

КЕРАМИЧЕСКИЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КВАРЦОСодержащих ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Еромасов Р.Г., Антонова Т.В., Агаркова Я. А.,
научный руководитель – профессор, канд. техн. наук Никифорова Э.М.
Сибирский федеральный университет**

Традиционное использование керамической плитки для облицовки различных помещений в жилых домах и офисных зданиях определяют дальнейший рост ее производства, основным сырьем для создания которой, являются высококачественные глины. Лишь частично они заменяется промышленными отходами, при этом объемы их использования весьма невелики. Практически отсутствует сырье для производства плиток, за исключением находящегося в эксплуатации Уярского месторождения глины, возможности которого в обеспечении края продукцией весьма ограничены.

Использование вторичных сырьевых материалов и отходов других производств является перспективным направлением для развития керамической промышленности. Проблема получения материалов с необходимыми эксплуатационными свойствами за счет уменьшения энергетических затрат также становится все более актуальной.

Целью работы является разработка и оптимизация фракционного состава кварцсодержащих отходов (горелая формовочная земля, “хвосты” обогащения молибденовых руд Сорского комбината – сорские “хвосты”).

Опыт научных исследований и промышленного применения определил горелые формовочные земли (ГФЗ) - отходы литейного производства машиностроительных предприятий Сибирского региона и кварц-полевошпатовый сорский “хвосты”, как перспективные отходы промышленности. Объем образования ГФЗ составляет 8820 тонн в год, а “сорского” полевошпатового песка – около 9200 тонн в год.

Химический состав исходных компонентов керамических масс представлен в таблице 1, гранулометрический состав в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав исходных сырьевых материалов, масс. %

Материал	Содержание оксидов							
	SiO _{2св.}	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	CaO + MgO	Fe ₂ O ₃ + FeO	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	п.п.п
Глина компановская	4,64	18,03	2,45	3,53	1,55	0,03	62,16	–
Стеклобой	–	2,34	10,26	0,18	29,28	0,19	71,45	–
Сорские «хвосты»	62,05	16,52	6,73	4,18	8,12	–	–	–
Горелая земля	79,17	4,86	4,56	11,14	2,47	0,16	–	2,55

Таблица 2 – Гранулометрический состав кварц-содержащих отходов, масс. %

Материал	Содержание фракций, размером							
	+1,4 мм	-1,4 +1 мм	-1+0,8 мм	-0,8 +0,5 мм	-0,5 +0,315 мм	-0,315 +0,08 мм	-0,08 +0,056 мм	-0,056 мм
Сорские «хвосты»	–	2,14	2,36	14,49	31,42	44,31	3,21	2,07
Горелая земля	–	6,03	2,03	5,41	14,03	67,12	3,63	1,75

В целом, модель облицовочного композиционного материала на базе кремнеземистого сырья может быть представлена в следующем виде. В качестве заполнителя композита выступает свободный оксид кремния, источником которого являются техногенные продукты: кварц-полевошпатовый “сорский” песок и горелая земля, а также крупнозернистые кремнеземистые примеси глинистого компонента. Крупные зерна кварца составляют практически неизменяемый скелет или “наполнитель”, мало вовлекаемый в физико-химические процессы. Наличие скелета из крупных зерен кварца, преобладающего в керамических массах, предопределяет возможность получения облицовочных материалов с незначительными объемными изменениями при обжиге в температурном интервале 950-1000 °С и связанными с этим малыми внутренними напряжениями и деформациями. Роль связующей матрицы выполняют плавни из кварц-полевошпатового “сорского” песка, стеклобой, а также глинистые материалы. Представленные экспериментальные исследования направлены на достижения наиболее плотной упаковки фракций (зерен) в прессовке и готовом изделии. Принцип достижения наиболее плотной упаковки высоко кремнеземистых масс базировался на достижении строго определенных соотношений отдельных фракций и размеров исходного зерна. В работе реализовывался принцип подбора так называемой “прерывной” укладки, при которой между зернами заданных фракции зерна промежуточных размеров отсутствуют. Зерна самой крупной фракции образуют скелет, пустоты которого заполняются следующей фракцией. Новые пустоты могут заполняться третьей фракцией и т.д. Выбор прерывной укладки базировался на известных представлениях возможности достижения большей плотности упаковки. Для оптимизации фракционного состава кремнеземистых отходов реализован симплекс-решетчатый план третьего порядка для трехкомпонентной смеси. Оптимизацию фракционного состава проводили на фиксированном составе шихты, соответствующем соотношению компонентов: глина – 20%; кварц-содержащие отходы – 55%; стеклобой – 25%. Оптимизации подвержены техногенные продукты фр. - 0,315 + 0,08 мм (x_1); - 0,08 + 0,056 мм (x_2); - 0,056 мм (x_3). Размер частиц глины и стеклобоя поддерживался на фиксированном уровне - менее 0,056 мм. Также на фиксированном уровне поддерживался оптимальный химический состав шихты. Давление прессования экспериментальных масс составляло 40 МПа. Время изотермической выдержки – 60 мин., относительная формовочная влажность шихты – 10%. Выбор размера фракций кремнеземистого каркаса разработанного композиционного материала на стадии подбора прерывных укладок с максимальной плотностью базировался на предположении, что максимальная по размеру фракция должна быть крупнее

минимальной не менее чем в пять раз. Результаты оптимизации фракционного состава отходов с целью получения максимальной плотности упаковки кремнеземистого скелета и шихты на его основе с добавлением глины как же достижение минимального водопоглощения обожженных масс на рисунке 1,2,3.

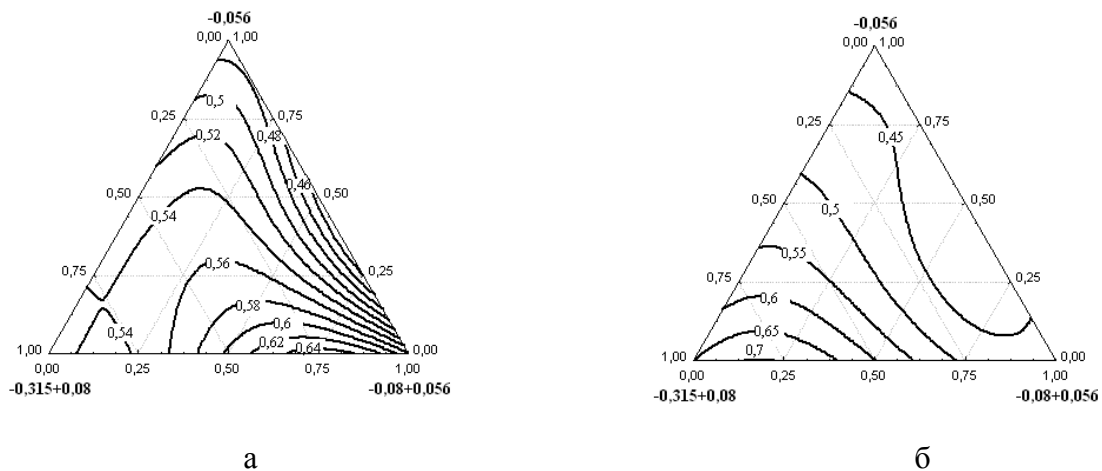
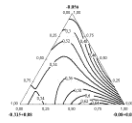


Рисунок 1 – Проекция линии равного $K_{тв}$ горелой земли (а) и сорских “хвостов” (б) на трехкомпонентный симплекс

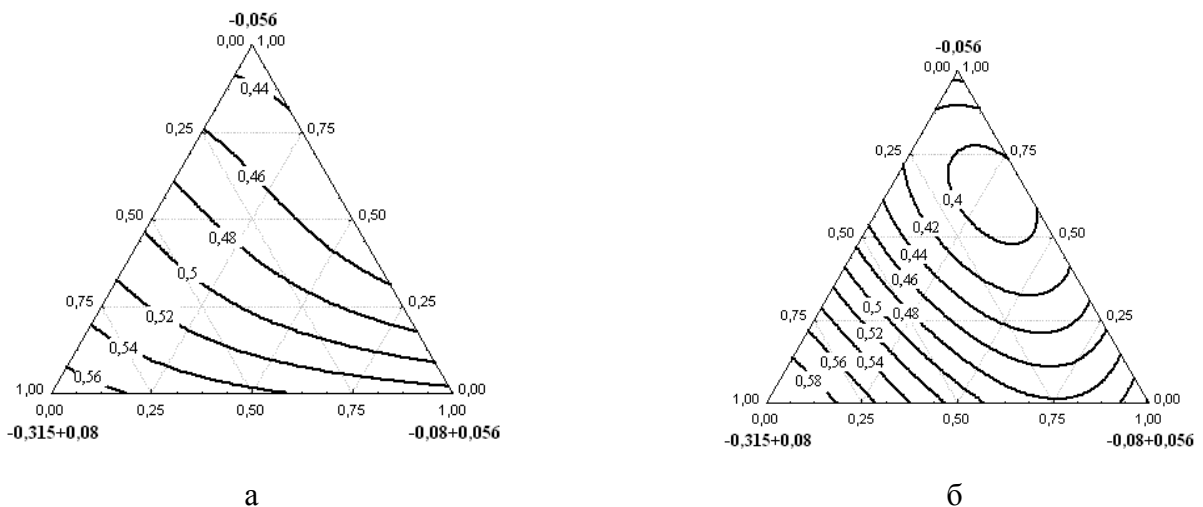


Рисунок 2 – Проекция линии равного $K_{тв}$ шихты на основе горелой земли (а) и шихты на основе сорских “хвостов” (б) на трехкомпонентный симплекс

Анализ данных рисунка 1 свидетельствует, что диапазон достигнутой плотности упаковки зернистого каркаса из горелой земли составляет от 0,46 до 0,64, из сорских “хвостов” – от 0,45 до 0,7. При этом достижение максимального коэффициента упаковки достигается при использовании, как крупной монофракции сорских “хвостов” и горелой земли, а также двухфракционной системы $-0,315+0,08$ мм – 70–80 масс. % и фракции $-0,08+0,056$ мм – 20–30 масс. %. Достижение максимально плотной упаковки непластичных кремнеземистых облицовочных масс на основе преимущественно крупной фракции сорских “хвостов” и горелой земли подтверждает и, одновременно,

расширяет уже существующие представления о достижении плотной укладки в глинистых системах. Несколько иная картина достижения максимально возможной плотности упаковки наблюдается для шихты, содержащей помимо кварц-содержащих отходов мелкую (менее 0,056 мм) фракцию глины и стеклобоя при суммарном ее количестве в шихте 45 масс. %. Существенное увеличение содержания мелкой фракции в шихте приводит к значительному снижению плотности упаковки шихты (рис. 2). Наблюдаемые закономерности объясняются вполне известным механизмом образования частиц малых размеров рыхлых коагуляционных структур в виде беспорядочных сеток, препятствующих плотной упаковке частиц.

Повышение плотности упаковки в следствие использования регулируемого фракционного состава кремнеземистого техногенного продукта способствует получению спеченных облицовочных образцов с низким водопоглощением (рис. 3).

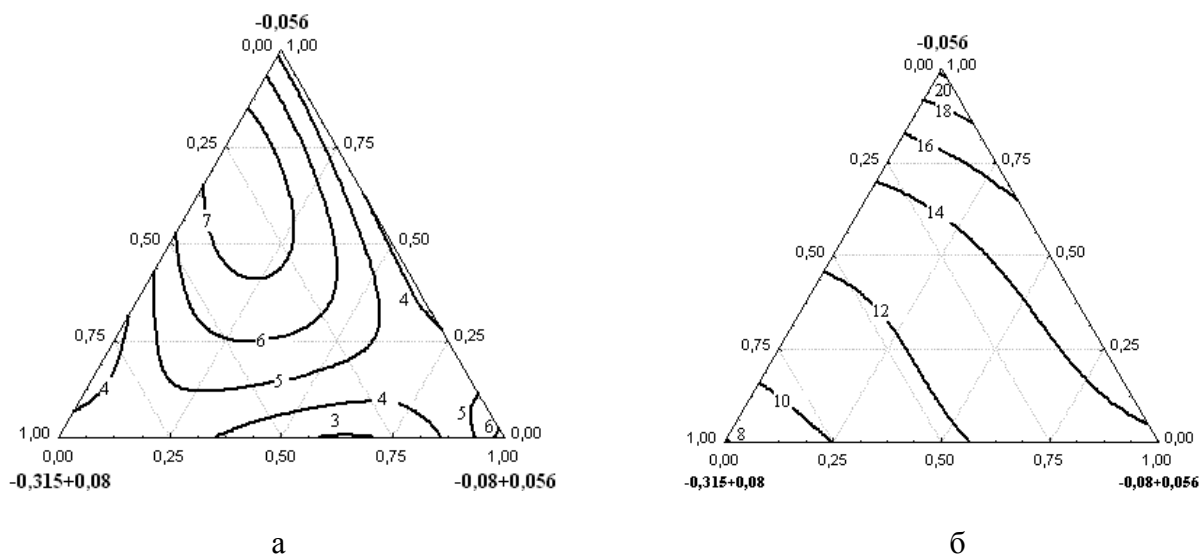


Рисунок 3 – Проекция линии равного водопоглощения спеченных образцов на основе горелой земли (а) и сорских “хвостов” (б) на трехкомпонентный симплекс

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 – 60-70 масс.% и x_2 – 30-40 масс.%. Использование в качестве кремнеземистого компонента сорских “хвостов” обеспечивает получение минимального водопоглощения при монофракции -0,315+0,08 мм.

Таким образом, на базе предложенной модели композиционного облицовочного материала с кварцевым скелетом и метода осуществления в нем наиболее плотной упаковки выявлены закономерности взаимосвязи величины плотности упаковки кварцевого скелета и керамической шихты в целом в зависимости от соотношения фракций определенного размера, взятых в оптимальных пределах.