

УДК 666.3.022.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС

А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова

Исследуются реологические и технологические характеристики керамических масс на основе механо- и комплексно активированного суглинка с золой. Совместную механическую активацию суглинка с золой проводили в смесителе-активаторе, работающем по принципу центробежно-ударной мельницы. Комплексная активация включает механическую активацию суглинка с золой с последующей обработкой пластифицирующей добавкой – ПО-ПБ-7 в количестве 0,1%. Выявлены оптимальные составы масс. Установлено, что пластическая прочность комплексно активированных керамических масс увеличивается. Коэффициент чувствительности у механоактивированных суглинков увеличивается, а с вводом золы – уменьшается, а массы на основе комплексно активированного глинозольного сырья переходят в I структурно-механический тип с улучшенными реологическими и технологическими свойствами.

Ключевые слова: суглинки; зола; глинозольная смесь; комплексная активация; технологические, реологические свойства; деформации; пластичность; эластичность.

КЕРАМИКАЛЫК МАССАЛАРДЫН РЕОЛОГИЯЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК МҮНӨЗДӨМӨСҮНӨ КОМПЛЕКСТҮҮ АКТИВДЕШТИРҮҮНҮН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ

А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова

Бул эмгекте чопо топурактын күл менен, чопо топуракты күл менен механикалык жана комплекстүү активдештирүүнүн негизинде алынган керамикалык массанын реологиялык жана технологиялык мүнөздөмөсү изилдөөгө алынган. Чопо топурак менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсү борбордук айланма соккудагы тегирмен принциби боюнча иштеген активатор-аралаштыргычта өткөрүлдү. Комплекстик активдешүү чопо топурак менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсүн жана андан кийин 0,1% ПО-ПБ-7 – ийкемдетүүчү кошулмасы менен иштетүүнү камтыйт. Механикалык жана комплекстүү активдештирилген чопо топурак менен күлдүн (0 дон 75% га чейинки сандагы) кошулмасынын негизинде массалардын пластикалык бекемдигин белгилөөдө массалардын оптималдуу курамдары аныкталды. Комплекстик активдештирилген керамикалык массалардын пластикалык бекемдиги жогорулагандыгы аныкталды. Чопо топурактын коэффициенти механикалык активдешүүдө жогорулайт, күлдү киргизүүдө азаят. Комплекстүү активдештирилген чопо-күл чийки заттын негизиндеги массалар жакшырылган реологиялык касиеттери менен I түзүмдүк-механикалык типке өтөөрү аныкталды.

Түйүндүү сөздөр: чопо топурак; күл; чопо-күл аралашма; комплекстүү активдештирүү; технологиялык; реологиялык касиеттери; деформация; ийкемдүүлүк; серпилгичтүүлүк.

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF COMPLEX ACTIVATION ON RHEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CERAMIC MASSES

A.S. Mavlyanov, E.K. Sardarbekova

In the work, rheological and technological characteristics of ceramic masses based on loam with ash, mechanical- and complex activated loam with ash are investigated. Joint mechanical activation of loam with ash was carried out in a mixer-activator, operating on the principle of a centrifugal impact mill. Complex activation includes joint mechanical activation of loam with ash, followed by treatment with surface active additive - PO-PB-7 in an amount of 0.1%. When determining the plastic strength of the masses on the basis of mechanical-, complexly activated and non-activated (original) loam with ash (in an amount of from 0 to 75%), optimal compositions of the masses were found. It was found that the plastic strength of the complex activated ceramic masses increases. The coefficient of sensitivity increases in mechanical activated loams, and decreases with the introduction of ash based on complexly activated clay-ash mass. It has been established that the masses on the basis of complexly activated clay-ash raw turn into structural-mechanical type I with improved rheological properties.

Keywords: loam; ash; ash-clay mixture; complex activation; technological, rheological properties; deformations; plastic; elasticity.

В Кыргызской Республике заводы по производству кирпича работают, в основном, по пластическому методу формования. Суглинки, используемые на заводах, характеризуются как непластичные, высокочувствительные и высококарбонатные. Получение качественной строительной керамики из такого сырья требует новых подходов к технологии его переработки.

В процессе подготовки и переработки формовочной массы формируется коагуляционная структура, представляющая собой коллоидные системы с жидкой средой. Коллоидная система обладает определенными механическими свойствами, характеризующимися следующими не зависящими друг от друга структурно-механическими константами и упруго-пластично-вязкими свойствами. Эти свойства связаны со структурой подобных систем, поэтому их называют структурно-механическими или реологическими свойствами.

Для регулирования реологических свойств керамических масс используют различные методы активации сырья. Применение механической активации [1, 2], например, хорошо увеличивает пластичность, однако уменьшает эластичность керамической массы. Последнее способствует повышению коэффициента чувствительности, что приводит к трещинообразованию керамического материала при сушке. При исследовании влияния механической активации (МА) на технологические свойства [2, 3] было выявлено, что с увеличением времени МА коэффициент чувствительности повышается, а с добавлением отощителя – золы Бишкекской ТЭЦ – понижается.

Поэтому для улучшения реологических и технологических свойств керамического материала в данной работе использовали комплексную активацию (КА) глинозольного сырья, т. е. МА с последующей обработкой поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Для проведения экспериментов использовали суглинок месторождения Баш-Карасуу и золу Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), химический состав которых приведен в таблице 1. В качестве ПАВ использовали пластификатор – мылонафт “ПО-ПВ-7”.

Для получения керамических масс различного состава в суглинок добавляли золу БТЭЦ в количестве от 0 до 75 % и подвергали совместной МА в смесителе-активаторе, работающем

по принципу центробежно-ударной мельницы, в течение трех минут. Время активации было подобрано на основании ранее проведенных экспериментов [1, 2]. В смесь вводили пластификатор в количестве 0,1 % вместе с водой затворения 22–24 %. После вылеживания керамических масс на основе МА, КА и неактивированного (исходного) сырья определяли пластическую прочность P_m на коническом портативном пластометре ПЛ-10, а также технологические характеристики составов. Составы масс и технологические свойства представлены в таблице 2. P_m определяется графическим путем как точка пересечения кривых зависимостей P_m от абсолютной влажности W (рисунок 1).

На первом участке, где P_m выше значения от оптимальной влажности $W_{\text{опт}}$, недостаточно развиты гидратные оболочки из-за содержания в дисперсной системе преимущественно связанной воды. На втором участке происходит полное развитие гидратных оболочек. Увеличивается число контактов, по которым действуют ван-дер-ваальсовы силы, и масса приобретает, так называемое, рабочее состояние. Дальнейшее увеличение влажности приводит к потере связности массы [4].

Для выбора оптимальных составов за критерий формовости было принято значение угла β верхнего прямолинейного участка кривой P_m к оси абсцисс (рисунок 1). По данным заводской практики, максимально допустимый предел колебаний давления, передаваемого массе ленточным прессом, выражающийся как предел колебаний P_m , и соответствующий ему максимально допустимый предел колебаний влажности W , приняты равными 0,1 МПа и 2 % соответственно, поэтому $\text{ctg } \beta$ не должен быть меньше 2 [4].

На графике рисунка 1, а видно, что P_m и угол $\text{ctg } \beta$ у исходных масс уменьшаются. Формовочная влажность W_{ϕ} увеличивается с увеличением доли зольной составляющей из-за уменьшения ван-дер-ваальсовых сил межмолекулярного притяжения. Добавка золы сыграла роль пептизатора (деагрегатора), увеличив степень гидратации частиц.

В МА составах (рисунок 1, б) уменьшение P_m и увеличение W_{ϕ} с увеличением количества добавки золы происходит незначительно из-за ослабления пептизирующей роли золы (таблица 2).

Таблица 1 – Химический состав сырья

Сырьевые компоненты	Химический состав, % по массе										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	R ₂ O	Ппп	Σ
Суглинок	53,9	13,1	4,45	10,85	1,68	0,4	-	-	-	8,41	98,79
Зола ТЭЦ	51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47			0,52	16,54	100

Таблица 2 – Технологические характеристики составов

Состав	Шифр	Добавка золы, %	Форм. влажн. W_{ϕ} , %	Пласт. прочн. P_m , МПа	$ctg\beta$	Коэфф. чувств. K_{ϕ}
Исходные	I	0	24	1,52	1,7	1,4
	II	15	24,3	1,4	1,2	0,9
	III	30	24,5	1,1	1	0,73
	IV	45	25	0,6	0,8	0,49
	V	60	26	0,53	0,7	0,4
	VI	75	28	0,4	0,6	0,37
МА	I'	0	25	1,7	1,5	1,5
	II'	15	23	1,59	1,9	1,08
	III'	30	23,5	1,5	2	0,88
	IV'	45	24	1,28	2,2	0,55
	V'	60	25	1	2	0,5
	VI'	75	26	0,8	1,7	0,45
КА	I''	0	19	1,87	2,1	1,5
	II''	15	19,6	1,87	2,2	0,89
	III''	30	20	1,8	2,4	0,6
	IV''	45	20,6	1,68	2,5	0,44
	V''	60	22,5	1,36	2	0,35
	VI''	75	23	1,2	1,8	0,3

КА смесей (рисунок 1, в, таблица 2) увеличила $ctg\beta$, что предполагает хорошую формуемость массы с пониженной влажностью на ленточном прессе. Предел колебаний влажности составляет 2,5 % (IV'' состав). При этом P_m увеличивается по сравнению с другими составами. МА способствовала образованию реакционно-способных участков частиц. А последующая обработка пластификатором полностью устранила пептизирующее действие золы: межмолекулярные силы увеличились за счет интенсивного адсорбирования ПАВ на реакционно-способных участках, обусловленных измельчением частиц. То есть, данная КА обладает гидрофобно-пластифицирующим эффектом, а также способствует лучшему распределению влаги в смеси.

Коэффициент чувствительности K_{ϕ} увеличивается у МА смесей, а с вводом золы уменьшается, что предопределяет возможность интенсификации процесса сушки образцов на основе КА золо-глиняной массы.

В результате проведенных исследований, на выбранных оптимальных составах: I, I', IV', IV'' на приборе Д.М. Толстого были определены величины деформаций по соответствующим кривым деформации от времени нагружения $\varepsilon = f(\tau)$. С помощью этих кривых графическим методом получили ряд независимых структурно-механических констант: модули быстрой и медленной эластических деформации E_1 и E_2 , наибольшую пластическую вязкость η_1 и условный статистический предел текучести P_k , а также вычисленные

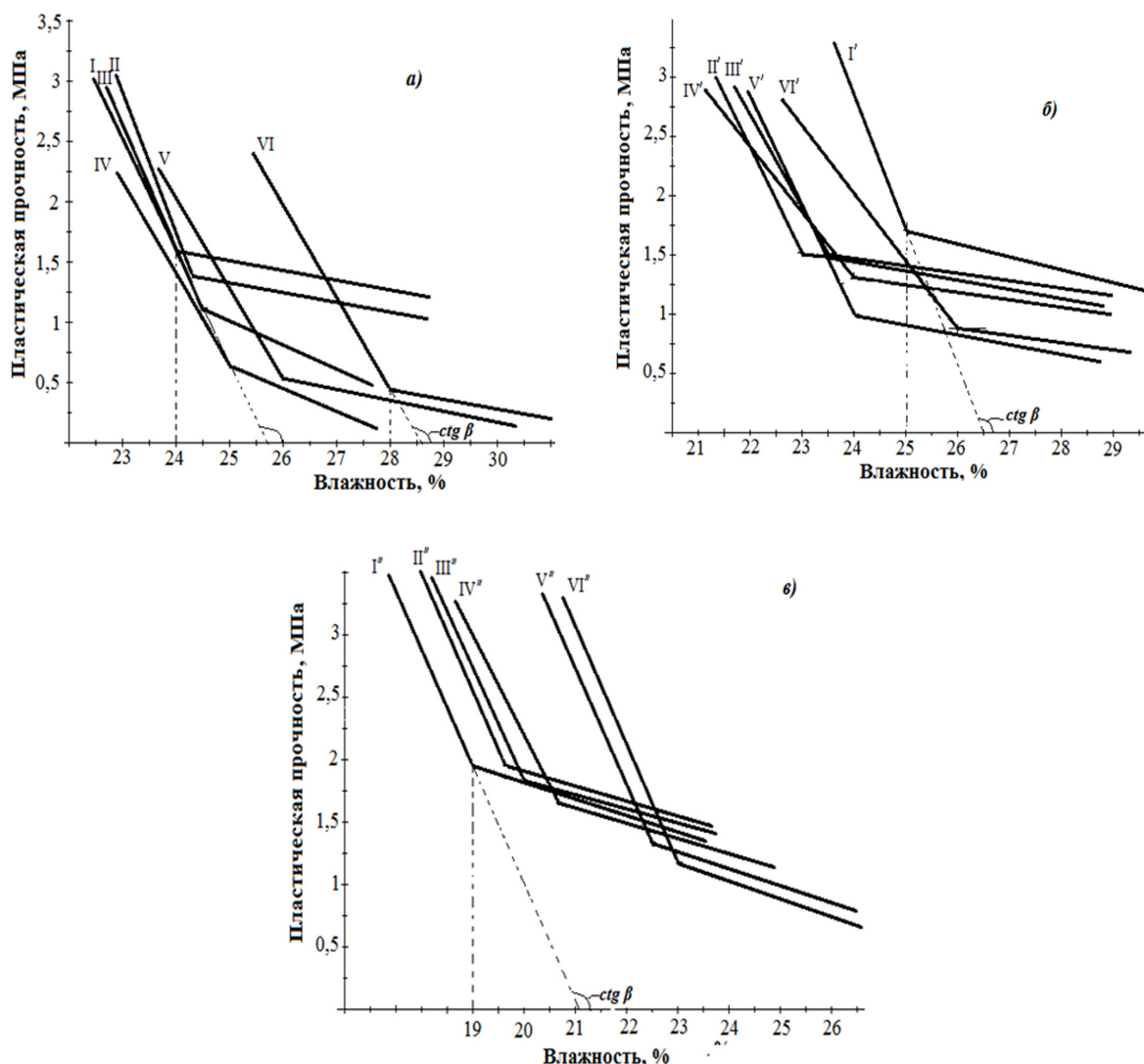


Рисунок 1 – Влияние формовочной влажности на пластическую прочность:
 а – исходных, б – МА, в – КА зологлиняных масс

на их основе деформации и реологические характеристики (таблица 3).

По соотношению деформаций: упругая (медленная эластическая) деформация (ϵ'_0) – эластическая (быстрая) деформация (ϵ'_2) – пластическая деформация (ϵ'_τ) на треугольной диаграмме С.П. Нечипоренко определили структурно-механическим тип (СМТ) исследуемых масс (рисунок 2).

Анализ результатов исследований показал, что в керамических массах из чистого суглинка (таблица 3, состав I) преобладают упругие деформации ϵ'_0 (44 %). Масса относится 0 СМТ

и характеризуется хрупкостью при формовании (рисунок 2).

Состав I' имеет повышенные значения E_1 и E_2 и P_κ . МА способствовала увеличению дисперсности глинистого сырья, что усилило взаимодействие между частицами с одновременным снижением коэффициента внутреннего трения. Поэтому пластичность системы P_κ/η_1 повышается. Незначительно снижается время истинной релаксации θ , что благотворно влияет на сохранение сплошности [4]. Однако, вместе с тем увеличились η_1 и условная мощность N_ϵ . Эластичность керамической массы λ снижается из-за

Таблица 3 – Структурно-механические характеристики керамических масс

Структурно-механические константы упруго-пластично-вязкие свойства	I	I'	IV'	IV''
Формовочная влажность, $W_{\text{ф}}$, %	24	25	24	20,6
Модуль быстрой эластической деформации E_1 , МПа	42,3	56,0	38	59
Модуль медленной эластической деформации E_2 , МПа	60	85	24,7	36,2
Вязкость, $\eta_1 \times 10^8$, Па × с	692	870	465	612
Условный предел текучести, $P_k \times 10^4$, МПа	0,7	3	1,2	3,2
Эластичность, λ	0,415	0,397	0,606	0,620
Пластичность, $P_k/\eta_1 \times 10^7$, сек ⁻¹	0,101	0,345	0,258	0,522
Период истинной релаксации, θ , сек	2790	2630	3100	1363
Упругая деформация, $\epsilon'_{0\tau}$, %	44	42	29	30
Эластическая деформация, ϵ'_2 , %	31	30	45	43
Пластическая деформация, ϵ'_τ , %	25	28	26	27
Мощность условная, $N_e \times 10^{-5}$, эрг/сек	180	243	114	169
Структурно-механический тип	0	0	I	I

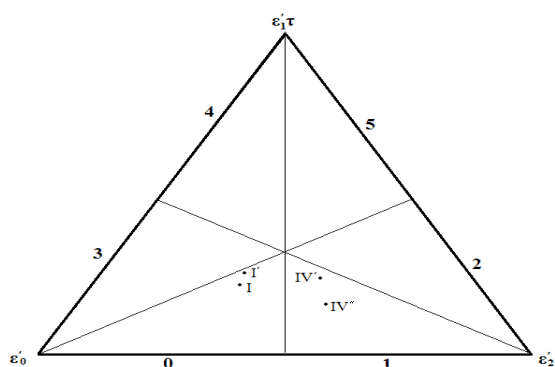


Рисунок 2 – Диаграмма развития деформаций керамических масс

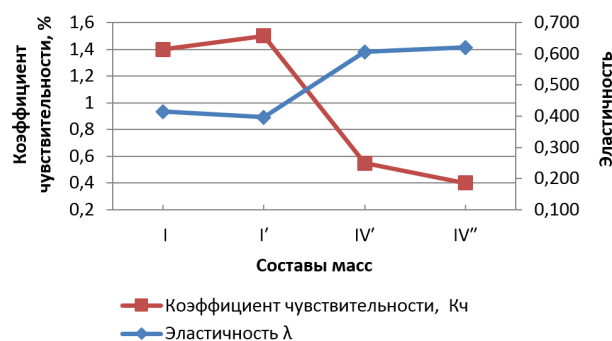


Рисунок 3 – Зависимость между коэффициентом чувствительности K_v и эластичностью и λ

увеличения модуля эластичности E_2 , вызванного развитием сил молекулярного взаимодействия и масса остается в 0 СМТ (рисунок 2).

В массе на основе IV' состава (совместно МА глинозольная смесь) произошло перераспределение деформационных долей из-за уменьшения E_1 и E_2 . Превалирование эластических деформаций ϵ'_2 (45 %), связанное с отощающим эффектом золы, увеличило λ золокерамических масс и снизило мощность на формование. Масса переходит в I СМТ, но с малой P_k/η_1 и с длительным временем релаксации θ .

Сопоставление коэффициентов чувствительности к сушке K_v со структурно-механи-

ческими константами и реологическими характеристиками указывает на то, что уменьшение K_v характеризуется уменьшением E_2 , P_k , N_e и увеличением λ . Причем между K_v и λ образовалась зависимость $K_v(\lambda)$ (рисунок 3), т. е. чем эластичнее масса, тем большие тепловые напряжения она способна воспринимать и компенсировать без нарушения сплошности [4] и тем менее она чувствительна к сушке.

IV'' состав (КА суглинка и 45 % золы с последующей обработкой пластификатором) остается в I СМТ, но с повышенными пластичностью и эластичностью. Период истинной релаксации уменьшается с 3100 до 1363 эк. Массы с такими

характеристиками относятся к хорошо формирующимся, и изделия на их основе проходят через мундштук за 5–7 сек без нарушения сплошности.

Таким образом, комплексная активация благотворно влияет на реотехнологические характеристики глинозольной массы, способствуя образованию более совершенного структурного каркаса. Изделия на основе масс из КА суглинка и 45 % золы с последующей обработкой пластификатором обладают хорошими формовочными и сушильными свойствами.

Литература

1. Сардарбекова Э.К. Влияние механической активации и времени вылеживания глинистого сырья на свойства керамического черепка / Э.К. Сардарбекова // Вестник КРСУ. 2011. Т. 11. № 9. С. 85–89.
2. Мавлянов А.С. Влияние механической активации глинистого сырья на гранулометрический состав и технологические свойства керамического материала / А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова // Вестник Таджикского национ. ун-та. Душанбе, 2017. № 1/4. С. 127–133.
3. Мавлянов А.С. Влияние совместной механической активации на технологические свойства глинозольных масс / А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова // Известия вузов Кыргызстана. Бишкек, 2017. № 8. С. 10–13.
4. Нечипоренко С. П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики / С.П. Нечипоренко. Киев: Наукова думка, 1971. 72 с.
5. Хигерович М.И. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов / М.И. Хигерович, В.Е. Байер. М.: Стройиздат, 1979. 126 с.