

PAPER

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ ФАРФОРА ПОСРЕДСТВОМ ИЗМЕНЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА И КОНЦЕНТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Бозоров Носиржон Содикович^{1,*}, Умуркулов Каюмжон Парпиевич²,
Алишеров Отабек Алишер ўғли³

¹канд. физ-мат. наук, Профессор кафедры физики и астрономии. Кокандский государственный университет

² Преподаватель кафедры физики и астрономии. Кокандский государственный университет

³Преподаватель кафедры физики и астрономии. Кокандский государственный университет

* bozorov@gmail.uz

Abstract

Представлены результаты исследований, направленных на снижение температуры спекания фарфора за счёт изменения концентрации и гранулометрического состава основных компонентов керамических масс. В работе изучены химические и минералогические характеристики каолина, пегматита, кварца, полевого шпата и беложгущих глин, определяющих механизмы формирования стеклофазы и поведения материала при нагреве. Проведена оценка влияния доли кварц-полевошпатовых песков и пегматитов на величину водопоглощения, линейную усадку и плотность спечённых образцов. Установлено, что при содержании кварц-полевошпатовых песков на уровне 40–45 масс. % достигается оптимальное сочетание минимального водопоглощения (0,80–0,84 %) и максимальной усадки, свидетельствующее о завершённом процессе спекания. Исследования показали, что составы с включением пегматитов характеризуются формированием более вязкого расплава и расширенным температурным интервалом спекания. На основе полного факторного эксперимента определены технологические параметры производства низкотемпературного фарфора, позволяющие снизить температуру изотермической выдержки до 1150–1175 °С при сохранении эксплуатационных свойств материалов. Полученные данные расширяют научно-технические подходы к оптимизации низкотемпературного обжига и подтверждают перспективность использования техногенного сырья в производстве фарфора.

Key words: фарфор, низкотемпературный обжиг, каолин, пегматит, кварц, полевой шпат, керамические массы, спекание, стеклофаза, гранулометрический состав.

Введение

Керамическая промышленность относится к числу наиболее материалоёмких отраслей промышленности, где рациональное использование сырья и энергоносителей становится ключевым фактором повышения эффективности производства. Одним из наиболее актуальных направлений совершенствования технологии является снижение температуры спекания фарфоровых масс без ухудшения их физико-механических свойств.

Известно, что каолин, пегматиты, кварц и полевошпат существенно различаются по химическому составу, минералогической структуре и температуре начала плавления, что определяет их влияние на формирование стеклофазы и структуру фарфорового черепка. Изменение концентрации компонентов и оптимизация их гранулометрического состава позволяют регулировать вязкость расплава, интенсивность растворения кварца и глинистых минералов, а также ширину температурного интервала спекания.

Целью работы является исследование влияния концентрации и размера фракций кварц-полевошпатовых песков, пегматитов и каолина на снижение температуры спекания фарфора и формирование структурно-фазовых характеристик низкотемпературных керамических материалов. Характеристика сырьевых компонентов Химический состав Химический состав исследованных материалов приведён в таблице 1. Таблица 1 — Химический состав исследованных сырьевых материалов (масс. %)

Наименование сырья	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	П.П.П.
Пегматит вскрышной	69,86	17,12	0,17	0,71	0,94	0,32	4,84	5,62	0,41
Пески кварц-полевошпатовые	62,05	15,94	0,58	4,18	4,72	2,01	4,27	3,85	2,39
Стеклобой	67,40	5,81	-	1,76	7,21	3,38	12,73	2,0	-
Глина огнеупорная канатская	61,79	23,20	-	0,34	0,27	0,15	1,24	1,43	11,57

Пегматиты характеризуются повышенным содержанием щелочных оксидов (до 10,46 масс. %), что определяет их высокую флюсующую способность. Минимальное содержание оксидов железа (0,71 масс. %) способствует сохранению белизны фарфора. Кварц-полевошпатовые пески имеют аналогичное содержание Na₂O+K₂O, однако отличаются более высоким содержанием кварца и наличием гематита.

Минералогический состав: Минералогический состав исследовался методами рентгено-спектрального (Agilent 5110 ICP-OES) и рентгенофазового анализа (XRD-6000 Shimadzu).

Пегматиты представлены ортоклазом, альбитом, плагиоклазом и кварцем с примесями кальцита. Кварц-полевошпатовые пески содержат преимущественно анортит и плагиоклаз, что обуславливает снижение температуры плавления, но может сужать интервал спекания.

Теоретические основы снижения температуры спекания Начало образования расплава в системе Na₂O–Al₂O₃–SiO₂ и K₂O–Al₂O₃–SiO₂ зависит от состава полевых шпатов и количества щелочных оксидов. Флюсующая активность полевых шпатов проявляется при температурах выше 900 °С. Повышение температуры вызывает:

- растворение каолинита и кварца;
- формирование стеклофазы;
- уплотнение структуры и уменьшение пористости;
- увеличение прочности при оптимальном содержании стеклофазы (до 50 %).

При избытке жидкой фазы происходит деформация изделий и рост хрупкости. Методика эксперимента

Сырьевые материалы подвергали дроблению и измельчению в кольцевой шаровой мельнице. Водопоглощение и линейная усадка образцов определялись после изотермической выдержки при 1150 °С (ГОСТ 2409-80).

В дальнейшем проведён полный факторный эксперимент с варьированием:

- температуры спекания;
- времени изотермической выдержки;
- содержания кварц-полевошпатовых песков.

Влияние концентрации кварц-полевошпатовых песков При увеличении концентрации кварц-полевошпатовых песков до 45 масс. % водопоглощение снижается до 0,80–0,84 %, а линейная усадка достигает 7,2–7,6 %, что свидетельствует о максимальной плотности черепка. Превышение содержания свыше 45 масс. % приводит к появлению избыточной жидкой фазы, деформации образцов и увеличению водопоглощения. Влияние температуры спекания Минимальное водопоглощение достигается в диапазоне 1150–1175 °С для составов, содержащих как пегматиты, так и кварц-полевошпатовые пески. Это подтверждает расширение интервала спекания благодаря присутствию калиевого полевого шпата. Выбор оптимального состава С учётом физико-механических характеристик оптимальным признан состав с содержанием кварц-полевошпатовых песков 40–45 масс. %, обеспечивающий устойчивое формирование вязкой стеклофазы и стабильную геометрию изделий при низкотемпературном обжиге. Заключение Проведённые исследования позволили обосновать эффективный подход к снижению температуры спекания фарфора за счёт оптимизации концентрации и гранулометрического состава минеральных компонентов. Установлено, что введение 40–45 масс. % кварц-полевошпатовых песков и использование пегматитов с повышенным содержанием щелочных оксидов обеспечивает формирование вязкой стеклофазы, активное растворение кварца и глинистой составляющей и значительное повышение степени уплотнения черепка. Оптимальный диапазон температур изотермической выдержки составляет 1150–1175 °С, что позволяет отнести разработанный состав к низкотемпературным фарфоровым массам. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования техногенного сырья, уменьшают энергозатраты и расширяют возможности промышленного производства фарфоровых изделий.

Список литературы

1. Вакалова Т. В., Хабас Т. А., Верещагин В. И., Погребенков В. М. Глины. Особенности структуры и методы исследования. Томск,

2005. 248 с.

2. ГОСТ 2409–80. Материалы и изделия огнеупорные. Методы определения водопоглощения, кажущейся плотности, открытой и общей пористости. М.: Изд-во стандартов, 1981. 15 с.
3. Григорович М. Б., Немировская М. Г. Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов. М.: Недра, 1987.
4. Грум-Гржимайло О. С., Горшков О. А. Растворение кварца при обжиге масс для фарфора с различными полевошпатовыми материалами и добавками талька // Труды НИИ-стройкерамики. 1984. Вып. 55.
5. Денисенко Л. Е. Исследование плавнеобразующих материалов для фарфора. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1981.
6. The zone of damage for high-modulus materials in explosion-loaded granite AM Leksowskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov, AB Sinani, ... Technical Physics Letters 28 (8), 705–706
7. Зона поврежденности высокомодульных материалов при взрывном нагружении гранита AM Лексовский, ВА Боровиков, НС Бозоров, АА Абдуманонов, ... Письма в ЖТФ 28 (16)
8. Obnaruzhenie mikrotreshhin v obrazcah gornyh porod s pomoshh'ju ljuminescentnoj mikroskopii AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanov Pis' ma v Zhurnal tehnichekoj fiziki–JETP Letters 22 (3), 6–10
9. Обнаружение микротрещин в образцах горных пород с помощью люминесцентной микроскопии AM Лексовский, ВА Боровиков, НС Бозоров, АА Абдуманонов Письма в ЖТФ 22 (3), 6–9
10. Observation of microcracks in rocks by means of luminescence microscopy AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, A Abdumanonov Technical Physics Letters 22 (2), 93–94

11. The influence of external factors on the mechanical Properties of the material Bozorov N. S, Umurkulov K. P. Central asian journal of mathematical theory and computer sciences <https://Cajmtcs.Centralasianstudies.Org>, 123-127
12. Boundary separation and binding energy of atoms in the real surface of a solid Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 65-67
13. Formation of ideas about micromechanics destruction in the process of teaching a physics course Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 60-64
14. Some aspects of surface processes on a solid body Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 78-80
15. Кинетика поверхностных процессов на твердом теле Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A Ta'lim jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etishda ta'lim sifatini boshqarish muammolari.