

КЕРАМИЧЕСКИЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОЙ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Еромасов Р.Г., Осипова М.С.

Научный руководитель – профессор Никифорова Э.М.

Сибирский федеральный университет

Сырьевая база действующих керамических производств Красноярского края ограничена запасами разрабатываемых месторождений сырья для керамической отрасли промышленности. Возрастает дефицитность традиционного сырья, прежде всего глинистого. Так, на территории Красноярского края разведаны 5 забалансовых месторождений тугоплавких глин, находящихся в районе г. Уяр (Балайская группа месторождений) и 2 учтенных балансом месторождения (Ново-Александровское и Кантатское) беложгущихся глин. Использование ограниченного по запасам высококачественного глинистого сырья в многотоннажном производстве строительной керамики представляется нерациональным.

Ежегодное накопление значительного количества отходов машиностроительных производств обуславливает керамическую промышленность как отрасль, для которой вопросы ресурсосбережения являются особо актуальными. Так же важен тот факт, что замена дорогостоящего минерального сырья на отходы промышленных предприятий приводит к существенному снижению себестоимости керамической продукции. Перспективным отходом промышленности являются горелые формовочные земли (ГФЗ) - отходы литейного производства машиностроительных предприятий Сибирского региона. Объем образования белой ГФЗ составляет 8820 тонн в год. Химический состав исходных компонентов керамических масс представлен в таблице 1. Гранулометрический состав горелой земли представлен в таблице 2 и рисунке 1.

В процессе предварительных исследований выявлено, что область изменения соотношения SiO_2/Σ плавней в керамических облицовочных массах находится в пределах 3 – 4 и менее. Химические составы шихт, обеспечивающие оптимальное соотношение SiO_2/Σ плавней (3,47-3,77), представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Химический состав исходных компонентов, масс. %

Наименование материала	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO + MgO ₃	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃	FeO
Горелая земля	79,17	4,86	6,97	4,56	2,47	0,16	4,17
Стеклобой	71,45	2,34	0,18	10,26	29,28	0,19	
Глина компановская	66,8	18,03	3,53	2,45	1,55	0,03	

Таблица 2 – Гранулометрический состав горелой земли

Наименование материала	Содержание фракции размером в мм, масс. %							
	+1,4,	-1,4+1,	-1+0,8,	-0,8+0,5,	-0,5+0,315,	-0,315+0,08,	-0,08+0,056,	-0,056,
Горелая земля	2,5	2,2	1	4,7	14,4	68,6	5	1,4

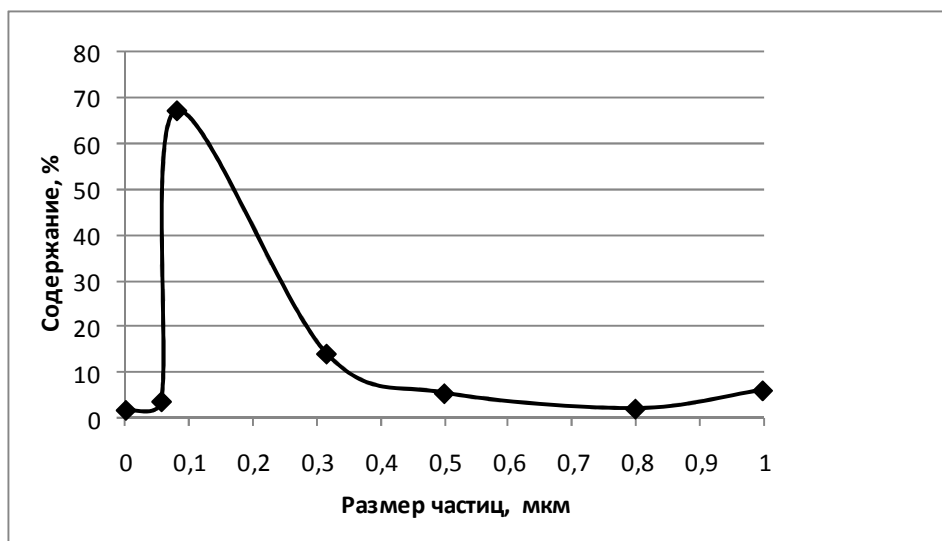


Рисунок 1 - Гранулометрический состав горелой земли

Таблица 3 – Вещественный и химический состав шихты, масс. %

Вещественный состав шихты	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO + MgO ₃	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃	FeO
Шихта с соотношением SiO ₂ /Σплавней 3,77 (45% ГФЗ, 25% стеклобоя, 30% глины компановской)	72,206	8,506	4,250	5,056	8,027	0,122	1,833
Шихта с соотношением SiO ₂ /Σплавней 3,61 (55% ГФЗ, 25% стеклобоя, 20% глины компановской)	72,710	7,029	4,549	5,236	8,101	0,134	0,241
Шихта с соотношением SiO ₂ /Σплавней 3,47 (65% ГФЗ, 25% стеклобоя, 10% глины компановской)	73,215	5,552	4,848	5,417	8,174	0,147	2,648

Зерновой состав шихты оказывает большое влияние на качество получаемых изделий: механическую прочность, термостойкость, газопроницаемость и пористость изделий. Для достижения максимальной плотности укладки частиц необходимо, чтобы величина частиц материала была подобрана из расчета заполнения свободного пространства между крупными частицами более мелкими частицами с последующим заполнением свободного пространства между этими частицами более мелкими и т.д.

Для оптимизации фракционного состава горелой земли реализован симплекс-решетчатый план третьего порядка для трехкомпонентной смеси. С учетом рекомендации по достижению наиболее плотной упаковки спрессованных керамических масс исследованы фракции:

- 0,315 + 0,08 мм (x_1);
- 0,08 + 0,056 мм (x_2);
- 0,056 мм (x_3).

Размер фракции глины и стеклобоя поддерживался на фиксированном уровне и составлял менее 0,056 мм. Также на фиксированном уровне поддерживался оптимальный химический состав шихты, обеспечивающий соотношение SiO_2/Σ плавней 3,61. Давление прессования экспериментальных масс составляло 40 МПа. Время изотермической выдержки – 1 час. Результаты выявленных закономерностей степени влияния фракционного состава горелой земли на ее насыпную плотность и плотность утряски представлены на рисунке 2 и в соответствующих уравнениях регрессии.

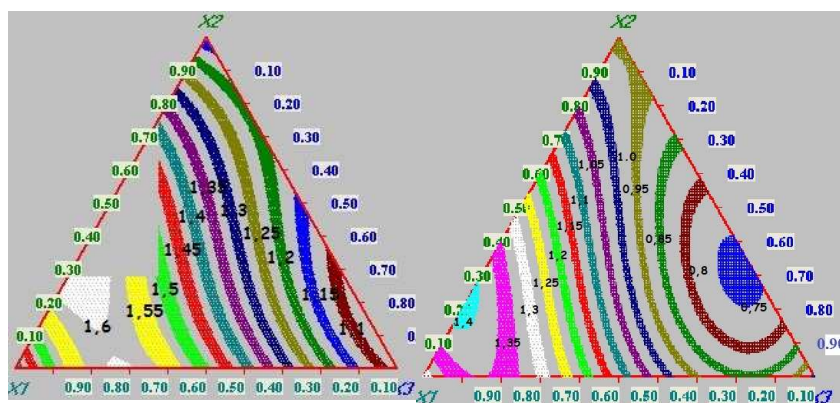


Рисунок 2 - Проекция линии равной кажущейся плотности и плотности утряски горелой земли

Уравнение регрессии в кодированной форме, показывающее зависимость насыпной плотности образцов от соотношения фракций горелой формовочной земли:

$$Y = 1,2400X_1 + 0,9000X_2 + 0,9500X_3 + 0,6888X_1X_2 - 0,0243X_1X_3 - 0,5967X_2X_3 + 0,8634X_1X_2(X_1-X_2) + 1,5189X_1X_3(X_1-X_3) + 0,7239X_2X_3(X_2-X_3) - 1,5574X_1X_2X_3$$

Уравнение регрессии в кодированной форме, показывающее зависимость плотности утряски от соотношения фракций горелой формовочной земли:

$$Y = 1,3800X_1 + 1,1300X_2 + 1,0800X_3 + 1,2600X_1X_2 + 1,0602X_1X_3 + 0,1854X_2X_3 + 0,4572X_1X_2(X_1-X_2) + 0,8848X_1X_3(X_1-X_3) - 0,4991X_2X_3(X_2-X_3) - 2,2720X_1X_2X_3.$$

Граничным пределом плотности утряски горелой земли выбрано ее значение 1,55 г/см³ и более. Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют, что

достижение заданных показателей плотности возможно при сочетании 70-80 масс. % фракции x_1 и 20-30 масс. % x_2 .

Результаты экспериментов по исследованию влияния фракционного состава керамической шихты на показатели качества облицовочных материалов представлены на рисунке 3, а также в соответствующих уравнениях регрессии.

Уравнение регрессии в кодированной форме, показывающее зависимость кажущейся плотности образцов от соотношения фракций горелой формовочной земли при температуре обжига образцов 950 °С:

$$Y = 1,9610X_1 + 1,7130X_2 + 1,5620X_3 + 0,1498X_1X_2 + 0,2468X_1X_3 + 0,0914X_2X_3 + X_1X_2(X_1 - X_2) + 0,2733X_1X_3(X_1 - X_3) - 1,4095X_2X_3(X_2 - X_3) - 0,3040X_1X_2X_3$$

Уравнение регрессии в кодированной форме, показывающее зависимость водопоглощения образцов от соотношения фракций горелой формовочной земли при температуре обжига образцов 950 °С:

$$Y = 4,8390X_1 + 6,2710X_2 + 4,6560X_3 - 3,1221X_1X_2 + 3,0813X_1X_3 + 8,1233X_2X_3 - 14,5961X_1X_2(X_1 - X_2) - 9,9818X_1X_3(X_1 - X_3) + 1,4094X_2X_3(X_2 - X_3) - 0,3040X_1X_2X_3.$$

На рисунке 3 представлены проекции линии равной кажущейся плотности и водопоглощения при температуре обжига 950 °С.

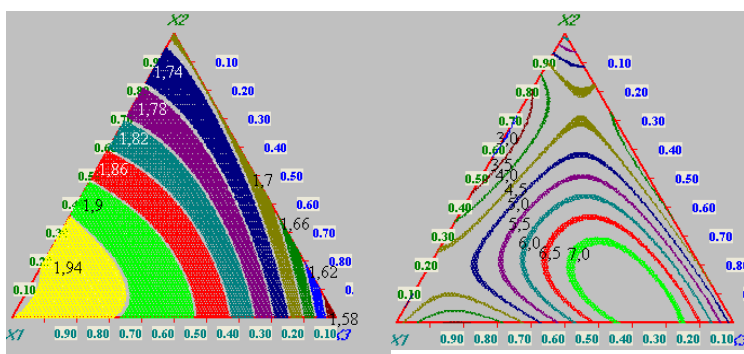


Рисунок 3 - Проекция линии равной кажущейся плотности и водопоглощения образцов при температуре обжига 950 °С

Граничным пределом максимального водопоглощения выбрано его значение, соответствующее 5% (требования стандарта). Достижение заданного показателя возможно в достаточно широких областях, представленных на экспериментальном симплексе. Наиболее предпочтительным является использование двухфракционного состава горелой земли в следующем соотношении: фракция x_1 – 10-80 масс.% и x_2 – 20-90 масс.%. Выбор оптимальных областей базировался также на возможности использования горелой земли без существенных затрат на ее доизмельчение (таблица 2). Граничным пределом кажущейся плотности спеченной керамики выбрано ее значение 1,9 г/см³ и более. Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют, что достижение заданных показателей плотности возможно при использовании монофракции x_1 , а также сочетание фракций x_1 и x_2 в соотношении 50:50.

Оптимизация фракционного состава отходов проведена с целью создания максимально плотной упаковки частиц материалов в керамических массах. Выбор данного направления связан с возможностью регулирования свойств изделий за счет выбора оптимального зернового состава, который влияет на усадку при термообработке и службе, термостойкость, температурную зависимость прочностных характеристик.