

## ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ И ВРЕМЕНИ ВЫЛЕЖИВАНИЯ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ЧЕРЕПКА

*Э.К. Сардарбекова*

Приводятся результаты исследований влияния механической активации и температуры обжига на физико-технические свойства керамического черепка, полученного из глинистого сырья месторождений Аджидар, Токмок, Кара-Кече и Баш-Карасуу 7- и 14-суточного вылеживания.

*Ключевые слова:* механическая активация; температура обжига; керамический черепок; сырье, глина, кирпич.

Изделия грубой стеновой керамики, к которым относится строительный кирпич, керамические камни и другие различные изделия, изготавливаются пластическим формованием или полусухим прессованием.

Применение в строительстве кирпича и керамических камней насчитывает многие сотни лет, что обусловлено высокой комфортностью строений, долговечностью и архитектурной выразительностью [1].

Кыргызская Республика весьма богата месторождениями глин и суглинков, которые являются основным сырьем для производства грубой стеновой керамики. На территории Кыргызстана зарегистрировано 568 месторождений и проявлений глинистых пород, представленных лессовидными суглинками, глинами, камнеподобными аргиллитовыми глинами, каолинами, глинистыми сланцами.

По генезису глинистые породы Кыргызстана подразделяются на аллювиальные (остаточные), осадочные (переотложенные) и метаморфизованные. Из пород осадочного происхождения наиболее распространены континентальные и морские осадки. По характеру осадконакопления из континентальных отложений в республике развиты преимущественно делювиальные,

аллювиальные, пролювиальные, моренные, лагунно-озерные. В условиях диагенеза образовались месторождения камнеподобных (аргиллитовых глин) [2].

Глина – широко распространенный вид полезного ископаемого, с древних времен используемый как строительный материал, и до сегодняшнего дня остается основным сырьем для производства изделий строительной керамики. Однако глиняное сырье не отличается стабильностью свойств, что отрицательно сказывается – особенно при современных темпах производства – на качестве готовой продукции.

Как известно, в республиках Средней Азии, в частности в Кыргызстане, для производства кирпича из-за отсутствия высококачественных глин используют малопластичные лессовидные суглинки. Продукция, полученная на основе этого сырья, обладает малой прочностью и морозостойкостью, имеет плохой внешний вид, в процессе эксплуатации появляются высолы [3].

Получение качественных керамических изделий основано на правильном сочетании используемых сырьевых материалов и существующих на сегодняшний день технологий. Для качественного формования изделий при любом способе производства необходимо обеспечить

Химический состав суглинков, % по массе

Месторождение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub> + MgCO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O	ппп	Σ
Баш-Карасуу	53,9	13,1	4,45	10,85	1,68	0,4	–	–	–	8,41	15,92	100
Токмок	61,79	15,88	5,02	–	–	1,93	12,7	2,55	1,07	–	7,55	99,87
Аджидаар	52,4	12,9	5,1	11,3	4,1	2,5	–	–	–	–	11,5	97,8
Кара-Кече	61,84	21,63	1,65	0,2	0,88	0,43	–	2,12	0,12	–	9,92	98,79

Таблица 2

Гранулометрический состав суглинков, мм

Месторождение	Менее 0,005 мм	0,005–0,01 мм	0,01–0,25 мм	0,25–0,5 мм	0,5–1 мм	1–2 мм	Σ
Баш-Карасуу	9,6	41,5	42,7	2,05	1,2	3,0	100
Токмок	16,29	11,16	48,12	0,43			
Аджидаар	-	23,53	52,98			0,18	
Кара-Кече	49,84	27,06	10,32	11,2	0,56	0,52	

качественное массоприготовление. Основные задачи этого технологического передела – разрушение природной структуры глинистого сырья, его дезагрегирование, удаление (измельчение) вредных примесей [4]. Как показывают результаты исследований, а также опыт производителей, при производстве керамических стеновых изделий необходимо использовать приемы обогащения применяемого глинистого сырья, оснащать предприятия новым технологическим оборудованием, модернизировать тепловые агрегаты и автоматизировать производственные процессы.

Существуют различные способы для разрушения природной анизотропной структуры глинистого сырья, диспергации глинистых частиц, усреднения по влажности и гранулометрическому составу, устранения (вымывания) водорастворимых солей. Один из них – двойная экскавация глины в карьере и вылеживание ее в открытом шихтозапаснике в течение полугода [5]. Для выделения каменистых и других твердых включений, содержащихся в глине, она должна обрабатываться в камневыведительных вальцах.

Существенное влияние на качество продукции оказывают правильное дозирование шихтовых компонентов по заданной рецептуре и придание массе достаточной плотности и однородности путем измельчения компонентов и их тщательного смешивания.

При неравномерном распределении в массе отдельных компонентов химический состав в различных участках полуфабриката будет

неодинаковым, что в последующих процессах сушки и обжига приведет к браку в результате трещиноватости, деформации и отклонений от заданных размеров. Уменьшение размеров частиц компонентов увеличивает число контактов между ними, что в дальнейшем способствует лучшему прохождению процесса спекания при обжиге изделий.

Известны исследования по использованию механохимической активации сырья, в результате которой, в отличие от традиционных методов подготовки, на стадии помола принципиально изменяются физико-химические состояния минеральных частиц сырья [6]. Использование этой технологии обеспечивает: более высокую дисперсность и микрошероховатость частиц сырьевого материала; высокую концентрацию поверхностных и объемных структурных дефектов, а также стабилизацию этого высокоактивного состояния до начала спекания; самопроизвольную концентрацию глинистых частиц на поверхности более твердых минералов (кварца и др.) в виде тонких слоев.

В данной работе приведены результаты исследований физико-технических свойств механически активированных глинистых суглинков месторождений: Аджидаар, Токмок, Кара-Кече и Баш-Карасуу для производства грубой керамики. Химический и гранулометрический составы суглинков приведены в табл. 1 и 2.

Было установлено, что присутствие кварцевого песка уменьшает пластичность и свя-

Таблица 3

Физико-технические свойства механически активированного глинистого сырья месторождений

Время	Месторождение	Температура обжига, °С	Время активации в мин											
			0				3				6			
			ρ, г/см <sup>3</sup>	W, %	R <sub>сж</sub> , МПа	L <sub>офт</sub> , %	ρ, г/см <sup>3</sup>	W, %	R <sub>сж</sub> , МПа	L <sub>офт</sub> , %	ρ, г/см <sup>3</sup>	W, %	R <sub>сж</sub> , МПа	L <sub>офт</sub> , %
7 суток	Баш-Карасуу	950	1,6	21,2	13,0	2,6	1,6	23,7	12,1	2,6	1,6	21,8	11,3	3,1
		1000	1,5	20,7	12,1	1,5	1,7	21,8	8,3	2,6	1,5	23,5	6,5	2,0
		1050	1,6	18,3	15,5	1,5	1,6	21,5	9,95	1,5	1,5	25	12,0	2,0
	Токмок	950	1,6	22,2	17,4	6,4	1,7	22,3	11,7	4,6	1,5	23,8	18,3	3
		1000	1,6	22,7	19,7	4,8	1,6	22,4	15,0	4,2	1,6	25,0	13,3	5,3
		1050	1,6	21,9	19,7	3,3	1,6	19,8	12,5	3,3	1,7	22,0	17,8	4,8
	Алжидар	950	1,7	17,5	11,7	3,5	1,7	16,0	15,5	4,4	1,7	22,5	15,5	3,6
		1000	1,5	20,6	16,5	4,8	1,5	23,4	11,0	3,0	1,6	19,4	10,8	3,5
		1050	1,6	21,2	22,4	3,7	1,6	17,6	14,3	3,7	1,7	19,0	19,1	4,0
Кара-Кече	950	1,2	36,3	9,8	6,7	1,3	32,4	10,2	3,4	1,3	30,3	10,2	4,2	
	1000	1,3	30,0	7,6	7,1	1,3	32,7	11,6	5,8	1,3	28,6	10,2	4,8	
	1050	1,3	33,1	7,2	7,7	1,3	32,0	8,0	4,3	1,3	32,7	11,1	7,7	
14 суток	Баш-Карасуу	950	1,6	15,3	12,9	4,4	1,7	18,9	12,5	1,5	1,7	21,5	9,8	3,1
		1000	1,5	22,2	11,7	3,2	1,6	15,4	15,4	1,6	1,7	13,3	18,5	2
		1050	1,7	19,9	18,6	5,5	2	14,7	20,0	1,4	1,7	18,4	10,9	2
	Токмок	950	1,8	20,5	13,9	6,6	1,6	20,0	13,9	1,7	1,6	19,0	12,7	3,9
		1000	1,7	17,6	15,2	3,0	1,7	17,6	15,2	3,2	1,5	17,6	14,1	3,3
		1050	1,7	19,9	18,6	5,0	1,6	14,7	20,0	1,2	1,7	18,4	10,9	4
	Алжидар	950	1,6	20,6	13,1	4,5	1,7	16,1	20,4	4,2	1,6	20,8	18,4	4,4
		1000	1,5	20,8	12,3	6	1,7	20,0	13,3	5,4	1,6	18,3	12,9	3,9
		1050	1,7	17,3	13,9	6,6	1,7	18,3	20,1	4,8	1,7	16,7	10,5	2,8
Кара-Кече	950	1,2	35,4	12,0	8,9	1,6	34,7	9,5	3,8	1,5	30,6	8,7	9	
	1000	1,3	34,2	7,0	9,3	1,3	28,6	8,4	7,6	1,5	26,7	6,4	5,9	
	1050	1,3	35,0	9,5	6,7	1,3	32,0	9,1	7,1	1,3	34,2	8,9	6,5	

зующую способность глин, влияет на усадку при сушке и обжиге и на чувствительность глин к сушке. Отмечено низкое содержание  $Al_2O_3$  глин, что позволяет отнести их к легкоплавким глинам.

*Методика проведения эксперимента.* Для определения физико-механических характеристик (плотности –  $\rho$ , водопоглощения –  $W$ , прочности на сжатие –  $R_{сж}$ , общей усадки –  $L_{общ}$ ) были изготовлены образцы-цилиндры способом пластического формования.

Глинистое сырье подвергалось механической активации в течение 0, 3 и 6 мин в турбулентном смесителе периодического действия. Глиняное тесто с влажностью 20–22% выдерживалось в течение 7 и 14 суток. Физико-механические показатели керамического черепка приведены в табл. 3.

Анализ полученных результатов исследований показал, что образцы из глины месторождения Баш-Карасуу при длительной активации (до 6 мин) с последующим вылеживанием в течение 7 суток показали снижение прочности на сжатие от 13 до 11,3 МПа при температуре обжига  $t = 950$  °C; с 12,1 до 6,5 МПа при  $t = 1000$  °C и с 15,5 до 12 МПа при  $t = 1050$  °C. Это можно объяснить изменениями в гранулометрическом составе материала в сторону увеличения содержания пылевой фракции, которую нельзя отнести ни к глинистому (цементирующему) веществу, ни к веществу-наполнителю, создающему жесткий каркас при обжиге материала.

Прочность на сжатие образцов при 14-суточном вылеживании увеличивается при активации глины до 3 мин и температуре обжига 1050 °C,  $R_{сж} = 20$  МПа.

Сравнение показывает, что увеличение срока вылеживания глины Баш-Карасуу от 7 до 14 суток ведет к увеличению механической прочности керамического материала от 9,95 до 20 МПа при температуре обжига 1000 °C. При активации до 6 мин прочность возрастает до 18,5 МПа при минимальной температуре обжига  $t = 950$  °C.

Для увеличения механической прочности на сжатие лучшими технологическими параметрами являются 3-минутная механическая активация и вылеживание глинистого сырья в течение 14 суток.

Снижение водопоглощения образцов из сырья 7-суточного вылеживания до 18,3% обеспечивается при повышении температуры обжига 1050 °C без механоактивации; плотность при этом составляет 1,6 г/см<sup>3</sup>.

При 14-суточном вылеживании – низкое водопоглощение  $W = 13,3\%$  обеспечивается при

температуре 1000 °C и 6-минутной активации при плотности образцов 1,7 г/см<sup>3</sup>.

При сравнении значений водопоглощения образцов с различными сроками вылеживания глины в течение 7 и 14 суток видно, что минимальное водопоглощение, равное 16%, обеспечивается только для образцов из глинистого суглинка Баш-Карасуу с 14-суточным вылеживанием.

Результаты экспериментов показывают, что у образцов, изготовленных из сырья 7-суточного возраста по мере увеличения времени активации от 0 до 3 минут общая усадка остается практически неизменной. При дальнейшем увеличении времени активации от 3 до 6 мин происходит увеличение общей усадки с 2,6 до 3,1% при плотности черепка 1,6–2 г/см<sup>3</sup>. Но внутри каждого диапазона времени активации общая усадка образцов снижается с увеличением температуры обжига.

Механоактивация глины в течение 3 мин с последующим ее вылеживанием в течение 14 суток приводит к снижению общей усадки с 5,5 до 1,4% при температуре обжига, равной 1050 °C; с 3,2 до 1,6% при 1000 °C и с 4,4 до 1,5% при 950 °C. Причем наименьшее значение усадки 1,4% достигается при температуре обжига 1050 °C и времени механоактивации 3 мин, при этом плотность керамического черепка составляет 2 г/см<sup>3</sup>. При 6-ти минутах активации наблюдается снижение общей усадки: с 5,5 до 2% при температуре обжига 1050 °C, с 3,2 до 2% при 1000 °C и с 4,4 до 3,1% при 950 °C.

Анализ свойств ( $\rho$ ;  $W$ ;  $R_{сж}$ ;  $L_{общ}$ ) материала показал, что вылеживание механически активированной глины в течение 7-ми и 14-ти суток существенно влияет на изменение этих свойств. Так, для образцов из глинистого сырья с 14-суточным вылеживанием показатели качества заметно улучшаются. Прочность достигает 20 МПа при активации 3 мин и температуре обжига 1050 °C, водопоглощение при этом составляет 14,7%, плотность – 2 г/см<sup>3</sup>. Однако и при 1000 °C, и 6 минутах активации прочность достигает  $R_{сж} = 18,5$  МПа, водопоглощение равно 13,3 %.

При анализе результатов проведенного эксперимента видно, что механическая активация способствует более быстрому “получению максимальной упаковки зерен и минимальной площади поверхности пор”, т.е. интенсифицируется первая фаза процесса спекания. Образование новых фаз, их строение, а также соотношение этих фаз оказывают значительное влияние на процессы образования структуры керамического черепка [7].

Таким образом, для глины Башкара-Суу вылеживание 14 суток и сочетание параметров: 3 мин, 1050 °С; 6 мин, 1000 °С является оптимальным.

Для Токмокской глины увеличение времени механоактивации и сроков вылеживания, а также изменение температуры обжига не дает существенного улучшения физико-механических свойств. Интерес представляет только 3-минутная механическая активация вылежанного в течение 14 суток глинистого сырья, на основе которого можно получить при температуре обжига 1050 °С керамический черепок с прочностью при сжатии, равном 20 МПа, водопоглощением 14,7%, плотностью 1,6 г/см<sup>3</sup> и общей усадкой 1,2%.

Показатели прочности на сжатие для глинистого сырья месторождения Аджидар при 7-суточном вылеживании и температуре обжига, равной 950 °С, составляют: без механической активации – 11,7 МПа, водопоглощение при этом составляет 7,5%; при 3-минутной механоактивации – 15,5 МПа, при W=16%; при увеличении механоактивации до 6 мин прочность на сжатие не меняется  $R_{сж} = 15,5$  МПа, но увеличивается водопоглощение W=22,5%.

Для глинистого сырья в 14-суточном возрасте наибольшее значение  $R_{сж}$  достигается при времени активации 3 мин и температуре обжига 950 °С. При этом прочность на сжатие равна 20,4 МПа, водопоглощение 16,1%. Дальнейшая механоактивация глины ведет к снижению прочности и повышению водопоглощения.

Таким образом, можно отметить, что для Аджидарского лессовидного суглинка требуемая прочность достигается при любых значениях температуры обжига и времени механоактивации. Наиболее эффективным технологическим приемом можно считать вылеживание глины: в течение 7 суток или 14 суток с активацией 3 мин при температуре обжига 950 °С.

Плотность образцов 7-суточного вылеживания увеличивается от 1,5 до 1,65 г/см<sup>3</sup> по мере увеличения времени активации и температуры обжига.

При увеличении времени вылеживания до 14 суток механическая активация значительного влияния не оказывает. По мере увеличения температуры обжига плотность снижается от 1,56 до 1,5 г/см<sup>3</sup> при 1000°С, а затем опять увеличивается при t=1050 °С до 1,62 г/см<sup>3</sup>.

Общая усадка при 7-суточном вылеживании глинистого сырья снижается от 4,2 до 3,6 % при увеличении времени активации до 6 минут.

Для глинистого сырья 14-суточного вылеживания увеличение температуры обжига и времени активации ведет к уменьшению усадки. Минимальная усадка 3,5% соответствует температуре обжига 950 и 1050 °С при времени активации 3 и 6 минут. Без активации усадка образцов резко возрастает до 5,5%.

Из данных табл. 3 видно, что прочность на сжатие образцов из глинистого сырья Кара-Кечинского месторождения при 7-суточном вылеживании растет до 10,2 МПа по мере увеличения времени активации даже при минимальной температуре обжига 950 °С, при этом снижаются водопоглощение и усадка, а плотность остается почти неизменной.

Для глины 14-суточного вылеживания время активации существенно не влияет на прочность на сжатие, причем для достижения  $R_{сж} = 10$  МПа температура обжига может быть минимальной – 950 °С.

Следовательно, вылеживание как при 7-ми, так и при 14-ти сутках механоактивированного глинистого сырья позволяет получать черепок с улучшенными физико-техническими показателями.

#### Литература

1. Мавлянов А.С. Расчет сырьевых шихт и исследование свойств формовочных смесей и крупноразмерных керамических изделий. Бишкек: Олимп, 2003. 200 с.
2. Минеральные ресурсы неметаллических полезных ископаемых Кыргызстана. Сб. материалов геолого-экономической экспедиции. Бишкек, 1996.
3. Мавлянов А.С. Крупноформатная керамика: Совершенствование производства стеновых материалов с целью индустриализации строительства и повышения сейсмостойкости зданий. Фрунзе: ФПИ, 1991. 88 с.
4. Канаев В.К. Новая технология строительной керамики. М.: Стройиздат, 1990.
5. Альперович И.А. Керамические и теплоизоляционные материалы в современном строительстве // Строительные материалы. 1995. № 2, 3.
6. Стороженко Г.И., Болдырев Г.В., Кузубов В.А. Механохимическая активация сырья как способ повышения эффективности метода полусухого прессования // Строительные материалы. 1977. № 8.
7. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат, 1976. 240 с.