

На правах рукописи

МАЙОРОВА Елена Викторовна

**МЯГКИЙ ФАРФОР НА ОСНОВЕ СЛЮДЯНСКОГО
ВОЛЛАСТОНИТА**

05.17.11 – Технология керамических, силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск 1998г.

Работа выполнена в Иркутском государственном техническом университете

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Г.М. Азаров
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Смирнов С.В. кандидат технических наук, доцент Погребенков В.М.
Ведущее предприятие	АООТ «Хайтинский фарфор»

Защита состоится 26 мая 1998 года в 13 часов в аудитории 117/2 на заседании диссертационного совета К 063.80.11 при Томском политехническом университете по адресу: 634004, г.Томск, пр. Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томской политехнического университета.

Автореферат разослан 25 апреля 1998 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Т.С.Петровская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современных условиях важным направлением развития производства является создание новых технологий, которые отвечали бы требованиям высокой эффективности и сохранения экологического равновесия. Этим требованиям отвечает энергетически выгодная технология. В этой связи в производстве фарфора стоит задача снижения энергозатрат за счет снижения температуры обжига фарфора без ущерба для качества получаемых изделий. Поэтому темой настоящей работы является разработка состава «мягкого» фарфора. Кроме того, актуальным вопросом является использование местного сырья. Большие запасы и высокая чистота слюдянских волластонитовых пород делают их перспективным сырьем для производства фарфора.

Цель диссертационной работы: разработка состава и технологии мягкого фарфора с использованием слюдянских волластонитов и диопсидов на основе исследования их влияния на структурообразование и свойства фарфорового черепка.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) Исследование влияния добавок волластонита на структуру и свойства традиционного глино-кварц-полевошпатового фарфора;
- 2) Выбор оптимальных добавок волластонита в традиционный глино-кварц-полевошпатовый фарфор;
- 3) Разработка мягкого фарфора на основе волластонита;
- 4) Выбор оптимального состава волластонитового фарфора;
- 5) Разработка технологии мягкого фарфора, содержащего волластонит;
- 6) Определение свойств готовых изделий из волластонитового фарфора.

Научная новизна представлена исследованием влияния добавок необогащенного слюдянского волластонита на структуру и свойства мягкого фарфора.

Установлено, что введение добавок волластонита в количестве от 25% до 35% (сверх 100%) влияет на изменение фазового состава мягкого фарфора с переходом от кварц-муллитовой к анортит-волластонитовой кристаллической фазе. Эти добавки позволяют снизить усадку масс в сушке и обжиге, повысить термостойкость и прочность изделий. Волластонит-содержащий фарфор обладает повышенной по сравнению с традиционным глино-кварц-полевошпатовым фарфором белизной и просвечиваемостью.

Практическое значение работы определяется представленными в настоящей работе возможностями использования в составе масс для производства мягкого фарфора волластонитового и диопсидового сырья Байкальского региона в композиции с трошковской глиной и нарынкунтинским полевым шпатом. Конечная температура обжига фарфора снижается на 100-150 °С при достижении требуемых свойств фарфора.

Теоретические положения, обоснованные в диссертации, создают практическую основу моделирования фарфоровых масс с достижением требуемых свойств и обеспечением снижения температуры спекания на 100-150 °С.

На основе изложенных в диссертации теоретических и практических положений, проведенных экспериментов разработана технология фарфора, содержащего слюдянский волластонит и диопсид.

Теоретические и практические положения диссертации могут служить основой для решения задач по повышению эффективности фарфорового производства за счет снижения энергетических затрат и повышения качества изделий.

Апробация работы. Диссертационная работа и ее отдельные разделы докладывались и обсуждались на Всероссийском совещании «Наука и технология силикатных материалов в новых условиях рыночной экономики» в Москве в 1995 году, на научно-технических конференциях химико-металлургического факультета Иркутского государственного технического университета в 1997 и 1998 гг., на научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительного материаловедения» в Томске в 1998 г.

Разработанный состав мягкого фарфора на основе слюдянского волластонита прошел промышленную проверку на Хайтинском фарфоровом заводе (Иркутская область).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов по работе, списка использованной литературы из 130 наименований и приложений. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 30 таблиц и 21 рисунок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, обоснованы научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе приведен краткий обзор литературных данных, касающихся возможностей и перспектив получения мягкого фарфора на основе волластонита. Приведены характеристики состава и свойств мягкого традиционного (глино-кварц-полевошпатового) и волластонитсодержащего фарфора. На основании анализа работ по изучению влияния волластонита на фазообразование и свойства керамики сделан вывод о целесообразности применения волластонита в составе фарфоровых масс.

Во второй главе приведены характеристики сырьевых материалов и их месторождений, изложена методика теоретических и экспериментальных исследований. В работе использованы традиционные физико-химические методы исследований, такие как термографический, дисперсионный, рентгенофазовый и химический анализы.

Объектами исследований явились: местное сырье - трошковская глина серой сухарной разновидности «кристалл», нарын-кунтинский полевой шпат, природные слюдянские диопсид и волластонит, тулунский кварцевый песок, а также обожженные фарфоровые образцы различных составов. Отмечена высокая чистота (низкое содержание красящих оксидов и нежелательных примесей), значительное количество запасов и доступность сырьевых материалов. Химические составы сырьевых материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав сырьевых материалов, %

Наименование	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+ Na ₂ O	п.п.п.
слюдянский волластонит	33,68	0,03	0,01	0,04	49,19	0,87	0,02	16,15
трошковская глина	50,94	33,30	0,47	0,75	1,80	0,73	0,34	11,34
полевой шпат	67,02	19,05	0,01	0,26	0,45	0,25	13,76	0,13
слюдянский диопсид	56,47	1,17	0,04	0,64	22,83	17,08	0,52	1,25
тулунский песок	95,82	2,38	--	0,17	0,39	--	0,6	0,64

Для изучения влияния добавок волластонита на структуру и свойства фарфора традиционного состава за базовый был принят состав фарфоровой массы Хайтинского фарфорового завода (в дальнейшем обозначаемый как масса-основа О). Состав массы-основы О (мас.%): глина трошковская- 50; кварцевый песок- 30; полевой шпат- 20. Добавки волластонита вводились в количестве 5, 10, 15...50, 65, 80, 100, 125, 150, 200 мас.% (сверх 100%). Компонентные составы шихт приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Компонентные составы шихт традиционного фарфора с добавками волластонита, мас. %

Обозначение	Глина трошковская	Кварцевый песок	Полевой шпат	Волластонит слюдянский	Сумма
Вл5	48	29	19	4	100
Вл10	45	27	18	10	100
Вл15	44	26	17	13	100
Вл20	42	25	16	17	100
Вл25	40	24	16	20	100
Вл30	39	23	15	23	100
Вл35	37	22	15	26	100
Вл40	36	21	14	29	100
Вл45	34	21	14	31	100
Вл50	34	20	13	33	100
Вл65	30	18	12	40	100
Вл80	28	17	11	44	100
Вл100	25	15	10	50	100
Вл125	22	13	9	56	100
Вл150	20	12	8	60	100
Вл200	17	10	7	66	100

Образцы для исследований готовились методом полусухого прессования. Обжиг проводился в лабораторной силитовой печи с выдержкой в течение 1 часа при различных температурах. Оценка свойств обожженных образцов, а именно водопоглощения и механической прочности на изгиб, производилась в зависимости от содержания волластонита в массе и максимальной температуры обжига. Проведен рентгенофазовый анализ лучших волластонитсодержащих материалов.

Эксперимент по получению мягкого фарфора на основе волластонита планировался при помощи симплекс-метода. Содержание глинистых задавалось в интервале 20-65% (мас.), полевого шпата- 8-34%, диопсида 9-40%, шаг 1%. Химические составы масс пересчитывались по правилу Рихтера на трехкомпонентные, соответствующие составу систем $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Расчеты производились с использованием лицензионной программы «MathCAD 2.04» компании Mathsoft Inc. На основании теоретического анализа масс в тройных системах оксидов и изучения спекаемости выбран базовый состав, обозначенный как основа АЕ. Состав основы АС (%): глинатрошковская- 60, нарын-кунтинский полевой шпат- 20, слюдянский диопсид- 20. С целью выявления максимальной допустимой добавки волластонита в массу АЕ сверх 100% вводились добавки необогащенного слюдянского волластонита в количестве 5, 10, 15...50, 65, 80, 100%. Компонентные составы шихт приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Компонентные составы шихт мягкого фарфора на основе слюдянского волластонита, мас. %

Обозначение	Глина трош-ковская	Полевой шпат	Диопсид	Волластонит	Сумма
AE5	57	19	19	5	100
AE10	55	18	18	9	100
AE15	53	17	17	13	100
AE20	50	16	17	17	100
AE25	48	16	16	20	100
AE30	46	16	15	23	100
AE35	44	15	15	26	100
AE40	43	14	14	29	100
AE45	41	14	14	31	100
AE50	40	14	13	33	100
AE60	38	13	13	37	100
AE85	32	11	11	46	100
AE100	30	10	10	50	100

Химические составы экспериментальных масс приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4.

Химический состав фарфоровых масс на основе традиционного фарфора (масса-основа О- Хайтинский фарфоровый завод), мас. %

Обозн	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	п.п.п.
Вл5	66,68	20,21	0,21	0,43	2,53	0,88	2,92	6,14
Вл10	64,58	18,97	0,19	0,40	5,45	0,88	2,76	6,77
Вл15	63,43	18,46	0,19	0,38	6,91	0,88	2,62	7,13
Вл20	62,10	17,59	0,19	0,37	8,85	0,88	2,47	7,55
Вл25	61,15	16,89	0,18	0,35	10,30	0,88	2,46	7,79
Вл30	60,00	16,35	0,18	0,34	11,76	0,89	2,32	8,16
Вл35	59,01	15,65	0,17	0,33	13,23	0,88	2,31	8,42
Вл40	57,87	15,12	0,16	0,32	14,68	0,89	2,16	8,80
Вл45	57,52	14,44	0,16	0,31	15,65	0,87	2,15	8,90
Вл50	56,56	14,24	0,16	0,31	16,63	0,88	2,01	9,21
Вл65	54,27	12,66	0,14	0,28	20,03	0,88	1,85	9,89
Вл80	52,97	11,78	0,13	0,27	21,97	0,87	1,70	10,31

Таблица 4 (продолжение).

Обозн	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	п.п.п.
Вл100	50,81	10,57	0,12	0,24	24,89	0,88	1,55	10,94
Вл125	48,73	9,33	0,10	0,21	27,81	0,88	1,39	11,55
Вл150	47,40	8,45	0,10	0,20	29,75	0,88	1,24	11,98
Вл200	45,30	7,22	0,08	0,18	32,67	0,86	1,08	12,61

Таблица 5.

Химические составы волластонитсодержащих масс на основе АЕ, мас. %

Обозн	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	п.п.п.
АЕ5	54,23	22,97	0,27	0,53	0,07	7,32	4,18	2,93	7,50
АЕ10	53,36	22,09	0,25	0,51	0,06	9,04	4,01	2,78	7,90
АЕ15	52,43	21,05	0,44	0,49	0,06	10,75	3,83	2,64	8,31
АЕ20	51,93	20,03	0,43	0,47	0,06	12,20	3,81	2,62	8,45
АЕ25	51,01	19,36	0,22	0,47	0,06	13,92	3,65	2,46	8,85
АЕ30	50,43	3-0	0,22	0,45	0,05	15,15	3,48	2,45	9,10
АЕ35	49,74	17,82	0,21	0,41	0,05	16,61	3,48	2,31	9,37
АЕ40	49,02	17,28	0,20	0,41	0,05	17,84	3,31	2,17	9,72
АЕ45	48,67	16,60	0,20	0,39	0,05	18,82	3,28	2,16	9,83
АЕ50	48,27	16,25	0,19	0,38	0,04	19,56	3,14	2,16	10,01
АЕ60	46,91	15,39	0,18	0,37	0,04	21,52	3,14	2,01	10,44
АЕ85	45,42	12,97	0,15	0,32	0,04	25,43	2,78	1,70	11,19
АЕ100	44,52	12,11	0,14	0,29	0,04	27,14	2,61	1,55	11,60

В третьей главе представлены экспериментальные результаты по исследованию влияния различных добавок волластонита на спекаемость традиционного фарфора, изучению структурообразования фарфора, содержащего волластонит, результаты эксперимента по разработке состава и изучению свойств мягкого фарфора на основе волластонита.

Изучение влияния добавок волластонита на структуру и свойства фарфора традиционного состава

Графики зависимости водопоглощения и механической прочности на изгиб опытных образцов на основе традиционного глино-кварц-полевошпатового фарфора от содержания в массе слюдянского волластонита (сверх 100%) приведены на рис. 1 и 2.

При температурах обжига 1150 и 1200 °С образцы, приготовленные из составов на основе О (маркировка Вл5-Вл200), не спекаются либо имеют слишком большое водопоглощение и низкую механическую прочность.

Лучшие свойства показывают массы с добавками волластонита 25-30% (сверх 100%) при температуре обжига 1200 °С.

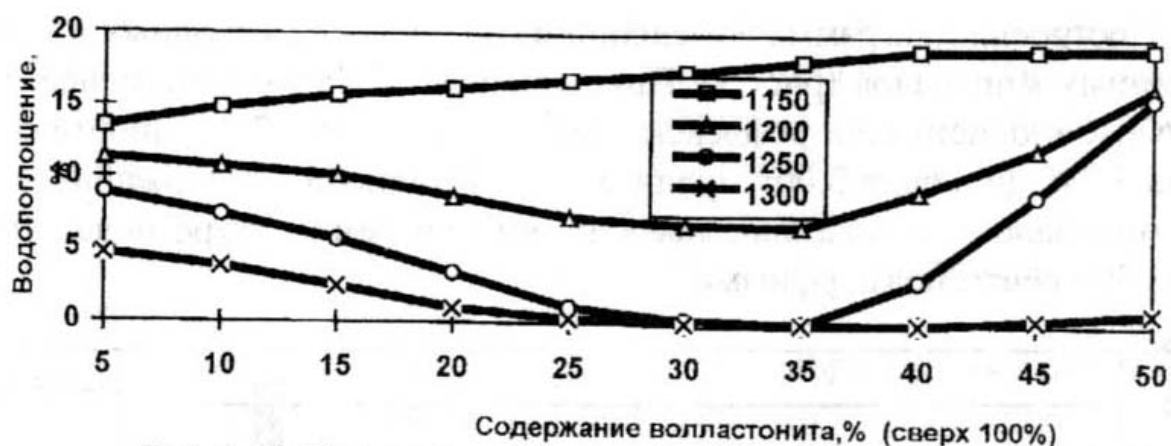


Рис. 1. График зависимости водопоглощения опытных образцов от содержания волластонита в массе (сверх 100%)

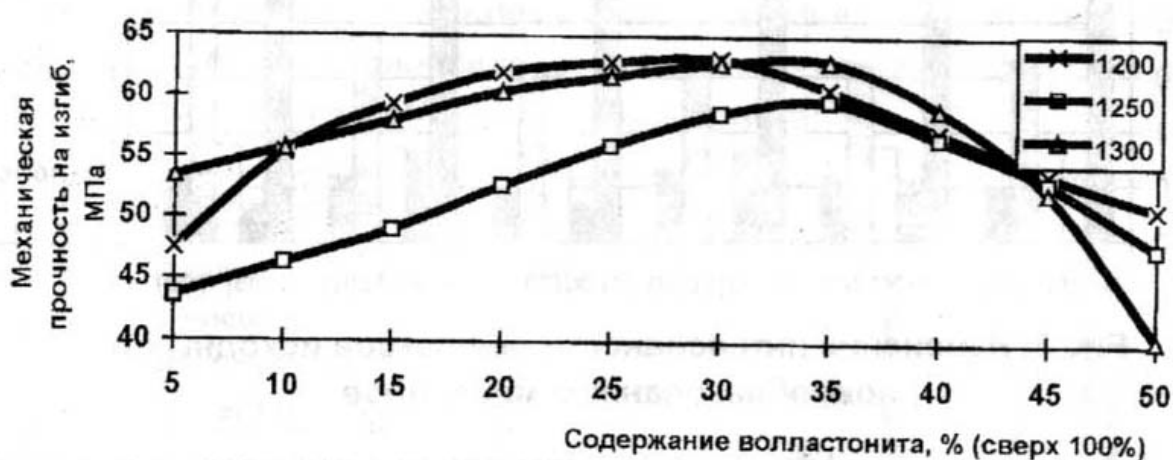


Рис. 2. График зависимости механической прочности на изгиб от содержания волластонита в массе

При температуре обжига 1250°C оптимальными являются добавки волластонита 30-35% (сверх 100%). При добавлении волластонита 40% и более снижается механическая прочность и повышается водопоглощение фарфоровых масс.

При более высокой температуре обжига лучшими являются добавки волластонита 25% (сверх 100%). Волластонит в большем количестве выступает в роли сильного плавня, что приводит к остекловыванию образцов. При увеличении содержания волластонита в массе от 5 до 20 % (сверх 100%) механическая прочность образцов ухудшается, несмотря на уменьшение открытой пористости образцов. Это объясняется увеличением закрытой пористости и содержания стекловидной фазы. Образцы Вл65-Вл200 сильно оплавлены, поэтому их свойства не определялись.

Добавки волластонита более 50% значительно сужают интервал спекания (до $10-20^{\circ}\text{C}$) и поэтому нежелательны.

По данным рентгенофазового анализа оценивалось изменение фазового состава фарфора Вл25-Вл35 в зависимости от содержания волластонита и конечной температуры обжига.

Построена диаграмма изменения интенсивности исходных и новообразованных минералов (рис. 3). При этом рассматривали наименее чувствительные к ориентации рефлексы: для волластонита- 2,97; анортита-3,20. кварца-3.24; диопсида-3.00, муллита-2,21. Изменение содержания глинистых минералов не показано, так как они при температуре более 1000⁰С становятся рентгеноаморфными.

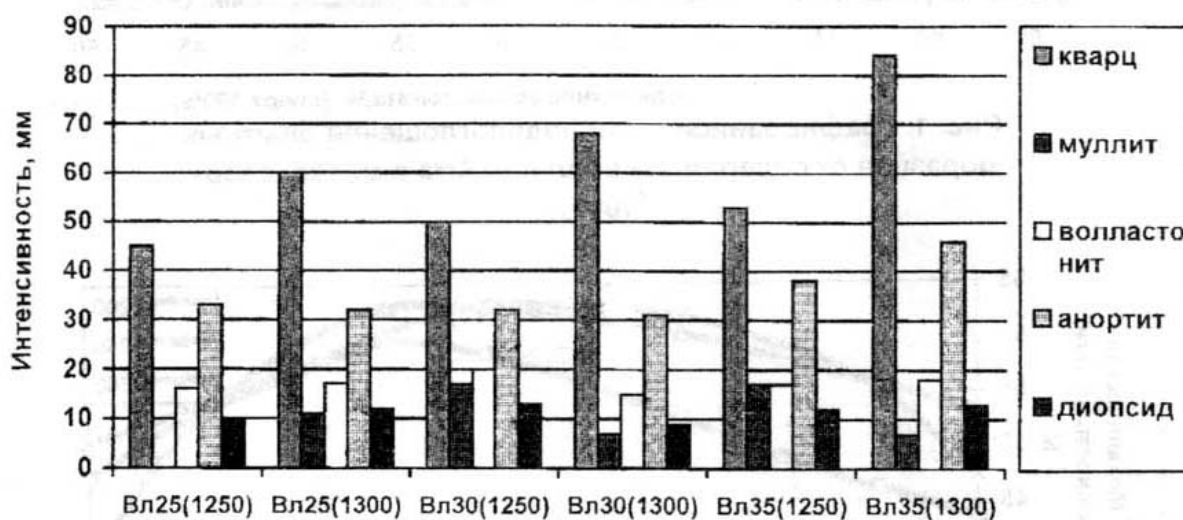


Рис 3. Изменение интенсивности рефлексов исходных и новообразованных минералов

Интенсивность рефлексов волластонита практически не изменяется. Это позволяет предположить, что кристаллическая фаза содержит некоторое количество остаточного волластонита, не прореагировавшего в твердой фазе и не растворившегося в расплаве.

Интенсивность рефлексов анортита изменяется мало в массах Вл25-Вл30 и значительно увеличивается для массы Вл35. Поскольку анортит-новообразованный минерал, незначительное изменение интенсивности его рефлексов означает, что содержание анортита существенно не изменяется ни с увеличением содержания волластонита, ни с увеличением температуры обжига, однако при введении волластонита 35% (сверх 100%) содержание анортита возрастает.

Содержание диопсида само по себе незначительно, так как диопсид является примесью в волластоните в количестве 8,7%.

Интенсивность рефлексов муллита почти не изменяется, это подтверждает предположение, что введение волластонита в фарфоровые массы затрудняет процесс муллитообразования.

Выбрана оптимальная добавка волластонита- 35% (сверх 100%). Состав фарфоровой массы Вл35 (%): глина-37, кварцевый песок-22, волластонит-26, полевой шпат-15. Конечная температура обжига 1250 ⁰С. Полученный фарфор имеет нулевое водопоглощение и механическую прочность на изгиб 59,7 МПа.

Сравнение свойств опытных образцов со свойствами фарфора базового состава показывает, что добавки волластонита способствуют понижению конечной температуры обжига (примерно на 100 °С) при достижении удовлетворительных физико-механических и эстетических свойств фарфора.

Разработка состава и изучение свойств мягкого фарфора на основе волластонита

На основании результатов эксперимента выбран оптимальный состав АЕ20 (трошковская глина-50%, полевой шпат-16%, диопсид-37%, волластонит-17%). Оптимальный режим обжига- конечная температура 1200 °С, выдержка 1 час.

Рентгенофазовый анализ фарфора АЕ20 (температура обжига 1200°С) показал, что кристаллическая фаза фарфора состоит из анортита, кварца, волластонита и диопсида со следами муллита. Штрих-диаграмма, построенная по данным РФА, приведена на рис. 4.

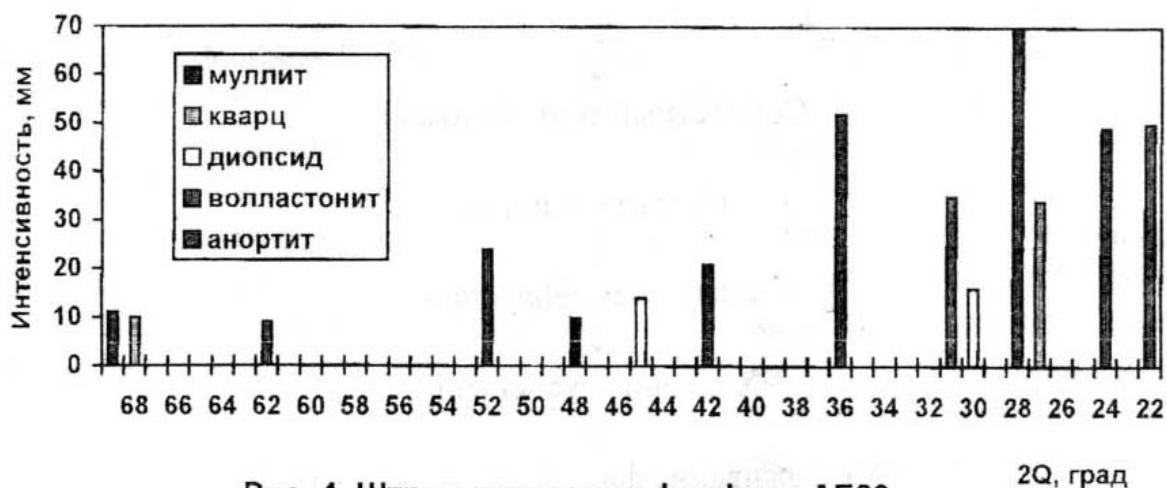


Рис. 4. Штрих-диаграмма фарфора АЕ20

Свойства фарфора оптимальных составов и традиционного фарфора глино-кварц-полевошпатового состава приведены в табл. 6.

Таблица 6.

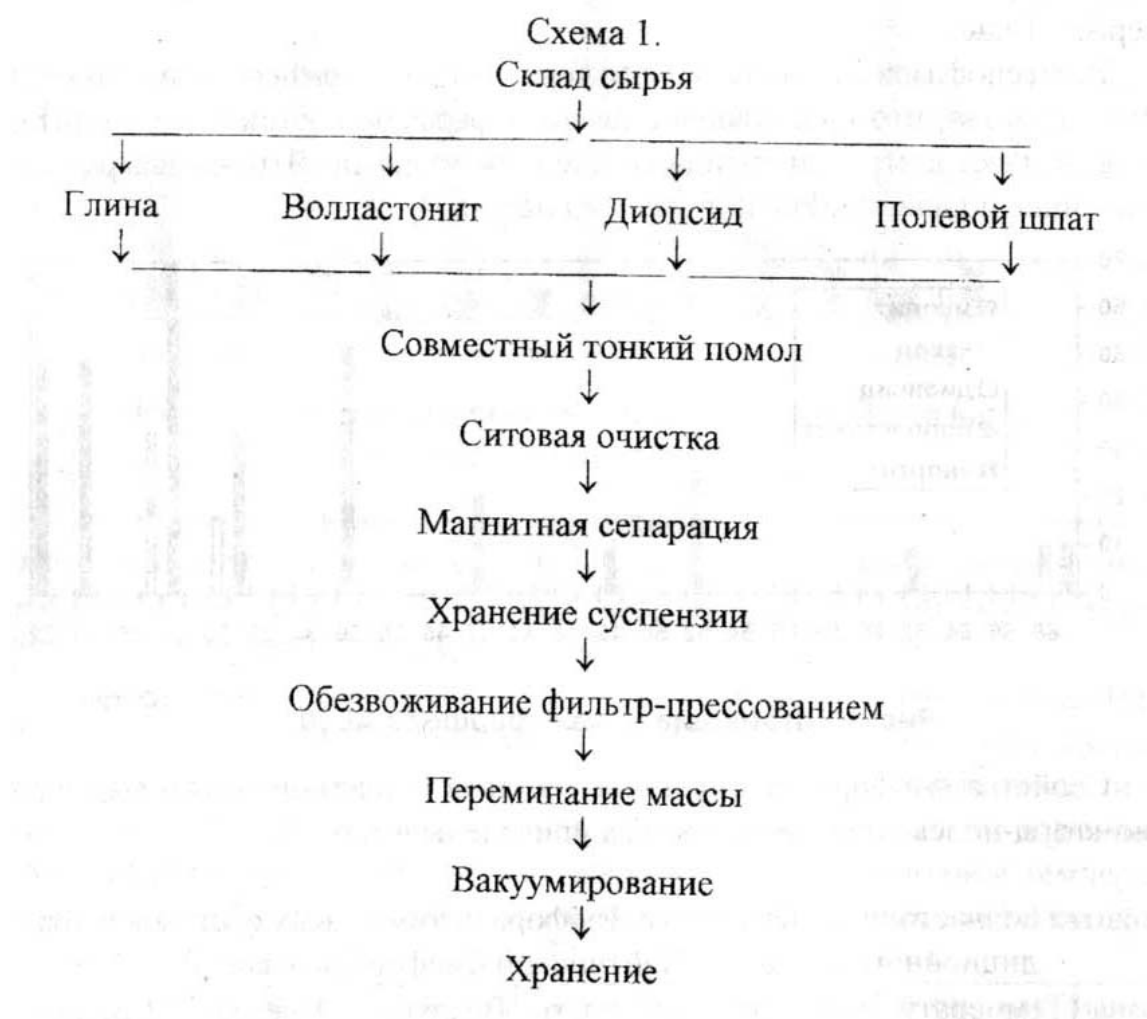
Свойства волластонитсодержащего фарфора оптимальных составов и традиционного фарфора (Хайтинский фарфоровый завод)

Обозначение	Температура обжига, °С	Водопоглощение, %	Плотность, г/см ³	Воздушная усадка, %	Огневая усадка, %	Предел прочности на изгиб, МПа
Хайтинский фарфор	1360	0,3	2,42	5,6	6,3	67,4
Вл35	1250	0,0	2,77	1,8	6,1	59,7
АЕ20	1200	0,0	2,83	1,3	6,5	69,8

В четвертой главе представлены разработка технологии волластонитового фарфора и свойства готовых изделий.

Традиционные фарфоровые массы содержат в своем составе как каолин, так и пластичную глину. Особенности состава и свойств трошковской глины позволяют обходиться без дополнительного введения в фарфоровые массы каолина и пластичных глин.

Принцип подготовки массы приведен на схеме 1. Предусматривается использование следующих сырьевых материалов: трошковской глины, нарын-кунтинского полевого шпата, слюдянского диопсида и волластонита.



Массу готовят путем совместного помола и смешивания в шаровой мельнице всех ее компонентов (прошедших предварительное дробление). Помол массы осуществляется до остатка на сите 0056 1,5-2% в течение 6,5 ч. при использовании уралитовых шаров. Оптимальный набор мелющих тел: 40% шаров диаметром 10-15 мм, 30%- диаметром 20-25 мм, 30%- 25-30 мм. Оптимальное содержание воды 64-68%. После ситовой очистки и магнитной сепарации суспензия обезвоживается в камерных фильтр-прессах до содержания воды 19-26%. Для достижения однородно-

сти массу пропускают через глиномялку, а затем обрабатывают вакуумом. При этом снижается содержание воздуха в массе и повышается ее пластичность.

Формование изделий осуществляется пластичным способом.

Сушка изделий осуществляется в один или несколько приемов зависимости от ассортимента и условий производства. В один или два приема сушат плоские изделия (блюдца в один прием, тарелки в один или два приема). Длительность сушки в один прием 2-3 часа. Сушка полых формованных и литых изделий осуществляется в два приема, при наличии приставных деталей - в три (при склеивании приставных деталей по «сухому» черенку).

Традиционно тонкостенные фарфоровые изделия обжигают в два этапа: утильный обжиг - при температуре 800-1000 °С и политой обжиг - при температуре 1250-1350 °С. Посуда и другие тонкостенные фарфоровые изделия при глазуровании легко разрушаются. Поэтому необходим предварительный - утильный обжиг, в результате которого изделия приобретают требуемую прочность и не размокают при глазуровании. При политом обжиге заканчиваются высокотемпературные процессы образования фарфора, а также образования стекловидного слоя глазури на поверхности изделия.

Использование трошковской глины в составе фарфоровой массы АЕ20 позволило применить однократный обжиг хозяйственного фарфора, так как черепок в сыром виде медленно размокал в глазури и имел достаточную прочность.

Лабораторные исследования показали, что изделия, изготовленные по-новому, одинаковы или лучше по качеству изделий при медленном двукратном обжиге. Прочность и пористость изделий при однократном скоростном обжиге равны или выше прочности изделий, обжигаемых обычным способом.

Производственное опробование подтвердило, что механическая прочность сухих изделий (с влажностью не выше 2%) вполне достаточна, размокания при глазуровании не наблюдается, качество изделий после однократного обжига не отличается от изделий двукратного обжига.

Преимуществом однократного скоростного обжига явилось уменьшение растрескивания (цека), так как масса и глазурь «созревают» вместе при глубоком проникновении глазури в черепок.

Многолетняя практика применения однократного обжига на Хайтинском фарфоровом заводе показывает, что однократно можно обжигать только изделия с толщиной черепка от 3 до 4 мм. Все тонкостенные фарфоровые изделия (с толщиной черепка на 0,5 мм ниже стандарта) обязательно подвергаются двукратному обжигу с целью предотвращения брака и получения более качественного фарфора.

Свойства изделий из мягкого фарфора на основе волластонита

Просвечиваемость определялась по ГОСТу 24769-8), белизна – по ГОСТу 24768-81, стойкость к термоудару определялась методом разрушающего температурного перепада по ГОСТу 24770-81 (СТу СЭВ 3358-81). Результаты испытаний приведены в табл. 7.

Таблица 7.

Свойства изделий из мягкого волластонитового фарфора

Пористость %	Разрушающий температурный перепад, °С	Белизна неглазу- ванная, %	Просвечиваемость, %
0,0	160	74,2	0,7

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1) Добавки необогащенного слюдянского волластонита в фарфоровую массу традиционного состава влияют на структурообразование и свойства фарфора. Состав кристаллической фазы изменяется от кварц-муллитового к анортит-волластонит-кварц-муллитовому. Благодаря введению волластонита улучшаются физико-механические свойства фарфоровых изделий: прочность, термостойкость, белизна и просвечиваемость.

2) Температура обжига фарфора, содержащего волластонит в количестве 30-35% (сверх 100%), на 100 °С ниже, чем у традиционного, т.к. волластонит образует легкоплавкие эвтектики с глинистыми материалами, что способствует образованию расплава при более низких температурах и интенсификации спекания.

3) Оптимальная добавка волластонита в фарфор, содержащий 50% трошковской глины, 30% полевого шпата и 20% кварцевого песка, составляет 35% (сверх 100%).

4) Разработан состав фарфора, содержащий слюдянский необогащенный волластонит в количестве 17%, 17% диоксида, 16% полевого шпата и 50% трошковской глины. Фарфор характеризуется низкой усадкой при сушке и обжиге, высокой деформационной устойчивостью, прочностью, термостойкостью, а также хорошей белизной и просвечиваемостью.

5) Температура обжига разработанного фарфора 1200 °С, что на 150 °С ниже температуры обжига традиционного фарфора.

6) Технология фарфора, содержащего трошковскую глину, слюдянский волластонит и диопсид, нарын-кунтинский полевой шпат, включает однократный обжит толстостенных изделий (толщина черепка 3-4 мм) и двукратный-тонкостенных.

Основные результаты диссертационной работы отражены в следующих публикациях:

1. Мягкий фарфор, содержащий волластонит и диопсид /Азаров Г.М., Майорова Е.В. //Тез. докл. на Всерос. совет. «Наука и технология силикатных материалов в совр усл. рыночной экономики», Москва, 6-9 июня 1995.
2. Диопсид- сырье для производства фарфора /Азаров Г.М., Власов А.С., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Стекло и керамика, №8, 1995.
3. Волластонитовое сырье и области его применения /Азаров Г.М., Беляков А.В., Майорова Е.В., Оборина М.А //Стекло и керамика, №9, 1995.
4. Использование волластонита в производстве фарфора и глазури /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Современные проблемы строительного материаловедения. Вторые академические чтения РААСН. Часть 2. Новые материалы и изделия из керамики и минеральных расплавов общестроительного и специального назначения, Казань, 1996.
5. Керамические декоративные плиты, содержащие диопсид /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Современные проблемы строительного материаловедения. Вторые академические чтения РААСН. Часть 2. Новые материалы и изделия из керамики и минеральных расплавов общестроительного и специального назначения, Казань, 1996.
6. Использование диопсида в керамических массах /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Тез. докл. на научно-технической конференции ИВВАИУ, Иркутск, 1998.
7. Мягкий фарфор на основе слюдянского волластонита /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А //Тез. докл. на научно-технической конференции ИВВАИУ, Иркутск, 1998.
8. Методика расчета термодинамики пиросиликатных реакций /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А., Федотовская Г.К. //Тез. докл. на научно-технической конференции ИВВАИУ, Иркутск, 1998.
9. Использование нетрадиционного глинистого сырья в керамическом производстве Байкальского региона /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Научно-практическая конференция «Проблемы природопользования в Байкальском регионе», Иркутск, 1997.
10. Industrial wastes for making ceramics used in civil engineering and astringent /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Сборник материалов Междунар. конф. «Окружающая среда и процессы переработки минерального сырья», Острава, Чехия, 1998.
11. Применение природного диопсида в производстве тонкой керамики /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Сб. «Знания- в практику», Иркутск, 1998.
12. Возможности получения мягкого фарфора, содержащего волластонит /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Сб. «Знания- в практику», Иркутск, 1998.
13. Термодинамический метод исследования силикатных систем /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.А. //Сб. «Знания- в практику», Иркутск, 1998.

14. Использование техногенного сырья в силикатной промышленности /Азаров Г.М., Майорова Р.В., Оборина М.А. //Сб. «Знания- в практику». Иркутск, 1998.

15. Оптимальное использование местного силикатного сырья /Азаров Г.М., Майорова Е.В., Оборина М.Л. //Сб. «Знания- в практику», Иркутск, 1998.