

УДК 691.3

*Г.И. Горбунов*

**ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ  
ОТХОДОВ ОБРАБОТКИ  
ПРИРОДНОГО  
КАМНЯ И СТЕКЛОБОЯ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ГРАНИТОКЕРАМИКИ**

Проведен анализ технологий гранитокерамики — эффективного фасадного керамического материала, обладающего прекрасными декоративными и прочностными показателями, а также высокой эксплуатационной стойкостью в различных климатических условиях. Приведены результаты исследований по выбору и оценке пригодности сырьевых материалов: гранитного порошка, стеклобоя, глины. Выявлен оптимальный состав системы гранитный порошок — стеклобой — глина при температуре омоноличивания 1050 °С: гранитный порошок — 40 %, стеклобой — 40 %, глина — 20 % (по массе).

*Ключевые слова:* гранитокерамика, стеклобой, природный камень, водопоглощение, структура.

UDK 691.3

*G.I. Gorbunov*

**ACCEPTABILITY APPRAISAL  
OF SWARF  
OF NATURAL STONE  
AND CULLET  
FOR GRANITE CERAMIC  
PRODUCTION**

The analysis of granite ceramic technologies, effective facade ceramic material having good decorative and strength characteristics, and high service durability in a variety of climatic conditions, is carried. Research data on the selection and acceptability appraisal of raw materials: granite powder, cullet, clay — are given. The system tailored composition granite powder — cullet — clay at a joint grouting temperature of 1050 °C: granite powder — 40 %, cullet — 40 %, clay — 20 % (by weight) is found.

*Key words:* granite ceramic, cullet, natural stone, water absorption, structure.

Технологию гранитокерамики уже давно освоили керамические предприятия Италии, Испании, Чехии, Турции. В России производство такого материала находится в стадии разработки.

По многим техническим характеристикам гранитокерамика не уступает природному камню, а по цветовой гамме, разнообразию форм и размеров, а также по особенностям монтажа превосходит и повсеместно вытесняет его.

Прочностные показатели гранитокерамики обуславливаются высокой плотностью материала и строением кристаллической решетки составляющих ее минералов. Пористость и водопоглощение таких композиции меньше 0,5 %, т.е. практически не отличаются от плотности изверженных горных пород. Прочность структуры достигается за счет омоноличивания отдельных ее элементов, которая также сопоставима с прочностными показателями природных каменных материалов из изверженных горных пород.

Установлено, что путем спекания можно получить плотную структуру, свойственную природным каменным материалам, таким как гранит, габбро, базальт и др. Известно, что подобную структуру с водопоглощением менее 0,5 % имеет черепок фарфора. Однако технология фарфора сложна и очень дорога.

Плиточная технология менее затратна, так как здесь температура обжига ниже, но плитка имеет показатели, значительно уступающие фарфору (водопоглощение черепка напольной плитки 1,5...4 %). Плотность структуры плитки формируется за счет рационально подобранного состава, уплотнения масс при прессовании и последующего обжига до спекания с образованием прочной кристаллической структуры.

Технология плавящихся строительных материалов повторяет процесс структурообразования природного камня. Высокие плотность и прочность, а также нулевое водопоглощение в данном случае достигаются за счет образования однородной крупнокристаллической структуры из расплава.

Технология стеклокристаллических материалов (ситаллов), отличается от технологии каменного литья и плавящихся огнеупоров особым режимом охлаждения расплава, в результате которого сначала образуется стекло, а затем путем направленной кристаллизации достигается требуемая гомогенная стеклокристаллическая структура.

Главное отличие ситалловой структуры от других стеклокристаллических структур (например, фарфоровой) заключается в отсутствии ярко выраженной границы раздела фаз, кристаллической и стекловидной, так как кристаллы зарождаются и растут из стекловидной матрицы. Этим объясняются высокие упруго-деформативные и термомеханические, а также прочностные показатели при относительно низкой плотности структуры.

Учитывая вышеизложенное, а также некоторые технологические и экономические аспекты создания плотной стеклокристаллической структуры, наиболее рациональной в настоящее время представляется такая технология гранитокерамики, которая включала бы элементы прессовой технологии керамической плитки, омоноличивание при обжиге до спекания тугоплавких и оплавления легкоплавких компонентов с последующим отжигом и направленной кристаллизацией стекловидной фазы.

Главным условием выбора и оценки пригодности сырьевых материалов для получения гранитокерамики является низкотемпературный обжиг (до 1200 °С), что связано с возможностями оборудования промышленности строительной керамики.

В качестве основного сырья для получения гранитокерамики предполагается использовать отходы обработки природного камня кислых и средних горных пород, стеклобой и тугоплавкие глины.

Наиболее пригодным для этого видом отходов обработки природного камня является шлам. Он представляет собой мелкодисперсные отходы камня размерами менее 0,5 мм и удельной поверхностью 2000...10000 см<sup>2</sup>/г, образующиеся в результате осуществления процессов резания и шлифования при обработке камня.

Хотя доля шламов в суммарном объеме потерь сырья камнедобычи и камнеобработки не так велика, они являются наиболее активными и экологически вредными отходами камнеобрабатывающих предприятий, а уровень их утилизации крайне низок.

Прежде всего, речь идет о тонкодисперсном, не требующем измельчения шламе силикатного состава, являющемся отходом обработки горных пород группы гранитов (гранита, сиенита, диабазы, габбро, лабрадорита). Эти породы содержат в своем составе минералы (кварц, полевые шпаты и др.), применяющиеся в технологии отделочной керамики в качестве отощителей, плавней и т.п. А поскольку шлам представляет собой суспензию силикатных отходов в воде, это позволяет облегчить процесс его гомогенизации при смешивании с другими сырьевыми компонентами.

Необходимо отметить роль, которую будут играть отходы обработки природного камня. На стадии формования и сушки — это отощители для глиняной составляющей композиции, а на стадии обжига, являясь основным структурообразующим компонентом, они регулируют огневую усадку и долю жидкой фазы.

В работе в качестве тонкодисперсных отходов камнеобработки использовали специально подготовленный гранитный порошок. Исходя из необходимости получения плотной структуры использовали трехфракционный состав порошка: крупная фракция (0,5...0,1 мм) — 60...65 %; средняя фракция (0,1...0,05 мм) — 25...30 % и мелкая фракция (0,05...0,01 мм) — 10 %. Минералогический состав порошка: кварц — 25...30 %, полевые шпаты — 65...70 %, слюда — менее 3 %.

Необходимость использования стеклобоя связана с решением нескольких технологических задач, а именно — обеспечения необходимых условий формования, сокращения усадки при сушке, снижения температуры спекания и формирования требуемой стеклокристаллической структуры при обжиге. Для этого использовали бой тарного, оконного и кинескопного стекла.

Оценка пригодности стеклобоя заключалась в определении химического состава, температуры начала размягчения, интервала размягчения, вязкости, растворимости, кристаллизационной способности, а также плотности, твердости и температуры омоноличивания стеклобойной композиции. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физико-химические свойства стеклобойных композиций

Условный код и молекулярная формула стеклобойной композиции	$T_{\text{разм.}}$ , °C	Вязкость, Па·с, при $T$ , °C		Растворимость, усл. ед.	Кристаллизационная способность	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость	Истираемость, см <sup>3</sup> /мин
		800	1100					
Ст-1 2,5SiO <sub>2</sub> ·0,5Na <sub>2</sub> O·0,5CaO	830	10 <sup>5</sup>	17	4	Низкая	2,5	5,25	0,8
Ст-2 2,5SiO <sub>2</sub> ·0,47Na <sub>2</sub> O·0,53CaO	845	10 <sup>5</sup>	17	3	Низкая	2,58	5,5	0,9
Ст-3-э SiO <sub>2</sub> ·0,5Na <sub>2</sub> O·0,3BaO	1010	—	180	5	Отсутствует	2,8	6,0	0,95
Ст-3-к 3SiO <sub>2</sub> ·0,5Na <sub>2</sub> O·PbO	760	10 <sup>4</sup>	80	1,5	Отсутствует	2,9	6,5	1,0
Ст-3-т 3SiO <sub>2</sub> ·0,5Na <sub>2</sub> O·PbO	720	10 <sup>4</sup>	80	1	Отсутствует	3,1	6,5	1,5

Ст-1 — тарное стекло; Ст-2 — оконное стекло; Ст-3-э — кинескопное стекло (экран); Ст-3-к — кинескопное стекло (конус); Ст-3т — (тубус).

Анализ свойств стеклобойных композиций позволяет сделать вывод, что наиболее пригодными для получения требуемой стеклокристаллической структуры является бой кинескопного стекла типа Ст-3т и Ст-3к.

Роль глины — основополагающая, так как, обладая двумя необходимыми свойствами (пластичностью и спекаемостью), она исполняет роль связки на стадиях формования и омоноличивания.

Выбор глины определялся по нижеперечисленным требованиям, т.е. пластичностью и спекаемостью, а также химическим составом, в основном наличием в достаточном количестве Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (глинозема). Химический состав глин представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав глин

Глины	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	П.П.П.*
Латненская I	61,01	25,52	1,00	0,39	0,29	0,37	0,36	1,71	9,79
Гжельская	57,42	18,11	6,98	1,73	1,99	5,87	0,19	0,79	6,75
Алексеевская	53,04	10,76	4,7	8,75	4,32	2,25	1,04	0,72	11,81

\* Потери при прокаливании.

Пластичность и связующая способность глин, зависящие в основном от наличия в них глинистых минералов, позволяют обеспечить формование при минимальном ее количестве в шихте и необходимую структурную прочность до и после сушки. Однако при обжиге пластичные глины способствуют образованию жидкой фазы и уменьшению содержания кристаллической составляющей черепка.

Спекаемость, т.е. способность глин омоноличиваться при обжиге, как правило, также зависит от пластичности глины. Пластичные глины хорошо спекаются благодаря наличию в них глинистых минералов.

В работе опробовались латненская I, гжельская, алексеевская, а также кондровская и тропаревская глины. В результате испытаний установлено, что для стадии формования (прессования) предпочтение, за счет достаточной пластичности и связующей способности, отдается гжельской и алексеевской глинам. А для стадии выдержки перед сушкой и перед обжигом — гжельской, так как она наилучшим образом обеспечивает структурную прочность полуфабриката (коржа), а для стадии обжига более прочный черепок за счет высокой спекаемости дает латненская глина.

В результате испытаний выявлен оптимальный состав системы гранитный порошок — стеклобой — глина при температуре омоноличивания 1050 °С: гранитный порошок — 40 %, стеклобой — 40 %, глина — 20 % (по массе). Таким образом, рассмотрение структуры гранитокерамики относительно использования отходов позволяет сделать следующие выводы:

отходы обработки природного камня в значительном количестве (более 50 % по массе) являются структурообразующим элементом черепка, определяющим его термические и физико-механические свойства;

отходы стекольных производств и стеклобой в значительных количествах (до 40 %) изменяют фазовый состав, уменьшая кристаллическую и газовую составляющую, а также химическую и термодинамическую устойчивость системы;

омоноличивание системы кремнеземистых компонентов, глины и стеклобоя за счет спекания глины и размягчения стекла, а также диффузии стекла на границе кристалл — стекло обеспечивает получение стеклокристаллической системы, удовлетворяющей требованиям фасадных керамических материалов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбунов Г.И., Катков А.Л. Получение отделочных керамических материалов с использованием отходов обработки природного камня // Строительство — формирование среды и жизнедеятельности : сб. тр. М. : МГСУ, 2001.

2. Румянцев Б.М., Зайцева Е.И. Утилизация стеклобоя при получении строительных материалов // Академические чтения по строительному материаловедению : сб. тр. Белгород : БелГТАСМ, 2001.

#### REFERENCES

1. Gorbunov G.I., Katkov A.L. *Stroitelstvo — formirovaniye sredy i zhiznedeyatel'nosti* : sb. tr. [Construction — environment and life development : collection of papers]. Moscow, 2001.

2. Rumyantsev B.M., Zaitsev Ye.I. *Akademicheskiye chteniya po stroitel'nomu materialovedeniyu* : sb. tr. [Academic readings on materials and components science]. Belgorod, 2001.

Поступила в редакцию в мае 2011 г.

Об авторе: **Горбунов** Герман Иванович, доцент, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов, МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kanz@mgsu.ru

About author: **Gorbunov** German Ivanovich, Professor of finish and insulating materials technology department, Associate Professor, Candidate of Technical Science, Moscow State University of Civil Engineering, 26 Yaroslavskoye Freeway, 129337, Moscow, Russia, istus@mgsu.ru