

РЕГУЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМЗИТОВЫХ МАСС КОРРЕКТИРУЮЩИМИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Никифорова Э.М.¹, Еромасов Р.Г.¹, Ступко Т.В.², Симонова Н.С.¹, Васильева М.Н.¹

¹ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: kmp198@inbox.ru

²ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: info@kgau.ru

Производство лёгких конструкционных материалов высокого качества требует создания высокопрочного и в то же время лёгкого заполнителя. Расширение спектра строительных изделий ставит задачу вовлечения всё новых сырьевых источников в процесс производства строительных материалов. Керамзитовый гравий является наиболее приемлемым материалом при условии значительного снижения насыпной плотности и одновременном повышении прочности. Для повышения вспучиваемости глинистого сырья исследован техногенный продукт: метало-масляная окалина – шлам травильных переделов металлургических производств. Степень развития молекулярных ван-дер-ваальсовых сил сцепления и количество воды (адсорбционной и гидратных оболочек) определяют структурно-механические свойства керамзитовых шихт. Установлено, что введение в глинистое сырье метало-масляной окалины сокращает потребность массы в воде, понижая нормальную формовочную влажность на 1,5–2 % в сравнении с системой глина-вода. При этом происходит снижение вязкости системы, а также наблюдается уменьшение периода истинной релаксации θ . В силу пластифицирующего действия метало-масляной окалины наблюдается увеличение пластичности φ (P_{K1} / η_1). Состав «глина – метало-масляная окалина – вода» позволяет получать керамзитовый гравий пониженной насыпной плотности М 450.

Ключевые слова: керамзит, глина, органо-минеральные добавки, реологические характеристики керамзитовых масс.

REGULATION OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EXPANDED MASS CORRECTION ORGANO-MINERAL WASTE INDUSTRY

Nikiforova E.M.¹, Eromasov R.G.¹, Stupko T.V.², Simonova N.S.¹, Vasileva M.N.¹

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Prospect, 79), e-mail: kmp198@inbox.ru

²Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russia (660049, Krasnoyarsk, Mira Prospect, 90), e-mail: info@kgau.ru

Production of light constructional materials of high quality requires the creation of high strength and at the same time lightweight aggregate. Expanding the range of construction products sets the task of involving all new sources of raw materials in the production process of construction materials. Clay gravel is the most appropriate material, provided a significant reduction in bulk density and a simultaneous increase in strength. To increase the distension of clay raw materials investigated technogenic product: a meta-scale oil - sludge pickling redistribution metallurgical industries. The development of molecular Van der Waals forces of adhesion and water (adsorption and hydration shells) determine the structural and mechanical properties of expanded batches. The introduction in clayey raw metal-scale oil reduces the need for weight in water, lowering the humidity at a normal molding 1.5-2% compared to clay-water system. Thus there is a decrease in viscosity of the system, as well as a decrease in the period of true relaxation θ . Due to the plasticizing action of metal-scale oil, an increase of ductility φ (P_{K1} / η_1). The composition of the "clay - metal-scale oil - water" produces expanded clay gravel low bulk density M 450.

Keywords: expanded clay, clay, organic and mineral supplements, the rheological characteristics of expanded mass.

Расширение спектра строительных изделий ставит задачу вовлечения всё новых сырьевых источников в процесс производства строительных материалов. При этом весьма актуальна задача замены кондиционных материалов на отходы производства. Использование

легких бетонов в ответственных строительных конструкциях возможно только при определенной гарантии их прочности и высокого уровня их однородности. Свойства строительных материалов напрямую зависят от применяемых в их производстве заполнителей. Поэтому решение задачи производства высококачественных заполнителей позволит значительно повысить потребительские свойства производимых строительных материалов. Искусственные пористые заполнители играют важную роль в производстве лёгких конструкционных материалов. Создание высокопрочного и в то же время лёгкого заполнителя даёт возможность расширить область применения последнего. Керамзитовый гравий, как искусственный пористый заполнитель в легких бетонах, является наиболее приемлемым материалом, но при условии значительного снижения насыпной плотности и одновременном повышении прочности. Поведение керамических масс в технологических процессах производства керамзитового гравия зависит от особенностей их структуры. Структурно-механические характеристики керамзитовых масс (прочность, упругость, эластичность и др.) являются критериями качества обрабатываемой керамической массы. Пользуясь деформационными характеристиками и критериями возможно направленно управлять структурой в процессе ее образования при помощи рационального составления шихт и введения эффективных добавок, вызывающих развитие катионного обмена, изменяющего процессы пептизации и коагуляционного сцепления. Правильный выбор и дозирование компонентов шихт, имеющих различные формовочные свойства, дают возможность получать керамические массы с заданными структурными и механическими свойствами. Степень развития молекулярных ван-дер-ваальсовых сил сцепления и количество воды (адсорбционной и гидратных оболочек) определяют структурно-механические свойства керамзитовых масс.

Методика исследований

Рентгенофазовый анализ сырьевых материалов проведен на дифрактометре фирмы Shimadzu XRD-6000. Термический анализ выполнен на термоанализаторе STA 449C фирмы «Netzch», со скоростью подъема температуры 10 град/мин. Изучение структурно-механических свойств опытных масс проведено по методу Вейлера–Ребиндера путем оценки пластично-вязких свойств методом продольного смещения пластинок на приборе Толстого.

Результаты исследований и их обсуждение

Технологические исследования регулирования структурно-механических свойств глинистого сырья за счет использования органических корректирующих добавок проведены на глинистой породе Сажинского месторождения, основными глинообразующими минералами которой является монтмориллонит ($d/n=1,530; 0,450; 0,255$ нм), гидрослюда

($d/n=0,998; 0,447; 0,256$ нм), хлорит ($d/n=0,710; 0,352; 0,472$ нм), каолинит ($d/n=0,714; 0,357; 0,148$ нм) [1-5].

Глинистое сырье Сажинского месторождения – средневспучивающаяся порода, из которой в лабораторных условиях можно получить керамзит с кажущейся плотностью в куске $0,5–0,8$ г/см³ и коэффициентом вспучивания $2,5–4,5$, а в производственных – с насыпной полнотью $350–400$ кг/м³, с плотностью в куске $600–850$ кг/м³ и коэффициентом вспучивания $2–3$ [4]. Для повышения вспучиваемости глинистого сырья исследован техногенный продукт: метало-масляная окалина – шлам травильных переделов металлургических производств. В качестве эталонной органической добавки исследован широко используемый в производственной практике торф. Метало-масляная окалина представлена жидкостью черного цвета. Минералогически метало-масляная окалина представлена минералами: магнетитом ($d/n=0,253; 0,148; 0,161$ нм), вюститом ($d/n=0,214; 0,151; 0,247$ нм), гематитом ($d/n=0,269; 0,251; 0,169$ нм), α -Fe ($d/n=0,203; 0,143$ нм). На кривой дифференциально-термического анализа выявлен экзотермический эффект с максимумом в 300 °С, связанный с выгоранием органического вещества и началом процесса окисления вюстита и магнетита. В дальнейшем процесс окисления магнетита явно фиксируется при температурах $510–820$ °С и 880 °С с общими потерями массы $7,51$ %. В соответствии с данными таблицы 1, метало-масляная окалина соответствует большинству требований к корректирующим добавкам.

Таблица 1

Технологические характеристики и технические требования к корректирующим добавкам

Наименование добавки и нормативные показатели свойств	Наименование показателей					Плотность, кг/м ³
	Массовая доля органического вещества, %	Массовая доля механических, в т.ч. балластных примесей, %	Массовая доля корректирующего минерального компонента в пересчете на Fe ₂ O ₃ %	Массовая доля соединений серы, %	Массовая доля воды, %	
Метало-масляная окалина (жидкие отработанные нефтепродукты -КОЖН)	8,24	0,94	83,61	1,13	90	1265
Норма	Не менее 50	Не более 10	-	Не более 5	Не более 40	-

Степень развития молекулярных ван-дер-ваальсовых сил сцепления и количество воды (адсорбционной и гидратных оболочек) определяют структурно-механические свойства керамзитовых шихт. Механические свойства коагуляционных структур связаны с наличием остаточных тонких прослоек водной среды между частицами глины по участкам их контакта, через которые действуют в той или иной мере ван-дер-ваальсовые силы молекулярного притяжения. Прослойки водной среды в местах контакта частиц играют роль смазочных слоев и определяют относительную подвижность элементов структуры даже при самых малых напряжениях сдвига. При этом значительное влияние на подвижность коагуляционной структуры дисперсной системы оказывает качество смазочных слоев и их толщина. Анализ результатов табл. 2 свидетельствует, что введение в глинистое сырье метало-масляной окалина сокращает потребность массы в воде, понижая нормальную формовочную влажность на 1,5–2 % в сравнении с системой глина-вода. Наблюдается развитие пластических свойств опытных масс системы глина метало-масляная окалина-вода (число пластичности 17) за счет ослабления сил межмолекулярного взаимодействия между частицами и, как следствие, усиления подвижности частиц относительно друг друга, понижения вязкости системы и пластической прочности масс, тем самым способствуя течению процесса экструзии керамзитовых масс через фильеры в производственных условиях.

Таблица 2

Составы шихт и свойства сырьевых смесей

Номер массы	Состав шихты, %			Пластическая прочность, $P_k \cdot 10^{-5}$ дин/см ²	Влажность, %	Число пластичности
	глина	торф	окалина метало-масляная			
1	100	-	-	20,1	26,5	14
2	98	2	-	22,6	27,1	12
3	95	-	5	20,1	24,7	17

Разнообразные по размеру игольчатые частицы торфа создают с глинистыми частицами при взаимодействии с жидкой средой плотную структуру, характеризующуюся достаточно большой пластической прочностью. В силу гидрофильности частиц торфа потребность массы в воде увеличивается, при этом пластические свойства ухудшаются в сравнении с глиной без добавок и массой глина-металло-масляная окалина.

Общеизвестно, что пластичные глины представляют собой упруго-вязко-пластичные тела, при приложении нагрузки к которым в них развиваются упругие, пластические и эластические деформации. Соотношение между величинами деформаций зависит от зернового состава твердой фазы, содержания жидкой фазы, состава обменных ионов и интенсивности механического воздействия. В соответствии с исследованиями [1], величина

быстрых эластических деформаций может служить критериальной характеристикой для прогнозирования марки керамзита, получаемого из глин различного минералогического и гранулометрического составов.

Показатели упруго-вязко-пластичных свойств, определенные методом развития деформации сдвига в неразрушенных структурах с учетом оценки модуля медленной эластической деформации (E_1), модуля быстрой эластической деформации (E_2), вязкости η и условного предела текучести $P_{к1}$ представлены в табл.3. По характеру развития деформаций – быстрой эластической ϵ_0' , медленной эластической ϵ_2' и пластической ϵ_1' , исследуемые составы относятся к первому структурно-механическому типу (рис.1). Для них характерно развитие быстрых (ϵ_0') и медленных эластических деформаций (ϵ_2') с преобладанием последних и недостаточным развитием пластических деформаций (ϵ_1'). Такие массы характеризуются хорошей формуемостью.

Таблица 3

Реологические характеристики керамзитовых масс

Номер массы	Структурно-механические константы			Структурно-механические характеристики			Относительные деформации			Марка керамзита прогнозная
	E_1 , МПа	E_2 , МПа	$P_{к1} \cdot 10^3$, МПа	λ	φ , с ⁻¹	θ , с	ϵ_0' , %	ϵ_2' , %	ϵ_1' , %	
1	3,3	2,6	1,0	0,559	2,0	438	35	44	21	500
2	2,3	2,2	0,7	0,525	1,2	507	37	39	24	500
3	4,1	3,6	1,9	0,582	4,1	417	41	47	22	450

По данным табл. 3 масса 3 (глина и метало-масляная окалина) характеризуется наибольшим показателем быстрых эластических деформаций в сравнении с составами 1 и 2 и на ее основе прогнозируется возможность получения керамзитового гравия марки по насыпной плотности 450.

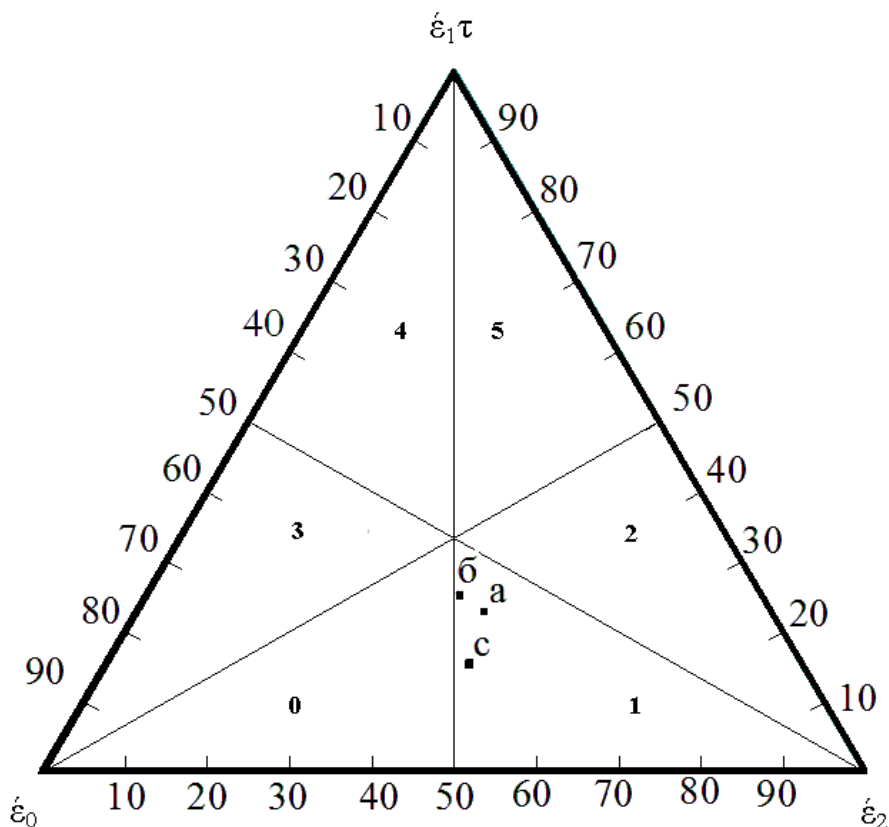


Рис. 1. Структурно-механические типы глин: а – состав 1, б – состав 2, в – состав 3

С вводом метало-масляной окалины в глинистое сырье происходит снижение вязкости системы, а также наблюдается уменьшение периода истинной релаксации θ . В силу пластифицирующего действия метало-масляной окалины наблюдается увеличение пластичности φ ($P_{к1} / \eta_1$). Широко применяемая в качестве корректирующего компонента добавка торфа менее эффективно воздействует на развитие быстрых эластических деформаций и улучшение пластичности. Для торфа более характерна отощающая функция в развитии деформационного процесса.

Заключение

Введение в глинистое сырье для производства керамзитового гравия метало-масляной окалины способствует совершенствованию коагуляционных структур керамзитовых масс и сопровождается увеличением показателя пластичности, снижением пластической прочности, развитием быстрых и медленных эластических деформаций, улучшением формуемости экструзией. Состав «глина – метало-масляная окалина – вода» позволяет получать керамзитовый гравий пониженной насыпной плотности М 450.

Список литературы

1. Книгина Г. И., Вершинина Э. Н., Тацки Л. Н. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей. – М.: Высшая школа, 1985. – 196 с.
2. Никифорова Э. М., Фальковская Л. Н. Роль опудривающих и корректирующих добавок в производстве керамзитового гравия повышенного качества // Эффективные строительные материалы на базе местного сырья и отходов промышленного производства. Труды. Красноярский Промстройниипроект. – Красноярск, 1989. – С. 32–39.
3. Никифорова Э. М., Фальковская Л. Н. Новые органические добавки в производстве керамзитового гравия // Эффективные строительные материалы на базе местного сырья и отходов промышленного производства. Труды. Красноярский Промстройниипроект. – Красноярск, 1991. – С. 67–71.
4. Никифорова Э. М., Фальковская Л. Н. Исследование возможности использования отходов сточных вод производства синтетических жирозаменителей в производстве керамзитового гравия // Отчет о НИР. Красноярский Промстройниипроект. Инв. №Б895481: Сб. рефератов НИР и ОКР, № 11. – Красноярск, 1991. – 38 с.
5. Онацкий С. П. Производства керамзита. – М.: Стройиздат, 1987. – 337 с.

Рецензенты:

Фабинский П.В., д.х.н., доцент, ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск;

Кузнецов П.Н., д.х.н., профессор, Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск.