

Использование «смесь минеральная 3» (СМЗ) как сырья в производстве керамического кирпича

Сучков Владимир Павлович, доктор технических наук, профессор
Головин Вадим Олегович, аспирант

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (г. Нижний Новгород)

Аннотация. Объектом исследования является смесь минеральная (СМЗ) в виде шлама, образующегося в качестве побочного продукта при работе установки электролиза.

Целью работы является исследование возможности использования шлама в качестве добавки при производстве керамического кирпича.

Методология проведения работы базируется на использовании классических технологических решений производства керамических изделий, применительно к шламу электролиза.

В процессе работы производились экспериментальные исследования по использованию шлама в качестве сырьевого компонента формовочных смесей, его влияния на технологические свойства смесей, сушильные свойства керамического черепка. Эффективность разработки связана с расширением сырьевой базы, снижением экологической нагрузки на окружающую среду и снижением приведённых затрат на производства керамического кирпича.

Ключевые слова: смесь минеральная, шлам установки электролиза, формование, пластичность, огневая усадка, прочность.

Введение

Изделия строительной керамики относят к наиболее долговечным и экологически чистыми материалам, обеспечивающим комфортную среду обитания в жилище.

Основным видом по объёму выпуска является стеновой керамический кирпич различной номенклатуры.

Керамический кирпич получают спеканием при обжиге, сырьевых смесей (шихт), содержащих глину. Основными химическими компонентами глин являются: SiO_2 (30-70%), Al_2O_3 (10-40%) и H_2O (5-10%). Глины также могут содержать TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O . Глины обычно содержат примеси, представленные обломками первичных пород, растительными остатками, а также карбонатами (кальция) и сульфатами (гипс).

В зависимости от применяемого способа формования сырца, сырьё должно обладать определёнными химико-минеральными свойствами – пластичностью, температурой и интервалом спекания. Совокупностью данных требований большинство глин не обладает. С целью стабилизации производственных процессов строительную керамику получают формованием и обжигом сырьевых смесей (шихт), содержащих различные добавки – отошающие, порообразующие, пластифицирующие, плавни.

Мы исследовали возможности использования смеси минеральной СМЗ в качестве добавки в формовочную смесь для производства керамического кирпича. С этой целью определены технологические свойства смеси глиняной шихты и СМЗ, а также контрольных образцов на их основе, которые приведены ниже.

1. Определение формовочной влажности.

Под формовочной влажностью или водой затворения понимают количество воды, необходимое для придания керамической массе или глине нормальной рабочей консистенции, при которой глиняное

тесто, проявляя пластические и формовочные свойства, сохраняет без деформации приданную форму и при раскатывании не прилипает к рукам и металлу.

Числовое значение показателя влажности различно для каждого вида глинистого сырья и зависит от количества глинистой фракции и природы минерала в глинистом веществе. Так, для затворения монтмориллонитовых глин требуется наибольшее количество воды, для каолиновых – наименьшее и т. д.

Как отмечено выше, высушенную измельченную глиняную шихту помещали в сферическую чашу. В нее же добавляли высушенный и измельченный шлам и перемешивали. Затем полученную смесь замачивали водой, прибавляя ее постепенно в 2–3 приема при непрерывном перемешивании, пока глина не приобретет нормальную рабочую консистенцию. Перемешивание глины и приготовление теста велось в лаборатории вручную.

Контроль нормальной формовочной влажности глиняного теста производился органолептическим методом, принятым на производстве керамических изделий.

Данные по формовочной влажности приведены в таблице 1, а процесс формования образцов представлен на рисунке 1. Формовочные свойства керамической массы с СМЗ практически сохраняются. В/Т при формовании сохраняется.

2. Определение воздушной и огневой усадки согласно ГОСТ 21216-2014 [2].

Воздушная усадка характеризуется изменением линейных размеров и объема свежесформованных образцов из сырья или массы под влиянием физических процессов, протекающих при сушке (в пределах до 100 °С).

Из подготовленной массы формовали образцы-плитки размерами 50x50x5 мм для определения воздушной, огневой линейных усадок, а также для определения водопоглощения и наличия высолов. После формования на образцах по линейке проводили две взаимно пересекающиеся диагонали. На диагоналях

штангенциркулем делают метки глубиной 2 мм так, чтобы точка пересечения диагоналей оказалась по середине между острыми концами штангенциркуля, разведенного на 50 мм. Образцы маркировали.

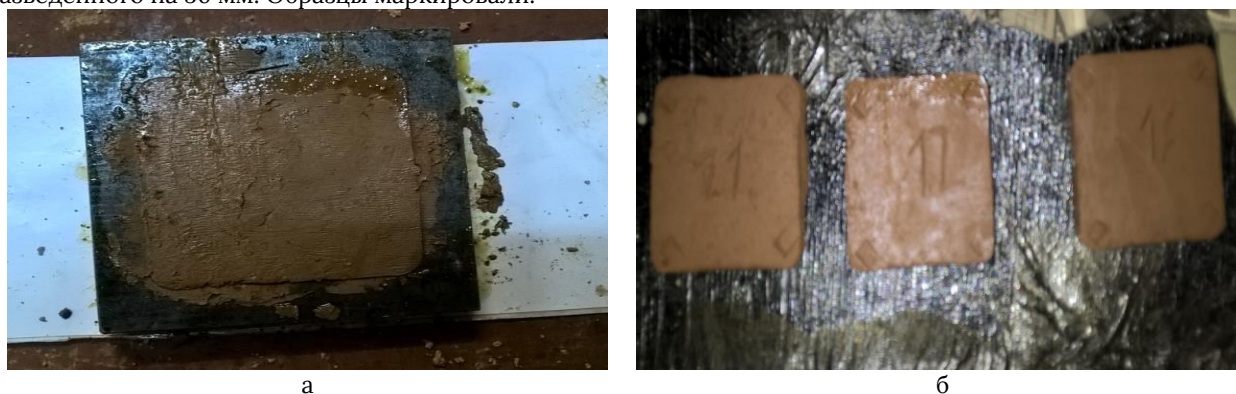


Рис. 1 – Фотографии образцов: а – в процессе формования, б – свежесформованные

Таблица 1. Данные по формованию образцов

Образцы 2 с добавлением СМЗ – 5 % от массы шихты при В/Т 0,25 Состав смеси: шихты – 200 г, СМЗ – 10 г, воды – 50 г					
№ образца	Масса образца, г			Формовочная влажность, %	П.П.П.
	свежесформованных	после сушки	после обжига		
2.1	54,7	43,8	40,1	25	8,4
2.2	51,5	40,7	37,2	27	8,6
2.3	51,1	41,6	38,1	23	8,4
Образцы 3 с добавлением СМЗ – 10 % от массы шихты при В/Т 0,25 Состав смеси: шихты – 200 г, СМЗ – 20 г, воды – 55 г					
№ образца	Масса образца, г			Формовочная влажность, %	П.П.П.
	свежесформованных	после сушки	после обжига		
3.1	52,7	42,3	38,3	25	9,5
3.2	49,8	39,8	36,0	25	9,5
3.3	51,1	41,1	37,3	24	9,2
Образцы 5 с добавлением СМЗ – 15 % от массы шихты при В/Т 0,25 Состав смеси: шихты – 200 г, СМЗ – 30 г, воды – 57,5 г					
№ образца	Масса образца, г			Формовочная влажность, %	П.П.П.
	свежесформованных	после сушки	после обжига		
5.1	50,9	41,0	31,1	24	24,1*
5.2	51,7	41,7	37,7	24	9,6
5.3	50,3	40,7	36,7	24	9,8
Образцы 4 без добавления СМЗ при В/Т 0,25 Состав смеси: шихты – 200 г, воды – 50 г					
№ образца	Масса образца, г			Формовочная влажность, %	П.П.П.
	свежесформованных	после сушки	после обжига		
4.1	51,1	41,1	38,2	24	7,1
4.2	51,5	41,5	38,6	24	7,0
4.3	51,8	42,3	39,3	22	7,1
Примечание. Образец 5.1 был поврежден в процессе обжига, что отразилось на его массе и П.П.П.					

Образцы сушили в естественных условиях на деревянных рамках до прекращения усадочных явлений. По мере высыхания образцы периодически осторожно переворачивали, не допуская их деформации. После сушки образцы устанавливают на ребро и досушивали до постоянной массы в сушильном электрошкафу при температуре (105 ± 5) °С.

Высушенные образцы охлаждали в эксикаторе с хлористым кальцием, внимательно осматривали, отмечали выявленные дефекты и штангенциркулем измеряли расстояние между метками.

После определения воздушной усадки образцы подвергли обжигу в лабораторной электропечи при максимальной температуре (1020 ± 20) °С в течении 12 часов.

Огневая усадка характеризуется изменением линейных размеров и объема воздушно-сухого образца под влиянием физико-химических процессов, происходящих при обжиге керамического сырья и изделий.

Обожженные образцы охлаждали сначала вместе с печью, а затем в эксикаторе с хлористым кальцием, внимательно осматривали, отмечали выявленные

дефекты и штангенциркулем измеряли расстояние между метками с целью установления огневой и общей усадки.

При высушивании свежесформованных образцов на открытых поверхностях наблюдалось выделение

из шихты солей покрывающих образцы слоем налета белесого цвета. Объем выделений возрастал по мере увеличения процентного содержания шлама в сырьевой смеси.

Таблица 2. Воздушная, огневая и общая линейные усадки образцов

Наименование сырья	№ образца	Расстояние между метками образца, мм			Линейная усадка, %		
		свежесформованного	высушенного	обожженного	воздушная	огневая	общая
Образцы с добавлением СМЗ - 5 %, при в/т 0,25	2.1	50	47,4	46,9	5,8	0,6	6,4
		50	47,1	46,9			
	2.2	50	46,9	46,5			
		50	46,7	46,6			
	2.3	50	47,4	46,8			
		50	47,1	47,0			
Образцы с добавлением СМЗ - 10 %, при в/т 0,25	3.1	50	47,9	47,6	4,9	0,4	5,3
		50	47,9	47,6			
	3.2	50	47,1	46,8			
		50	47,4	47,3			
	3.3	50	47,5	47,5			
		50	47,5	47,4			
Образцы с добавлением СМЗ - 15 %, при в/т 0,25	5.1	50	48,0	47,9	3,9	0,3	4,2
		50	48,4	47,9			
	5.2	50	48,0	47,9			
		50	48,0	47,9			
	5.3	50	48,0	47,8			
		50	48,0	48,0			
Образцы без добавления СМЗ, при в/т 0,25	4.1	50	46,9	46,5	6,5	0,7	7,3
		50	46,0	45,5			
	4.2	50	46,8	46,6			
		50	46,6	46,4			
	4.3	50	47,0	46,3			
		50	47,1	46,9			

После обжига данный налет легко удалялся с помощью кисти не оставляя следов своего присутствия на образцах.

В процессе обжига в воздушную среду лаборатории происходило выделение газов с запахом жженой пластмассы.

3. Определение водопоглощения в соответствии с ГОСТ 7025-91[3].

Водопоглощение обожженных образцов может служить как самостоятельной характеристикой керамического черепка, определяющей его пористость,

прочность, так и характеристикой процесса спекания масс. Водопоглощение (%) изделий характеризуется отношением массы воды, поглощенной в установленный срок полностью погруженным в воду обожженным образцом при атмосферном давлении, к массе того же обожженного образца до насыщения водой. Работу проводят на плиточках 50x50x5 мм, обожженных при заданной температуре.

Таблица 3. Результаты определения водопоглощения

№	Масса сухого образца, г	Масса образца в насыщенном водой состоянии, г	Водопоглощение образцов, %	Водопоглощение среднее, %
2.1	37,3	43,1	15,5	15,9
2.2	37,5	43,5	16,0	
2.3	36,8	42,7	16,0	
3.1	36,0	42,7	18,6	18,6
3.2	35,8	42,5	18,7	
3.3	36,1	42,8	18,6	
5.1	37,7	45,2	19,9	19,9
5.2	37,9	45,8	20,8	
5.3	38,1	45,3	18,9	
4.1	38,5	44,3	15,1	14,8
4.2	38,3	44,0	14,9	
4.3	39,8	45,6	14,6	

4. Определение прочности на сжатие и водостойкости

Способность материалов, обожженных при оптимальных температурах, сопротивляться разрушающему действию внутренних напряжений, возникающих под влиянием внешних сил, определяет прочность. Предел прочности при сжатии являются одним из основных технических характеристик керамических материалов.

Водостойкость — способность материала сохранять в той или иной мере свои прочностные свойства при увлажнении [5]. Числовой характеристикой водостойкости служит отношение предела прочности при сжатии материала в насыщенном водой состоянии к пределу прочности при сжатии в сухом состоянии. Это отношение принято называть коэффициентом размягчения. К водостойким относятся строительные материалы, коэффициент размягчения которых больше 0,8. Эти материалы можно применять в сырых местах без специальных мер по защите их от увлажнения. На стабильность структуры и свойств материала заметное влияние оказывает поперемен-

ное увлажнение и просыхание. Некоторые материалы принято проверять на водостойкость путем циклического насыщения образцов водой и их высушивания.

Для определения прочности на сжатие и водостойкости были изготовлены образцы кубы размерами 50×50×50 мм следующих составов:

- состав 1 - без добавления СМЗ, В/Т 0,28;
- состав 2 с добавлением СМЗ в количестве – 5 % по массе, В/Т 0,28;
- состав 3 с добавлением СМЗ в количестве – 10 % по массе, В/Т 0,28;
- состав 4 с добавлением СМЗ в количестве – 15 % по массе, В/Т 0,28.

Состав формовочной смеси использованной при изготовлении образцов кубов приведен в таблице 4.

Для определения предела прочности при сжатии предварительно высушенные и обожженные образцы в виде кубиков с размером ребер 50 мм испытывали на гидравлическом прессе мощностью 100 кН.

Результаты испытаний образцов кубов приведены в таблице 5.

Таблица 4. Состав формовочной смеси использованной при изготовлении образцов кубов

Состав 1	Масса,г	Состав 2	Масса,г	Состав 3	Масса,г	Состав 4	Масса,г
Шихта	1800	Шихта	1800	Шихта	1800	Шихта	1800
Электролиз	0	Электролиз	90	Электролиз	180	Электролиз	270
Вода	510	Вода	532,5	Вода	555	Вода	577,5

Таблица 5. Результаты испытаний образцов кубов

№ состава	Предел прочности при сжатии сухих образцов, МПа		Предел прочности при сжатии образцов в нас. водой сост., МПа		Коэффициент размягчения
	частный	средний	частный	средний	
1	25,8	25,9	24,1	22,6	0,88
	26,3		21,8		
	25,5		22,0		
2	25,8	25,6	22,1	21,9	0,86
	25,9		20,8		
	25,1		22,9		
3	21,5	20,6	17,2	18,0	0,87
	19,7		19,2		
	20,7		17,5		
4	18,5	19,4	17,4	16,3	0,84
	20,6		15,8		
	19,2		15,6		

Данные полученные в ходе лабораторных исследований керамических образцов содержащих в своем составе СМЗ позволяют заключить, что СМЗ может быть использована в качестве отошающей и снижающей влажность добавки в керамические материалы без значительного снижения свойств материала.

Заключение

Проведенные лабораторные исследования составов керамических масс с введенным в них шламом электролиза СМЗ в количествах от 5 до 15 % позволяет сделать вывод о возможности и перспективности применения шлама в производстве керамических изделий.

Смесь минеральную СМЗ целесообразно использовать, как наполнитель для снижения стоимости производства за счет уменьшения потребления основного сырья, как добавку, уменьшающую воздушную, огневую усадки (отошающую) и снижающую влажность шихты.

Рекомендуемое содержание смеси минеральной СМЗ в составе керамической шихты до 15 %. Введение в состав керамической шихты смеси минеральной СМЗ в количествах более 15 % должно иметь экономическое обоснование в связи со значительным снижением прочностных показателей материала.

Использование шлама также позволяет дополнить цветовую гамму керамического кирпича.

Перед смешиванием с шихтой (глиной) СМЗ (1 – 3) % и последующее измельчение до прохода че-
должна пройти ряд необходимых переделов: сушку рез сито 1,0 мм.
при температуре шлама не более 60 °С до влажности

Литература:

1. Технические условия ТУ 20.13.41–001–83385954–2018 Смесь минеральная СМЗ.
2. ГОСТ 21216–2014 Сырьё глинистое. Методы испытаний [Текст] : утв. Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 02.06.94 N 160 : дата введ. 01.01.1995 г.
3. ГОСТ 7025 Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения водопоглощения и морозо-стойкости. [Текст] : утв. Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 12.02.91 N 5 : дата введ. 01.07.1991 г.
4. ГОСТ 530–2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия [Текст] : утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 г. № 2148-ст : дата введ. 01.07.2013 г.
5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / И.А. Рыбьев – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2004 – 701 с.; ил.
6. ГОСТ 8462–85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе [Текст] : утв. Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 18 января 1985 г. N 11 : дата введ. 01.07.1985 г.
7. ГОСТ 9169–75 Сырьё глинистое для керамической промышленности классификация [Текст] : утв. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 05.11.75 N 2782 : дата введ. 01.07.1976 г.
8. Методическое пособие для работников лабораторий и ОТК кирпичных заводов по производству глиняного кирпича методом пластического формования [Текст] / [Сост. П. В. Кирпань, П. М. Руденко, С. А. Дикова, Е. И. Степашко] ; Объединение "Укрнистромпроект", Гос. науч.-исслед. ин-т строит. материалов и изделий. – Киев : Будівельник, 1976. – 104 с. : ил.; 21 см.
9. Кашкаев, И.С. Производство глиняного кирпича [Текст]: Учеб. пособие для подгот. рабочих на производстве / И. С. Кашкаев, Е. Ш. Шейнман. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Высш. школа, 1974. – 288 с. : ил.; 22 см.