

Р. З. Рахимов, А. Р. Гайфуллин, М. И. Халиуллин,
О. В. Стоянов

ПЛОТНОСТЬ УПАКОВКИ ЗЕРЕН КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Ключевые слова: композиционное вяжущее, плотность упаковки, дисперсность, гранулометрический состав.

Исследовано влияние удельной поверхности и гранулометрического состава композиционного гипсового вяжущего с добавками молотой керамзитовой пыли и извести на плотность упаковки зерен компонентов вяжущего. Выявлено, что наибольшую плотность упаковки зерен имеет вяжущее с удельной поверхностью 500 м²/кг.

Keywords: composite binder, packaging density, dispersion, grading.

The effect of the specific surface area and particle size distribution of the composite gypsum with additives milled expanded clay dust and lime on the packing density of the grain binder components. It was revealed that the highest packing density of grains has an astringent with a specific surface 500 m²/kg.

Введение

Производство и применение композиционных гипсовых вяжущих и материалов на их основе являются одним из актуальных направлений повышения их технической и экономической эффективности. В настоящее время известен значительный объем разработок композиционных гипсовых вяжущих с химическими и минеральными добавками природного и техногенного происхождения [1,2]. Прочность и водостойкость композиционного гипсового вяжущего в значительной мере зависит плотности упаковки зерен его компонентов. В настоящей работе приведены результаты сравнительных исследований влияния удельной поверхности и гранулометрического состава зерен композиционного гипсоизвестковокерамзитового вяжущего (КГИКВ) [3] на плотность упаковки.

Материалы и методы

При выполнении исследований были использованы следующие материалы:

- строительный гипс Г-6БII по ГОСТ 125-79 производства ОАО «Аракчинский гипс»;
- керамзитовая пыль (КП) цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» с циклонов пылеочистки.
- строительная известь второго сорта по ГОСТ 9179-77;
- негашеная известь 1-го сорта производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов», соответствующая ГОСТ 9179.

Композиционное гипсовое вяжущее получали смешиванием в лабораторном смесителе лопастного типа при 60 об/мин компонентов, предварительно размолотых на лабораторной планетарной мельнице МПЛ-1.

Вяжущее получали с добавкой 20% молотой керамзитовой пыли, 5% извести и 75% строительного гипса.

Композиционное вяжущее мололи до тонкости помола 250, 500 и 800 м²/кг. Удельную поверхность определяли по методу Козеини-Кармана по

воздухопроницаемости при атмосферном давлении на приборе ПСХ-9. Фракционный состав вяжущего определялся методом лазерной диспергации объекта на приборе «LA-950» фирмы Horiba Instruments Ins. Плотность упаковки зерен вяжущего определялась расчетом по методике [4].

Результаты исследований и их обсуждение

У КГИКВ с керамзитовой пылью, размолотой до удельной поверхности до 250 м²/кг (рис. 1), наблюдается два ярко выраженных пика: первый – с максимальным содержанием частиц 10-25 мкм, второй – с максимальным содержанием частиц 400-450 мкм.

При дальнейшем помоле КГИКВ с добавкой керамзитовой пыли размолотой до удельной поверхности до 500 м²/кг (рис. 2) наблюдается смещение частиц к более мелкой фракции, средний размер частиц уменьшается с 161 мкм при удельной поверхности 250 м²/кг до 61 мкм при удельной поверхности 500 м²/кг. Наблюдается два ярко выраженных пика: первый – с максимальным содержанием частиц 9-18 мкм, второй – с максимальным содержанием частиц 150-350 мкм.

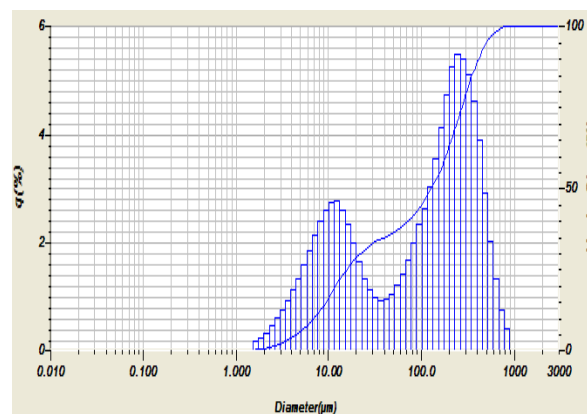


Рис. 1 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 250 м²/кг

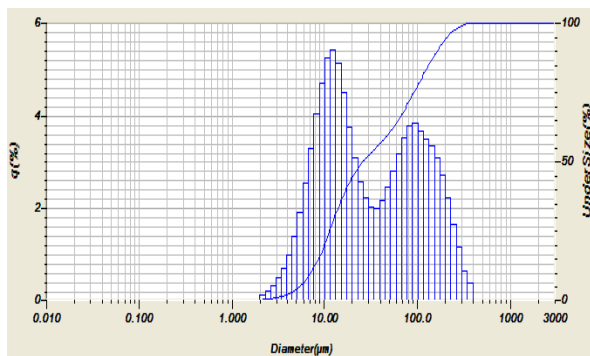


Рис. 2 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 500 м²/кг

Увеличение тонкости помола свыше 800 м²/кг (рис. 3) при существующем помольном оборудовании вызывают технологические трудности и высокие энергозатраты, что делает проведение дальнейших исследований в этом направлении нецелесообразным. КГИКВ с добавкой керамзитовой пыли размолотой до удельной поверхности до 800 м²/кг наблюдается рост мелкой фракции в смеси в пике 9-18 мкм их процентное содержание увеличивается.

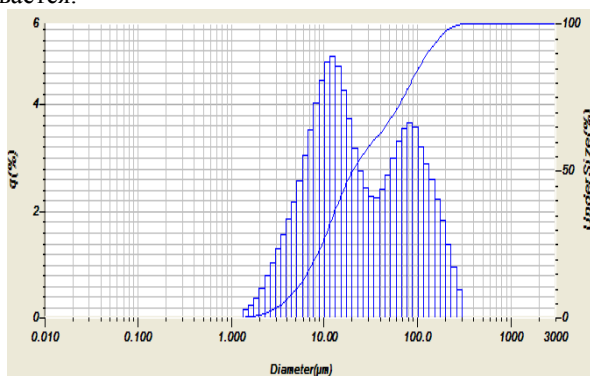


Рис. 3 - Распределение частиц по размерам КГИКВ с комплексной добавкой керамзитовой пыли размолотой до 800 м²/кг

В таблице 1 приведены результаты фракционного состава КГИКВ с добавками керамзитовой пыли различной тонкости помола.

Таблица 1 - Фракционный состав КГИКВ

КГИКВ с комплексной минеральной добавкой тонкостью помола, м²/кг	Средний размер частиц, мкм	Выход фракций (мкм), %						
		1-3	3-5	5-10	0-30	0-50	0-100	100-150
S _{уд} =250	163,89	1,71	4,1	10,48	16,40	3,83	8,545	9,129
S _{уд} =500	61,19	0,596	3,491	16,38	31,8	8,58	16,99	10,43
S _{уд} =800	47,73	3,03	6,824	17,50	30,60	9,54	16,98	8,658

Реальные порошки имеют полидисперсионный состав, часто с нормальным распределением по размерам частиц. Их упаковка выше, чем у монодисперсного порошка, но ниже, чем у смеси с двумя монофракциями.

Методика расчёта степени упаковки полидисперсных порошков по известному распределению частиц порошка постоянно совершенствуется. Если использовать принцип дополнителности фракций, то придётся отсеивать промежуточные фракции и подгонять содержание дополнительных до оптимальных значений, то есть, распределить порошки по фракциям.

При допущении некоторой ошибки в оценке степени упаковки порошков со сплошным полидисперсным фракционным составом можно рассчитать по следующей методике [4]. Основанием для расчёта степени упаковки натуральных порошков являются данные по его ситовому анализу.

$$\alpha = D_1 / D_2 \quad (1)$$

$$\beta = C_1 / C_2$$

Введём параметрическую функцию $f(\alpha, \beta)$, которая принимает значения степени упаковки двух фракций согласно диаграммы на рис 4 в зависимости от параметров смеси – отношений диаметров и концентраций фракций (C).

$$\delta_n = f(\alpha, \beta) = f(D_1/D_2, C_1/C_2) \quad (2)$$

В общем виде формулу для степени упаковки полидисперсного порошка можно выразить через параметрическую функцию.

$$\begin{aligned} \delta_{1-n} = & f_1(\alpha_{11}, \beta_{11}) + f_2(\alpha_{12}, \beta_{12}) + f_3(\alpha_{123}, \beta_{123}) + \\ & + f_4(\alpha_{1234}, \beta_{1234}) + f_5(\alpha_{12345}, \beta_{12345}) - i \cdot 0,635 = \\ & \sum_{i=1}^n f_i(\alpha_{12...i}, \beta_{12...i}) - 0,635 (i-1) \end{aligned} \quad (3)$$

Из графика на рис 4 видно, что условия дополнителности возникают для фракций при следующих значениях параметров:

$$\begin{cases} \alpha_{opt} = 6,7 \\ \beta_{opt} = 7/3, (C_1 = 70\%, C_2 = 30\%) \\ \delta_{opt} = 0,85 \end{cases} \quad (4)$$

Упаковка двух и более произвольных фракций с произвольным отношением пропорций будет всегда выше, чем у каждой из них по отдельности. Чем ближе параметры смеси к указанным в выражениях (3-4), тем выше степень упаковки.

$$D_2 \leq 0,15 D_1 \quad (5)$$

Из графика видно, что максимальное заполнение пустот для двух фракций будет описываться условием, описанным в уравнении (3-4). Для полидисперсных порошков коэффициент упаковки сферических частиц должен приближаться к 1, при этом пустотность будет стремиться к 0.

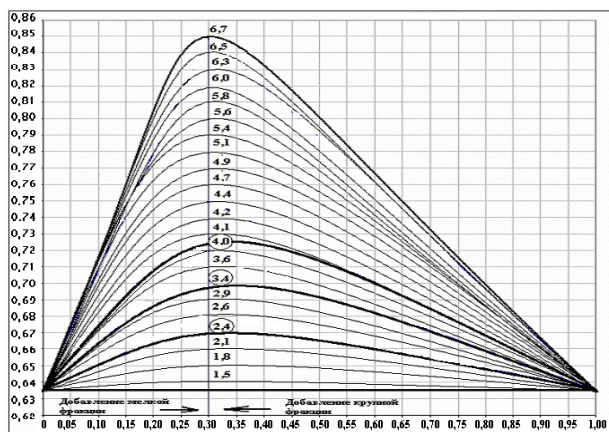


Рис. 4 - Упаковка двух фракций (в %) в зависимости от содержания мелкой фракции в смеси (в %), а также от отношения диаметра крупной фракции к мелкой

Пользуясь описанной выше методикой, в настоящей работе произведен расчет плотности упаковок КГИКВ с керамзитовой пылью различной тонкости помола, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчета плотности упаковок зерен КГИКВ с керамзитовой пылью различной дисперсности

КГИКВ с ком-й добавкой	$C_i/(C_i+C_{i+1})$	β	D_i/D_{i+1}	α	δ_{2x}	δ
$S_{уд}=250 \text{ м}^2/\text{кг}$	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,9	0,6	0,787
	C(1-3/3-5)	0,29	D(1-3/3-5)	2	0,65	
	C(3-5/5-10)	0,28	D(3-5/5-10)	1,87	0,65	
	C(5-10/10-30)	0,39	D(5-10/10-30)	2,66	0,68	
	C(10-30/30-50)	0,81	D(10-30/30-50)	2	0,64	
	C(30-50/50-100)	0,31	D(30-50/50-100)	1,87	0,65	
	C(50-100/100-150)	0,48	D(50-100/100-150)	1,66	0,64	
	C(100-150/150-890)	0,16	D(100-150/150-890)	4,16	0,68	
$S_{уд}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,96	0,63	0,797
	C(1-3/3-5)	0,14	D(1-3/3-5)	2	0,65	
	C(3-5/5-10)	0,17	D(3-5/5-10)	1,87	0,65	
	C(5-10/10-30)	0,34	D(5-10/10-30)	2,66	0,68	

$S_{уд}=800 \text{ м}^2/\text{кг}$	C(10-30/30-50)	0,78	D(10-30/30-50)	2	0,65	0,768
	C(30-50/50-100)	0,33	D(30-50/50-100)	1,87	0,66	
	C(50-100/100-150)	0,62	D(50-100/100-150)	1,66	0,64	
	C(100-150/150-394)	0,47	D(100-150/150-394)	2,17	0,66	
	C(0,011-1/1-3)	0	D(0,011-1/1-3)	3,96	0,63	0,768
	C(1-3/3-5)	0,31	D(1-3/3-5)	2	0,66	
	C(3-5/5-10)	0,28	D(3-5/5-10)	1,87	0,65	
	C(5-10/10-30)	0,36	D(5-10/10-30)	2,66	0,68	
	C(10-30/30-50)	0,76	D(10-30/30-50)	2	0,64	
	C(30-50/50-100)	0,36	D(30-50/50-100)	1,87	0,65	
	C(50-100/100-150)	0,66	D(50-100/100-150)	1,66	0,64	
	C(100-150/150-300)	0,55	D(100-150/150-262)	1,8	0,64	

Данные расчетов табл. 2 плотности упаковок, подтверждают приведенные выше результаты исследований, показывающих, что наибольшая плотность и прочность КГИКВ достигается при ведении добавки керамзитовой пыли с дисперсностью $500 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Заключение

Фракционный состав композиционного гипсоизвестковокерамзитового вяжущего с тонкостью помола $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ обеспечивает более высокую степень уплотнения его зерен, чем при тонкости помола $250 \text{ м}^2/\text{кг}$ и $800 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Литература

1. Ферронская, А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник / А. В. Ферронская. – М.: АСВ, – 2008. – 488с.
2. Рахимов, Р.З. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов / Р.З. Рахимов, М.И. Халиуллин // Строительные материалы. – 2010. – №12. – С.44–46.
3. Khaliullin, M.I. Composite gypsum bindings with increased water resistance, containing claydite dust as an active mineral additive / M.I. Khaliullin, R.Z. Rakhi-mov, A.R. Gayful-lin // Weimarer gipstagung, F. A. Finger - institut für baustoffkun-de. Weimar – 2011. – С. 445 – 450.
4. Локтев, И.И. Модель упаковки полидисперсных материалов: Метод. указание / И.И. Локтев. – Новосибирск: Новосибирский завод химконцентратов. – 13с.