Например, плитки, приготовленные из 80% глинистого сырья пробы АС-2 и 20% цеолитсодержащей глины, имеют показатели кислотостойкости, водопоглощения и механической прочности, соответствующие маркам ТКД (первого сорта), ТКГ (первого и высшего сортов), КС (первого и высшего сортов), КШ (первого и высшего сортов) и ТКШ (первого и высшего сортов). Из исходного глинистого сырья данной пробы возможно получение изделий только марок КС, КШ и ТКШ первого класса.

Из сырья пробы № АС-1 может быть получена кислотоупорная плитка марок ТКГ (первого сорта), КС (первого сорта), КШ (первого сорта) и ТКШ (первого сорта).

Из сырьевой смеси, состоящей из 90% пробы № АС-3 и 10% добавки, получена плитка марок КШ (первого сорта), ТКШ (первого сорта) и КС (первого сорта). При 20% содержании в смеси цеолитсодержащей глины дополнительно возможно получение изделий марок ТКШ (высшего сорта), КШ (высшего сорта), КС (первого сорта), ТКГ (первого и высшего сортов) и ТКД (первого и высшего сортов). Исходная проба № АС-3 глинистого сырья не пригодна для получения кислотоупорной керамики вследствие низкого значения ( $8,5$  МПа) ее прочности при изгибе.

Таким образом, из легкоплавкого глинистого сырья (полиминеральных кирпично-черепичных и цеолитсодержащих глин) возможно получение кислотоупорных изделий (кирпича и плитки), удовлетворяющих по показателям кислотостойкости, механической прочности и водопоглощению требованиям нормативно-технической документации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по госконтракту 16.552.11.7012.*

## Литература

1. Минералогические разновидности глинистого сырья для производства керамического кирпича и керамзитового гравия /А.В. Корнилов, Е.Н. Пермяков, Т.З. Лыгина, Стекло и керамика, 8, 29-31 (2005).
2. Клинкерный кирпич на основе легкоплавких полиминеральных и цеолитсодержащих глин/С.В. Морозова, Е.Н. Пермяков, А. В. Корнилов, А. А. Шинкарев, Вестник Казан. технол. ун-та, 5, 17-21 (2010).