

УДК 691.4:67.08

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНО-ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ФОРМОВОЧНЫЕ СВОЙСТВА СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ

А. П. Приходько, д. т. н., проф., Н. В. Шпирько, д. т. н., проф.,
Н. С. Сторчай, к. т. н., доц., А. Н. Гришко, асп., Ю. Н. Вечер, асп.,
Д. В. Кононов, асп., Р. В. Богданов, асп.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Постановка проблемы. Не смотря на появление новых строительных материалов, керамический кирпич остается одним из основных видов стеновых материалов в жилищном строительстве Украины.

В производстве керамического кирпича энергозатраты составляют более 25 %. Поэтому, снижение материалоемкости и энергозатрат, как при производстве, так и при эксплуатации является крайне актуальным.

Эта проблема решается созданием новых эффективных стеновых керамических материалов и применением в их производстве техногенного сырья.

Анализ публикаций. В Приднепровском регионе заводы по производству керамического кирпича работают, в основном, на лессовидных суглинках, относящихся к типу низкосортного отощенного сырья.

Производство керамического кирпича из лессовидных суглинков требует высоких температур обжига и больших затрат топливно-энергетических ресурсов. Поэтому в последнее время в промышленных регионах Украины и России для производства керамического кирпича рекомендуется применять техногенное сырье.

В. З. Абдрахимовым, С. Ж. Сайбулатовым, А. Д. Шильциной и др. с целью снижения ресурсо- и энергозатрат в производстве керамического кирпича предложено применять щелочно-железосодержащие отходы, снижающие температуру обжига.

Кроме того, при производстве строительной керамики предложено сырье подвергать механо-активации сухим способом в следующих аппаратах-измельчителях: вальцах или бегунах; шаровой или струйной мельницах.

При этом происходит диспергация зерен сырья и увеличивается их поверхностная активность, что приводит к интенсификации процесса спекания и повышению прочности изделий, за счет увеличения площади контактов между зёрнами в единице объема и в конечном итоге к прочности материала. Однако недостатком использования только такого вида активации является, то, что обжиг изделий производится при температуре 950-980 °С.

Целью исследований является повышение прочности керамического кирпича из природного и техногенного сырья при снижении температуры обжига за счет комплексной активации части сырьевой смеси, включающей диспергацию и введение активаторов спекания.

Результаты исследований. В работе использовались следующие сырьевые материал: суглинок, отходы углеобогащения, красный шлам, отходы метизного производства, ил центральной станции аэрации, отходы ВГМК, терри-

Строительство, материаловедение, машиностроение

коники. Химический состав представлен в таблице 1, зерновой состав представлен в таблице 2.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

№ п/п	Наименование	Содержание в процентах на высушенное вещество при 100°С										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п
1	суглинок	70,2	7,01	2,15	0,58	-	-	5,07	1,55	1,85	0,71	8,7
2	отходы углеобогащения	59,0	17,9	4,4	1,0	0,12	0,025	0,55	1,65	2,8	0,65	11,2
3	красный шлам ЗАЛК	10,5	16,6	40,7	4,2	-	-	12,1	-	-	6,3	9,4
4	отход метизного производства	0,80	0,25	41,0	0,03	0,305	1,6	1,5	1,0	4,6	2,8	12,6
5	ил ЦСА	23,6	3,8	6,5	0,32	7,0	0,042	5,8	1,1	0,35	0,35	50,0
6	отходы ВГМК	62,5	30,45	2,90	1,7	-	-	1,00	0,80	0,21	0,23	-
7	терриконик	62,5	20,0	6,60	0,90	0,14	0,14	1,3	1,65	4,0	0,50	1,08

Таблица 2

Гранулометрический состав сырьевых материалов

№ п/п	Наименование материала	Массовое содержание фракций, %		
		Песчаные частицы 1...0,05	Пылеватые частицы 0,05...0,005	Глинистые частицы < 0,005
1	суглинок	9,28	72,93	17,79
2	шлам Запорожского алюминиевого комбината	32	62	6
3	железосодержащий отход метизного производства	6	83	8
4	отходы углеобогащения	63,5	22,5	14

Комплексной активации подвергался суглинок. Активация суглинка проводилась мокрым помолотом в мельнице, загруженной цильпесами. При загрузке мельницы цильпесами диспергация осуществляется не только за счет ударных воздействий на материал, но и за счет истирания, т.е. сдвига одной части зерна относительно другой, что позволяет интенсифицировать намол коллоидных частиц. Для активации процесса намолла коллоидных частиц в качестве активирующей добавки к лессовидному суглинку добавлялся красный шлам, содержащий гидроксил-ионы и соединения, включающие натрий, железо или ил центральной станции аэрации, являющиеся активаторами спекания.

Одним из показателей формовочных свойств сырьевых смесей является отношение между внешним и внутренним трением.

Основные свойства пластичной сырьевой смеси зависят от минерального состава, формы и размеров частиц твердой фазы, гидратных слоев на поверхности частиц. С увеличением содержания жидкой фазы коэффициент внутреннего трения растет, проходя через максимум. Это позволяет для каждой массы

выбрать оптимальное значение формовочной влажности. Лучшими формовочными свойствами обладает масса с развитыми слоями физически связанной воды при минимальном содержании свободной воды в системе. Возрастание дисперсности твердой фазы увеличивает количество контактов в единице объема, а следовательно, и прочность. Одновременно растут оптимальная формовочная влажность, предел текучести, коэффициент внутреннего трения, связность и повышается пластичность. Чрезмерное повышение дисперсности увеличивает усадку при сушке и обжиге изделий, поэтому оптимальный зерновой состав должен обеспечивать создание такого каркаса который бы повышал предел текучести и уменьшал усадку.

Одной из важных задач при формовании изделий является определение формовочной влажности.

Для оценки формовочной влажности W_{ϕ} по П. А. Ребиндеру [1] используют графическую зависимость пластической прочности структуры P_m от влажности $W_{\text{абс.}}$. За формовочную влажность принимается влажность соответствующая перегибу кривой этой зависимости.

Ниже приведены результаты исследований зависимости пластической прочности от влажности сырьевой массы.

Проведенные исследования (рис. 1, 2) свидетельствуют о том, что пластическая прочность, в основном, зависит от количества свободной воды, снижаясь в 2–4 раза при увеличении влажности формовочной массы с 13 % до 18 %.

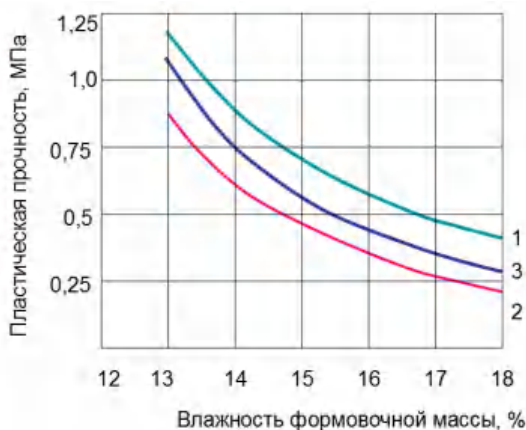


Рис. 1. Зависимости пластической прочности от влажности сырьевой смеси, состоящей из: отходов углеобогащения; суглинка, красного шлама, где: 1 – сырьевая смесь без активации; 2 – суглинок механически активирован; 3 – суглинок комплексно активирован

В тоже время, при влажности 13 %, пластическая прочность формовочной массы, подвергнутой комплексной механо-химической активации на 10–30 % выше, чем у сырьевой смеси механически активированной (рис. 1, 2). При увеличении влажности до 18 %, сырьевой смеси содержащей: отходы

углеобогащения, суглинок и красный шлам, пластическая прочность комплексно-активированной смеси по сравнению с механически активированной снижается медленнее, чем комплексно-активированной смеси, включающей суглинок, ил ЦСА и железосодержащий отход. При этом пластическая прочность комплексно-активированной смеси первого состава на 7,7 % выше, а второго на 26,6 % ниже, чем аналогичных сырьевых смесей механически активированных (рис. 1, 2). Это связано с тем, что величина пластической прочности зависит от сил взаимодействия между частицами различного уровня формовочной массы. Между этими частицами находится пленка воды с расположенными в ней комплексами катионов натрия, магния, кальция, железа, которые оказывают различное воздействие на силы связывающие частицы.

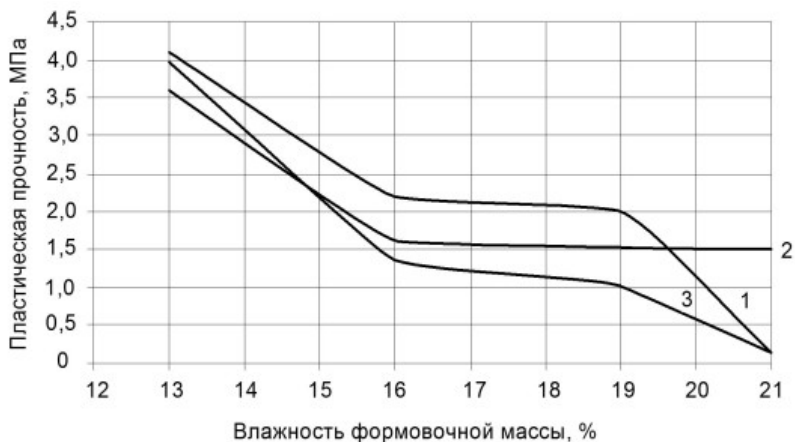


Рис. 2. Зависимости пластической прочности от влажности сырьевой смеси, состоящей из: суглинка, ила ЦСА, железосодержащего отхода метизного производства, где: 1 – сырьевая смесь без активации; 2 – сырьевая смесь механически активирована; 3 – сырьевая смесь комплексно активирована

Известно, что с увеличением размера адсорбированного на частицах аквакомплекса увеличивается пластичность. С увеличением количества адсорбированных одновалентных катионов вследствие образования вокруг них водяных оболочек пластичность повышается. В тоже время, двух- и трехвалентные катионы обуславливают уменьшение водяных оболочек и снижение пластичности.

Кроме этого на силы связей между частицами оказывает значительное влияние взаимодействие пленки воды с поверхностью частиц, т.е. гидрофильные свойства. Поэтому увеличение дисперсности сырья и содержания двухвалентных катионов в адсорбционных комплексах в результате комплексной активации приводит к повышению пластической прочности по сравнению с механо-активированным сырьем при влажности 13 %.

При повышении влажности до 18 % увеличиваются водные прослойки между дисперсиями и в целом пластическая прочность снижается, но в первом комплексно-активированном составе двухвалентных катионов больше, чем во втором. Поэтому пластическая прочность первого состава выше, а второго ниже, чем аналогичной механо-активированной сырьевой смеси, содержащей суглинок, ил ЦСА, железосодержащий отход, соответственно с 50-55 до 20-25 кгс/см² (рис. 4).

Исходя из проведенных исследований влияния влажности на пластическую прочность, за формовочную влажность сырьевой смеси принята ее 16 % влажность.

Получение качественных керамических стеновых материалов обусловлено рациональным подбором основных технологических параметров изготовления для конкретного вида сырья. В связи с этим нами проводились исследования влияния влажности формовочной массы на удельное давление при изготовлении кирпича-сырца способом жесткого формования.

Процесс изготовления кирпича-сырца является одной из ответственных технологических операций, обеспечивающих его садку непосредственно на под обжиговой вагонетки. При этом прочность сырца должна быть не менее 1,5 МПа. На качество сырца большое влияние оказывает удельное давление прессования, технологические параметры формовочной массы и др. Первостепенное значение имеют зерновой состав, влажность и адсорбционный комплекс.

Для получения высокоплотного сырца удельное давление должно обеспечивать полное устранение расположенных между частицами свободных промежутков за счет пластической деформации частиц [2].

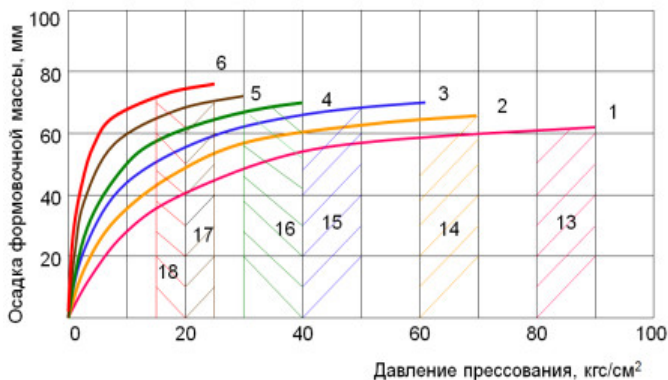


Рис. 3. Компрессионные кривые осадки формовочной массы, состоящей из: отходов ЦОФ, суглинка, красного шлама, при различной влажности, где: 1 – W =13%, 2 – W=14%, 3 – W =15%, 4 – W=16%, 5 – W=17%, 6 – W=18%

Для каждого вида сырья существуют определенные значения влажности и давления формования сырца, при котором формируются бездефектный сырец с плотной структурой.

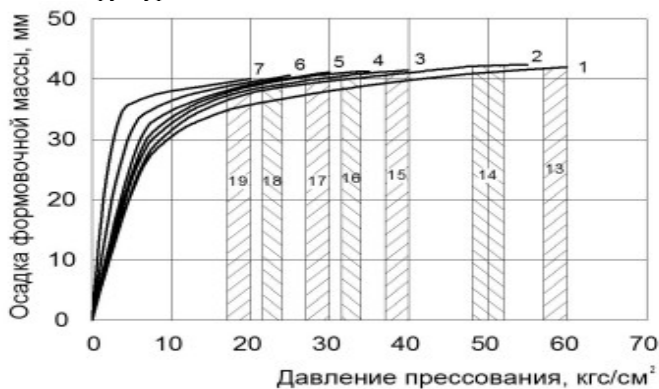


Рис. 4. Компрессионные кривые осадки формовочной массы, состоящей из: суглинка, ила ЦСА, железосодержащего отхода метизного производства, где: 1 – W=13%, 2 – W=14%, 3 – W=15%, 4 – W=16%, 5 – W=17%, 6 – W=18%, 7 – W=19%

Поэтому проводились исследования влияния влажности сырьевой смеси на давление формования. Зависимости давления формования от влажности сырьевых смесей определялись по компрессионным кривым, представленным на рисунках 3, 4. Проведенные исследования зависимости давления формования от влажности комплексно-активированной сырьевой смеси, содержащей: отходы углеобогащения; суглинок; красный шлам, свидетельствует о том, что при увеличении формовочной влажности массы с 13 % до 18 % удельное давление формования снижается с 70-75 до 10-15 кгс/см² (рис. 3).

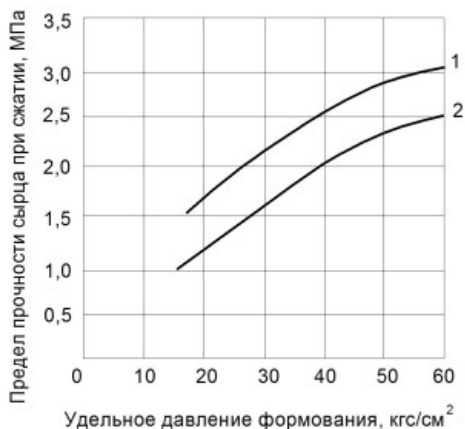


Рис. 5. Прочность сырца в зависимости от давления формования, где: 1 – сырец приготовленный из комплексно-активированной смеси; 2 – сырец приготовленный из механически активированной сырьевой смеси

Для определения возможности садки сырца на под печных вагонеток проводили исследования влияния механо-химической активации сырья на прочность сырца после формования для сырьевых смесей влажностью 14, 16, 18 %. Результаты исследований для формовочных смесей приведены на рисунке 5, а для формовочной массы, включающей: суглинок, ил ЦСА, железосодержащий отход - на рисунке 6.

Приведенные на рисунке 5, 6 результаты исследований свидетельствуют о том, что из комплексно активированных сырьевых смесей влажностью 16 % прочность сырца, полученного при удельном давлении 2,5 МПа достаточна для его садки на под обжиговой вагонетки.

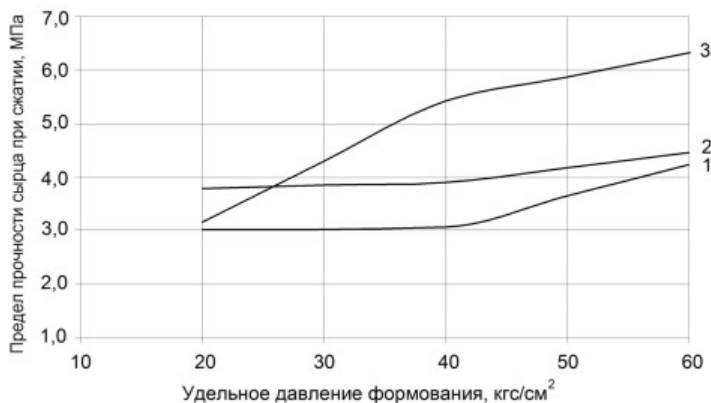


Рис. 6. Прочность сырца в зависимости от давления формования, где: 1 – сырец приготовленный из не активированного сырья; 2 – сырец приготовленный из механически активированного сырья; 3 – сырец приготовленный из комплексно-активированного сырья

С увеличением давления формования повышается и прочность сырца, что объясняется большей площадью контактов в сырце между дисперсиями различного уровня. Кроме того, в контактах сырца из комплексно активированного сырья присутствие большего количества аквакомплексов из катионов кальция и железа приводит к большей прочности контактов, а следовательно, и сырца.

В процессе сушки из контактных зон удаляется вода. При температуре сушки 200 °С из контактных зон удаляется практически вся вода, а коллоидные частицы связывают водородные связи и катионы кальция, железа. Это приводит к повышению прочности сырца.

С целью выявления влияния содержания железа на прочность сырца проводились исследования сырца, полученного как из активированного сырья, содержащего соединения железа, так и не активированного сырья без добавки железосодержащих компонентов. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что с увеличением содержания железосодержащих компонентов как в активированном, так и в не активированном сырье прочность сырца увеличи-

вается (рис. 7). Однако, интенсивность увеличения прочности сырца из активированного сырья выше, чем из не активированного на 12,3 %. Это явствует о том, что активация сырья, содержащего соединения железа осуществляется, как за счет механо-химической активации, так и за счет увеличения содержания в сырье катионов железа.

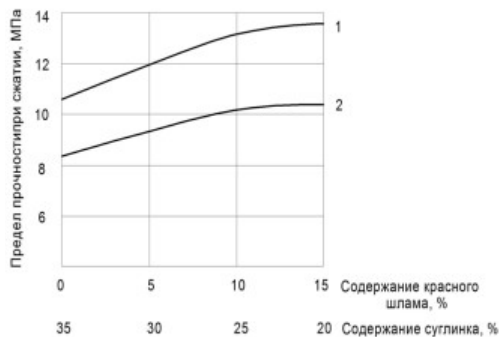


Рис. 7. Прочность сырца в зависимости от содержания красного шлама, где: 1 – комплексно-активированное сырье; 2 – суглинок, не подвергнутый помолу в щелочной среде

Выводы. В Приднепровском регионе заводы по производству керамического кирпича работают в основном на суглинках с числом пластичности 8–9, что требует корректировки их свойств.

Комплексная механо-химическая активация суглинка его помолу в щелочной среде, включающей соединения натрия и железа за счет диспергации кремнеземных и деляминации глинистых частиц увеличивает пластичность суглинка до 15 % и снижает пластическую прочность сырьевой смеси с повышением влажности более интенсивно, чем не активированная сырьевая смесь.

Проведенными исследованиями определены оптимальные технологические параметры формования керамических стеновых материалов на основе отходов углеобогащения и комплексно активированного лессовидного суглинка в щелочной среде красного шлама, а также комплексно-активированной смеси из суглинка, ила ЦСА, железосодержащего отхода метизного производства из сырьевых смесей влажностью 16-17 % при давлении формования 20-25 кгс/см².

Комплексная активация сырьевых смесей позволила повысить прочность кирпича-сырца после формования на 8-25 % и после сушки при 200 °С на 32 % по сравнению с прочностью сырца полученного из механически активированного сырья.

Список использованных источников

1. Ребиндер П. А. Исследование структурно-механических свойств дисперсных систем методом конического пластометра / П. А. Ребиндер, Б. Я. Ямпольский // Коллоидный журнал. – 1948. – Т.10. – Вып.6.
2. Павлова С. В. Новые технологии и оборудование для изготовления керамических стеновых материалов / С. В. Павлова // Строительные материалы. – 1990. – № 7. – С. 25-26.