

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ОПУДРИВАЮЩИЕ ДОБАВКИ — ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

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

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

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

В качестве объектов для осуществления процесса опудривания исследованы кварцит молотый, отработанная формовочная смесь литейного производства и асбопесок. Кварцит молотый представлен в основном  $\beta$ -кварцем. Минералогически отработанная формовочная смесь представлена  $\beta$ -кварцем,  $\beta$ -кристобалитом, гематитом, кальцитом. Асбопесок как продукт обогатительных фабрик представлен смесью сыпучих и тонковолокнистых минералов группы серпентинов. В основу выбора опудривающих добавок положены расчеты изотерм плавкости глина -- опудриватель в системе  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Выбранные опудривающие добавки к легкоплавкой глине способны на поверхностных слоях сырцовых гранул повысить огнеупорность и гарантируют устранение образования спека при некотором подъеме температуры обжига. Для дополнительного повышения вспучиваемости глинистого сырья в качестве корректирующей добавки исследован торф в сочетании с техногенным продуктом – металло-масляной окалиной как шламом травильных переделов металлургических производств. Опудривание гранул огнеупорными порошками способствует повышению температуры плавления поверхностного слоя и получению внутри гранул расплава с оптимальными реологическими характеристиками.

Ключевые слова: опудриватель, керамзит, вспучиваемость, огнеупорность, пиропластичность, плавкость

## EFFECTIVE DUSTING ADDITIVE-WASTE INDUSTRY IN THE TECHNOLOGY OF POROUS AGGREGATES

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

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

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

The objects for the process of spreading investigated Quartz ground, the waste molding sand foundry and asbopesok. Quartz ground it presented, mostly,  $\beta$ -quartz. Mineralogical spent sand mixture shown  $\beta$ -quartz,  $\beta$ -cristobalite, hematite, calcite. Asbopesok as product processing plants is a mixture of dry and fine-fiber serpentine group minerals. The basis of selection dusting additives put isotherms calculations melting clay-opudrivatel system  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Selected dusting additives fusible clays are capable of surface layers of the raw granules to increase fire resistance and ensure the elimination of the cake with the formation of a rise in temperature firing. To further increase the distension of clay raw materials as a corrective additive investigated peat combined with man-made product - metal-oxide scale oil as sludge pickling redistribution metallurgical industries. Powdering the pellets with refractory powders enhances the melting temperature of the surface layer and receivable within melt granules with optimal rheological characteristics.

Keywords: dusting agent, expanded clay, distension, fire resistance, piroplasticity, fusibility.

Эффективность опудривания гранул огнеупорными материалами заключается в устранении образования «спеков», расширении интервала вспучивания и его сдвига в область более высоких температур за счет создания пиропластической массы оптимальной вязкости и максимального газовыделения по всему объему гранулы [1, 7]. За счет опудривания гранулированного полуфабриката огнеупорными порошками, вводимыми во вращающиеся печи непосредственно перед зоной вспучивания, возможно изменение свойств пористого заполнителя в широких пределах [2–4]. Перспективным является поиск

опудривающих добавок в виде техногенных продуктов промышленности, в особенности при использовании для производства керамзитового гравия глинистого сырья, обедненного органоминеральными компонентами [5, 6].

### 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. Изготовление образцов, их сушку и обжиг, исследование вспучиваемости исходного глинистого сырья и масс с корректирующими и опудривающими добавками, а также оценку плотности керамзитового гравия проводили в соответствии с методикой [5]. Качественные показатели керамзитового гравия: прочность зерен гравия при раскалывании, потеря массы крупного заполнителя при кипячении, водопоглощение — определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9758-86.

### Результаты исследований и их обсуждение

В качестве глинистого материала исследовано сырье Сажинского месторождения — средневспучивающаяся порода, из которой в лабораторных условиях можно получить керамзит с кажущейся плотностью в куске 0,5–0,8 г/см<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания 2,5–4,5, а в производственных — с насыпной плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup>, с плотностью в куске 600–850 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом вспучивания 2–3.

В качестве объектов для осуществления процесса опудривания исследованы кварцит молотый, отработанная формовочная смесь литейного производства и асбопесок. Химический состав отходов представлен в таблице 1.

**Таблица 1**

Химический состав отходов, масс. %

Наименование отхода	Содержание оксидов, масс. %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	п.п.п
Кварцит молотый	93,21	2,17	1,37	0,43	0,75	0,57	-	0,94	0,39	0,95
Отработанная формовочная смесь	91,11	1,14	1,37	0,72	1,48	0,68	0,21	1,09	1,60	1,75
Асбопесок	35,02	2,84	7,14	-1,49	35,47	-0,70	0,63	0,16	0,79	17,08

Основные технологические характеристики и требования к опудривающим добавкам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные технологические характеристики и технические требования к опудривающим добавкам

Наименование добавок и нормативные показатели свойств	Наименование показателей							
	Огнеупорность, °С	Массовая доля щелочных соединений в пересчете на $K_2O + Na_2O$ , %	Массовая доля соединений серы в пересчете на $SO_3$ , %	Массовая доля воды, %	Тонкость помола, проход % по массе через сито			
					1	0,2	0,14	0,063
Кварцит молотый	1680	0,39	0,94	3-5	100	97	72	55
Отработанная формовочная смесь	1690	1,60	1,09	3-5	100	95	80	60
Асбопесок	2000	0,79	0,70	3-5	100	45	65	45
Норма	не менее 1380	не более 3	не более 5	не более 5	не менее 100	не менее 95	не менее 70	не менее 50

Кварцит молотый как сырьевой материал для производства динаса представлен грубодисперсным материалом фракции менее 3 мм нестабильной влажности. Минералогически представлен в основном  $\beta$ -кварцем ( $d/n=0,334;0,426;0,182$  нм). На кривой дифференциально-термического анализа выявленные экзотермические эффекты при 460 и 570°C связаны соответственно с выгоранием органического вещества и модификационными превращениями кремнезема.

Минералогически отработанная формовочная смесь представлена  $\beta$ -кварцем ( $d/n=0,334;0,426;0,182$  нм),  $\beta$ -кристобалитом ( $d/n=0,404;0,248;0,284$  нм), гематитом ( $d/n=0,269;0,251;0,169$  нм), кальцитом ( $d/n=0,303;0,228$  нм). Выявленные экзотермические эффекты при 320 и 420°C связаны соответственно с выгоранием органического вещества и дегидратацией гидроксида железа. При температуре 573°C наблюдаются модификационные превращения кремнезема. Эндотермический эффект при 690°C связан с диссоциацией карбонатов кальция.

Асбопесок как продукт обогатительных фабрик представлен смесью сыпучих и тонковолокнистых минералов группы серпентинов. Минералогически представлен серпентином, форстеритом и периклазом. Выявлен эндотермический эффект при 700°C, связанный с дегидратацией серпентина. Экзотермический эффект при 820°C связан с кристаллизацией вновь образованных минеральных фаз серпентина. Выбранные в качестве опудривающих добавок кварцит молотый и отработанная формовочная смесь соответствуют

требованиям, предъявляемым к опудривающим добавкам. Асбопесок требует дополнительной механической переработки. В основу выбора опудривающих добавок положены расчеты изотерм плавкости глина — опудриватель в системе CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub>. Расчетные кривые плавкости смесей глина — опудриватель приведены на рисунке 1.

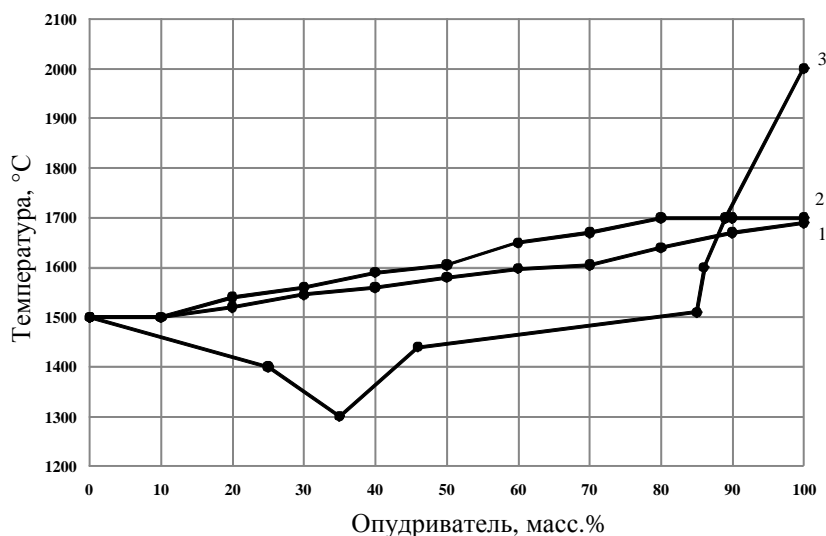


Рис. 1. Кривые плавкости системы глина – опудриватель: 1 – кварцит молотый; 2 – горелая земля; 3 – асбопесок

Из рисунка 1 следует, что выбранные опудривающие добавки к легкоплавкой глине способны на поверхностных слоях сырцовых гранул повысить огнеупорность и гарантируют устранение образования спека при некотором подъеме температуры обжига. Исследования проведены на шихтах состава (масс.%): сажинская глина — 98, торф — 2. Сравнительная эффективность опудривающих добавок и физико-механические характеристики керамзитового гравия с опудриванием приведены в таблицах 3, 4.

**Таблица 3**

Сравнительная эффективность опудривающих добавок

Опудривающая добавка	Параметры вспучивания		Объемная плотность в куске, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент вспучивания
	Оптимальная температура обжига, °C	Интервал вспучивания, °		
Без опудривания	1150	36	0,71	2,51
Кварцит молотый	1170	56	0,60	2,83
Отработанная формовочная смесь	1160	70	0,59	2,85
Асбопесок	1170	56	0,62	2,90

**Таблица 4**

Физико-механические характеристики керамзитового гравия с опудриванием

Опудривающая добавка	Прочность гравия на раскол, МПа	Водопоглощение, %	Потеря массы при кипячении, %
Без опудривания	0,40	8,3	0,30

Кварцит молотый	0,50	14,8	1,45
Отработанная формовочная смесь	0,49	19,7	0,35
Асбопесок	0,52	18,9	0,16

Приведенные в таблице 3 и 4 данные свидетельствуют о недостаточной эффективности приема опудривания сырцовых гранул исследованными добавками при условии использования шихты с корректирующей добавкой в виде торфа. Наиболее эффективным опудривателем является отработанная формовочная смесь, снизившая объемную плотность керамзитового гравия в куске на 0,12 г/см<sup>3</sup>.

Для дополнительного повышения вспучиваемости глинистого сырья в качестве корректирующей добавки исследован торф в сочетании с техногенным продуктом – металло-масляной окалиной как шламом травильных переделов металлургических производств. Металло-масляная окалина представлена жидкостью черного цвета в виде водной эмульсии нефтепродуктов с суспензированными твердыми частицами. Минералогически представлена 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),  $\alpha$ -Fe (d/n=0,203; 0,143 нм). На кривой дифференциально-термического анализа выявлен экзотермический эффект с максимумом в 300°C, связанный с выгоранием органического вещества и началом процесса окисления вюстита и магнетита. В дальнейшем процесс окисления магнетита явно фиксируется при температурах 510–820 и 880°C с общими потерями массы 7,51%.

Сравнительная эффективность опудривающих добавок и физико-механические характеристики керамзитового гравия с опудриванием на шихте состава (масс.%): торф — 2, металло-масляная окалина — 3, сажинская глина — 95 приведены в таблице 5.

**Таблица 5**

Сравнительная эффективность опудривающих добавок

Опудривающая добавка	Параметры вспучивания		Объемная плотность в куске, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент вспучивания
	Оптимальная температура обжига, °C	Интервал вспучивания, °		
Без опудривания	1150	36	0,71	2,51
Кварцит молотый	1170	56	0,56	3,17
Отработанная формовочная смесь	1160	70	0,47	3,70
Асбопесок	1170	56	0,59	2,98

### Заключение

Опудривание гранул огнеупорными порошками способствует повышению температуры плавления поверхностного слоя и получению внутри гранул расплава с оптимальными реологическими характеристиками. В поверхностных граничных слоях между глиной и

опудривателем происходит рост температуры от глины к опудривателю. Наибольший эффект наблюдается при опудривании гранул отработанной формовочной смесью. Повышение коэффициента вспучивания глинистого сырья возможно также за счет корректировки состава шихты путем ввода металло-масляной окалины.

### 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., Еромасов Р.Г., Ступко Т.В., Васильева М.Н., Симонова Н.С. Техногенные опудривающие добавки в технологии керамзитового гравия // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: [www.science-education.ru/109-9559](http://www.science-education.ru/109-9559)
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.