

*Г.П. Козловская, Н.В. Филатова,
М.Ф. Бутман*

Технология производства санитарно-строительных изделий

Учебное пособие



Иваново
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный химико-технологический университет

Г.П. Козловская, Н.В. Филатова, М.Ф. Бутман

**Технология производства
санитарно-строительных изделий**

Учебное пособие

Иваново 2017

УДК 666.5:519.711.3(07)

Козловская, Г.П.

Технология производства санитарно-строительных изделий: учеб. пособие /Г.П. Козловская, Н.В. Филатова, М.Ф. Бутман; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2017. – 200 с.

В учебном пособии представлена технология производства санитарно – строительных изделий методом шликерного литья в формы под давлением. Описаны: сырьевые материалы, используемые как для получения литьевого шликера, так и для получения глазурной суспензии; технологическая схема производства, физико-химические основы представленной технологии; причины возникновения и методы устранения дефектов в производстве санитарно-строительных изделий. Приведен пример расчета материального баланса; представлена Excel-программа для автоматизации расчётов и правила пользования ею.

Предназначено студентам 4 и 5 курсов дневного и заочного отделений, обучающимся по направлениям «Химическая технология» (профиль Технология керамики и стекла, Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов), «Материаловедение и технологии новых материалов», «Технология художественной обработки материалов», как для самостоятельной работы, так и для закрепления пройденного материала, для выполнения курсовых проектов и квалификационных работ.

Коллектив авторов выражает благодарность А.Л. Корневу, Д.С. Артемичеву за помощь в написании программы для расчета материального баланса.

Табл. 33. Ил.50. Библиогр.: 8 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

доктор химических наук А.В. Агафонов (ФГБУН «ИХР РАН им. Г.А. Крестова»);

кандидат химических наук М.А. Смирнова (ООО «Ламинам Рус»)

© Козловская Г. П., Филатова Н. В., Бутман М.Ф. 2017

© ФГБОУ ВО “Ивановский государственный химико-технологический университет”, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в России увеличивается объем жилищного строительства, подобная тенденция отмечена практически в каждом регионе нашей страны. Это привело к тому, что рынок санитарно-строительных изделий также увеличился, потребность в производстве подобных изделий будет только увеличиваться.

Наиболее распространенными изделиями для санитарных узлов, кухонь, прачечных и других помещений общественного и производственного назначения являются керамические материалы из фаянсовых, фарфоровых, полуфарфоровых и глиняных масс, покрытые прозрачной или глухой глазурью. К ним относятся унитазы, умывальные столы и другие.

Каждая стадия технологии производства санитарно – строительных изделий – это совокупность отдельных или налагающихся друг на друга физических и химических явлений. Правильно проведенный технологический процесс способствует получению изделий лучшего качества с наименьшими затратами. Ведутся разработки по совершенствованию технологии производственных процессов и автоматизированию системы, что позволит выпускать более высококачественную продукцию.

Основными перспективными направлениями деятельности отрасли являются:

- создание энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования для производства эффективных конкурентоспособных санитарно-керамических изделий;
- разработка и создание новых видов санитарных изделий, отвечающих современным запросам рынка как по качественным показателям, так и по эстетическим;
- создание технологии и оборудования для обогащения отечественного сырья с целью импортозамещения;
- разработка составов керамических масс и глазурей для производства изделий строительной керамики на базе отечественного сырья.

На основании вышеуказанных фактов можно сделать предположение, что на фоне растущего рынка санитарно-строительных изделий и ежегодного увеличения объемов производства возникает необходимость в подготовке высококлассных специалистов в данной отрасли.

Кафедра ТК и Н занимается подготовкой специалистов для керамической промышленности с 1931г. и все эти годы выпускники кафедры пользуются хорошей репутацией среди работодателей.

Ежегодно преподавательский коллектив кафедры занимается разработкой и усовершенствованием учебных программ и учебных пособий, чтобы студенты могли вовремя получить знания о новых технологиях производства, что позволило бы им успешно работать на предприятиях по производству санитарно-строительных изделий по окончании университета.

Данное учебное пособие разработано для студентов, изучающих курсы: Химическая технология керамики и огнеупоров, Технология керамических изделий, Строительная керамика, Технология неметаллических высокотемпературных материалов, Технология изготовления художественных изделий на основе тугоплавких неметаллических и силикатных материалов; занимающихся написанием курсовых проектов и квалификационных работ, посвященных технологии производства санитарно-строительных изделий.

ГЛАВА 1. АССОРТИМЕНТ ИЗДЕЛИЙ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

Санитарно-строительные изделия – глазурованные изделия, изготовленные из смеси белых глин и минералов, обожженные при высокой температуре и предназначенные для санитарно-гигиенического и хозяйственного применения путем приема и смыва загрязнений водой.

К санитарно-техническим изделиям относится оборудование санитарных узлов и кухонь жилых, общественных и промышленных зданий. Ассортимент изделий этой группы весьма разнообразен. Это различные виды унитазов: тарельчатые, козырьковые, воронкообразные, с цельнолитой и отъемной полочкой, с прямым и косым выпуском, унитазы подвесные и вагонного назначения; умывальники: со спинкой, без спинки, прямоугольные, угловые, встраиваемые в мебель, вагонного типа, на керамическом постаменте, ручкомойник угловой, умывальники специального назначения (хирургические, парикмахерские); смывные бачки, биде, писсуары, урины, лабораторные раковины, ванны.



Рис.1.1 Ассортимент продукции: а) умывальники; б) бачки; в) биде; г) писсуары; д) унитазы

Все санитарно-строительные изделия должны соответствовать техническим условиям, комплекту технической документации (рабочим чертежам и технологической документации завода-изготовителя), требованиям ГОСТ 15167-93. Бачки смывные должны соответствовать требованиям ГОСТ 21485-94.

Характеристики готовых изделий

- Изделия должны быть функционально пригодными;
- водопоглощение не должно быть более: фарфоровых – 1 %, полуфарфоровых – 5 %, фаянсовых – 12 %;
- глазурь на изделиях должна быть термически и химически стойкой;
- изделия должны быть термически стойкими и механически прочными;
- изделия должны быть покрыты белой или цветной глазурью или декорированы различными методами;
- изделия не должны иметь сквозных видимых и невидимых трещин, холодного треска и цека;
- внутренняя поверхность сифонов унитазов должна быть без засорки;
- цвет или оттенки цвета изделий должны соответствовать цвету и оттенкам цвета образцов эталонов, утвержденных предприятием;
- распределение поверхностей на видимую, функциональную, монтажную или невидимую следует указывать в рабочих чертежах;
- места на поверхностях изделий, которые допускается не покрывать глазурью, указывают в рабочих чертежах;
- на монтажной и невидимой поверхностях изделий всех сортов допускаются дефекты, если они не препятствуют монтажу или эксплуатации;
- общее число допустимых дефектов на одном изделии не должно быть более: двух на изделиях 1-го сорта; трех на изделиях 2-го сорта; пяти на изделиях 3-го сорта;

- допускаемые посечки, выплавки (выгорки), засорки, отколы должны быть заделаны белым цементом или другим материалом, обеспечивающим прочность заделки, зачисткой, шлифовкой или другим способом, определяемым предприятием-изготовителем;
- деформация (коробление) поверхности в плоскости, прилегающей к стене, не должна превышать для умывальников 3 мм, для писсуаров - 4 мм;
- деформация (коробление) горизонтальной поверхности бортов умывальников не должна превышать 4 мм;
- деформация (коробление) нижней поверхности (в плоскости, прилегающей к полу) и верхней поверхности (в плоскости сидения) не должна превышать 4 мм для унитаза;
- для унитазов с цельноотлитой полочкой и биде деформация верхней поверхности (в плоскости сидения) не должна превышать 6 мм, нижней поверхности (в плоскости, прилегающей к полу) - 4 мм;
- деформация верхней поверхности (горизонтальной плоскости борта) и поверхности присоединительного кольца не должна превышать 6 мм для унитазов, устанавливаемых в санузлах железнодорожных вагонов;
- деформация поверхности цельнолитой и приставной полочки в местах присоединения смывного бачка соединительной резинкой не должна превышать 3 мм, деформация поверхности полочки в зоне монтажных отверстий не должна превышать 2 мм;
- отклонение от горизонтальности верхней поверхности унитазов и биде не должно превышать 8 мм;
- деформация (коробление) нижней поверхности крышки и верхней поверхности корпуса бачка не должна превышать 2 мм;
- деформация (коробление) наружной поверхности днища бачков не должна превышать 4 мм;

- деформация (коробление) днища бачка в условно ограниченной кольцевой зоне, отступающей на 10 мм от краев отверстия, предназначенной для установки спускной арматуры, не должна превышать 4 мм;

- полезный объем смывных бачков должен быть не менее 6 л;

- умывальники должны выдерживать нагрузку не менее 1,5 кН (150 кгс);

- унитазы и биде должны быть функционально пригодными и выдерживать нагрузку не менее 2 кН (200 кгс).

Изделия в зависимости от показателей внешнего вида подразделяют на три сорта: 1, 2 и 3-й.

Таблица 1.1

Сорт изделий по видам дефектов

Вид дефекта	Дефекты по сортам		
	1	2	3
1	2	3	4
Плешинки	Не допускаются	Допускаются общей площадью не более: 1,0 см ² 3,0 см ²	
Посечки: - на умывальниках - на смывных бачках - на других изделиях	Не допускаются 10 мм 15 мм	Допускаются общей длиной не более: 10 мм 20 мм Допускаются общей длиной не более: 10 мм 20 мм Допускаются общей длиной не более: 15 мм 25 мм	
Засорка	Не допускается	Допускается общей площадью не более: 0,5 см ² 1,0 см ²	
Выплавки	Не допускаются	Допускаются диаметром до 2 мм не более 3 шт.	
Откол	Не допускается	Допускается на ребрах, прилегающих к стене и полу, глубиной не более 2 мм	
Вскипание глазури	Не допускается		Допускается общей площадью не более 3,0 мм ²
Оттенок основного цвета, матовость, подтеки	Не допускаются на видимых поверхностях		Допускаются, если не ухудшают внешний вид изделия
Мушки: - на умывальниках - на других изд.	Допускаются не более: 2 шт. 5 шт. Допускаются не более: 6 шт. 10 шт.		Допускаются, если не ухудшают внешний вид изделия

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Наколы	Допускаются рассеянные		
Пятна	Не допускаются	Допускаются малозаметные	
Волнистость	Не допускается	Допускается	
Остеклованные места	Допускаются общей площадью не более:		
	0,25 см ²	1,0 см ²	3,0 см ²
Прыщи и пузыри	Не допускаются		Допускаются диаметром до 2 мм не более 4 шт.

Размеры присоединительных и монтажных отверстий для установки санитарно-технической арматуры должны соответствовать ГОСТ 304-93. Маркировка изделий санитарных керамических – по ГОСТ 15167-93.

Упаковка изделий санитарных керамических производится в ящики из гофрированного картона по ГОСТ 9142-90.

Комплектность изделий санитарных керамических – по ГОСТ 15167-93. Унитазы и умывальники комплектуются паспортом на изделие.

ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Санитарно-строительные изделия изготавливают из фарфоровых, полуфарфоровых и фаянсовых масс. Это тонкокерамические изделия с тонким помолом массы. Фарфоровые и полуфарфоровые изделия имеют плотный спечённый черепок, фаянсовые – пористый. Изделия покрывают прозрачной или глухой глазурью, белой или цветной. Физико-механические свойства изделий приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Физико-механические свойства изделий

Показатели	Фаянс	Полуфарфор	Фарфор
Воздушная усадка, %	5-6	4-5	3,8-4
Общая усадка, %	10-12	11-12	12-13
Объемный вес, г/см ³	1,92-1,96	2,00-2,20	2,25-2,30
Водопоглощение, %	10-12	до 5	0,2-0,5
Предел прочности, МПа при:			
ударе	0,15-0,20	0,18-0,21	0,35-0,45
изгибе	15-30	38-45	70-80
сжатии	90-100	130-250	350-400
Модуль упругости, МПа	220-240	300-400	500-600
Средний коэффициент термического расширения при нагревании от 20 до 760 °С, $\times 10^6$ 1/°С	7-8	5-6	4-5

2.1. Формование изделий

Санитарно-строительные изделия имеют сложную конфигурацию, следовательно, пластический способ формования в данной технологии не применим. Поэтому санитарно-строительные изделия формуют методом гидростатического прессования или методом шликерного литья в пористые формы.

Гидростатическое прессование. Массы для этого метода используют того же состава, что и при литье изделий, но в виде порошков. Порошок получают в распылительной сушилке с влажностью 8 – 12 %. Прессуют изделия в эластичных формах, помещённых в прессующую жидкость (вода, минеральное масло).

Гидростатическое прессование отличается высокой степенью равномерности передачи давления прессующей жидкости на поверхность формуемого изделия и отсутствием потерь давления из-за трения о стенки пресс-формы. В связи с этим отформованное изделие отличается равномерной плотностью по всему объему, низкой воздушной усадкой. Обожжённые изделия не уступают по прочности изделиям, изготовленным методом литья, имеют меньшее водопоглощение, большую плотность.

В целом гидростатическое прессование позволяет в 1,5-2 раза повысить производительность труда по сравнению со шликерным литьем. Однако гидростатическое прессование применяют ограниченно из-за сложности технологического оборудования, проблем с изготовлением эластичных оболочек для большинства изделий санитарной керамики и дефицита соответствующих материалов для них. Поэтому данный метод не нашел широкого применения.

Метод шликерного литья. Метод основан на способности глинистых масс давать устойчивые суспензии в воде, на реологических свойствах шликеров и на поглощении воды порами формы, с образованием на её поверхности твёрдого слоя массы.

В зависимости от вида изделий шликерное литье в пористые формы осуществляют тремя способами: **наливным, сливным, комбинированным.**

Наливной способ применяют для изготовления изделий с большой толщиной стенок и сложной конфигурацией (ванны, мойки, крышки для смывных бачков и др.). При наливном способе шликер заливают в полость между двумя пористыми формами, соответствующую форме изделия, при этом убыль шликера постоянно компенсируют заливкой до полного заполнения формы массой.

Сливной способ применяют для отливки полых изделий (умывальных столов, бачков и др.). При сливном способе вся пористая форма заливается шликером и после набора слоя необходимой толщины (9—11 мм) шликер из формы сливают, при этом происходит односторонний набор черепка.

Сливной способ имеет некоторые преимущества перед наливным: упрощается конструкция пористой формы, уменьшается ее масса, сокращается число операций по отливке изделий, облегчаются условия труда. Однако сливной способ не обеспечивает одинаковую толщину стенок изделия.

При **комбинированном способе** отдельные части изделий отливают наливным, а другие – сливным способом с последующим соединением этих частей в единое целое.

По **организации технологического процесса** традиционными методами литье осуществляют на стендах, либо конвейерах (используется как сливной, так и наливной способ формования) в гипсовые формы.

Стендовый метод позволяет варьировать форму отливаемых изделий и корректировать время набора массы при изменении литейных свойств шликера. Этот метод, широко использовавшийся в конце прошлого века, требует больших производственных площадей и трудно поддается механизации производственного процесса. Сборку и разборку гипсовых форм, заливку шликера и выемку изделий производили вручную. Цикл литья, набора и закрепления черепа составлял около 16-18 час. Стендовый способ является наименее производительным и трудоемким. Поэтому в настоящее время традиционный стендовый способ не актуален.

Литье изделий конвейерным способом производства имеет следующие особенности: механизация большинства трудоемких операций (сборки, разборки и крепления гипсовых форм, заливки шликера и др.) и значительное увеличение съема продукции с 1 м² производственной площади. Однако этот способ имеет и недостатки: повышенная утомляемость рабочих из-за выполнения однотипных операций при регламентированном ритме работы конвейера, несколько пониженные производительность труда и качество продукции из-за повышенного брака при литье, подвялке и сушке изделий. Поэтому конвейерный способ в настоящее время не используется.

На сегодняшний день более перспективным вариантом литья считается стендовое литье при условии его механизации.

Литье на механизированных стендах сочетает достоинства конвейерного способа (эффективную организацию труда, предусматривающую возможность одно - и двухсменной работы) и традиционного стандового способа.

Комплекс оборудования на механизированных стендах включает: механизированный литейный стенд, систему подачи и слива шликера, конвейер или стенд для оправки и подвялки изделий.

На механизированных стендах предусмотрена полная механизация таких операций, как заливка и слив шликера, сборка, разъем и транспортировка форм, транспортировка изделий на оправочный столик и др. Цикл литья, набора и закрепления черепа составляет, как и при традиционном стандовом методе, около 16-18 час.

Сравнительно новым и перспективным методом формования изделия санитарно-строительных изделий является *литье шликеров под давлением до 0,35 МПа на механизированных стендах*. Увеличение давления при формовании позволяет существенно повысить производительность, ликвидировать трудоемкие операции, механизировать и автоматизировать технологический процесс, сократить цикл формования до 4-6 час. Формы для среднего давления изготавливают из гипса со специальной структурой пор, позволяющей повторно заливать шликер через несколько минут после их освобождения, без дополнительной сушки. Несмотря на повышенную (в 5-7 раз) стоимость таких форм, их использование целесообразно благодаря высокой оборачиваемости (800 -1000 циклов).

Самым перспективным в настоящее время методом является *литье шликеров под высоким давлением до 1,4 МПа на механизированных стендах*. Формы для высокого давления изготавливают из пористых полимерных материалов. Оборачиваемость таких форм до 20 тыс. циклов. Данный метод позволяет значительно повысить производительность, полностью ликвидировать трудоемкие операции, механизировать и автоматизировать технологический процесс, сократить цикл формования до 20-30 мин. Эта технология освоена во Франции,

ФРГ, Италии, Болгарии. Метод литья под давлением изделий санитарно-строительных изделий в нашей стране находит всё большее применение.

Использование технологии литья под давлением позволяет:

- 1) сократить цикл набора черепа;
- 2) уменьшить влажность полуфабриката;
- 3) увеличить прочность заготовки;
- 4) уменьшить трудозатраты;
- 5) сократить производственные площади.

2.2. Приготовление литейного шликера

Шликером называют устойчивую водную суспензию, состоящую из тонкодисперсной (твердой), дисперсионной (воды) и газообразной фаз. Шликер предназначен для формования изделий литьем в гипсовых и полимерных формах. Он должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) иметь заданный химический и минералогический состав;
- 2) обладать необходимой текучестью при минимальном содержании воды;
- 3) иметь минимальную загустеваемость (тиксотропию);
- 4) не содержать газовых пузырьков и не вспениваться при отливке;
- 5) быть устойчивым против расслаивания при длительном хранении;
- 6) обеспечивать достаточную прочность изделий после отливки и сушки;
- 7) иметь усадку, необходимую для выемки изделий из формы в максимально короткий срок, без растрескивания.

Литьевой шликер приготавливают двумя способами: **прессовым** и **беспрессовым** с совместным или отдельным помолом компонентов массы.

Прессовый способ предполагает использование рамного фильтр-пресса для обезвоживания шликера и получения коржей. Прессовый способ обеспечивает получение высококачественного шликера, в особенности, если фильтр-прессные коржи до роспуска в воде выдерживались в подвалах не менее 1 мес. Роспускают фильтр-прессные коржи в воде с добавлением разжижителя в про-

пеллерных мешалках, пропуская через сито № 016, электромагнитные сепараторы и постоянные магниты, и подают в сборную мешалку для созревания в течение определенного времени при постоянном перемешивании. При необходимости шликер вакуумируют в вакуумных резервуарах, куда его подают в виде тонких струй. Обработка шликера вибрацией или ультразвуком сокращает время приготовления, понижает его структурную вязкость и улучшает диспергацию глинистых частиц. Таким образом получают литейный шликер необходимой влажности. Основное назначение фильтр-пресса: удаление органических соединений, растворимых соединений, присутствие которых снижает белизну черепка и может приводить к образованию различных дефектов. Удаление подобных соединений улучшает литейные свойства шликера.

Беспрессовый способ приготовления литейного шликера является менее трудоемким и экономически выгодным, т.к. не предполагает использование дорогостоящего оборудования и ввода дополнительных операций. Данный способ предполагает приготовление шликера совместным или отдельным помолом непластичных (отощающих и плавней) и пластичных (глина, каолин) компонентов массы, при этом для измельчения материалов применяют оборудование периодического или непрерывного действия. При использовании в такой технологии сырья высокого качества и соблюдении технологического режима, можно также получить шликер высокого качества.

2.3. Сушка

Независимо от метода формования все изделия во избежание размокания и деформирования при последующем глазуровании необходимо сушить от влажности 20-23 % до влажности не выше 1 %.

Так как сформованный полуфабрикат имеет высокую влажность, крупногабаритный, сложной формы, сушить его необходимо медленно.

Для этого предусмотрена сушка в два этапа: *первичная* в естественных условиях (подвялка) и *окончательная* сушка.

В процессе подвялки сформованные изделия в течение 12 – 14 часов остаются на участке с климат-контролем, где выполняются следующие условия: температура воздуха на участке должна быть 30-35 °С и должна соблюдаться высокая относительная влажность воздуха $\varphi=50-60\%$. Организованная таким образом *первичная* подвялка обеспечивает медленное удаление влаги из полуфабриката, сопровождающееся усадкой без возникновения внутренних напряжений. Если эти условия не соблюдаются, то могут возникнуть различного рода дефекты (треск, посечки и т.д.).

После подвялки влажность отлитых изделий снижается до 13-14 %. Затем изделия направляют на *окончательную* сушку, где все процессы протекают с большей скоростью.

Для окончательной сушки изделий применяют сушилки периодического действия (камерные) и непрерывного действия (туннельные). Туннельные сушилки являются наиболее современным сушильным агрегатом в керамической промышленности. В туннельной сушилке полуфабрикат в течение цикла сушки перемещается через весь туннель от одного его конца к другому. Срок сушки полуфабриката и расход тепла в туннельных сушилках сокращается примерно на 30 % по сравнению с камерными. Кроме того, существенным преимуществом туннельных сушилок перед камерными является автоматизация процесса сушки.

Недостаток туннельных сушилок в том, что в них наблюдается расслоение теплоносителя и более интенсивная сушка сырца вверху туннеля. Устранение расслоения и равномерная сушка сырца по высоте туннеля достигаются перемешиванием теплоносителя в туннеле путем устройства воздушных завес за счет дополнительной подачи воздуха с большой скоростью сверху в отдельных местах туннеля.

2.4. Глазурование

Способы нанесения глазурной суспензии определяются видом изделия, их состоянием и характером производства.

Глазуруют санитарно-строительные изделия способами *погружения (оку- нания), поливом, пульверизацией и комбинированным способом.*

Метод погружения трудоемкий и малопроизводительный ввиду массивности изделий, необходимости постоянного поддержания глазури во взвешенном состоянии и удаления из нее остатков попавшей массы.

При глазуровании поливом не всегда обеспечивается равномерность нанесения глазурного слоя, отсутствие подтеков и недоглазуровки ввиду сложности формы изделий.

Глазурование пульверизацией является наиболее универсальным способом, так как позволяет глазуровать изделия любых размеров и форм, легко поддается механизации и обеспечивает небольшие потери глазури. Кроме того, глазурование пульверизацией исключает размокание изделий, не обожженных предварительно, так как глазурь в распыленном состоянии осаждается на поверхности изделия почти сухим слоем.

Комбинированный способ. Используют, например, при глазуровании унитазов: сначала производят методом полива глазурование внутренней чаши (сифона), а затем наружную часть унитаза глазуруют методом пульверизации.

2.5. Обжиг

Назначение обжига — сформировать черепок изделия с заданными физико-техническими свойствами, закрепить глазурь на его поверхности.

Обжиг в производстве керамических изделий — наиболее ответственная технологическая операция и в большинстве случаев завершающая стадия их изготовления. При обжиге протекают сложные химические, физические и физико-химические процессы, формирующие структуру изделий и определяющие их физико-технические свойства: прочность, плотность, водопоглощение и др. От дефектов, возникающих при обжиге, зависит качество готовой продукции: ее сортность и количество брака. Обжиг изделий представляет собой комплекс технологических операций, определяющих характер технологии и длительность

производственного цикла, качество изделий и экономику производства. В структуре себестоимости изделий расходы на обжиг составляют около 30 %, а трудовые затраты — 25—32 % общих затрат на изготовление изделий. Такое положение требует совершенствования процесса обжига и связанных с ним технологических операций.

Печи, используемые для обжига санитарно-строительных изделий, различаются по принципу работы, способам теплообмена и отопления, конструктивным особенностям. К числу таких печей можно отнести *камерные печи периодического действия и туннельные печи непрерывного действия*.

Печи периодического действия работают циклично: загрузка — обжиг — выгрузка. Эти печи имеют существенные недостатки: малую производительность, тяжелые условия загрузки и выгрузки изделий, трудности механизации и автоматизации их работы. Их преимущество — возможность проведения каждого цикла по индивидуальному режиму (температурному, аэродинамическому и газовому).

В настоящее время печи периодического действия применяются только для вторичного обжига, который используется при горячем методе устранения дефектов для восстановления санитарно-строительных изделий с незначительными дефектами — небольшими трещинами, тонким глазурным слоем, натеками глазури, поверхностными загрязнениями. Поврежденные места шлифуют, наносят на них глазурную суспензию и повторно обжигают при несколько меньшей температуре, чем при основном обжиге.

Туннельные печи являются печами непрерывного действия и имеют значительные преимущества перед печами периодического действия. В них все стадии обжига — загрузка, обжиг, выгрузка — осуществляются одновременно и непрерывно, за счет этого туннельные печи обладают высокой производительностью. Садка на вагонетки и выгрузка обожженных изделий из печи производится вне печи, что дает возможность механизировать трудоемкие процессы садки и выгрузки изделий.

Однако туннельные печи *имеют существенный недостаток*: в зонах подогрева и охлаждения наблюдается расслоение ламинарных потоков печных газов и, как следствие, большая разница температур между верхней и нижней частями садки изделий на вагонетках.

В настоящее время этот недостаток сведен к минимуму, благодаря использованию печей конструкции фирм Riedhammer, Keramischer, НР, туннель которых имеет небольшую высоту, а изделия на вагонетку ставятся в один или два уровня. Это позволяет избежать большой разницы температур между верхней и нижней частями садки изделий.

Обжигают изделия однократно в туннельных печах открытого пламени различных конструкций длиной от 63 до 110 м и шириной канала от 1,2 до 1,85 м - в течение 16-20 часов при максимальной температуре 1180-1250 °С в зависимости от вида изделий, типа массы и состава глазури.

ГЛАВА 3. СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для производства санитарно-керамических изделий, как и для других керамических изделий, применяют пластичные и непластичные материалы.

Пластичные материалы – это огнеупорные, тугоплавкие глины, каолины и пластифицирующие добавки – бентонит и др.

Непластичные материалы – отошители: кварцевый песок, бой обожжённых изделий, шамот и плавни.

Плавни на стадии формования являются отошителями, а при обжиге плавятся, снижая таким образом температуру обжига, и обеспечивают необходимую степень спекания. Обычно используют полевой шпат или пегматит.

Для регулирования литейных свойств формовочной массы (шликера) используют добавочные материалы - разжижители.

3.1. Типовые составы керамических масс и их технологические свойства

На предприятиях отрасли используются следующие составы масс (табл.3.1, 3.2), технологические характеристики этих масс представлены в табл. 3.3 [1, 2].

Данные типовые составы керамических масс гарантированно обеспечивают стабильность технологии и высокое качество санитарно-строительных изделий.

Таблица 3.1

Шихтовые составы типовых масс для производства санитарных строительных изделий, мас. % [1, 2]

Материал	Фарфор				Полуфарфор			Фаянс			Шамотированный фаянс
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	
Каолин Просяновский (Украина)	15	13	14	13	30	22	31	16	-	33	12
Каолин Глуховецкий (Украина)	15	5	13	13	-	8	-	16	31	-	-
Каолин Новоселицкий (Украина)	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Глина Ново-Райская (Дружковское рудоуправление, Украина)	10	10	17	-	10	10	13	12	24,5	12	16,5
Глина Веселовская (Веско-Гранитик, Украина)	10	12	5	10	10	11	13	12		11	-
Глина Латненская (Воронежская обл, РФ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Глина Часов-Ярская (Донецкая обл., Украина)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Глина WBB SanMix XP (Англия)	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-
Песок кварцевый (РФ)	22	21	21	20	27	26	28	29,5	29,5	26	11,5
Полевой шпат (РФ)	18	20	24	27	12	12	19	5	4	2	-
Бой и брак изделий	10	11	6	4	11	11	8	8	11	16	-
Доломит	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-
Шамот из глины Часов-Ярской*											49

*Состав шамота: крупный 1,25 -0,50 мм – 37 %

средний 0,5-0,2мм – 33 %

мелкий менее 0,2 мм – 30 %

Таблица 3.2

Химический состав типовых масс для производства санитарно-строительных изделий [1]

Тип массы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.П.П
Фарфор (состав черепа)									
1	66,72	26,50	0,54	0,87	0,44	1,77	1,55	следы	-
2	70,77	23,55	0,76	0,78	0,61	1,90	2,06	следы	-
3	69,46	21,43	0,26	0,85	0,69	1,07	1,29	следы	-
4	70,65	23,12	0,50	0,26	0,17	2,62	2,06	следы	-
4 (масса)	66,56	21,79	0,47	0,25	0,16	2,47	1,94	следы	5,78
Полуфарфор (состав массы)									
1	63,91	25,40	0,67	1,43	0,20	1,07	1,29	следы	6,36
2	65,23	24,95	0,67	0,75	0,35	1,25	1,35	следы	6,07
3	64,00	26,80	0,40	1,03	0,53	1,30	0,78	следы	6,10
Фаянс									
2	65,45	25,63	0,37	0,46	0,37	1,04	0,6	следы	6,92

Таблица 3.3

Технологические характеристики типовых масс для производства санитарно-строительных изделий [1]

Параметры	Вид массы				
	Фарфор	Полу-фарфор	Фаянс	Шамотированный фаянс (без шамота)	Шамотированный фаянс (с шамотом)
Тонкость помола (ТП) – остаток на сите 0056 (10000 отв/см ²), %	1 - 2	6 - 8	8 - 12	-	-
Тонкость помола (ТП) – остаток на сите 0071 (6400 отв/см ²), %	-	-	-	0,8 – 1,0	-
Влажность W, %	28 - 32	28 - 32	28 - 32	38 - 40	25 - 28
Плотность шликера, г/см ³	1,65 – 1,75			1,61 – 1,58	1,86 – 1,79

3.2. Пластичные материалы

Пластичные материалы — это глины и каолины. Они должны быть:

- 1) беложгущиеся или светложгущиеся;
- 2) преимущественно огнеупорные, реже тугоплавкие;
- 3) каолинитовые или каолинитово-гидрослюдистые;
- 4) дисперсные (содержащие фракции частиц менее 1 мкм не менее 40 %).

Как можно видеть из табл. 3.1 все пластичные материалы в типовых массах импортные, в основном из Украины, а глина WBB SanMix XP из Англии.

В связи с разразившимся кризисом в экономике, падением рубля и ухудшением взаимоотношений со странами Запада, и особенно, с Украиной, возникла проблема импортозамещения пластичного сырья, пусть не полностью, но хотя бы частично.

Зная химический состав, гранулометрический состав, термические свойства пластичных материалов, из типовых масс вполне возможно подобрать российское пластичное сырьё, соответствующее по своим характеристикам глинам Веселовской (Веско-Гранитик, Украина), Ново-Райской, Часов-Ярской (Украина), WBB SanMix XP (Англия); каолинам Просяновскому, Глуховецкому и Новоселицкому (Украина).

3.2.1. Глины

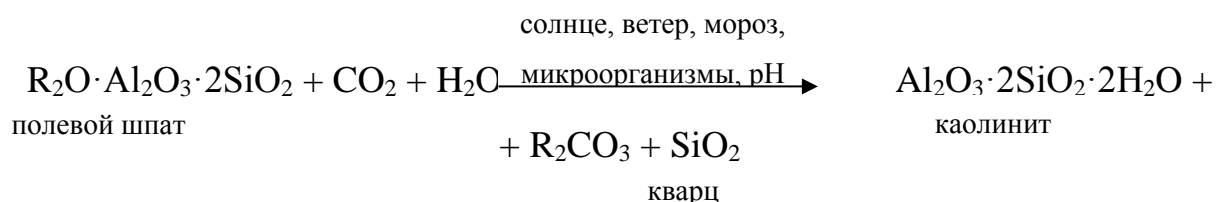
Глина – тонкодисперсная горная порода. При затворении водой образует пластичное тесто, поддающееся формовке, приобретающее определенную прочность после сушки и свойства камня после обжига [3].

Глины образовались в результате разрушения (выветривания) алюмосиликатных горных пород (полевых шпатов, пегматитов, гранитов и др.) в результате следующих процессов:

- 1) механических (воздействие воды, ветра, ледников);
- 2) физических (нагревание, охлаждение);

- 3) химических (воздействие влаги, кислорода, углекислоты и других газов, содержащихся в воздухе и воде);
- 4) бактериологических (гниение органических примесей).

Причём вода (атмосферные осадки и грунтовые воды), попадая в трещины твердых каменистых пород, замерзает при низких температурах, увеличивается в объеме, что приводит к дальнейшему разрушению, разрыхлению этих пород.



Глины могут быть мономинеральные и полиминеральные. Мономинеральные (состоящие из одного минерала) это каолинитовые (каолины), монтмориллонитовые (бентониты) и частично гидрослюдистые глины. Мономинеральные глины встречаются в природе значительно реже, чем полиминеральные.

По химическому анализу можно выяснить химический и приближенный минералогический составы сырья, установить предварительное суждение о некоторых технологических свойствах глин и произвести необходимые технологические расчеты при разработке состава массы.

Повышенное содержание кремнезема в глине говорит о повышенной запеченности и о том, что главным глинообразующим минералом не является каолинит. Высокий процент глинозема, близкий к теоретическому составу (39,4%), свидетельствует об огнеупорности сырья.

Низкое содержание красящих оксидов Fe_2O_3 , и TiO_2 говорит о возможной пригодности таких глин для производства светлых, белых изделий (фарфора, фаянса).

Химический состав типовых глин представлен в табл. 3.4. В табл.3.5 приведены керамические свойства этих глин.



Рис 3.1. Каолин: а – беложгущая огнеупорная глина на складе (поступает в бигбегах и навалом), б – внешний вид каолина

Опираясь на данные табл. 3.4, 3.5 можно найти замену импортным глинам на соответствующие глины, которые добывают в России (табл. 3.6, 3.7).

3.2.2. Каолины

Каолины - это мономинеральные глинистые горные породы, глинистая фракция которых представлена минералом каолинитом. Каолины характеризуются меньшей, чем глины пластичностью, повышенной белизной обожженного черепка.

Сырой первичный каолин содержит не более 45% собственно каолинита. Остальное - кварц и примеси. После обогащения состав каолинита приближается к теоретическому – $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, в котором SiO_2 – 46,5 %, Al_2O_3 – 39,5 % и H_2O – 13,9 %. Обогащенный каолин содержит, главным образом, каолинит и примеси в виде вполне выветрившейся горной породы, из которой он образовался: кварц, полевой шпат, слюда и такие минералы, как циркон, рутил, турмалин, пирит в тонкодисперсном состоянии.

Вторичные каолины являются уже продуктом размыва и осаждения первичных каолинов силами самой природы. Они ценятся значительно выше первичных каолинов, так как природой уже выполнена значительная часть той работы, которая выполняется человеком.

Каолин-сырец для производства санитарных строительных изделий обязательно подвергается обогащению. Химический состав и свойства каолинов приведены в табл. 3.8-3.11.

Таблица 3.4

Химический состав типовых глин

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.П.П.
Глина Веско-Гранитик ДВУ-1М (бывшая Веселовская, Украина, Донбасс)	56	29	1,6	0,9	0,4	0,6	2,6	0,5	-	8,5
Глина Ново-Райская ДНО (Украина, Донбасс)	57,0-61,0	29,95-32,00	2,1-3,1		0,5-0,8	0,43	2,0-2,5	0,45-0,9	-	11,41
Глина Часов-Ярская Ч0, Ч1 (Украина, Донбасс)	51,66	32,06	0,81		0,85	0,61	2,44	1,57	-	9,39
Глина WBB SanMix XP (Англия)	54,47	28,93	1,10	1,10	0,25	0,34	2,03	0,30	-	11,60

Таблица 3.5

Основные керамические свойства типовых глин [1, 4, 5]

Компонент	Температурный интервал спёкшегося состояния, °С	Огнеупорность, °С	Число пластичности по Аттербергу-Васильеву	Гранулометрический состав, содержание фракции частиц мм, мас. %				
				1,00-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Менее 0,001
Глина Веско-Гранитик ДВУ-1М (бывшая Веселовская)	1100- 1250	> 1730	16-21 Среднепластичная	-	4,31	3,99	19,44	72,26
Глина Ново-Райская ДНО	1200 - 1250	1710 - 1730	14 – 16 Среднепластичная	3,0-6,0	4,04-0,24	6,0-10,0	12,81-43,0	32,36-66,03
Глина Часов-Ярская Ч0, Ч1	1100 - 1180	1625-1740	29 Высокопластичная	0,08	2,08	2,04	7,58	88,28
Глина WBB SanMix XP	1150 - 1250	1710 - 1730	14 – 15 Среднепластичная	1,8	7	9	25	57

Таблица 3.6

Химический состав беложгущихся глин РФ [1, 5, 6]

Месторождение глины	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.П.П.
Латненское, марки ЛТО (Воронежская обл.)	46,2	40,2	1,8	1,16	0,36	0,14	0,3	0,15	до 0,29	13,4
Богдановичское «Экстра» (Свердловская обл.)	46,80	36,80	1,58		0,20	0,76	0,34	0,18	следы	13,6
Нижне-Увельское (Челябинская обл), НУК	57,13-62,17	24,0-29,0	1,04-1,30	0,97-1,26	0,42-0,56	0,50-0,60	1,01-1,70	1,01-1,70	следы	9,06-9,30
Южноуральское (Берлинское)	49,0-55,35	26,44-33,0	1,5-6,0	0,9-1,0	0,1-0,69	0,24-1,0	0,99-1,39	0,25-0,30	следы	9,0-12,0
Ефремкинское	57,54-59,8	24,13-27,63	2,0-2,3		0,69	1,18	3,00	3,00	0,53	7,4-8,4
Талалаевское (тугоплавкие глины)	52,10-58,45	27,75-32,25	2,0-4,0		0,75-0,98	0,97-1,32	-	-	следы-0,05	8,46-12,70
Городищенское	53,58-68,44	21,53-33,49	0,23-0,51		0,35-0,61	следы	-	-	следы	8,23-12,66
Астафьевское	39,92-76,99	15,1-40,7	0,61-2,38		1,30-2,05	1,30-2,05	0,35-3,45	0,35-3,45	следы	5,35-21,43
Алабугское	47,7	34,11	1,8		0,84	1,66	0,39		0,39	13,11
Кумакское	49,0-52,0	22,2-35,0	0,16-5,91	следы-1,19	0,25-3,31	0,1-1,24	0,31-0,36	0,02-0,69	следы	7,1-14,5
Ново-Орское	55,75-67,3	20,12-28,55	1,1-1,73	0,9-1,43	0,31-0,92	0,51-0,71	0,51-1,41	0,11-0,38	следы	7,85-9,93
Ново-Ивановское (Башкирия)	51,75-58,61	21,68-32,92	0,47-1,63	до 1,5	до 1,00	до 1,00	2,0-2,6		следы-0,17	3,50-10,90
Тавтимановское (Ново-Троицкий участок)	57,28-76,90	15,86-27,46	0,78-2,89		0,20-2,10	0,40-0,95	0,70-1,04	0,70-1,04	следы	4,53-9,46
Кудеевский участок	50,89-53,50	30,82-31,85	1,87-3,70		0,96-1,14	0,79-1,25	-	-	следы	9,71-10,89

Таблица 3.7

Основные керамические свойства глин РФ [1, 4-6]

Месторождение глины	Температурный интервал спёкшегося состояния, °С	Огнеупорность, °С	Гранулометрический состав, содержание фракции частиц мм, мас. %				
			больше 0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	меньше 0,001
Латненское, марки ЛТО (Воронежская обл.)	>1250	>1730	0-5,03	1,96-6,34	3,03-4,65	19,79-22,22	65,81-70,87
Богдановичское (Сведловская обл.)	>1100	1750	2,76-10,25	0,36-5,85	7,60-14,50	3,10-15,40	65,30-72,40
Нижне-Увельское (Челябинская обл.)	>1150	1650-1690	6,65	5,06	6,45	23,92	47,92
Южноуральское (Берлинское)	1200-1250	1580-1740	2,69	3,65	2,52	2,75	88,39
Кумакское	1200-1250	1640-1750	0,13-1,38	0,95-25,19	2,33-5,31	11,25-15,50	53,65-80,8
Кумакское (Биш-Обинский участок)	1250-1350	1610-1700	0,3-0,4	0,5-6,8	0,3-11,3	7,15-10,36	80,76-87,54
Ново-Орское (Оренбургская обл.)	>1250	-	1,68-51,5	14,97-26,92	7,69-9,29	4,72-23,33	5,37-39,31
Ново-Ивановское (Башкирия)	1050-1150	1500-1620	0,01-17,64	1,12-29,12	0,08-4,45	10,65-20,19	32,02-83,50

Таблица 3.8

Химический состав типовых каолинов, мас. % [1, 4, 5]

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.П.П.
Каолин Просяновский (Украина)	45,68	39,00	0,77	0,43	0,26	0,17	0,52	0,09	13,38
Каолин Глуховецкий (Украина)	48,05	36,46	0,95	0,35	0,26	0,09	0,61	0,00	13,21
Каолин Новоселицкий (Украина)	46,48-58,00	37,61	0,70		0,42	0,34	0,53	0,01	13,39

Таблица 3.9

Основные керамические свойства типовых каолинов [1, 4, 5]

Компонент	Температурный интервал спёкшегося состояния, °С	Огнеупорность, °С	Число пластичности по Аттербергу-Васильеву	Гранулометрический состав, содержание фракции частиц мм, мас. %				
				1,00-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Каолин Просяновский (Украина)	>1400	1710-1770	13,3-13,8	5,56	4,20	30,0-33,55	56,40	5,56
Каолин Глуховецкий (Украина)	>1300	1705-1775	13,8	0,16-0,20	14,99-13,33	11,30-9,27	30,0-30,50	53,55-16,70
Каолин Новоселицкий (Украина)	>1300	1750	11,6-12,1	12,17	11,56	4,61	14,72	56,94

Таблица 3.10

Основные керамические свойства каолинов РФ [1, 4-6]

Месторождение каолина	Температура спекания, °С	Огнеупорность, °С	Гранулометрический состав, содержание фракции частиц мм, мас. %				
			больше 0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	меньше 0,001
Кыштымское, обогащённый (Челябинская обл.)	1400 - 1450	1690 - 1730	5,43	19,96	15,53	23,97	35,11
Журавлиный Лог, обогащённый (Челябинская обл.)	1400 - 1450	> 1730	0	7,3	9,2	29,2	54,3
Еленинское, обогащённый (Челябинская обл.)	>1350	>1700	10,39	34,69	16,37	21,66	16,99
Невянское обогащённый (Свердловская обл.)	>1350	1540–1620°С	1,08	10,27	35,66	48,09	5,54

Таблица 3.11

Химический состав каолинов РФ, мас. % [5, 6]

Месторождение каолина	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.П.П.
Кыштымское, обогащённый (Челябинская обл.)	46,0-49,6	36,1-38,5	0,5-1,03		0,1-0,58	0,2-0,76	0,39-0,60		-	12,2-13,71
Журавлиный Лог, обогащённый (Челябинская обл.)	46,57-49,19	35,34-38,60	0,28-0,56	0,38-0,84	0,39-1,05	0,10-0,80	0,42-2,0	0,08-0,41	-	12,0-13,6
Еленинское, обогащённый (Челябинская обл.)	47,24	36,81	0,60	0,92	0,25	5,10	0,41	-	-	13,23
Невьянское обогащённый (Свердловская обл.)	49,48	34,5		1,5	следы	1,4	-	-	0,37	9,0
Михайловское, обогащённый (Челябинская обл.)	45,7-47,9	35,34-39,25	0,33-0,48		0,1-0,7	0,6-0,8	-	-	-	13,54-13,80
Тасбулакское, обогащённый (Оренбургская обл.)	47,02	0,79	32,67	0,15	0,30	0,30	0,30	17,4	-	17,4
Кошенсайское, обогащённый (Оренбургская обл.)	45,43	35,98	0,43	1,05	0,25		1,80	0,13	-	13,3
Аралчинское, обогащённый (Оренбургская обл.)	48,91	36,67	0,63	0,45	0,22		1,52	0,31	-	13,2
Домбаровское, обогащённый (Оренбургская обл.)	46,2	34,40	0,27	1,10	0,57		3,25	0,20	-	11,9
Верхнекиембаевское, обогащённый (Оренбургская обл.)	47,98	32, 25	1,05	2,07	0,45		3,44	0,13	-	11,5

3.3. Непластичные материалы

Для производства санитарно-строительных изделий наряду с глинистым сырьём используются непластичные материалы, которые в зависимости от назначения разделяются на отощающие и плавни.

3.3.1. Отощители

Отощающие материалы предназначены для ускорения набора черепа при литье, снижения воздушной усадки полуфабрикатов при сушке и огневой усадки при обжиге. Кроме того, отощающие материалы активно участвуют в формировании структуры черепка изделий в процессе обжига, обеспечивая в нём кристаллическую фазу, и таким образом повышают прочность изделий.

Отощители могут быть природными и искусственными.

Природные отощители: кварц жильный молотый, кварцевый песок, кварцевые отходы обогащения каолинов. Они не дают усадки при сушке и обжиге, однако вследствие сложного полиморфизма повышают склонность изделий к трещиноватости и требуют усложнения режима обжига.

Для производства санитарно-строительных изделий используют кварцевые пески.

Содержание SiO_2 в кварцевом песке должно быть не менее 95 %, содержание красящих оксидов Fe_2O_3 и TiO_2 не должно превышать 0,3 %.



Рис 3.2. Кварцевый песок: а – на складе (поступает навалом), б – внешний вид

Основные месторождения кварцевых песков в РФ, пригодных для изготовления санитарно-строительных изделий [1]

Месторождение и его географическое положение	Содержание оксида, мас. %	
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Ташлинское (Ульяновская обл.)	99,6 - 99,7	0,04 – 0,20
Люберецкое (Московская обл.)	98,0 – 99,0	0,02 – 0,08
Тулунское (Иркутская обл.)	94,4 – 99,3	0,05 – 0,37
Елшанское (Волгоградская обл.)	96,8 – 98,6	0,14 – 0,35
Неболчинское (Новгородская обл.)	98,5 – 99,6	0,16 – 0,32
Козловское (Брянская обл.)	95,8	0,2
Снежетьское (Брянская обл.)	97,2	0,2
Антоновское (Амурская обл.)	96,0	0,2
Всесвятское (Пермская обл.)	92,18–99,02	0,05–0,11
Воздвиженское (Челябинская обл.)	98,62	0,23
Мысовское (Свердловская обл.)	98,25	0,047
Кутлугузинское (Башкортостан)	98,29	0,047
Малый Шихан (Башкортостан)	96,51–98,76	1,0–2,0
Ерофеевское (Челябинская обл.)	97,11	0,24
Болотовское (Оренбургская обл.)	96,0–98,0	до 0,07

Кроме того, в технологии санитарно-строительных изделий используют искусственные отощители: бой и брак изделий после обжига. Бой и брак изделий является не только отощителем, ввод их в состав массы позволяет уменьшить расход дорогостоящих сырьевых материалов. При правильной дозировке эта добавка улучшает литейные свойства шликеров, снижает усадку в процессе сушки и обжига, тем самым предотвращает растрескивание и деформацию полуфабриката, благоприятно отражается на потребительских свойствах изделий.



Рис 3.3. Бой изделий

В производстве шамотированных крупногабаритных изделий используют

шамот (обожженную при 1200 – 1250 °С беложгущуюся огнеупорную глину) необходимого гранулометрического состава.

3.3.2. Плавни

Плавни применяются для снижения температуры и повышения степени спекания при обжиге.

Для образования в процессе обжига стекловидной фазы в керамические массы вводят плавни в виде полевого шпата и его заменителей. Плавни, кроме создания стекловидной фазы в черепке, придают прочность материалу при обжиге, делая его способным противостоять деформирующим усилиям от собственного веса, способствуют кристаллизации новых фаз из расплава (муллита).

В качестве плавней могут применяться полевые шпаты, пегматиты, нефелиновые сиениты, перлиты, щелочные каолины, граниты и др.

В основном используется полевошпатовое сырьё. Требования промышленности к качеству полевошпатового сырья для производства санитарно-керамических изделий определены ГОСТами "Кварц - полевошпатовое сырье для фаянсовых и керамических масс» и «Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для тонкой керамики» ГОСТ 7030-75.

При производстве санитарно-строительных изделий из фарфора в основном используют полевошпатовые сырьевые материалы, обладающие низкой температурой плавления благодаря наличию в их составах оксидов щелочных металлов. Полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты: ортоклаз или микроклин $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, цвет от белого до тёмно-красного, температура плавления 1160-1170 °С; альбит $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, белый или светлых оттенков других цветов, температура плавления 1120 °С; анортит $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, желтоватого цвета, температура плавления около 1550 °С. Полевые шпаты встречаются преимущественно в виде смешанных минералов. Натриевый и кальциевый шпаты образуют между собой непрерывный ряд твёрдых растворов – плагиоклазов.

Все полевые шпаты имеют сравнительно низкие показатели преломления, большую твердость (6–6,5), небольшую плотность (2,5–2,7 г/см³).

Наиболее ценными свойствами обладает калиевый полевой шпат, характеризующийся значительной вязкостью расплава при высоких температурах, широким интервалом спекания. Он обеспечивает санитарно-строительным изделиям из фарфора устойчивость против деформации, более высокие физико-механические свойства, чем при использовании натриево-кальциевых полевых шпатов. Именно поэтому в технологии санитарно-строительных изделий часто используют два полевых шпата, в одном из которых преобладает натриево-кальциевый полевой шпат, а в другом ортоклаз или микроклин в количестве, обеспечивающем соотношение $K_2O: Na_2O$ порядка 1 -1,5.

Основные требования, предъявляемые к полевым шпатам, - легкоплавкость и минимальное содержание красящих примесей Fe_2O_3 и TiO_2 .



Рис 3.4. Полевой шпат: а – на складе (поступает в бигбегах и навалом), б – внешний вид

Полевые шпаты широко распространены в природе, но их промышленные месторождения ограничены. Поэтому в последнее время используют заменители полевых шпатов – пегматиты.

Пегматиты содержат 60 – 70 % полевых шпатов, проросших зернами кварца, и в качестве примесей слюды. Слюда – вредная примесь, так как приводит к образованию дефектов в виде «черной мушки». При использовании пегматита в массе соответственно уменьшают количество кварцевого песка.

Качество полевых шпатов и пегматитов оценивают по огневой пробе. Их образцы обжигают при температуре обжига изделий (1200 -1250 °С). После обжига пробы полевых шпатов и пегматитов должны быть белыми, стекловидными, без пятен и чёрных точечных выплавок - «мушек».

Подводя итоги данного раздела, рассмотрим более подробно один из типовых вариантов состава фарфоровой массы, приведённый в табл. 3.1, который в настоящее время используется для производства санитарно-строительных изделий на многих предприятиях отрасли.

Таблица 3.14

Шихтовой состав типовой фарфоровой массы №4

№ п/п	Компонент	Мас. %
1	Глина WBB SanMix XP	14,00
2	Глина Веско-гранитик	10,00
3	Полевой шпат Малышевский	10,00
4	Полевой шпат Вишневогорский	16,00
5	Каолин Просяновский	13,00
6	Каолин Глуховецкий	13,00
7	Кварцевый песок Люберецкий	20,00
8	Бой изделий	4,00

Таблица 3.13

Химический состав полевых шпатов и пегматитов РФ, мас. % [6, 7]

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	П.П.П.
<i>Полевые шпаты</i>									
Хето-Ламбина (Карелия)	63,88	21,46	0,04	0,02	0,31	0,11	2,26	11,75	0,17
Им. Чкалова (Карелия)	67,17	14,17	0,11	-	0,19	следы	1,67	12,95	0,28
Плотина (Карелия)	85,00	19,10	0,01	0,01	0,14	0,10	2,40	12,70	0,02
Малиновая Барака (Карелия)	64,85	18,65	0,08	0,07	0,71	0,11	2,25	12,97	0,19
Тедино (Карелия)	64,38	19,72	следы	-	0,10	0,25	2,60	12,68	0,17
Линна Ваара (Мурманская обл.)	64,15	18,93	0,44	0,28	0,51	0,09	3,45	12,27	0,30
Риколатва (Карелия)	65,90	19,27	0,08	0,13	0,54	0,19	1,66	12,00	0,09
Белогорское (Дальний Восток)	66,33	18,72	0,06	-	0,49	0,36	3,16	10,24	0,18
Мамско-Чуйское (Иркутская обл.)	65,04	19,12	0,11	0,01	0,38	0,28	2,73	12,45	0,20
Нарын-Кунта (Сибирь)	67,30	18,01	0,14	следы	0,14	0,22	2,51	11,14	0,24
Малышевское (Свердловская обл.)	70,75	17,49	0,16	-	0,48	0,08	6,84	4,21	0,14
Вишнёвогорское (Челябинская обл.)	61,03	22,04	0,18	-	0,36	0,00	6,90	8,51	0,78
<i>Пегматиты</i>									
Чупинский (Карелия)	74,31	14,17	0,16	-	1,03	0,36	3,51	6,02	0,45
Куру-Ваара (Мурманская обл.)	72,46	15,58	0,12	-	0,87	0,61	2,46	7,44	0,17
Отрадное (Мурманская обл.)	67,42	17,87	0,15	-	1,20	Следы	4,10	8,70	0,31
Слюдяной Бор (Карелия)	74,80	13,10	0,15	0,01	0,42	0,06	1,74	9,36	0,42
Мамско-Чуйское (Иркутская обл.)	70,92	15,85	0,13	0,01	0,43	0,43	2,55	9,74	0,40
Ураккозеро (Карелия)	71,20	14,80	0,08	-	0,10	0,10	1,90	10,30	0,32
Бельчаковское	74,39	14,12	0,17	-	0,21	0,21	2,30	7,60	0,52

Таблица 3.15

Химические составы сырьевых компонентов шихты, мас. %

№ п/п	Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.П.П.
1	Глина WBB SanMix XP	54,47	28,93	1,10	1,10	0,25	0,34	2,03	0,30	0,00	11,60
2	Глина Веско-Гранитик	51,36	32,72	0,66	1,03	0,76	0,75	1,94	0,93	0,07	9,87
3	Полевой шпат Малышевский	70,75	17,49	0,00	0,16	0,48	0,00	4,21	6,84	0,00	0,14
4	Полевой шпат Вишневогорский	61,03	22,04	0,00	0,18	0,36	0,00	8,51	6,90	0,00	0,78
5	Каолин Просяновский	45,68	39,00	0,77	0,43	0,26	0,17	0,52	0,09	0,00	13,38
6	Каолин Глуховецкий	48,05	36,46	0,95	0,35	0,26	0,09	0,61	0,00	0,00	13,21
7	Песок кварцевый Люберецкий	99,27	0,34	0,03	0,15	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14

3.4. Вспомогательные материалы

3.4.1. Разжижители

Для регулирования свойств шликеров, а также воздействия на отдельные технологические процессы (ропуск глинистых материалов, помол каменистых материалов и др.), в производстве санитарно-строительных изделий широко используют вспомогательные материалы: электролиты (сода и жидкое стекло), поверхностно-активные вещества (ПАВ), кремнийорганические соединения и др.

Наиболее распространенными электролитами, применяемыми при производстве изделий методом литья, в том числе при производстве санитарно-строительных изделий, являются такие традиционные разжижители, как сода и жидкое стекло.

В последнее время в керамической промышленности нашли применение новые добавки - понизители вязкости, регуляторы физико-механических свойств шликера. Это в основном импортные добавки торговых марок: «Dispex» (Англия), «Гумитан-Ф» (Чехия), «Reotan», «Deflon» (Италия), «Sokrat» (Польша), «Reach» (США), «Delafluch» (Германия). Эти добавки предположительно состоят из лигносульфонатов или полиакрилатов различных марок.

Лигносульфонаты являются побочными продуктами целлюлозно-бумажного производства, солями сильной на 60 % диссоциированной кислоты и представляют собой полиэлектролиты, обладающие катионообменными свойствами. Полидисперсность, высокая степень диссоциации указывают, что преимущественное значение имеют сильно ассоциированные катионы. Строение их в виде ароматических цепей с включенными в них функциональными группами определяют дипольный характер и высокую адсорбционную способность.

На отечественных заводах в настоящее время, как правило, применяют комплексные разжижители, в которые входят сода, жидкое стекло, углещелочной реагент (УЩР) и один из импортных понизителей вязкости.

Разжижитель УЦР представляет собой щелочные вытяжки из бурого угля, торфа и продуктов их модификации. Как правило, на заводах УЦР вводится в шаровую мельницу, способствует ускорению помола и стабилизации шликера.

Таблица 3.16

Типы разжижителей, используемых при приготовлении литейных шликеров, их ориентировочное количество [1, 4]

Разжижитель	Количество разжижителя в шликере, % от массы сухого материала в шликере	Примечание
Жидкое стекло (Na_2SiO_3)	0,15 – 0,25	Используется в комбинации с содой (в соотношении 2:1, 2:1,5) и органическими разжижителями
Кальцинированная сода (Na_2CO_3)	0,1 – 0,2	Используется в комбинации с жидким стеклом
Угщелочной реагент (УЦР)	0,2 – 0,3	Используется в комбинации с жидким стеклом и содой
Импортная добавка, чаще всего «Reotan»	В количестве, обеспечивающем доводку необходимых литейных свойств шликера	Используется в комбинации с жидким стеклом, содой, УЦР

Задача разжижителей состоит в получении шликера достаточной плотности и низкой вязкости с высокой текучестью и низким тиксотропным упрочнением.

3.4.2. Гипс для производства литейных форм

Для формования санитарно-строительных изделий традиционным методом шликерного литья и литья под давлением 0,2 -0,4 МПа используют пористые гипсовые формы. К ним предъявляют следующие требования: у форм должна быть гладкая поверхность, способность равномерно впитывать воду из шликера и достаточная механическая прочность.

Основные требования, предъявляемые к гипсу, предназначенному для изготовления литейных форм, приведены в ГОСТ 125-79.

При изготовлении гипсовых форм необходимо строго соблюдать соотношение воды и гипса и обеспечивать их тщательное смешение. Обычно на 100 мас. ч. гипса добавляют 65 – 70 мас. ч. воды. Температура воды 18 – 20 °С. Гипсовые формы обычно отливают на стендах. Затем формы сушат при температуре 55 – 65 °С.

Справочная масса гипсовых форм для различных изделий [1]

Вид формы	Масса формы, кг
Для тарельчатого унитаза	80 - 90
Для унитаза «компакт»	100 - 110
Для детского унитаза	60 - 65
Для вагонного унитаза	50 - 55
Для умывального стола	70 - 90
Для смывных бачков	80 - 90
Для писсуаров	50 - 60

В настоящее время для литья под давлением 1,3-1,5 МПа используют полимерные формы. Материалы и технология изготовления полимерных форм пока ещё в России неизвестна. Отечественные предприятия отрасли закупают их в Италии или Германии.

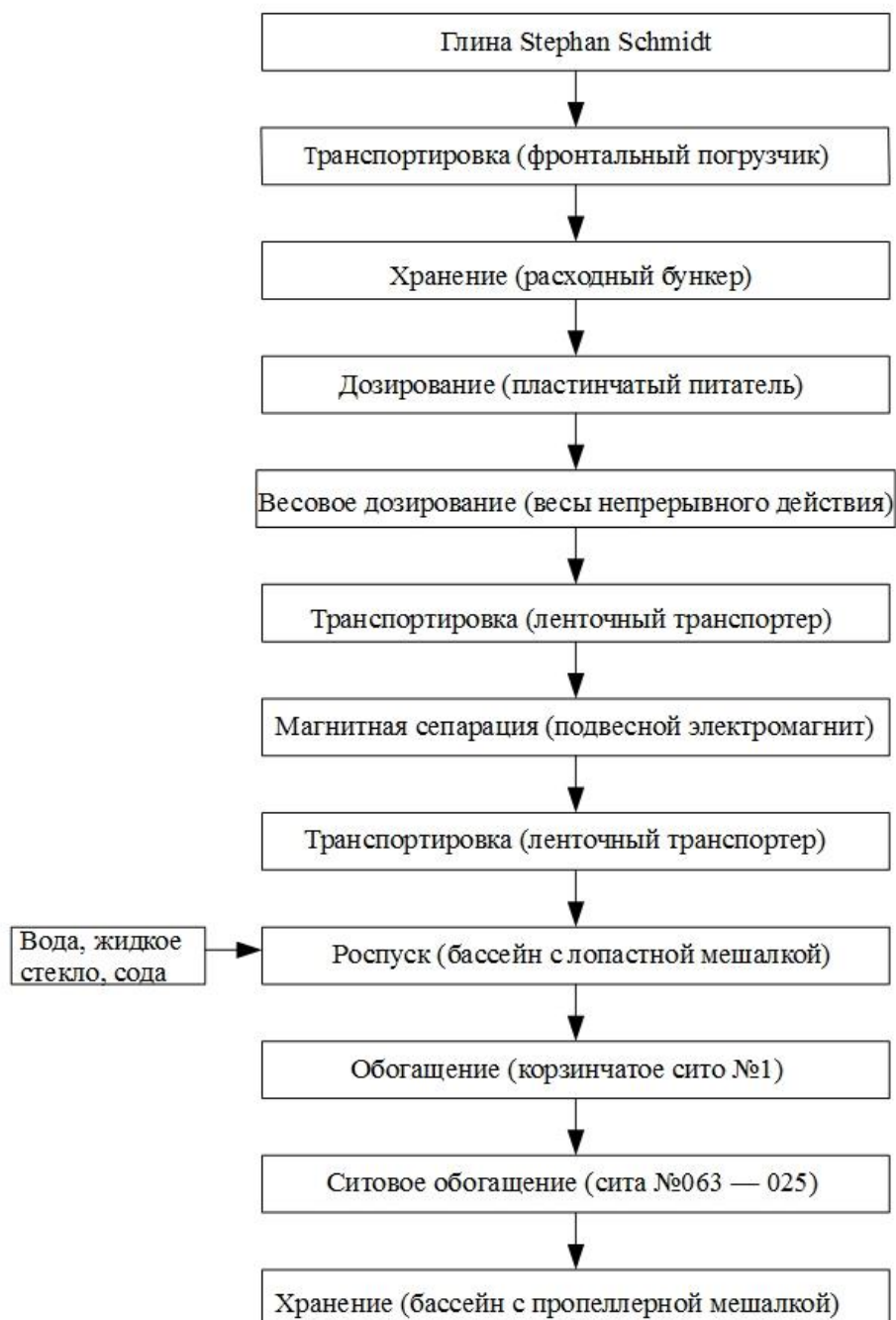
3.4.3. Другие вспомогательные материалы

При производстве санитарно-строительных изделий используют также такие добавочные материалы, как фильтровальные сетки, мелющие тела, бруски футеровочные, заглаживающие материалы для оправки изделий, различные масла, мастики, деколи и др.

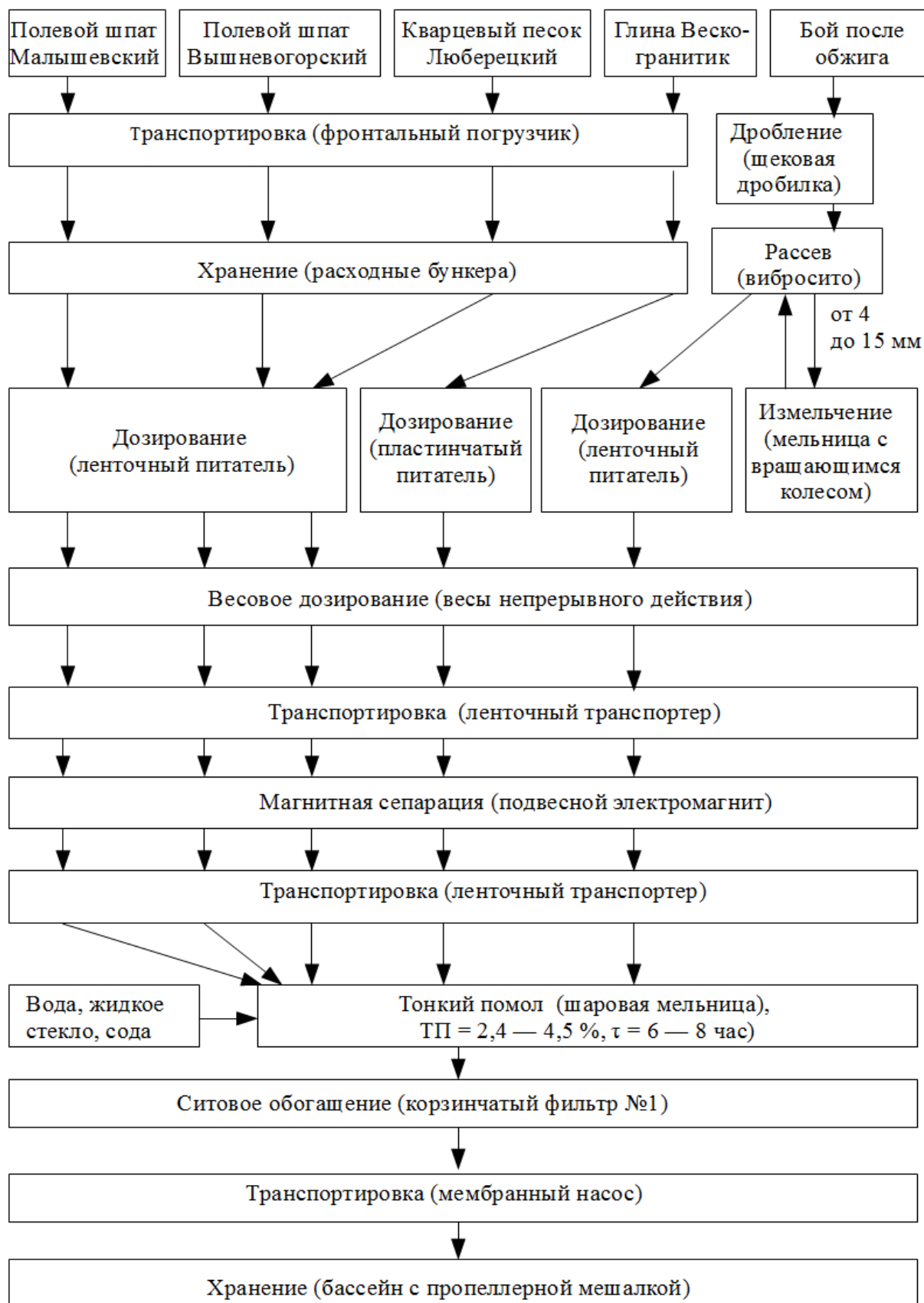
ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА И ЕЁ ОПИСАНИЕ

4.1. Технологическая схема производства

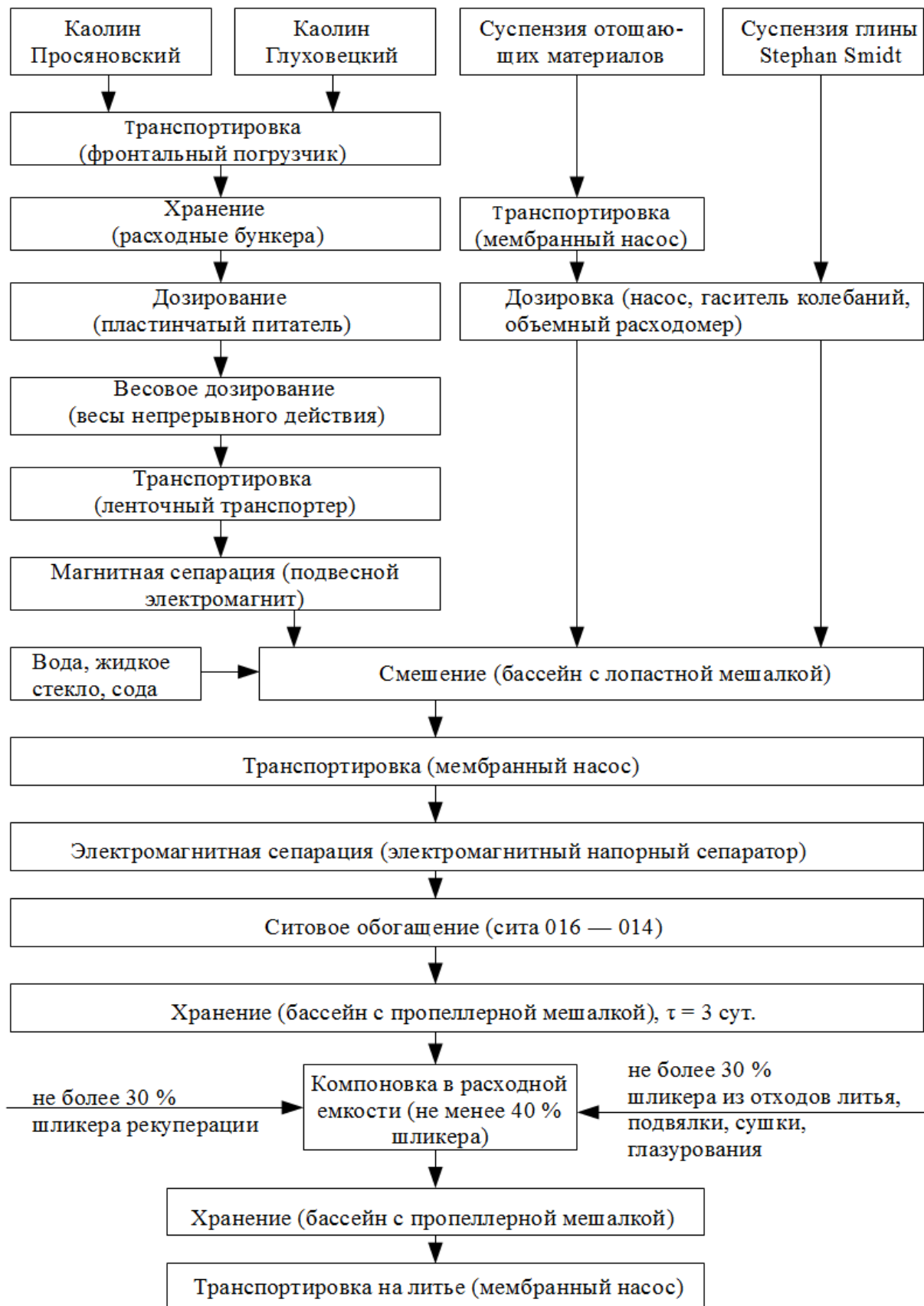
4.1.1. Получение суспензии глины *Stephan Schmidt*



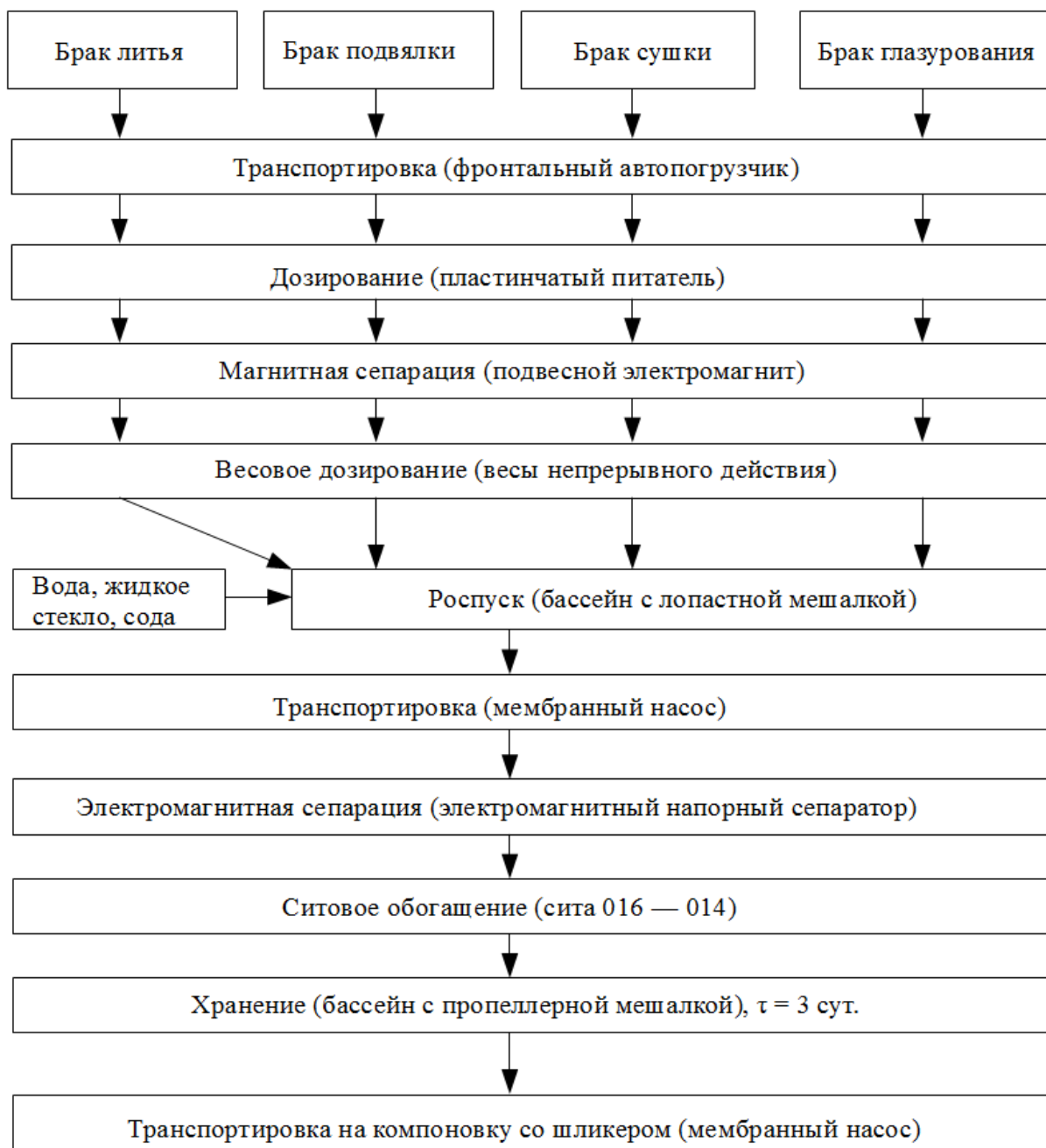
4.1.2. Получение суспензии отощающих материалов



4.1.3. Получение литейного шликера путем смешения суспензии отощающих материалов с суспензией глины Stephan Schmidt и каолинами Просяновским и Глуховецким



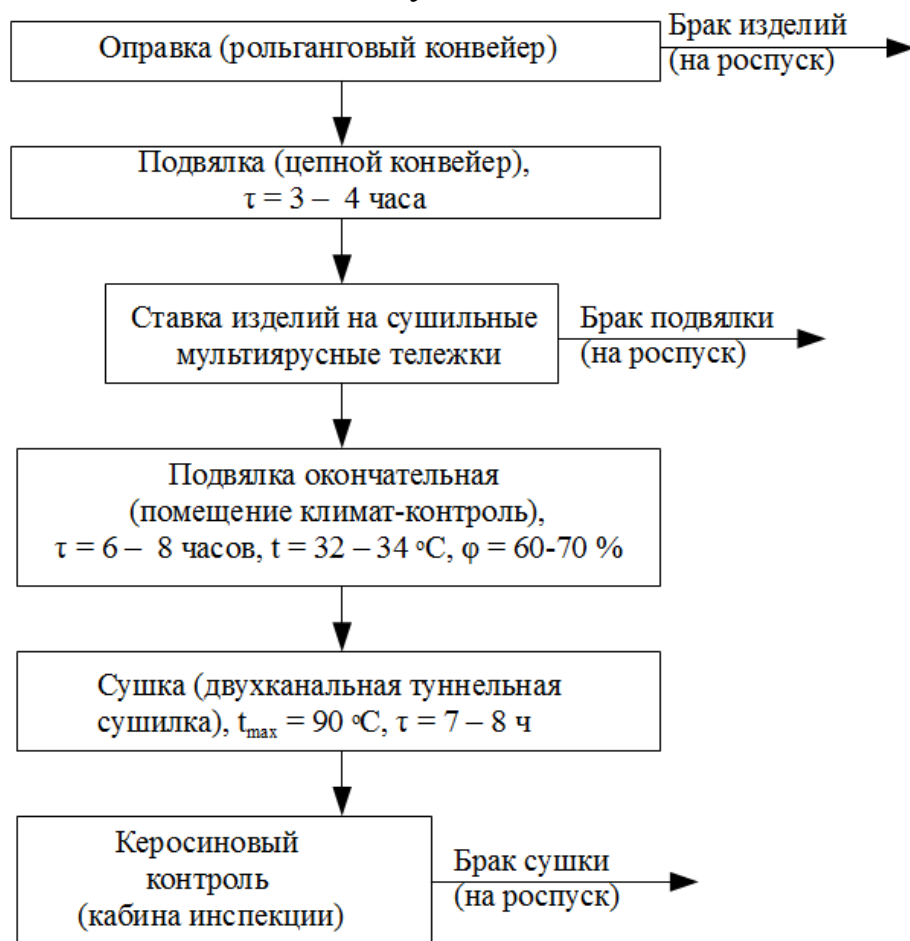
4.1.4. Получение шликера из отходов производства



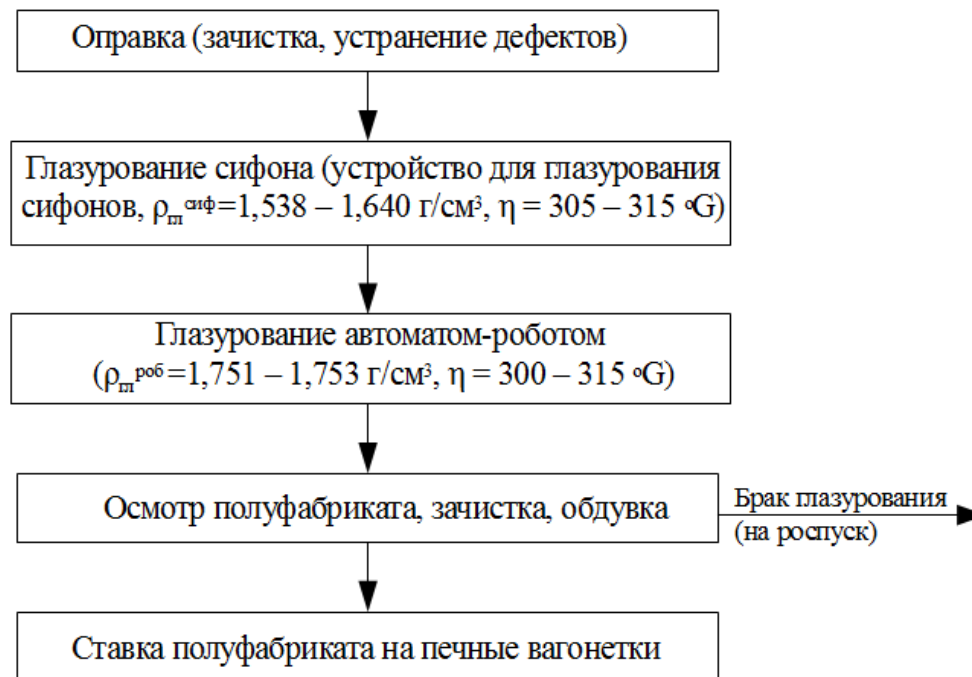
4.1.5. Формование изделий



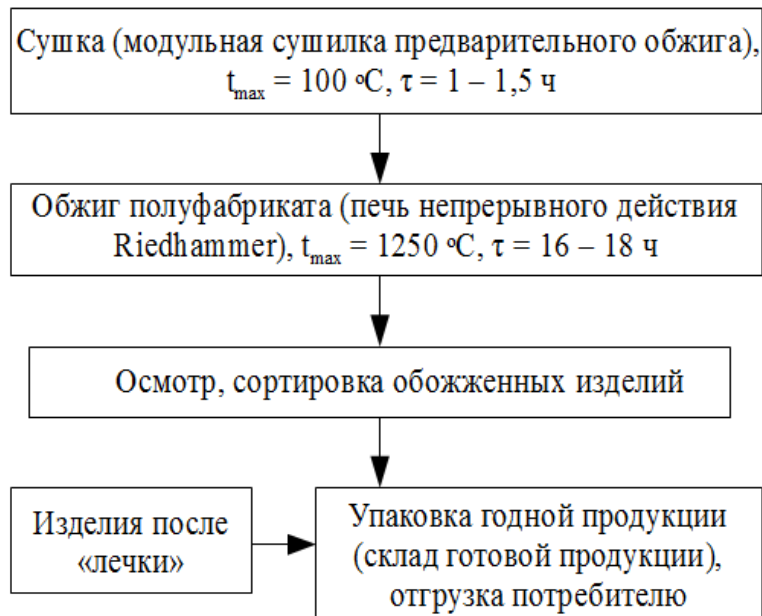
4.1.6. Подвялка и сушка изделий



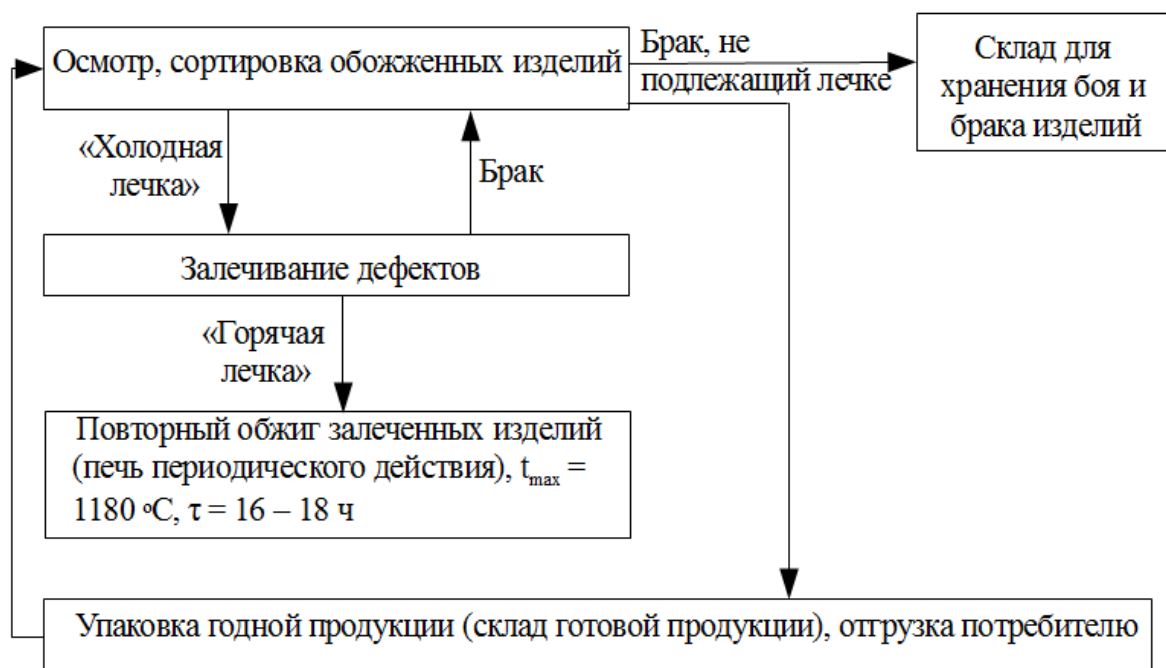
4.1.7. Глазурование изделий



4.1.8. Обжиг изделий



4.1.9. Отделение исправления дефектов («лечки») изделий



4.2. Описание технологической схемы

Сырье на территорию предприятия поставляется железнодорожным и автомобильным транспортом. Компоненты для приготовления шликера поступают в мягких контейнерах (big-bag) (полевошпатовое сырьё, кварцевый песок) и навалом (глины и каолины).

Хранится сырьё в специальных отсеках большого объема на складе крытого типа. Запас сырья рассчитан минимум на три месяца.

Из отсеков сырьё при помощи фронтального погрузчика развозится по расходным бункерам, оборудованным электронными весами. Для каждого компонента используется свой расходный бункер. Всего имеется 9 расходных бункеров, в которые помимо сырьевых материалов загружаются подготовленный бой обожженных изделий и сушь (бой и брак сухих изделий и изделий после глазурирования).



Рис. 4.1. Расходные бункеры



Рис. 4.2. Фронтальный погрузчик

Подача сырья из расходного бункера на ленточный конвейер осуществляется с помощью пластинчатых для глин и ленточных питателей для кварцевого песка, полевых шпатов, боя и сушьа изделий. В технологии используется конвейер закрытого типа, оснащенный циклоном.



Рис. 4.3. Конвейер закрытого типа, оснащённый циклоном

Для удаления аппаратного железа используются подвесные электромагниты.



Рис. 4.4. Подвесной электромагнит

Затем каждый вид сырья подается на соответствующие технологические линии:

- 1) глина WBB Sanmix XP поступает на роспуск в турбодробилку;
- 2) кварцевый песок, полевые шпаты, подготовленный бой и брак обожжённых изделий и глина Веско-Гранитик на тонкий помол в шаровую мельницу;
- 3) каолины в смесительный бассейн, где смешивают суспензии глины WBB Sanmix XP, суспензии тонкомолотых отощающих материалов для получения первичного шликера.

4.2.1. Приготовление суспензии глины WBB Sanmix XP (роспуск глины)

Роспуск глины осуществляется в турбодробилке при влажности 35 – 40 %, в течение 6 - 7 часов. Роспуск происходит с использованием разжижителей (сода и жидкого стекла). Количество электролитов, необходимое для достижения вязкости 0,50-0,31 Па·с (310-330 °G) и тиксотропии после одной минуты без перемешивания 18 – 25 °G, составляет 0,3 – 0,5 %. Готовая глинистая суспензия из турбодробилки перекачивается через корзинчатое сито №1, мембранный насос, трубопровод, барабанные сита с размерами ячейки 0,4 и 0,08 мм, вибросита с размерами ячейки 0,16 мм в бассейн с пропеллерной мешалкой для хранения.

Время выдержки глинистой суспензии в расходном бассейне составляет не менее 24 часов.



Рис. 4.5. Барабанное сито



Рис. 4.6. Вибросита



Рис. 4.7. Мембранный насос – 1, корзинчатое сито – 2



Рис. 4.8. Турбодробилки – 1, 2, расходный бассейн – 3

4.2.2. Тонкий помол отошающих материалов (получение суспензии отошающих материалов)

Кварцевый песок Люберецкий, полевой шпат Малышевского и Вишневогорского месторождений, подготовленный бой и брак обожженных изделий совместно с глиной Веско-Гранитик подвергаются мокрому помолу в шаровой мельнице при влажности 27 – 29 %.

Необходимое количество воды вносится поэтапно для более равномерного распределения материала во всем объеме мельницы.

Перед тем как закрыть мельницу и начать помол, в нее добавляются разжижители (жидкое стекло, сода, УЩР) в количестве, обеспечивающем получение суспензии с достаточной текучестью, и, как следствие, возможность перекачивания ее по трубопроводу.

Помол осуществляется до остатка на сите №0063 2,5 - 4,5 %. Время помола составляет 8 – 10 часов.

Полученная суспензия отошающих материалов перед поступлением в бассейн с пропеллерной мешалкой подвергается ситовому обогащению с помощью вибросита №04.



Рис. 4.9. Шаровые мельницы

4.2.3. Получение литейного шликера путем смешения суспензии отощающих материалов с суспензией глины WBB Sanmix XP и каолинами Просяновским и Глуховецким

В смесительный бассейн с лопастной мешалкой одновременно вводятся суспензии отощающих материалов и глины. Количество добавляемой воды должно быть таким, чтобы обеспечить влажность шликера 27 – 28 %. Затем добавляются вспомогательные вещества разжижители (жидкое стекло, сода) и наконец – Просяновский и Глуховецкий каолины. Важно соблюдать порядок загрузки бассейна. Иначе, по причине низкой текучести шликера, двигатель мешалки будет работать под нагрузкой, что может вызвать его поломку. Время приготовления *первичного* шликера 10 часов.

Персонал лаборатории проверяет параметры *первичного* шликера и при необходимости регулирует их добавкой воды и разжижителей типа «Reotan».

После прохождения через сита №016-014 и магнитные сепараторы *первичный* шликер перекачивается в бассейн с пропеллерной мешалкой на хранение, где выдерживается в течение трех суток. По истечении трех суток приготовленный шликер смешивают с шликером рекуперации в количестве не более 30 % (возвратный шликер после формования изделий) и с шликером из отходов литья, подвялки, сушки, глазурирования, также в количестве не более 30 % от общего объёма шликера. Таким образом, получают *литейный* шликер.

Литейный шликер должен быть выдержан от 1 до 3 дней для достижения реологической стабильности.



Рис. 4.10. Магнитный сепаратор



Рис. 4.11. Бассейны для хранения литейного шликера

4.2.4. Получение шликера из отходов производства

Отходы производства (брак литья, подвялки, сушки) подвергаются роспуску в бассейне с лопастной мешалкой при влажности 28-30 %. Роспуск про-

исходит с использованием разжижителя (жидкого стекла). Время роспуска составляет около 12 часов. Затем суспензия проходит стадии электромагнитной сепарации (через электромагнитный напорный сепаратор) и ситового обогащения через сита № 016 - 014. После этого необходима выдержка суспензии около 3 дней для достижения реологической стабильности. Далее происходит перекачивание суспензии мембранным насосом на смешение с *первичным* шликером. В первичный шликер разрешается вводить не более 30 % шликера из отходов производства.

4.2.5. *Формование изделий*

Для формования изделий служат установки литья под давлением. Литье осуществляется в полимерные формы с минимальным сроком службы 20 тыс. циклов.

Контрольные технологические параметры для работы на литейных стандах высокого давления следующие:

Характеристики шликера:

- влажность: 27 – 28 %;
- плотность: 1,81 – 1,82 г/см³;
- вязкость: 0,75 – 0,90 Па·с (280 – 290°G по вискозиметру Галленкампа);
- тиксотропия после 1 мин: 20 – 30°G (показывает насколько увеличилась вязкость шликера в градусах Галленкампа при выстаивании в течение 1 мин);
- тиксотропия после 6 мин: 75 – 90°G (показывает насколько увеличилась вязкость шликера в градусах Галленкампа при выстаивании в течение 6 мин);
- температура исходного шликера: 20 – 25 °С;
- температура шликера в процессе литья: 44 – 45 °С;
- давление литья: 1,3 МПа.

Основными фазами цикла работы установки литья под давлением являются:

- закрытие форм;

- наполнение форм шликером; для улучшения процесса литья (скорости набора черепа) шликер подогревают до 44 – 48 °С;
- набор черепка; для ускорения набора черепа шликер внутри форм находится под давлением 1,3 МПа;
- декомпрессия, сброс давления в форме;
- опустошение форм; излишек шликера сливается из формы; для ускорения слива используют подачу в форму сжатого воздуха;
- уплотнение черепка; уплотнение ускоряют путем введения внутрь воздуха с определенным давлением;
- декомпрессия; сброс давления;
- открытие форм; первыми открываются верхние части, затем боковые; изделие остается на основании формы;
- автоматическое перемещение изделий с основания формы на конвейер для первичной подвялки в течение 3 – 4 часов;
- промывка форм; промывка осуществляется путем подачи специально подготовленной воды внутрь дренажной системы форм.

Затем вода из формы удаляется путем подачи сжатого воздуха в дренажную систему. Полный цикл отливки изделий составляет 20 – 30 мин.



Рис. 4.12. Емкость для нагревания шликера

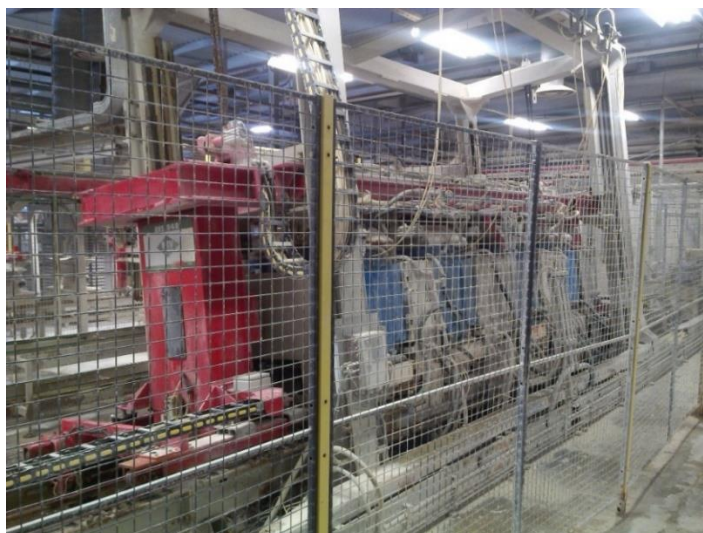


Рис.4.13. Стенд для литья изделий под давлением

4.2.6. Подвялка и сушка изделий

Подвялка

После формования изделия автоматически перемещаются с основания формы на рольганговый конвейер и поступают на оправку. Оправка заключается в устранении дефектов внешнего вида, наиболее распространенными из которых являются:

- удаление швов, образовавшихся на стыке частей формы;
- обработка функциональных отверстий полуфабрикатов;
- устранение литников (отверстий, оставшихся в местах подачи и слива шликера);
- устранение наружных дефектов иного происхождения.

Удаление этих мелких дефектов осуществляется с помощью различных инструментов (шпателей, скребков, губок и т.д.). Отделка занимает от 1 до 5 – 6 минут в зависимости от того, идет ли речь о простых изделиях (например, сливные бачки) или о крупных и сложной конфигурации (например, унитаза).

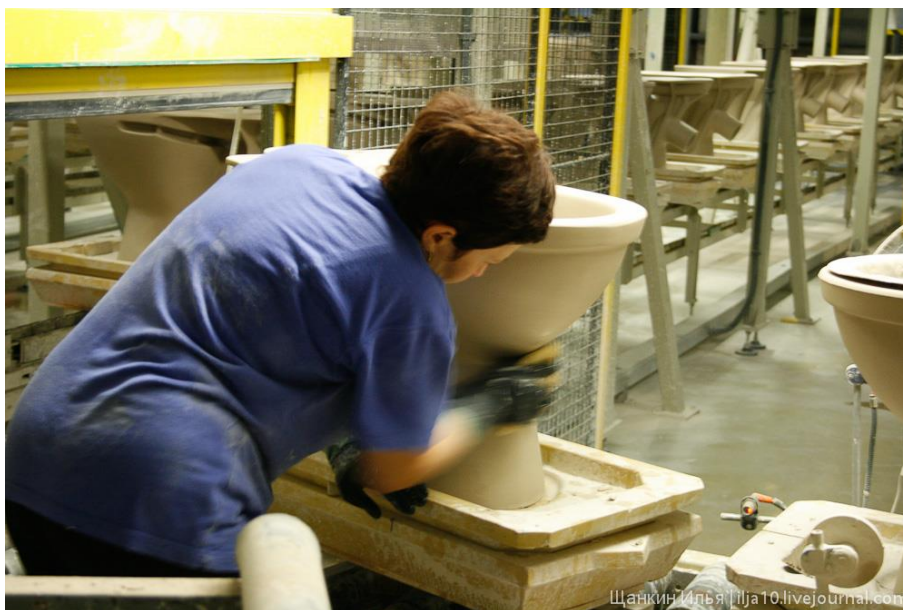


Рис. 4.14. Оправка сформованных изделий

Полуфабрикаты с дефектами, не поддающимися устранению, снимаются с конвейера и поступают на участок массо-заготовительного отделения для использования в приготовлении шликера.

Затем изделия автоматически поступают на цепной конвейер на первичную подвялку в течение 3-4 часов, в ходе которой они приобретают достаточную прочность и после которой они могут быть вручную установлены на мультитярусные тележки, где окончательно подвяливаются до влажности 14% и прогреваются до 32-34 °С в течение 6 – 8 часов.

Для предотвращения образования трещин из-за напряжений, которые могут возникнуть по причине усадки в процессе подвялки, вызванной потерей воды, на участке литья устанавливается система микроклимата, обеспечивающая мягкий режим сушки путем создания температуры 32-34 °С и относительной влажности воздуха 60 – 70 %.

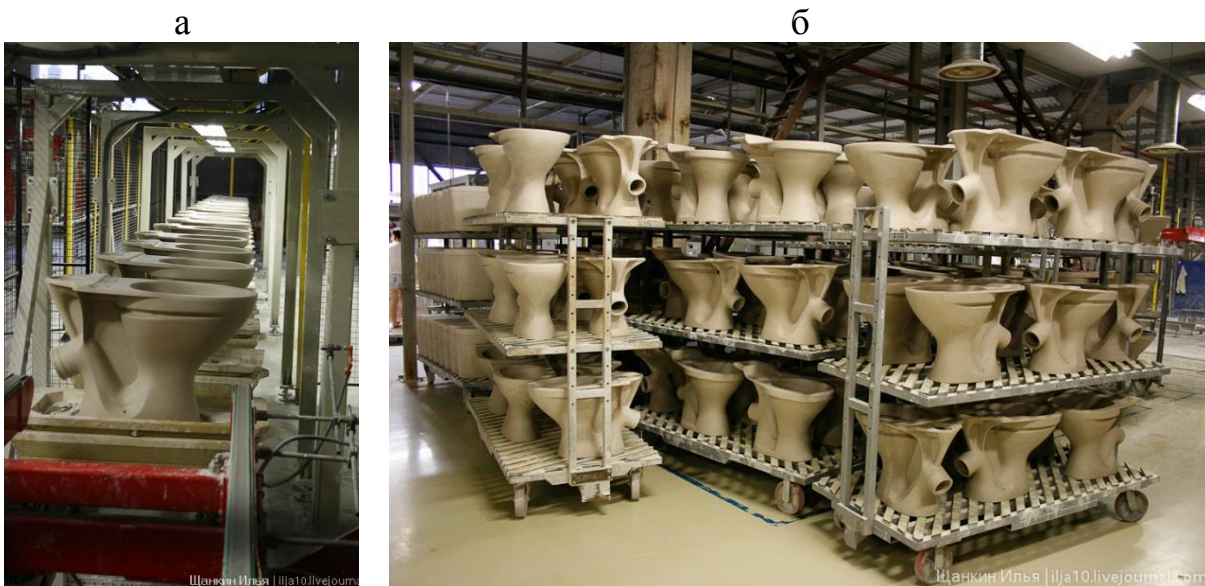


Рис. 4.15. Подвялка изделий: а – на цепном конвейере ; б – на трехъярусных вагонетках в помещении с климат-контролем

На этом этапе полуфабрикаты могут обдуваться легким непрерывным потоком воздуха от специальных вентиляторов, если это не приводит к образованию трещин в связи с разной степенью высушивания частей изделия.

Установка микроклимата обеспечивает подачу нагретого воздуха в цех, отбор охлажденного воздуха и выброс его в атмосферу. Подготовка воздуха для создания микроклимата на участке литья состоит из следующих этапов:

- смешивание воздуха, отобранного из окружающей среды, с воздухом рециркуляции;
- фильтрация;
- увлажнение;
- нагрев.

Сушка

После подвялки изделия на мультярусных тележках поступают в двухканальную туннельную сушилку.

Главной задачей процесса сушки является снижение влажности изделий перед стадией глазурования.

Высушенное изделие, по сравнению с только что отлитым, обладает большей механической прочностью, необходимой пористостью, что значительно облегчает нанесение глазурного покрытия.

Изделия высушиваются в двухканальной туннельной сушилке за 7 – 8 часов. Влажность полуфабриката снижается с 14 – 16 % менее чем до 1 %. Сушилка разделена на 7 секций, каждая из которых оборудована горелкой и камерой сгорания, куда подается воздух на горение. В каждой зоне сушилки создается определенный температурный режим, обеспечивающий мягкость проведения процесса сушки. Подача воздуха и отбор дымовых газов регулируется автоматическими заслонками. Так же предусмотрена возможность регулировки заслонок вручную.

Внутри сушилки изделия поступают на мультитярусных тележках. Количество изделий на тележке зависит от их типа.



Рис. 4.16. Выход изделий из сушилки

Большая часть дефектов, появляющихся в изделиях в процессе производства, возникает во время сушки и обжига. Особенно распространенными дефектами являются коробление, образование трещин и деформация изделий.

Выбор режима сушки в значительной степени определяется свойствами массы, формой и размером изделий.

Для предотвращения деформаций и треска изделий, которые могут возникнуть по причине резкого уменьшения их объема в процессе сушки, необходимо контролировать условия удаления воды из отливок: температуру, влажность и скорость подачи теплоносителя. Воздушная усадка изделий должна находиться в пределах 2 – 3 %.

Кривая сушки делится на различные участки, на каждом из которых может задаваться необходимая температура. Время пребывания изделия в каждом секторе пропорционально общему времени цикла на количество участков. Максимальная температура сушки составляет 90 °С, время сушки 7 – 8 часов.

Скорость подачи теплоносителя также значительно влияет на свойства высушенного полуфабриката. Теплоноситель (горячий воздух) служит для испарения и удаления воды с поверхности изделия. На первом участке распределение нагретого воздуха осуществляется равномерно через перфорированные листы. На последних участках распределение осуществляется более интенсивно струями горячего воздуха, которые позволяют воде быстро испаряться с поверхности изделий.

Для увеличения влажности теплоносителя в начале сушки используется рециркулят, отработанный теплоноситель с низкой температурой и высокой влажностью, кроме того, в сушилке возможна установка 2-х систем увлажнения. Первая служит для увеличения влажности с помощью электрических увлажнителей, которые вырабатывают дополнительное количество пара. Вторая подразумевает установку генератора пара, который входит в состав тепловой системы, а также серии трубок и двухходовых клапанов подачи пара в различные секторы при необходимости.

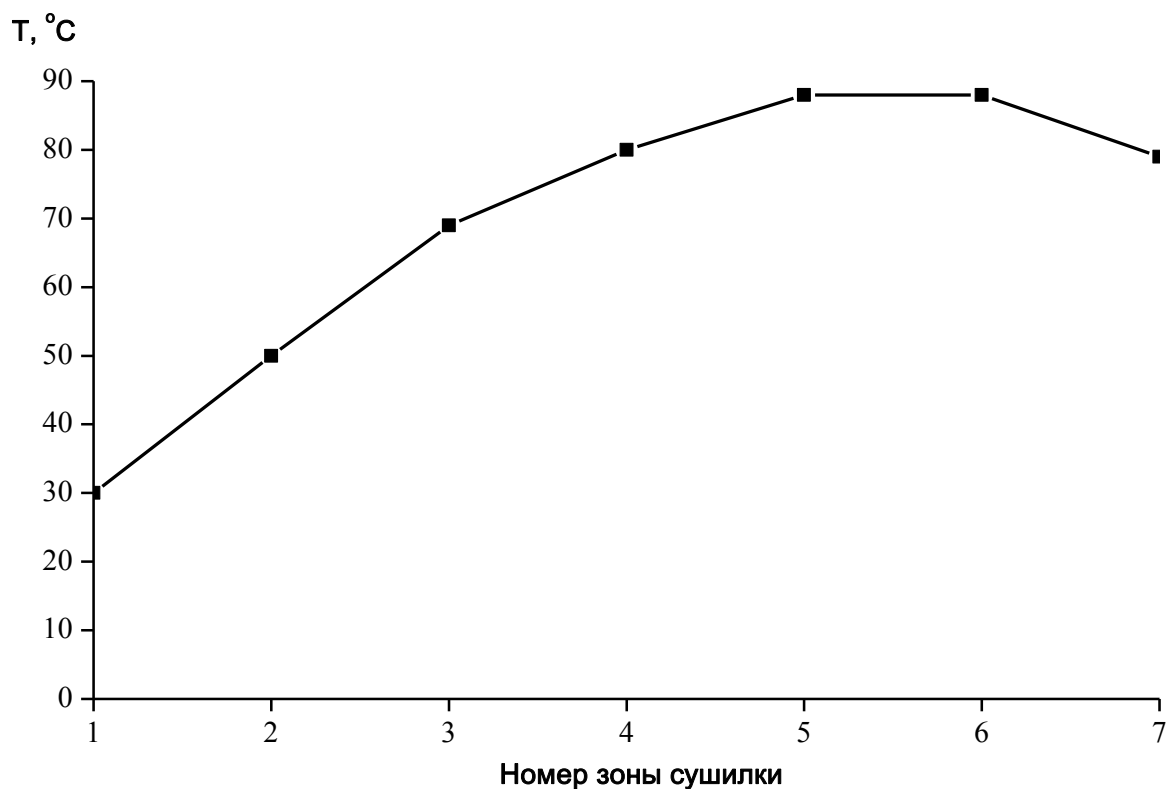


Рис. 4.17. Кривая сушки

4.2.7. Керосиновый контроль и оправка изделий

После сушки все изделия проходят керосиновый контроль и зачистку мелких дефектов и отколов в кабинах, оснащенных гидрофилтрами, которые обеспечивают поглощение пыли через постоянно стекающий слой воды.

Внешним осмотром устанавливается качество оправки, определяется наличие трещин, посечек и других дефектов. Для этого керосин наносится кистью на участки и линии перехода от одного вида поверхности к другому, приклейки деталей, заделки литников, на места возможного возникновения посечек. Если трещины и посечки есть, то из них выделяется воздух и керосин как бы «вскипает». Кроме того, выборочно, по мере надобности, осуществляется проверка монтажных отверстий контрольным шаблоном.

Затем, если возможно, производится устранение дефектов на поверхностях изделий в соответствии с инструкциями для оправщиков-чистильщиков.

В том случае, если дефекты устранению не подлежат, то изделия выбраковываются и их направляют на переработку в массозаготовительный цех.



Рис. 4.18. Кабина для керосинового контроля



Рис. 4.19. Кабина оправщика (вид изнутри)



Рис. 4.20. Брак изделий после сушки

И только после того, как полуфабрикаты прошли необходимую сушку, opravku, а также контроль качества, годные изделия отправляют на глазурование.

4.2.8. Глазурование изделий

В случае унитазов глазурование осуществляется в два этапа. Сначала глазуруют поверхность сифона и чаши при помощи устройства глазурования сифонов методом полива. Внутреннее глазурование такой установкой происходит путем заполнения всей чаши и её последовательного опустошения переворачиванием унитаза. Машина рассчитана для одного рабочего и имеет две камеры хранения унитазов. Погрузка и разгрузка являются ручными операциями.

На втором этапе производится глазурование наружной поверхности унитаза методом пульверизации при помощи автомата-робота, оборудованного двумя пистолетами глазурования. Глазурь, нанесённая этими пистолетами, распыляется на поверхность изделия и превращается в порошок.

Время глазурования: 45 – 120 с в зависимости от типа изделия, толщина нанесённой глазури обычно 0,7 – 1,0 мм.

Отглазурованное изделие при помощи конвейера перемещается на автоматическую систему вращающихся губок для удаления глазури с основания изделия. Контроль чистоты основания изделия от глазури контролируется на специальном столе. В случае присутствия глазури на опоре полуфабриката её счищают

скребком или губкой. Это необходимо делать, чтобы избежать прилипания изделия к огнеупорным плитам вагонетки и склеивания крышки и бачка во время обжига.



Рис. 4.21. Глазурование сифона унитаза методом полива



Рис. 4.22. Глазурование изделий с помощью установки «Робот» методом пульверизации

4.2.9. Садка изделий на обжиг

Заглазурованные изделия устанавливают на огнеупорные плиты вагонеток печи или на поверхность огнеупорных суппортов, служащих для обжига определенных изделий, а также для увеличения количества изделий на вагонетке.

Плиты и огнеупорные суппорты должны быть покрыты слоем защитного высокоогнеупорного ангоба, который может быть нанесен либо кисточкой, либо аэрографом. Ангоб служит для защиты плит и суппортов от прилипания соприкоснувшейся с ними расплавленной глазури.



Рис. 4.23. Ставка глазурованных изделий на печную вагонетку

4.2.10. Сушка перед обжигом

Далее покрытые глазурью полуфабрикаты на печных вагонетках поступают на сушку перед обжигом. Главной задачей процесса сушки является снижение влажности изделий, так как влажность полуфабриката после глазурования составляет примерно 2 – 3 %. Сушка осуществляется в туннельном предсушиле, установленном непосредственно перед печью. Сушильный агент – горячий воздух из зоны охлаждения печи. Максимальная температура сушки составляет 100 °С. Время сушки 1 – 1,5 часа. После сушки конечная влажность изделий составляет меньше 1 %. Если предсушила нет, то подсушка изделий, установленных на

печные вагонетки, осуществляется естественным путём в цеху на отгонном пути около печи.

4.2.11. Обжиг изделий

После подсушки изделия на вагонетках сразу же поступают в туннельную печь непрерывного действия, длительность обжига 16 – 18 часов, максимальная температура обжига составляет 1200 – 1250 °С.



Рис. 4.24. Туннельная печь



Рис. 4.25. Выход изделий из печи

Краткая характеристика печи

На рис.4.26 представлено схематическое изображение печи.

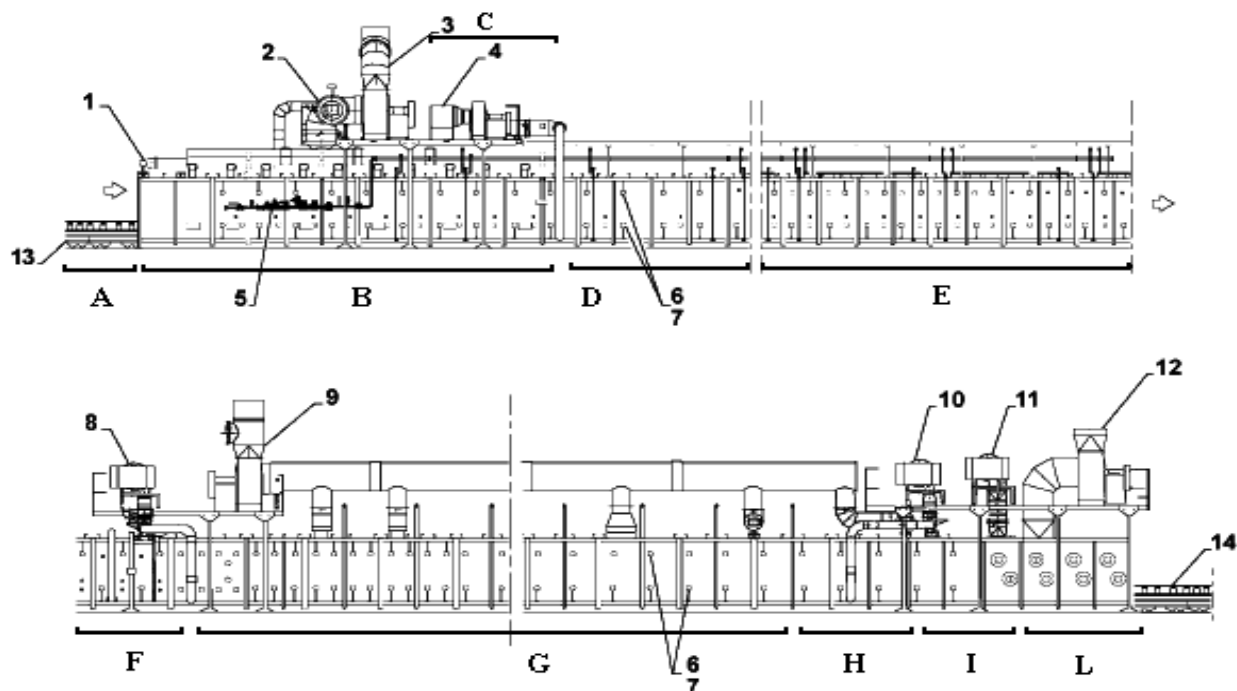


Рис.4.26. Схематичное изображение вагонеточной печи НР

Зоны печи: **А** – воздушная завеса; **В** – отбор дымовых газов; **С** – зона обдува свода печи; **D** – зона предварительного нагрева; **Е** – зона обжига; **F** – воздушная завеса; **G** – зона отбора воздуха у свода; **H** – зона 1-ой подачи холодного воздуха; **I** – зона 2-ой подачи холодного воздуха; **L** – зона конечного охлаждения (зона 3-ей подачи холодного воздуха). **1** – вытяжной шкаф на входе в печь; **2** – воздушная завеса на входе в печь; **3** – вентилятор отбора дымовых газов; **4** – вентилятор обдува свода печи; **5** – регулировочная система; **6** – горелки; **7** – пульт управления горелками; **8** – вентилятор 1-ой подачи воздуха на охлаждение; **9** – вентилятор отбора дымовых газов у свода; **10** – вентилятор 2-ой подачи воздуха на охлаждение; **11** – вентилятор противоточного охлаждения; **12** – вентилятор 3-ей подачи воздуха на конечное охлаждение; **13** – вагонетка для садки на входе в печь; **14** – вагонетка для садки на выходе из печи.

Печь выполнена из модульных элементов и внутренней футеровки по стандарту ASTM 26; футеровка предназначена для температур до 1320 °С.

Футеровка печи выполнена из суперизоляционного кордиерита с прослойкой плиты из керамического волокна. Плоский подвесной свод состоит из закрытой конструкции и оребренных огнеупорных кордиеритовых плит. Печь допускает выполнение циклов скоростного обжига при значительной простоте адаптации к различным кривым обжига. Печь была спроектирована и изготовлена таким образом, чтобы максимально упростить инспекционные и ремонтные работы.

Печные вагонетки представляют собой прочную металлоконструкцию на несущих осях с колесами на стабилизированных подшипниках, предназначенных для работы при температуре 250°C. На металлоконструкции размещен огнеупор и керамическое волокно, составляющие теплоизоляцию вагонетки.

Техническая характеристика туннельной печи НР

- производительность печи (часовая по массе) – 2226 кг/ч;
- температура обжига – 1205°C;
- температура отходящих дымовых газов – 450°C;
- температура воздуха, отбираемого из зоны охлаждения – 450°C;
- продолжительность обжига – 16 часов;
- влажность изделия, поступающего на обжиг не более 1%;
- длина печи – 79800 мм;
- размеры вагонетки – 2750×1400 мм;
- число вагонеток в печи: $79800/1450 = 55$ шт.;
- цикл толкания: $55/16 = 3,7$ шт/ч.

Температурный режим обжига санитарно-строительных изделий туннельной печи в зависимости от времени обжига приведен на рис.4.27.

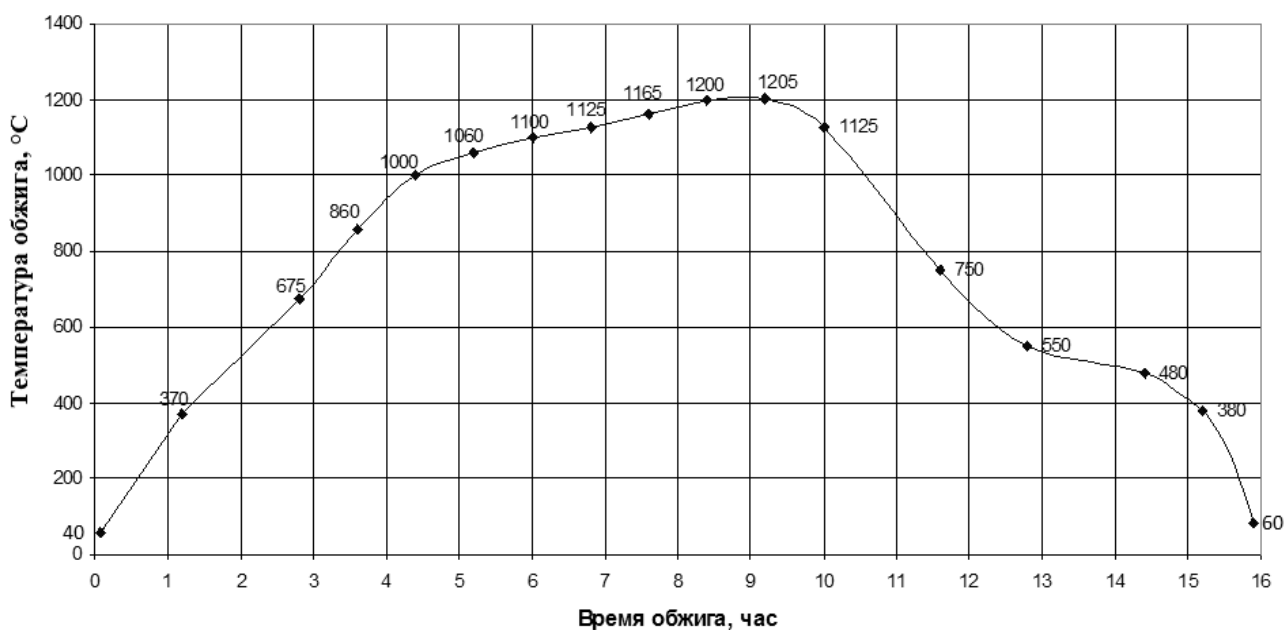


Рис.4.27. Температурный режим обжига в туннельной печи в зависимости от времени обжига

4.2.12. Сортировка

Обожженные изделия сортируются. Годная продукция отправляется на упаковку и склад готовой продукции. Брак поступает на участок МЗО для дробления.



Рис. 4.28. Участок сортировки

Часть изделий подвергается исправлению дефектов («лечке»).

«Лечка» может производиться *«холодным»* способом, если необходимо устранить на поверхности изделий такой брак глазурного покрытия, как «наколы» и «прыщи». В этом случае обнаруженный дефект рассверливается, затем в лунку наносится специальная полимерная паста, соответствующая по цвету глазури, которую затем отверждают с помощью ультрафиолета. Далее поверхность затвердевшей пасты шлифуют и полируют. Изделия в этом случае не подвергаются повторному обжигу.

«Лечка» также может производиться *«горячим»* способом, если приходится исправлять такие дефекты глазурирования, как сухость глазури, плешина. В этом случае вручную покрывают отдельные участки новым слоем глазури, затем исправленные изделия направляют в печь периодического действия на повторный обжиг для закрепления и разлива нанесённого глазурного слоя. Длительность обжига 16 – 18 часов, максимальная температура обжига 1190 °С.



Рис. 4.29. Печь периодического действия и вагонетка для нее

Контролер-приемщик производит оценку качества каждого изделия по показателям внешнего вида согласно требованиям ГОСТ 15167-93. Данные осмотра изделий: вид и тип изделия, номер партии, дату отливки, номера литейщика, глазурищика и контролера керосинового контроля, вид дефекта – заносит в ведомость.

Наличие невидимых трещин определяется на слух путем простукивания изделий деревянным молотком массой 0,25 кг. Изделия, имеющие сквозные трещины, при простукивании издают дребезжащий звук.

Изделия, имеющие следы от подставок, несквозные посечки и наколы, а также пьедесталы с треском нижней монтажной поверхности исправляются.

Рассортированные по ГОСТ 15167-93 изделия и крышки бачков клеймят по сортам на невидимой неглазурированной поверхности штемпельной краской при помощи резинового штампа. На забракованных изделиях и крышках бачков контролер-приемщик также должен поставить клеймо «Брак» на незаглазурированную поверхность.

От каждой партии изделий лаборант – контролер должен отбирать в соответствии с ГОСТ 15167-93 образцы изделий для лабораторных испытаний по ГОСТ 13449-82.

Партией считается суточный выход изделий из печи.

Маркировку и упаковку изделий осуществляют согласно требованиям ТУ и в соответствии с утвержденными схемами. Изделия вручную упаковываются в индивидуальную упаковку из гофрокартона. На каждую упаковку наносится ярлык со следующей информацией: страна изготовитель, предприятие изготовитель, юридический адрес, наименование изделия, номер ТУ, цвет, сорт, номер партии, упаковщик, дата изготовления, штамп контролера – приемщика ОТК. Изделия без индивидуальных упаковок прокладывают трехслойным гофрокартоном и обтягивают полиэтиленовой пленкой.

Упакованные изделия после аттестации ОТК транспортируют на склад годной продукции.

ГЛАВА 5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

5.1. Минералогическая и кристаллохимическая характеристика сырьевых материалов

Сырьевые материалы, используемые в производстве санитарно-строительных изделий, подразделяются на пластичные (каолины и глины), отощающие (кварц и кварцевый песок) и плавни (полевые шпаты).

Глины и каолины

Глинистые материалы представляют собой горные породы, обычно полиминерального состава, землистого вида, образующие с водой пластичное тесто, способное сохранять придаваемую ему форму и принимать после обжига твердость камня.

В производстве тонкой керамики широко используют каолины, а также каолиновые огнеупорные и тугоплавкие глины, содержащие преимущественно минералы каолиновой группы, описываемые общей химической формулой $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (структурная формула – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$).

Каолинит представляет собой слоистый минерал, имеющий слой тетраэдров $[SiO_4]$, сочлененных со слоем октаэдров, оканчивающихся группами $[OH]^-$ (рис. 5.1). В центре октаэдра находится катион алюминия. В зависимости от месторождения частицы каолинита представляют собой более или менее четко ограниченные кристаллы гексагональной формы размером около 1 мкм. Плотность каолинита $(2,41 - 2,63) \cdot 10^3$ кг/м³. В переотложенных (вторичных) каолинах частицы имеют неправильную форму: обломанные края, иногда размытые очертания и меньший размер частиц.

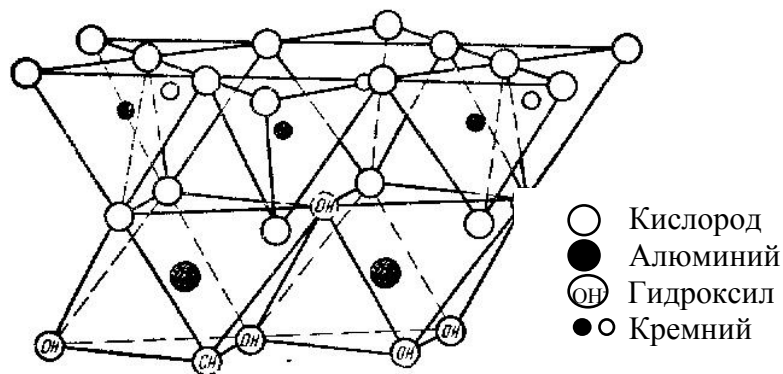
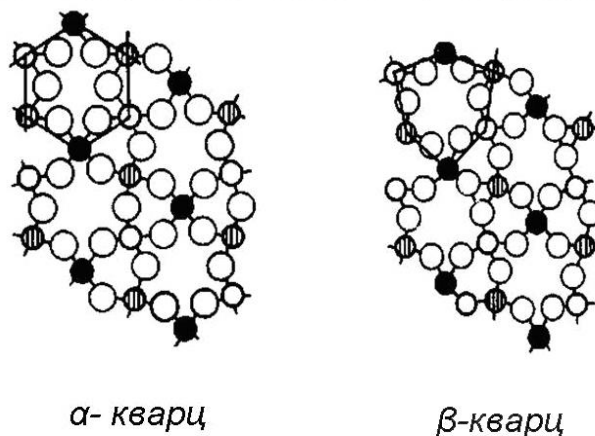


Рис. 5.1. Схема структуры каолинита

Кварцевый песок

Кварцевый песок в производстве тонкой керамики используется в качестве отощителя. Он снижает пластичность исходной массы и уменьшает усадку при сушке и обжиге, обеспечивает кристаллическую фазу в черепке, повышая тем самым его прочность.

Кварц – минерал с тригональной сингонией состава SiO_2 , со стекляннм жирным блеском. Кристаллы и зерна случайной формы. В обломочном кварце зерно обычно имеет закругленные края и грани. Плотность $2,66 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Имеет ряд модификаций, важнейшими из которых в технологии тонкой керамики являются α - и β -кварц (рис. 5.2.).

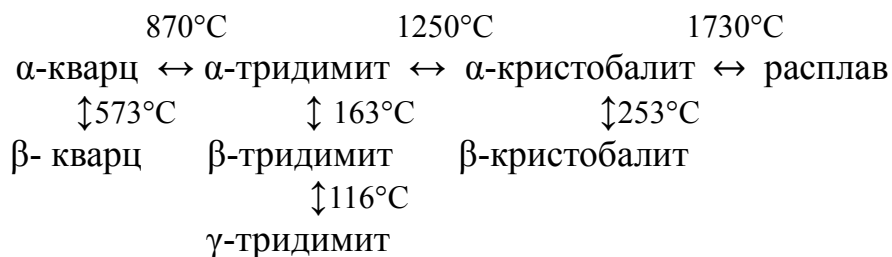


α -кварц

β -кварц

Рис. 5.2. Схема структуры кварца

β -кварц имеет тригональную сингонию, плотность $2,65 \cdot 10^3$ кг/м³ и существует до 573 °С. α -кварц имеет гексагональную сингонию, плотность $2,53 \cdot 10^3$ кг/м³ и существует в интервале температур 573 – 870 °С.



Полевошпатовое сырьё

Плавни в керамической массе играют двойную роль. При формовке и сушке они выступают в роли отошителей, а при обжиге способствуют образованию легкоплавких расплавов, снижают температуру обжига изделий, повышают плотность и прочность черепка.

Лучшие виды плавней для фарфора – натриево-калиевые полевые шпаты, в которых преобладает ортоклаз $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (структурная формула – $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, температура плавления 1130 – 1450 °С) и присутствует альбит $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (структурная формула – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, температура плавления 1120 – 1250 °С). Полевые шпаты этой группы обладают низкой температурой плавления и достаточно большим интервалом между спеканием и плавлением 140 – 220 °С, а соотношение K_2O и Na_2O должно быть не менее 1 – 1,5.

Кристаллическая структура полевых шпатов сложена анионными комплексами, состоящими из тетраэдров SiO_4 и AlO_4 . При этом число ионов Si^{4+} , замещенных ионами Al^{3+} , не превышает половины. Как правило, устанавливаются стехиометрические соотношения Si:Al, равные 3:1 либо 1:1. Тетраэдры SiO_4 и AlO_4 сочленены между собой в трехмерные каркасы. Полости в каркасах могут занимать ионы Na, Ca, K, Ba, Sr (рис. 6.3) [3, 8].

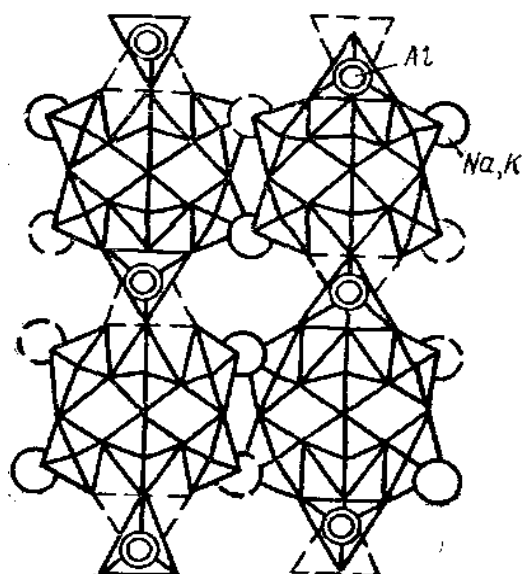


Рис. 5.3. Схема структуры полевого шпата

5.2. Физико-химические основы технологических процессов

5.2.1. Роспуск глины

Глину WBB Sanmix XP измельчают роспуском в турбодробилке в присутствии воды и электролитов.

При взаимодействии глины с водой вокруг элементарного глинистого зерна возникает гидратная оболочка. Комплекс глина — вода схематически изображен на рис. 5.4. Зерно глинистого минерала, как правило, несет отрицательный электрический заряд, обусловленный изоморфным замещением катионов в кристаллической решетке и наличием нескомпенсированных связей. Под действием электрического поля, создаваемого зерном, молекулы воды приобретают полярность и окружают его поверхность, образуя последовательно мономолекулярный, полимолекулярный и диффузный слои. Каждый слой удерживается с разной силой, убывающей от поверхности зерна к периферии. Поэтому вода в диффузном слое обладает определенной степенью свободы.

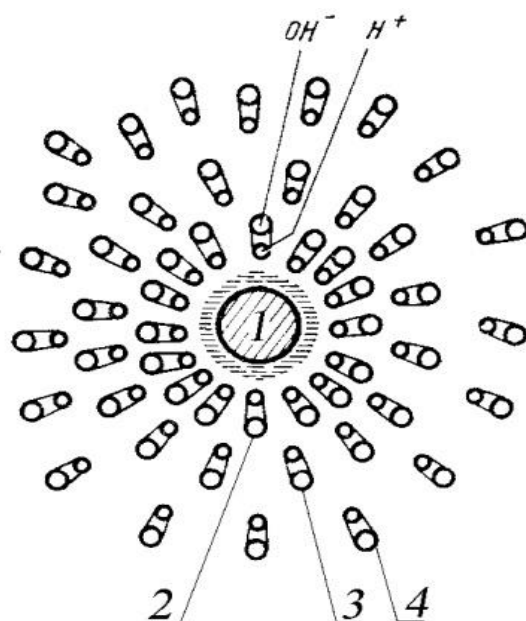


Рис. 5.4. Схема строения водной оболочки зерна глинообразующего минерала:
 1 – зерно минерала; молекулы воды: 2 – мономолекулярного слоя; 3 – полимолекулярного слоя; 4 – диффузного

При роспуске в воде за счёт образования гидратных оболочек и проникновения воды между элементарными пакетами поверхность куса глины **набухает**, т.е. увеличивается в объеме. Набухшие наружные слои испытывают напряжение скалывания, отделяются и освобождают поверхность для дальнейшего взаимодействия с водой. Куски глины распадаются на более мелкие частицы или элементарные зерна. Происходит **размокание**. Именно этим свойством и объясняется свободный роспуск глин и каолинов.

Разжижение глинистых суспензий

В реальных глинистых суспензиях всегда есть растворённые соли (в основном это соли кальция). Образовавшиеся при диссоциации солей положительные катионы Ca^{2+} могут адсорбироваться на поверхности глинистого зерна либо, окружив себя гидратной оболочкой, находиться в диффузном слое. Формируется так называемый сорбированный комплекс. Отрицательный заряд на поверхности глинистой частицы уменьшается. Следовательно, уменьшаются гидратные оболочки. Тонкие гидратные оболочки способствуют агрегации глинистых частиц за счёт сил Ван-дер-Ваальса. Для создания устойчивой суспензии необходимо

увеличить количество свободной воды, не связанной в гидратные оболочки глинистых частиц и заполняющей объем между ними (увеличить влажность суспензии глины до 60-70 %). Такая высокая влажность недопустима при беспрессовой подготовке литейного шликера.

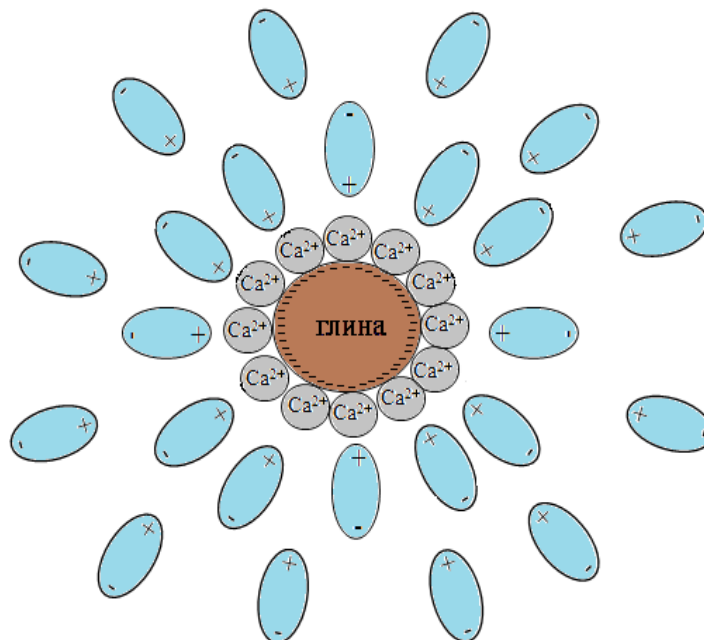


Рис. 5.5. Модель строения исходной глинистой частицы в реальной суспензии без разжижителя

Можно пойти другим путём, например, увеличить толщину гидратных оболочек до такой толщины, чтобы предотвратить агрегацию частиц и тогда можно значительно уменьшить количество свободной воды (снизить влажность до 30 – 40 %) при сохранении устойчивости суспензии.

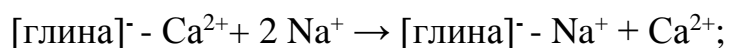
Для этой цели используют добавки «разжижителей». Традиционными разжижителями являются сода (Na_2CO_3) и жидкое стекло (Na_2SiO_3).

При взаимодействии соды с глиной в воде протекают следующие процессы:

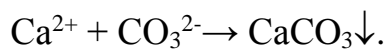
- 1) электролитическая диссоциация соды



2) катионы Na^+ обладают меньшей энергией адсорбции, чем Ca^{2+} , поэтому на поверхности глинистых частиц происходит ионный обмен



3) выделившиеся при ионном обмене катионы кальция Ca^{2+} взаимодействуют с анионом CO_3^{2-} с образованием нерастворимого осадка карбоната кальция:



Причём, только половина катионов Ca^{2+} , выделяющихся в результате ионного обмена, связывается в нерастворимый осадок. Несвязанные катионы Ca^{2+} образуют аквакомплекс, уменьшая таким образом количество свободной воды в суспензии.

За счёт ионного обмена на поверхности глинистых частиц происходит увеличение избыточного отрицательного заряда и, как следствие, увеличение объёма гидратных оболочек и, соответственно, эффект увеличения их расклинивающего действия и устранение тиксотропии по типу «колода карт» рис 5.9.

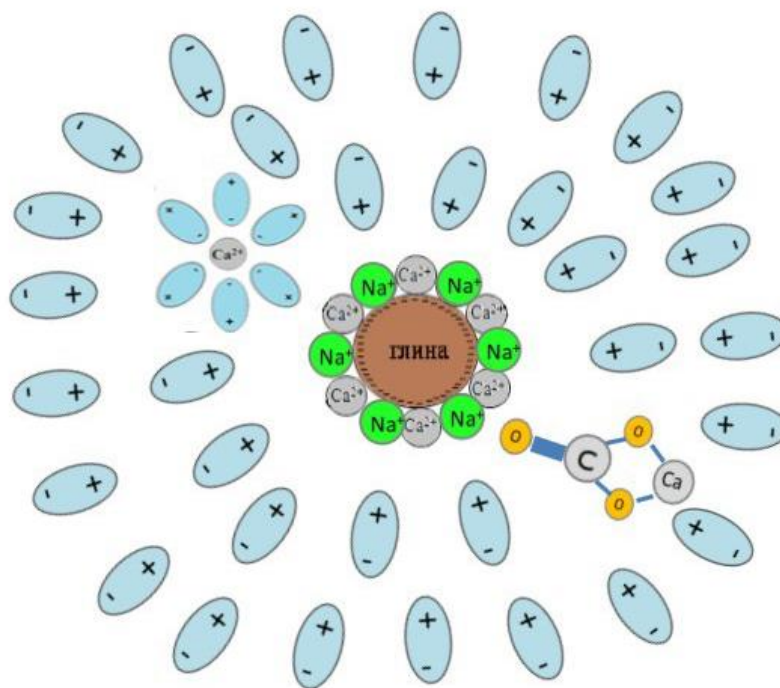


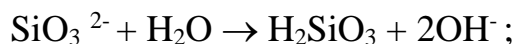
Рис. 5.6. Модель строения глинистой частицы после роспуска в воде с применением в качестве разжижителя соды

При взаимодействии жидкого стекла с глинистыми минералами в суспензии глины протекают следующие процессы:

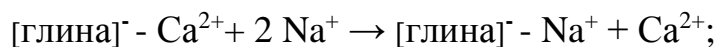
1) электролитическая диссоциация:



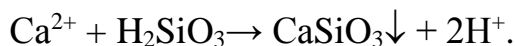
2) образование геля кремниевой кислоты:



3) ионный обмен:



4) взаимодействие выделившихся при ионном обмене катионов кальция с гелем кремниевой кислоты с образованием нерастворимого осадка силиката кальция:



Как и в случае с содой, только половина катионов Ca^{2+} , выделяющихся в результате ионного обмена, связывается в нерастворимый осадок;

5) адсорбция геля кремниевой кислоты на базальных и торцевых поверхностях анизотропных глинистых частиц. Происходит ослабление структуры суспензии не только по типу «колода карт», но и по типу «карточный домик» рис.5.9.

Схематично модель глинистой частицы после роспуска с применением в качестве разжижителя жидкого стекла представлена на рис. 5.8.

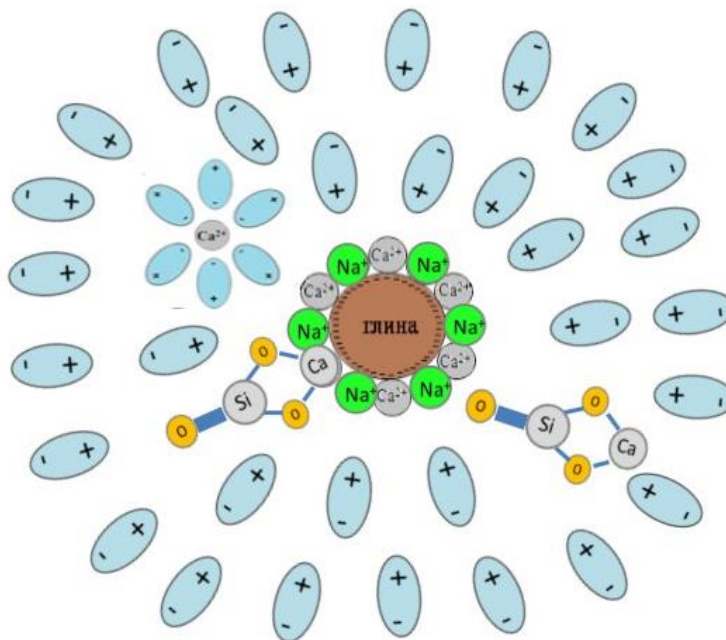


Рис. 5.7. Модель строения глинистой частицы после роспуска с применением в качестве разжижителя жидкого стекла

Таким образом, при введении в суспензию электролитов действуют одновременно две группы факторов. Вначале при добавлении электролита увеличивается отрицательный заряд глинистых частиц, вследствие этого увеличиваются гидратные оболочки, вязкость суспензии уменьшается, количество свободной воды можно уменьшить. Чем больше мы добавляем электролита, тем больше становятся гидратные оболочки самих глинистых частиц и в аквакомплексах избыточных катионов Ca^{2+} , тем меньше остается свободной воды, вязкость начинает расти, и при достижении момента, когда вся вода в суспензии оказывается связанной в гидратные оболочки наступает состояние, которое характеризуют в производстве словом «*зыбкость*», суспензия не течёт даже при высокой влажности.

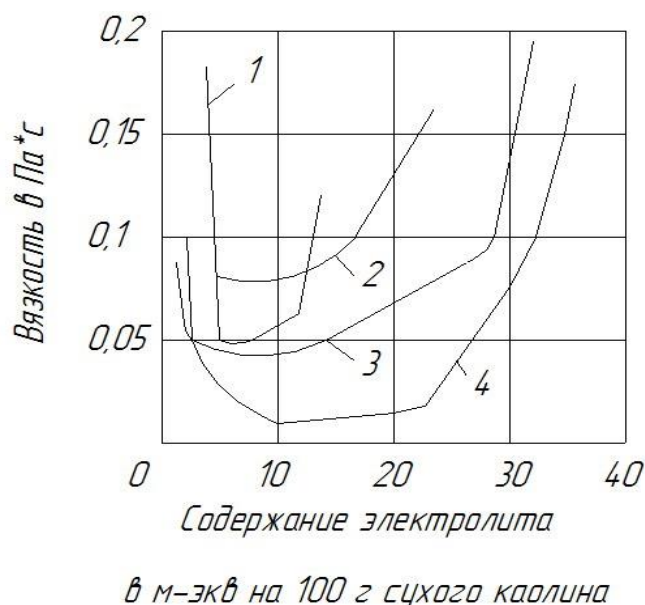


Рис. 5.8. Кривые разжижения каолина в зависимости от вида и количества электролита: 1 – NaOH; 2 – Na₂C₂O₄; 3 – Na₂CO₃; 4 – Na₂SiO₃

Оптимальное количество электролитов устанавливается опытным путем при построении кривых разжижения. Разные электролиты неодинаково действуют на глинистые суспензии, имея различный концентрационный максимум разжижения (рис. 5.9.). В производстве удобно пользоваться электролитами с широким максимумом на кривой разжижения, именно поэтому в керамической технологии в качестве электролитов наиболее часто используют соду Na₂CO₃ и жидкое стекло Na₂SiO₃, комбинируя их в оптимальных концентрациях.

Тиксотропное упрочнение глинистых суспензий

При выстаивании суспензии глины без перемешивания происходит увеличение вязкости суспензии, следовательно, уменьшение текучести, при неизменной влажности – тиксотропное упрочнение.

Тиксотропное упрочнение происходит в результате образования в суспензии структуры. Структура в суспензии образуется по следующим причинам: глинистые частицы анизотропны, т.е. на базальных плоскостях имеют отрицательный заряд, а на торцах, изломах частиц – положительный заряд. Поэтому частицы могут за счёт сил кулоновского взаимодействия соединиться друг с другом в том случае, если гидратные оболочки тонкие. В результате может возникнуть агрегация (слипание) частиц по типу «колода карт» (рис.5.10, а, б), а если гидратные оболочки достаточно большие, чтобы предотвратить агрегацию типа «колода карт», а положительно заряженные торцы глинистых частиц ничем не экранированы, то агрегации по типу «карточный домик» (рис.5.10, в).

Данное свойство необходимо учитывать при роспуске глин, а также при подготовке, транспортировке и хранении суспензии, не допуская образований прочных структур путем постоянного перемешивания.

С другой стороны, тиксотропия существенно ускоряет формирование уплотненного черепка при литье в пористые формы.

Поэтому тиксотропия литейного шликера должна иметь оптимальные значения: она должна быть достаточно низкой, чтобы обеспечить транспортировку шликера, заливку его в форму, слив шликера из формы при сливном методе литья, и в то же время достаточно высокой, чтобы обеспечить упрочнение черепка на стенках формы.

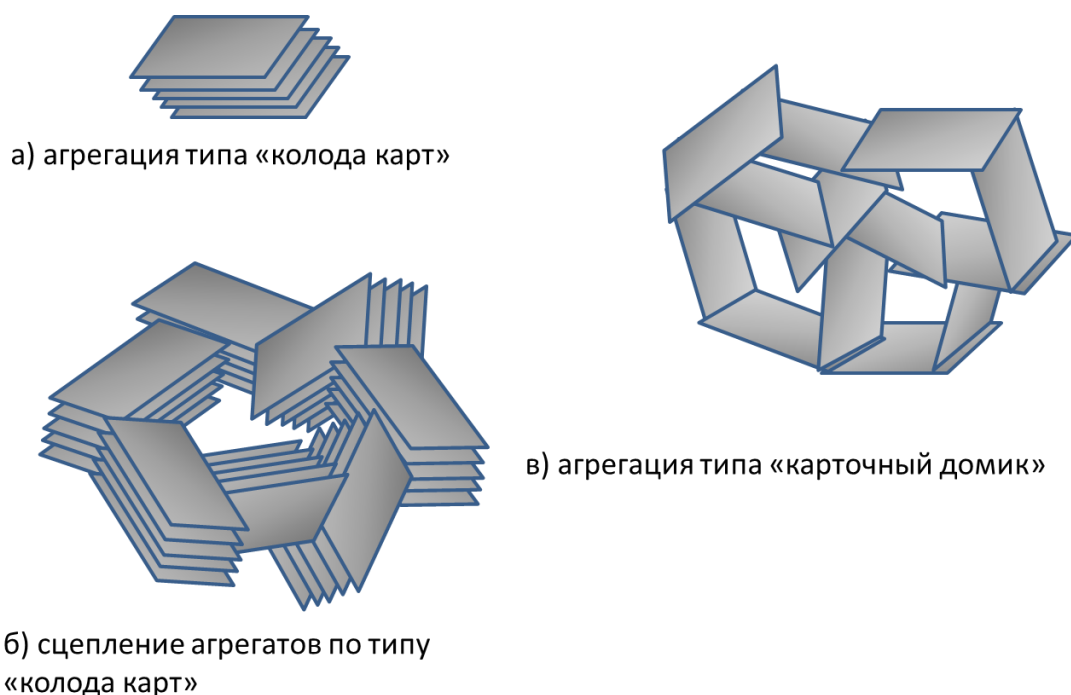


Рис. 5.9. Варианты агрегации глинистых частиц

5.2.2 Тонкий помол отошающих материалов

Тонкий помол сырьевых материалов обеспечивает успешное протекание физико-химических реакций при обжиге изделий, снижение температуры обжига и расширение интервала спекания фарфоровых масс.

В технологии производства санитарно-строительных изделий процессу тонкого помола в шаровой мельнице подвергаются отошающие материалы – кварцевый песок, полевые шпаты и бой изделий. Эти материалы подвергаются в ней таким механическим воздействиям, как удар, трение, истирание.

Для ускорения помола и создания устойчивой суспензии добавляют пластичную глину Веско-Гранитик, «мельничную добавку». Помол «мокрый» в водной среде.

Процесс измельчения, т.е. разрушения кристаллической решетки кварца и полевого шпата на более мелкие части, является очень сложным. При помоле в шаровой мельнице происходят чисто механические явления (движение шаров, трение частиц кварца и полевого шпата с корпусом шаровой мельницы, с ша-

рами, трение частиц друг с другом и т.п.). Происходит деформация кристаллической решетки измельчаемых материалов без её разрушения. За счёт этих процессов выделяется тепло, и частицы измельчаемых материалов, мелющие тела, корпус мельницы нагреваются.

Кроме того, происходят химические процессы (разрыв связей между структурными элементами кристаллической решетки измельчаемых материалов) и физико-химические процессы (адсорбция свежееобразовавшимися поверхностями частиц измельчаемого материала молекул воды и поверхностно-активных веществ, агрегация частиц друг с другом и т.п.).

Кварц и полевые шпаты — это материалы с самой прочной химической связью ковалентной и ионно-ковалентной. Поэтому они твёрдые и прочные и нужно приложить значительные усилия, чтобы разрушить их.

Рассмотрим, как ведет себя кристаллическое твердое тело при приложении к нему силы извне. Если нагрузка небольшая, то происходит незначительная деформация твердого тела. При снятии нагрузки решетка вновь восстанавливает свою форму (рис. 5.10). При этом энергия, затраченная на такую обратимую деформацию, рассеивается в окружающую среду в виде тепла, что приводит к разогреву измельчаемого материала, мелющих тел, воды, корпуса шаровой мельницы.

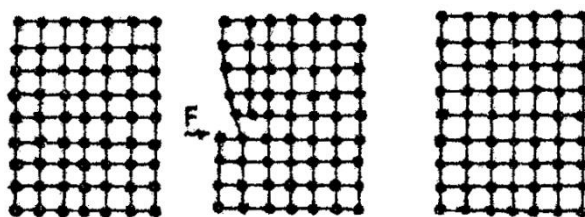


Рис. 5.10. Обратимая деформация кристаллической решетки

При более сильных воздействиях измельчителя на кристаллическую решетку материала в нем могут возникнуть необратимые деформации (рис. 5.11).

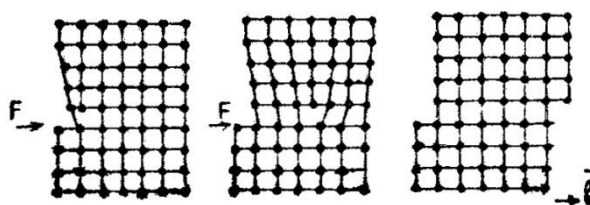


Рис. 5.11 Необратимая деформация кристаллической решетки

При внешних воздействиях на кристалл, превосходящих предел прочности на сдвиг и сжатие, кристалл раскалывается на две и более части. Разрушение твердого тела происходит всегда не мгновенно, а ступенчато. Под действием измельчителя в нем сначала возникают поверхностные микротрещины, которые затем от последующих ударов постепенно разрастаются вглубь измельчаемых кусков вплоть до их разрушения на части. Однако после снятия нагрузки (до следующего удара) микротрещины в какой-то степени успевают «залечиваться».

В рассматриваемой технологии процесс помола осуществляется в воде (мокрый помол). Вода оказывает значительное влияние на механизм и скорость процесса измельчения, а также на свойства измельченного продукта.

При помоле в воде происходит самопроизвольная адсорбция молекул воды и растворенных в ней веществ поверхностью измельченного материала за счет свободной поверхностной энергии. Происходит смачивание молекулами воды поверхностных микротрещин, что предотвращает их смыкание. От последующих воздействий измельчителя трещины разрастаются и постепенно перекрываются с другими трещинами, что и приводит к рассыпанию на более мелкие части. Таким образом, время на разрушение материала в воде сокращается, снижаются и затраты энергии на помол. Подобный эффект ускорения измельчения в воде получил название «адсорбционного понижения прочности твердого тела» или «эффекта Ребиндера» (рис.5.12).

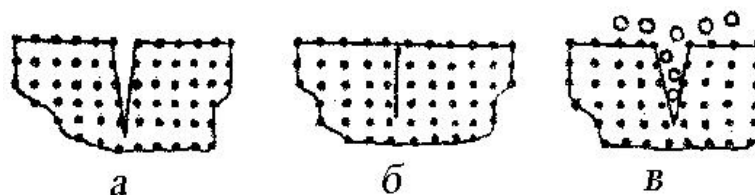


Рис. 5.12. Схема «эффекта Ребиндера»: а – микротрещина; б – «залечивание» микротрещины в отсутствии жидкости; в – адсорбция молекул жидкости в микротрещину

Роль воды в процессах измельчения этим не исчерпывается. Адсорбируясь на частичках твердого тела, она образует жидкие прослойки между ними, резко снижающие трение между частицами и уменьшающие затраты энергии. В силу этого и разогрев измельчаемого материала за счет трения резко понижается.

Таким образом, затраты энергии на измельчение в воде значительно уменьшаются, уменьшается и время, необходимое для достижения измельчаемым материалом требуемой степени дисперсности, а к тому же, значительно понижается величина пылеуноса, что улучшает условия труда.

Глину Веско-Гранитик добавляют в качестве «мельничной добавки», для ускорения помола отощающих материалов. Сама глина очень быстро измельчается роспуском в воде в самом начале процесса помола. Процесс роспуска подробно описан в разделе роспуск глины.

Глина Веско-Гранитик каолинит-гидроslюдистая, высокодисперсная, пластичная. Поэтому вокруг частиц глинистых минералов образуются довольно большие гидратные оболочки, что способствует созданию устойчивой суспензии глинистых и отощающих минералов. В результате помол осуществляется не только у стенок шаровой мельницы, но и в её объёме, что существенно ускоряет процесс помола.

5.2.3. Смешение суспензий глины и отощающих материалов с каолинами Глуховецким и Просьяновским

После измельчения сырьевых компонентов следует немаловажная операция смешения глинистой суспензии, суспензии отощающих материалов и каолинов в бассейне с пропеллерной мешалкой – получение первичного

литейного шликера. На этой стадии также необходим ввод электролитов-разжижителей для разжижения каолинов Глуховецкого и Просьяновского.

Шликер должен быть выдержан при постоянном перемешивании от 1 до 3 дней, чтобы обеспечить роспуск каолинов, более полное развитие гидратных оболочек вокруг частиц каолинита, однородность состава.

5.2.4 Ситовое и магнитное обогащение шликера

Затем шликер подвергают ситовому обогащению, целью которого является удаление недомолотых зерен и легких органических примесей и электромагнитную сепарацию – для отбеливания черепка путем удаления красящих оксидов железа (FeO , Fe_2O_3).

5.2.5 Формование изделий методом шликерного литья

Шликерное литьё основано на способности компонентов керамической массы образовывать устойчивые суспензии в воде, на реологических свойствах шликеров (вязкости и тиксотропии) и на поглощении воды из шликера порами формы (гипсовой или полимерной).

Способность шликера заполнять пористую форму обусловлена его текучестью, а способность воспроизводить конфигурацию формы – его литейной способностью.

Поглощение воды из шликера происходит благодаря действию капиллярных сил пор формы, в результате происходит уплотнение массы на стенках формы.

Скорость набора черепка возрастает (при том же среднем размере пор) с увеличением пористости формы и обусловлена сопротивлением образовавшегося слоя массы, так как сопротивление пор формы капиллярному давлению незначительно.

Структура пор формы не определяет структуру сформированного слоя массы.

Скорость поглощения воды из шликера пористыми стенками формы должна быть выше или равна скорости подхода к ее поверхности формы. При

значительном опережении скорости поглощения воды формой на наружной стороне отливки образуется более уплотненный слой, чем в остальной части, это приводит к возникновению внутренних напряжений, отслаиванию уплотнённого слоя от стенки формы и появлению трещин. При запаздывании поглощения воды формой она накапливается в ее поверхностных слоях, что приводит к размыванию формы и прилипанию изделия к ней.

В процессе отбора воды из шликера участвуют поры формы диаметром от 0,3 до 1 мкм. Скорость набора черепка при таком размере пор растёт с увеличением пористости формы (рис. 5.13) и определяется в основном сопротивлением диффузии воды в поры формы слоем уплотнённой керамической массы.

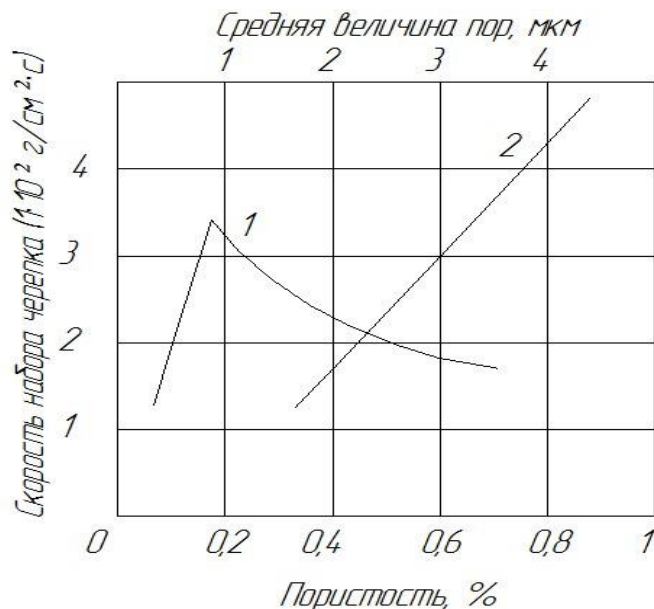


Рис. 5.13 Зависимость скорости набора массы от средней величины пор (1) и пористости (2) гипсовой формы

Гранулометрический состав твёрдой фазы шликера также влияет на скорость набора черепа изделий. Повышенное содержание крупных частиц способствует чрезмерному возрастанию скорости набора черепа, это приводит к разнотолщинности изделий. При повышенном содержании тонкодисперсных фракций скорость набора черепка изделия резко снижается и возможно прилипание отливки к форме.

Наращение прочности образовавшегося слоя массы в пористой форме определяется видом формы и технологией литья.

При использовании для формования гипсовых форм при атмосферном давлении или небольшом давлении порядка 0,2-0,3 МПа происходит тиксотропное образование структуры вследствие флокуляции, вызываемой миграцией катионов Ca^{2+} из гипсовой формы в шликер, а также вследствие отбора воды порами формы под действием капиллярных сил. Процесс упрочнения идёт быстрее при увеличении давления.

При использовании для формования полимерных форм (литьё под давлением 1,3-1,5 МПа) тиксотропное образование структуры происходит вследствие флокуляции, вызываемой подогревом шликера до 44 °С, а также вследствие интенсивного отбора воды порами формы под действием капиллярных сил и давления воздуха, подаваемого в форму на этапе упрочнения черепка.

В результате поглощения воды шликера формой образовавшийся слой уплотняется, изделие даёт усадку и отделяется от стенки, что облегчает извлечение его из формы.

5.2.6. Сушка

Основное назначение сушки – завершение изменения объема полуфабриката без образования дефектов – трещин и посечек, обеспечение неразмокаемости и необходимой прочности (2—2,5 МПа для фарфора), позволяющих глазурование изделий и последующую садку на печные вагонетки.

При организации процесса сушки санитарно-строительных изделий необходимо учитывать основные закономерности процесса, представленные на рис.5.14, 5.15.

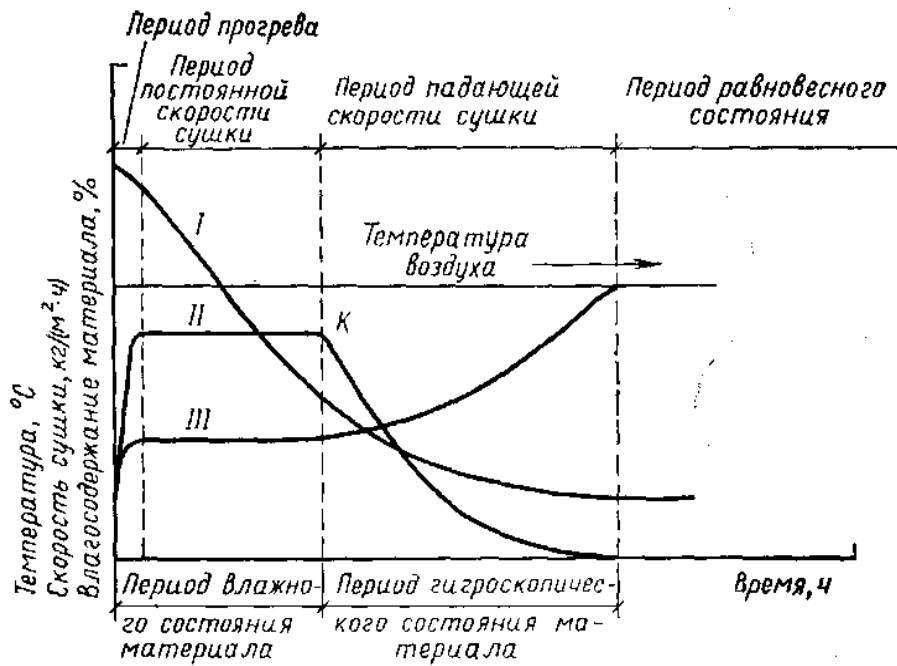


Рис. 5.14. Диаграмма процесса сушки керамического полуфабриката
 К-критическая точка, после которой усадка прекращается; I- влагосодержание полуфабриката; II – скорость сушки; III – температура полуфабриката

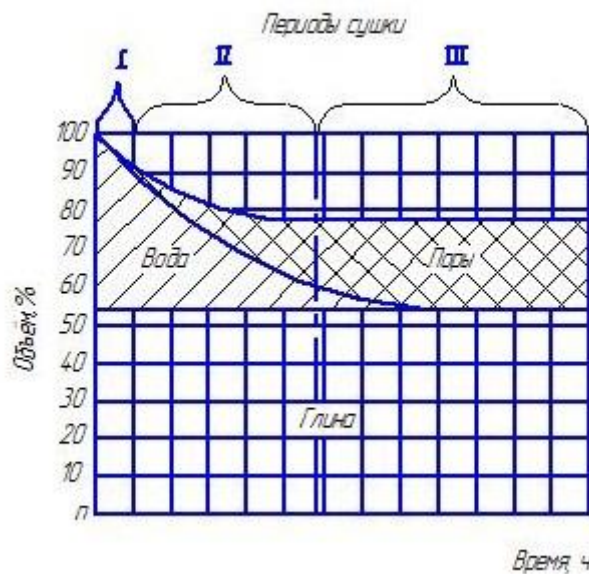


Рис. 5.15. Диаграмма объемных изменений в глинистых массах при сушке (по Бери).
 I- период подогрева; II – период постоянной скорости сушки; III – период падающей скорости сушки

В начальный момент в *зоне подогрева* полуфабрикат прогревается от начальной температуры до температуры теплоносителя. Влажность полуфабриката при этом изменяется незначительно, а скорость сушки меняется скачкообразно (рис. 5.14).

Затем температура полуфабриката в течение некоторого времени остаётся постоянной, скорость сушки также постоянна, влагосодержание линейно падает. Это *период постоянной скорости сушки*.

Следующий период начинается с чёткого перегиба на кривой скорости сушки. Влагосодержание, соответствующее данному перегибу, называется *критическим*. С этого момента скорость сушки начинает падать, влагосодержание уменьшается по кривой, температура полуфабриката растёт, причём на поверхности быстрее, чем внутри. Это *период падающей скорости сушки*.

Изменение влагосодержания полуфабриката и его усадка вызывают усадочные напряжения, в результате которых на полуфабрикате возможно появление трещин и его коробление.

Воздушная усадка полуфабриката неодинакова во взаимно-перпендикулярных направлениях, поскольку в процессе отливки изделий глинистые частицы, имеющие пластинчатую форму, принимают ориентированное положение. Неравномерность усадки возникает также в результате разнотолщинности изделий и неодинаковой скорости сушки различных мест изделия.

По мере удаления влаги уменьшается объемная доля воды (рис. 5.15), заполняющей микрокапилляры и образующей вогнутые мениски на границе изделие — воздух. Поверхностное натяжение оставшейся в капиллярах воды увеличивается, что приводит к сближению частиц, обуславливающих усадку полуфабриката. Усадка происходит до тех пор, пока частицы не придут во взаимное соприкосновение. Возникающие при этом силы трения частиц возрастают и в момент, когда они превысят силы поверхностного натяжения влаги в капиллярах, усадка прекращается. При этом в массе полуфабриката наряду с воздухом, заполняющим поры, сохраняется определенное количество влаги, которое соответствует критическому влагосодержанию (W_k) высушиваемого материала.

Возникновение напряжений в процессе сушки объясняется неравномерной усадкой материала в результате различных условий для внешней и внутренней диффузии влаги, разнотолщинности, разнотолщинности, анизотропии структуры

черепка изделий. Величина внутренних напряжений зависит в основном от свойств и первоначальной влажности материала, режима и скорости сушки, вида изделий. Внутренние напряжения пропорциональны величине усадки. Чем больше перепад влажности поверхностных и внутренних слоев, тем больше усадочные напряжения. Наибольшая усадка наблюдается в период максимального удаления влаги (в период постоянной скорости сушки) и развития капиллярных усилий, которые тем выше, чем дисперснее и пластичнее масса. Объемная усадка в этом периоде сушки равна количеству испаренной влаги — воды усадки. Дальнейшее удаление влаги в третьем периоде сушки сопровождается незначительной усадкой, а с прекращением усадки, т.е. при достижении критической влажности, сушка полуфабриката протекает без уменьшения его объема, так как частицы массы вошли в плотный контакт друг с другом, образуя прочный каркас.

Воздушная усадка полуфабриката начинается в местах интенсивной влагоотдачи, т.е. с его поверхности. Усадка поверхностных слоев при влажных внутренних слоях сопровождается образованием в них растягивающих усилий. Давление сжимающих поверхностных слоев вызывает сжатие внутренних слоев. Пока масса полуфабриката сохраняет пластические свойства, растягивающие усилия в поверхностном слое компенсируются пластическими деформациями. Если растягивающие усилия превысят прочность, на полуфабрикате образуются поверхностные трещины, что чаще наблюдается в начале сушки.

Затем зеркало испарения влаги перемещается внутрь полуфабриката. Происходят изменения усадочных напряжений: в поверхностном прочном слое возникают сжимающие усилия; во внутреннем, стремящемся к сокращению объема — растягивающие. Это иногда приводит к образованию внутренних трещин (структурных), что обычно наблюдается в третьем периоде сушки. С прекращением усадки ослабевают внутренние напряжения и дальнейшее удаление влаги не вызывает деформаций полуфабриката.

При неравномерной сушке в различных частях полуфабриката возможно его коробление.

При скорости сушки, значительно превышающей допустимую для данной массы, в высушенном полуфабрикате могут сохраниться остаточные напряжения, придающие ему хрупкость.

Из вышесказанного понятно, что вследствие высокой влажности полуфабриката санитарно-строительных изделий (после формования $W \approx 18-20\%$), крупных габаритов, сложной формы наиболее опасна сушка в начальном периоде – зоне подогрева, где усадка максимальная. Поэтому в этот период сушить полуфабрикат нужно очень медленно. С этой целью полуфабрикат примерно на сутки оставляют на участке микроклимата в литейном цехе для подвялки. На участке микроклимата поддерживается постоянная температура $30 - 35\text{ }^\circ\text{C}$ и высокая относительная влажность воздуха $\varphi = 50 - 60\%$, не должно быть сквозняков. Это обеспечивает *медленный равномерный* прогрев всего объема полуфабриката, медленное равномерное удаление влаги, сопровождающееся медленной усадкой без возникновения внутренних напряжений в черепке. Влажность отлитых изделий должна снизиться до $13 - 14\%$. Полуфабрикат прогревается до $30 - 35\text{ }^\circ\text{C}$.

Поэтому только после подвялки (зоны подогрева в процессе сушки рис. 5.14, 5.15) изделия направляют на окончательную сушку в туннельное сушило, где реализуются последующие этапы сушки: зоны постоянной и падающей скорости сушки. Процесс сушки можно проводить с большей скоростью, чем при подвялке. В начале сушилки обеспечивается протекание процессов с постоянной скоростью сушки, сопровождающейся усадкой, и в конце сушилки протекают процессы с падающей скоростью сушки, при которой усадка уже не происходит. Весь процесс занимает время от 7 до 10 ч, в зависимости от типа сушилки и вида изделий. Максимальная температура сушки не должна превышать $90\text{ }^\circ\text{C}$ для того, чтобы избежать возникновения трещин в полуфабрикате из-за перехода удаляемой воды из жидкого состояния в парообразное.

5.2.7. Глазурование изделий

Предварительно высушенные изделия можно глазуровать различными способами: погружением, поливом, пульверизацией.

Глазурь наносят на высушенные изделия в виде мелкодисперсной водной суспензии. Изделия впитывают влагу из глазурной суспензии, благодаря чему на них закрепляется слой глазури заданной толщины. Полуфабрикат имеет высокую пористость, поэтому впитывание воды и образование слоя глазури происходит в течение 1 – 3 с. После глазурования влажность полуфабриката увеличивается до 2 – 3 %.

К изделиям, покрытым пылью или жирными пятнами, глазурь не пристает, поэтому перед глазурованием изделия очищают от пыли механическими способами или обдувом сжатым воздухом.

5.2.8. Обжиг

При обжиге окончательно формируется структура изделия, происходит спекание черепка, разлив глазури по поверхности черепка, в результате черепок из слабосвязанного конгломерата частиц превращается в прочное тело, покрытое слоем глазури.

При обжиге можно выделить несколько зон: подогрева, обжига и охлаждения.

Зона подогрева

В период подогрева от 80 до 1000 °С скорость нагрева изделий практически постоянная порядка 220 °С/ч. В этот период протекают следующие физико-химические процессы.

1. От 80 до 200 °С. В этом интервале температур удаляются остатки физически связанной влаги (0,1 - 0,2 %) после предварительной сушки. Причём начальная температура изделий не ниже 80 °С. Процесс не опасен, так как изделия прогреты и воды в них мало.

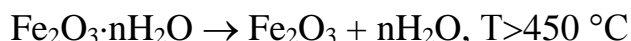
2. От 200 до 400 °С в порах обжигаемого изделия адсорбируется сажистый углерод из дымовых газов. Одновременно происходит пирогенетическое разложение гуминовых веществ, имеющих в сырьевых компонентах, и происходит науглероживание черепка.

3. От 400 до 1000 °С протекают следующие процессы.

3.1. Начинается выгорание углерода и заканчивается оно при 1000 °С. Выгорание углерода наиболее активно происходит в окислительной газовой среде, поэтому она поддерживается в течение всего процесса обжига.



3.2. Разлагаются примеси соединений железа, содержащиеся в сырье в незначительном количестве:

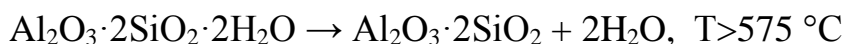


так как обжиг производится в строго окислительной среде, происходит окисление FeO



Черепок изделия приобретает желтоватый цвет. Именно из-за желтоватого оттенка черепа используют глушёные глазури.

3.3. Удаляется химически связанная вода из глинистых минералов:



Разрушаются молекулы глинистых минералов, перестраивается кристаллическая решетка и ослабляется химическая связь между Al_2O_3 и SiO_2 в глинистом остатке. Удаление химически связанной воды сопровождается потерей массы и незначительной усадкой материала.

3.4. Происходит полиморфное превращение:



сопровождающееся увеличением объёма частиц $\Delta V = + 0,84 \%$.

Вследствие значительной пористости и достаточно высокой прочности материала обжигаемых изделий в этот период процессы 3.1 – 3.3, связанные с выделением газообразных продуктов, и процесс 3.4 увеличения размера кварцевых зерен, происходят без возникновения значительных напряжений в материале изделия, и деформации не возникают.

3.5. Происходит полиморфный переход α -кварца в α -тридимит:



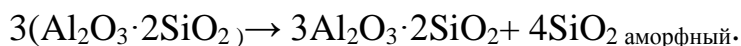
сопровождающийся увеличением объема $\Delta V=+12,7\%$.

Это медленный переход, поэтому α -тридимита образуется мало, он образуется в поверхностных слоях зерен α -кварца и происходящее значительное увеличение в объеме при данном полиморфном переходе не опасно.

4. Нагрев от $1000\text{ }^\circ\text{C}$ до $T_{\text{обж}}=1205\text{ }^\circ\text{C}$.

Для более полного протекания последующих процессов, происходящих в черепке, скорость подъема температуры от $1000\text{ }^\circ\text{C}$ до $1205\text{ }^\circ\text{C}$ резко замедляют до $\approx 50\text{ }^\circ\text{C}$ в час.

4.1. $950 - 1000\text{ }^\circ\text{C}$ происходит образование мелкого, скрытно-кристаллического муллита из метакаолинита:



4.2. $1150 - 1200\text{ }^\circ\text{C}$ происходит плавление полевошпатовых минералов.

Альбит $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ плавится при температуре $1118\text{ }^\circ\text{C}$. Ортоклаз $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ – при температуре $1150\text{ }^\circ\text{C}$. Поэтому образование полевошпатового расплава протекает в широком интервале температур.



Аморфный SiO_2 , образовавшийся при распаде метакаолинита, растворяется в полевошпатовом расплаве, увеличивая его количество и вязкость, тем самым способствует уменьшению деформаций в процессе обжига.

Кроме того, происходит процесс растворения поверхности частиц зерен α -кварца в зоне контакта с полевошпатовым расплавом.

При появлении расплава начинается спекание частиц массы, происходит стягивание частиц, что ведет к усадке изделия, росту механической прочности и уплотнению массы.

Зёрна α -кварца в основном выполняют функцию каркаса, удерживающего изделие от деформаций.

Зона обжига

При температуре обжига 1200-1205 °С производят выдержку в течение примерно 1 часа. Выдержка необходима для завершения спекания, усадки изделий.

На рис. 5.16 представлена схема образования структуры черепа в зонах подогрева и обжига.

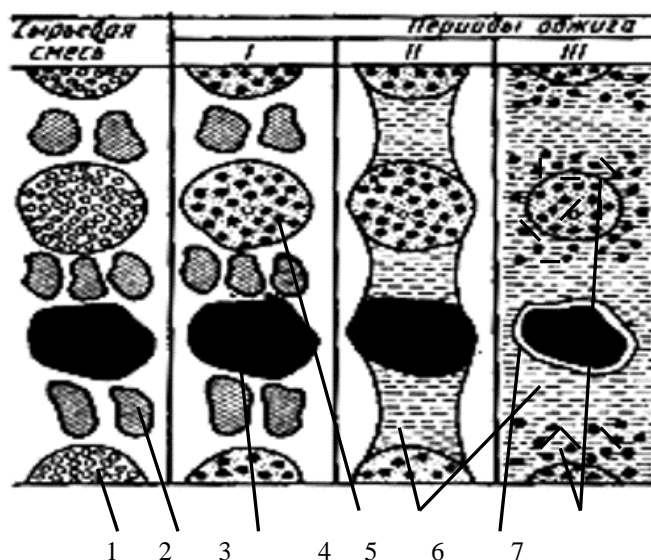


Рис. 5.16. Образование структуры при обжиге санитарно-строительных изделий из фарфора:

1 – глинистая частица; 2 – полевошпат; 3 – зерна кварца; 4 – дегидратированные глинистые минералы; 5 – полевошпатовый расплав; 6 – кремнезем-полевошпатовый расплав; 7 – кристаллы муллита.

I – нагрев до 1150°С (процессы в твердой фазе);

II – 1150 - 1250°С (плавление полевого шпата);

III – 1205°С – максимальная температура обжига (взаимодействие полевошпатового расплава с твердыми частицами α -кварца и с дегидратированными глинистыми минералами).

В зоне обжига происходит дальнейшее спекание частиц кварца, дегидратированных глинистых минералов и образовавшегося из них муллита с участием полевошпатового расплава. Причём, как и в конце зоны подогрева, продолжается

частичное растворение в расплаве зерен кварца и дегидратированных глинистых минералов.

Чтобы лучше понять механизм спекания черепка, сначала рассмотрим механизм жидкостного спекания без учёта взаимодействия расплава и твёрдой фазы.

На рис. 5.17 представлены два твёрдых зерна, между которыми находится прослойка жидкости. Когда зёрна расположены близко друг к другу, пространство между ними можно рассматривать как капилляр с находящейся в нём жидкостью. Если жидкость смачивает зёрна (а хорошее смачивание – обязательное условие жидкостного спекания), то в месте перехода от зерна к зерну образуется вогнутый мениск жидкости с небольшим отрицательным радиусом кривизны r .

Как известно, на жидкость в капилляре за счёт поверхностного натяжения действует капиллярное давление, которое всегда направлено в сторону центра кривизны (величина этого давления может оказаться весьма значительной, достигающей нескольких МПа). При вогнутом мениске (рис. 5.17) капиллярное давление поднимает жидкость в капилляре, т.е. вытягивает жидкость из области контакта между зёрнами в поры (пространство между зёрнами), которые постепенно заполняются жидкостью.

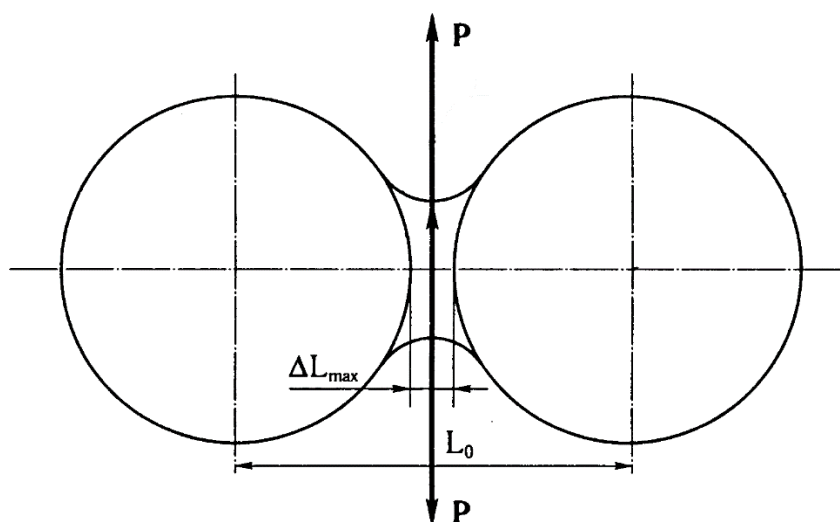


Рис. 5.17. Схема жидкостного спекания

Давление (P) перемещает жидкость из зоны контакта, что влечет за собой сближение твердых частиц на некоторое расстояние (ΔL) и вызывает усадку материала в целом.

Повышение температуры снижает вязкость расплава и ускоряет спекание. Однако чрезмерное снижение вязкости недопустимо, т.к. способствует размягчению и деформации изделий под влиянием силы тяжести.

При достижении между частицами контакта уплотнение прекращается. Уплотнение по этой схеме зависит от зернового состава твердых частиц, характера их упаковки и объёмного содержания жидкой фазы при спекании.

Рассмотренный механизм спекания при обжиге фарфоровых санитарно – строительных изделий не работает. В нашем случае реализуется вариант, когда полевошпатовый расплав растворяет частицы твердой фазы. По мере растворения твердой фазы в первоначально ненасыщенном расплаве содержание расплава увеличивается. При этом жидкофазное спекание не прекращается в момент максимального стягивания твердых частиц, так как происходит растворение контактных участков и дальнейшее сближение зерен.

Растворимость выпуклых участков поверхности с малым радиусом кривизны частиц больше по сравнению с выпуклыми поверхностями с большим радиусом и особенно с плоскими и вогнутыми поверхностями.

Растворимость мелких частиц с малым радиусом кривизны всегда больше растворимости крупных. Из-за этой разницы расплав оказывается ненасыщенным по отношению к самым мелким частицам и пересыщенным по отношению к крупным. Поэтому одновременно происходит растворение твердой фазы у поверхности с большим радиусом, т.е. перенос вещества через расплав с выпуклых участков и малых кристаллов на более плоские (или вогнутые) участки и крупные кристаллы. При этом наиболее мелкие кристаллы могут полностью раствориться. Данный процесс в целом укрупняет кристаллы, сглаживает их поверхность, что также создает возможность более плотной упаковки твердой фазы в спекаемой заготовке.

Кроме того, в зоне обжига происходит разлив глазури по поверхности изделия и формирование контактного слоя между черепком и глазурью. При этом одновременно протекают процессы: растворение черепка в глазури и диффузия растворенных компонентов в толщу глазури, а также диффузия компонентов глазури в черепок, что способствует образованию промежуточного слоя переходного состава и обеспечивает прочное сцепление глазури с черепком изделия.

После выдержки при температуре обжига проводится процесс охлаждения изделий.

Зона охлаждения

1. От 1205 до 1100 °С рекомендуется охлаждать достаточно медленно со скоростью ≈ 100 °С в час, чтобы обеспечить полноту протекания процессов, начавшихся в зоне подогрева и продолжившихся в зоне обжига.

2. От 1100 до 750 °С (до начала отвердевания глазури и жидкой фазы черепа) рекомендуется охлаждать максимально быстро со скоростью порядка 230 °С в час для предотвращения кристаллизации глазури и стеклофазы черепа.

3. От 750 до 550 °С скорость охлаждения несколько замедляют до 160 – 170 °С в час для предотвращения возможного треска изделий из-за неравномерности охлаждения отдельных слоёв.

3. От 550 до 480 °С, так называемая «кварцевая точка», в этом интервале температур скорость охлаждения уменьшают до 50 °С в час по следующим причинам:

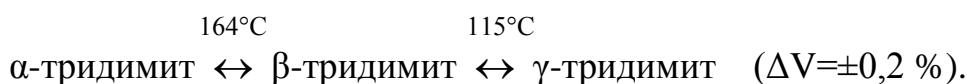
- стеклофаза черепа переходит из пиропластического состояния в твёрдое и становится хрупкой;
- происходит полиморфный переход α -кварца, сопровождающийся уменьшением объёма



Зёрна кварца, окружённые оболочкой затвердевшей хрупкой стеклофазы, уменьшаются в объёме, в результате в стеклофазе возникают напряжения на раз-

рыв, и в ней могут образоваться внутренние напряжения или даже трещины, которые приведут к потере прочности изделия. Снижение скорости охлаждения предотвращает развитие этих опасных процессов. Кроме того, в этом интервале температур происходит отжиг и упрочнение стеклофазы глазури и черепа, что также способствует повышению прочностных характеристик готового изделия.

4. От 480 до 60 °С скорость охлаждения повышают в среднем до 350 °С в час, т.к. опасных процессов нет. Скорость охлаждения в этой области определяется только термостойкостью изделия. В этой области температур также протекают процессы полиморфных превращений тридимита, но они не опасны, т.к. тридимита мало, а изменения в объеме при переходе из одной модификации в другую незначительны:



С учётом вышеописанного комплекса физико-химических процессов, происходящих при обжиге, кривая обжига имеет вид рис. 4.27.

*Виды брака глазурного покрытия, возникающие при обжиге
в зоне охлаждения*

В зоне охлаждения изделий могут возникнуть такие виды брака глазури, как «цек» и «отскок» в интервале температуры 550 – 60 °С, в том случае если линейные температурные коэффициенты термического расширения глазури ($\text{ЛТКР}_{\text{глазури}}$) и черепка ($\text{ЛТКР}_{\text{черепка}}$) не согласованы.

«Цек» – образование волосных трещин на поверхности глазури, происходит в том случае, если $\text{ЛТКР}_{\text{глазури}}$ выше, чем $\text{ЛТКР}_{\text{черепка}}$. ($\alpha_{\text{г}} > \alpha_{\text{ч}}$) рис. 5.18, б.

«Отскок» – отслаивание глазури, возникает когда $\text{ЛТКР}_{\text{глазури}}$ меньше, чем $\text{ЛТКР}_{\text{черепка}}$ ($\alpha_{\text{г}} < \alpha_{\text{ч}}$) рис. 5.18, в.

Если $\text{ЛТКР}_{\text{глазури}}$ равен или немного выше (не более 10 %), чем $\text{ЛТКР}_{\text{черепка}}$, то дефектов типа «цека» и «отскока» глазури не возникает (рис. 5.18, а).

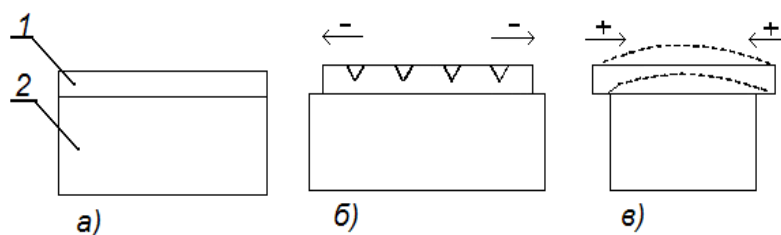


Рис. 5.18. Поведение глазури и керамики при охлаждении изделий и возникающие при этом напряжения и дефекты:

1 – слой глазури; 2- тело керамики; а) $\alpha_r = \alpha_{ч}$; б) $\alpha_r > \alpha_{ч}$; в) $\alpha_r < \alpha_{ч}$;
 (+) – напряжение сжатия; (-) – напряжение растяжения

Строение черепа санитарно-строительных изделий из фарфора, формирующегося в результате обжига:

- кристаллическая фаза: скрытокристаллический муллит, кристаллы β -кварца, кристаллы γ -тридимита (очень мало);
- стекловидная фаза: стекла полевошпатового состава, обогащённого кремнезёмом;
- газовая фаза: наличие открытых и закрытых пор, пористость низкая (2 – 5 %), водопоглощение не более 1 %. В закрытых порах – дымовые газы и продукты разложения материалов шихты. В открытых порах – атмосферный воздух.

ГЛАВА 6. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

6.1. Термины и определения в технологии производства санитарно-строительных изделий

Видимая поверхность изделия – поверхность изделия, видимая спереди и сбоку при положении изделия, соответствующим эксплуатационному.

Невидимая поверхность – поверхность, невидимая спереди и сбоку при положении изделия, соответствующим эксплуатационному.

Функциональная поверхность – поверхность части изделия, подвергаемая воздействию водопроводной и сточной воды.

Монтажная поверхность – поверхность изделия, предназначенная для крепления и сборки.

Декорирование – нанесение на видимую поверхность изделия рисунка одного или нескольких цветов.

Функциональная пригодность – способность изделия выполнять свои функции в течение срока эксплуатации.

Термины дефектов

Холодный треск – трещины по глазури и черепку, возникающие после процесса обжига изделий на стадии их охлаждения, вследствие возникновения внутренних напряжений без внешнего механического воздействия.

Оттенок основного цвета – отличие окраски части поверхности изделия с большей или меньшей насыщенностью цвета.

Матовость – уменьшение или отсутствие блеска блестящей глазури.

Пятно – зона другой окраски размером более 1 мм, отличающейся от основного цвета.

Подтек – местное утолщение глазури, имеющее форму застывшей струи.

Плешина – место, не покрытое глазурью.

Вскипание глазури – мелкие сконцентрированные пузырьки на поверхности глазури, не поддающиеся раздавливанию.

Мушка – точка темного цвета (коричневая, черная,) размером до 1 мм.

Прыщ – небольшое плотное вздутие глазури или керамической массы.

Пузырь – небольшое полое вздутие глазури или керамической массы.

Трещина закрытая – трещина, покрытая глазурью.

Трещина открытая – трещина, не покрытая глазурью.

Откол неглазурованный – механическое повреждение изделия, не покрытое глазурью.

Откол глазурованный – механическое повреждение, покрытое глазурью.

Цек – тонкие волостные трещины глазури, образующиеся вследствие различия коэффициента термического расширения черепка и глазури.

Засорка – инородные тела, покрытые или не покрытые глазурью, выступающие над поверхностью изделия.

Накол – углубление в виде точки на поверхности глазури.

Волнистость – волнообразное изменение толщины глазури.

Остеклованное место – зона утонченного слоя глазури, под которым просвечивается черепок.

Выплавки (выгорки) – углубления на поверхности изделия, образующиеся вследствие сгорания или расплавления инородного тела.

Виды дефектов и способы их устранения представлены в табл. 6.1.

6.2. Виды дефектов и способы их устранения

№	Вид дефекта	Место возникновения	Причины возникновения	Способы устранения
1	2	3	4	5
1	Деформация кольца, плохая оправка кольца, плохая оправка литника, плохая оправка монтажного отверстия, плохая оправка поста-мента, плохая оправка чаши, плохая оправка шва	Участок литья	Неаккуратная обработка изделия	Соблюдение технологической дисциплины
2	Треск кольца	Участок пригото-вления массы	Нарушение рецептуры массы шликера, изменение свойств шликера	Входной контроль сырьевых компонентов; контроль рабочих параметров шликера и их регулировка (при необходимости)
Участок литья		Неаккуратная обработка изделия Длительное время затвердевания изделия и длительное нахождение изделия в форме.	Соблюдение технологической дисциплины При длительном времени затвердевания (изделие на выходе получается жесткое) необходимо снизить длительность фазы; Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупреждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его работой.	
		Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Систематическая промывка литьевых форм	
3	Треск монтажного отверстия	Участок литья	Недобросовестная обработка изделия	Соблюдение технологической дисциплины

1	2	3	4	5
4	Вмятины	Участок литья	Недобросовестная обработка изделия	Соблюдение технологической дисциплины
		Транспортировка	Механические повреждения при ставке, недостаточное количество времени подвялки перед ставкой на тележки	Соблюдение технологической дисциплины (использование мягких резиновых покрытий на тележках)
5	Засорка массная	Транспортировка	Осыпание с верхнего яруса транспортировочной тележки	Соблюдение технологической дисциплины (использование мягких резиновых покрытий на тележках)
		Участок литья	Недобросовестная обработка изделия	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок керосинового контроля	Некачественно проведенная очистка изделия от пыли (шликерная пыль) сжатым воздухом и некачественный омыв изделия влажной губкой	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок глазурирования	Ставка на пыльные (шликерная пыль) войлочные стеллажи, при ставке на тележки - засорка сыплется с верхнего яруса на нижний	Соблюдение технологической дисциплины (регулярная чистка стеллажей и тележек)
6	Волнистость черепа	Участок литья	Неравномерное срезание швов на изделии, некачественная заливка губкой.	Соблюдение технологической дисциплины
			Новая форма (неровность формы) Протечка форм.	Контроль утечки шликера из формы и своевременная проклейка; соблюдение условий консервации форм

1	2	3	4	5
7	Волнистость глазури, натек глазури, недоглазуровка, подтек глазури, сухость глазури, остеклование	Участок глазурирования	Неправильное позиционирование изделия в кабине керосинового контроля; неправильная программа глазурирования	Соблюдение технологической дисциплины
			Чрезмерная толщина глазурного слоя, образование наплывов, подтеков, мест с тонким слоем глазури	Постоянный визуальный контроль слоя глазури и периодический контроль толщины. Проверка форсунок, исправности работы программы и соответствие параметров глазури.
			Засорение форсунок - капли глазури на изделии, подтеки; износ игл робота - изменение факела распыления глазури	Регулярная очистка форсунок; Проведение регламентированных работ в случае износа игл.
8	Втяжка	Участок литья	Излишнее время подачи воздуха (высокое давление) на открытие литьевой формы	Уменьшение времени подачи и уменьшение давления воды/воздуха
			Засорение пор литьевой формы	Соблюдение графика промывки форм
			Содержание в воде, идущей на промывку форм солей и железистых соединений, наличие в воде бактерий	Контроль работы станции водочистки, контроль качества воды.
9	Деформация полки изделия	Участок литья	Недобросовестная обработка изделия	Соблюдение технологической дисциплины
			Отклонение от нормативных параметров шликера (плотность, вязкость, тикстروпия, температура)	Соблюдение графика контроля шликера на участке литья
			Несоответствие режимов литья текущим параметрам шликера	Своевременный подбор параметров литья в соответствии с параметрами шликера
		Участок приготовления массы	Нарушение рецептуры шликера (повышенное содержание "пластичных" компонентов), высокая дисперсность шликерной массы, изменение свойств сырья	Соблюдение технологической дисциплины

1	2	3	4	5
10	Деформация поста-мента	Участок литья	Плохая зачистка суппортов от шликера; отсутствие смазки мыльным раствором; вода, попавшая на поверхность суппорта	Соблюдение технологической дисциплины
			Настройка лап захвата суппортов для съема изделия	Контроль за соответствием настроек (наладчик)
			Деформация, дефекты полимерных суппортов (износ основания, отколы)	Контроль состояния суппортов в течении смены и дефектование (сменный мастер)
		Транспортировка	Механические повреждения при ставке. Несоблюдение схемы ставки на тележки.	Соблюдение технологической дисциплины (использование мягких резиновых покрытий на тележках). Контроль за состоянием тележек в период их эксплуатации.
		Участок обжига	Несоблюдение правил ставки изделий (ставка на стыке плит, выход изделия за край вагонетки/суппорта)	Соблюдение технологической дисциплины
			Дефекты подставок под изделия; неровная поверхность печной вагонетки, засорка	Соблюдение технологической дисциплины; контроль за состоянием подставок.
		МЗО	Нарушение рецептуры шликера (повышенное содержание "пластичных" компонентов), высокая дисперсность шликерной массы, изменение свойств сырья	Входной контроль компонентов сырья, контроль дисперсности массы и компонентов, корректировка параметров шликера или рецептуры
11	Деформация трубы	Литье	Недобросовестная обработка изделия; нарушение режима подвялки.	Соблюдение технологической дисциплины
			Отклонение от нормативных параметров (плотность, вязкость, тикстропия, температура)	Поддержание параметров шликера в заданном диапазоне.
		Транспортировка	Механические повреждения при ставке	Соблюдение технологической дисциплины

1	2	3	4	5
12	Деформация чаши	МЗО	Нарушение рецептуры массы (ошибки при вводе рецепта, при добавках воды и электролита); выдержки глинистой суспензии и шликера	Соблюдение технологической дисциплины
			Нарушение рецептуры шликера (повышенное содержание "пластичных" компонентов), высокая дисперсность шликерной массы, изменение свойств сырья	Входной контроль компонентов сырья, контроль дисперсности массы и компонентов, корректировка параметров шликера или рецептуры
		Участок литья	Чрезмерное усилие на чашу при ее обработке	Соблюдение технологической дисциплины
			Отклонение от нормативных параметров	Соблюдение графика контроля шликера на участке литья
			Несвоевременное реагирование режимов на отклонение параметров шликера	Своевременный подбор параметров литья в соответствии с параметрами шликера
			Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Соблюдение графика промывки форм
			Отсутствие плавного открытия форм, перегиб шлангов подачи воды, воздуха к форме	Регулярная проверка состояния оборудования в начале смены и контроль на всем её протяжении

1	2	3	4	5
13	Засорка	Участок глазурования	Некачественный обдув воздухом при обработке изделия в кабине керосинового контроля и во время его очистки после глазурования	Соблюдение технологической дисциплины
			Ставка на пыльные (шликерная пыль) войлочные стелажы, при ставке на тележки - засорка сыпется с верхнего яруса на нижний	Соблюдение технологической дисциплины; Регулярная очистка стелажей.
		Участок обжига	Ставка изделий на вагонетки без чистых защитных перчаток	Соблюдение технологической дисциплины
			Состояние слоя ангоба (ангобная засорка): наличие отслоившихся частиц ангоба на ставочной поверхности и в подподовом пространстве; загрязненность ставочной поверхности	Контроль каждой вагонетки после выхода из печи; соблюдение технологической дисциплины.
14	Мушки	Участок обжига	Нанос ржавчины (пыли) из вентиляционных каналов печи; Прочистка фильтров во время обжига	Отключение вентиляторов на время съема фильтров
15	Холодный треск	Участок обжига	Нарушение температурного режима в зоне охлаждения	Контроль температуры (каждые 2 часа) и периодический контроль настроек давления воздуха на охлаждении раз в месяц.
		Участок приготовления массы	Нарушение рецептуры массы (повышенное содержание свободного кварца)	Соблюдение заданной рецептуры, контроль содержания свободного кварца в компонентах шликера.
			Грубый помол при приготовлении шликера (высокое значение остатка на сите)	Соблюдение заданных параметров помола при приготовлении шликера. Увеличение тонкости помола кварца, вводимого в массу шликера.

1	2	3	4	5
16	Пережог, вздутие глазури	Участок литья	Нарушение рецептуры, изменение свойств сырья	Входной контроль сырьевых компонентов перед использованием в производстве
		Участок глазу-ровки	Нарушение рецептуры, изменение свойств сырья	Входной контроль параметров глазури перед использованием в производстве
		Участок обжига	Нарушение температурного режима в зоне обжига, сбой в настройках горелок	Контроль температуры (каждые 2 часа) и периодический контроль настроек давления воздуха на обжиг, проводимый раз в месяц
17	Наколы	Участок глазу-рования	Недостаточная очистка изделия от пыли перед глазурованием	Соблюдение технологической дисциплины
			Глазурование горячих (не остывших) изделий	Соблюдение технологической дисциплины
			Некорректная работа (засорение форсунок - капли глазури на изделии, подтеки; износ игл робота - изменение факела распыления глазури; разница давления на форсунках - неравномерное покрытие глазурью)	Контроль работы оборудования
		Участок приго-товления массы	Выделение газов из черепка в период расплавления глазури	Корректировка массы глазури, снижающей выделение газов в процессе обжига
		Участок обжига	Температурный и газовый режим обжига в печи	Соблюдение газового режима и замедленный подъем температуры в начальный период обжига, обеспечивающее сгорание углерода, удаление из черепка воздуха, паров воды и продуктов сгорания до расплавления глазури.

1	2	3	4	5
18	Откол	Участок литья	Дефект суппорта	Контроль состояния суппортов в течение смены
		Транспортировка	Механические повреждения при ставке; несоблюдение схемы ставки на тележки и задевание изделий; повреждение, отсутствие резиновой подложки на тележках	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок глазурирования	Механические повреждения при оправке	Соблюдение технологической дисциплины
			Резкие перемещения на передвижных устройствах	Периодический контроль состояния оборудования
			Механические повреждения при зачистке	Соблюдение технологической дисциплины
			Механические повреждения при укладке	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок обжига	Механические повреждения при ставке на вагонетки	Соблюдение технологической дисциплины
			Дефект подставок под изделия; неровная поверхность печной вагонетки (стыки) выход изделия за габариты вагонетки	Соблюдение технологической дисциплины; контроль за состоянием подставок в течение смены, отбраковка и замена
			Механические повреждения при выборке с вагонетки	Соблюдение технологической дисциплины
		Сортировка и упаковка	Механические повреждения при транспортировке, укладке, упаковке	Соблюдение технологической дисциплины

1	2	3	4	5
19	Плешина	Участок глазурирования	Недостаточная очистка изделия от пыли перед глазурированием; загрязнение поверхности изделия жирными пятнами и др.	Соблюдение технологической дисциплины
			Плохая сцепляемость глазури с черепком (перемол глазури)	Соблюдение технологической дисциплины. Недопущение на производство
			Некорректная программа глазурирования (большой слой глазури)	Соблюдение технологической дисциплины; контроль качества покрытия изделий глазурью
			Некорректная работа (забивка сопел робота)	Проверка состояния оборудования (форсунки, иглы робота, давление на форсунках и т.д.); проверка параметров глазури; проверка соответствия программы глазурирования типу изделия; переход на запасную программу глазурирования
			Механические повреждения поверхности; частичное стирание глазури на глазурированном изделии руками и одеждой рабочих	Соблюдение технологической дисциплины
20	Посечка	Участок приготовления массы	Несоблюдение норм добавок электролитов; нарушение последовательности введения электролитов в шликер и правильной подготовки их; использование свежеприготовленного (невыдержанного) шликера	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок литья	Несоблюдение технологии обработки швов изделий	Соблюдение технологической дисциплины
			Передержка отливок в формах; длительное время затвердевания	При длительном времени затвердевания (изделие на выходе получается жесткое) необходимо снизить длительность фазы; Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупреждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его работой

1	2	3	4	5
21	Посечка	Участок литья	Засорение пор литьевых форм. Длительный срок эксплуатации формы	Соблюдение графика промывок литьевых форм
		Участок сушки	Нарушение режима подвялки и сушки (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха) и ставка изделий в обжиг с влажностью более 3%	Соблюдение технологической дисциплины
22	Рвань	Участок сушки	Подача в обжиг изделий с высокой влажностью (после предсушила - более 3%)	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок обжига	Забоины при ставке Слишком быстрый подъем температуры, что приводит к интенсивному удалению остатков влаги, а также в период удаления гидратной воды (600-900 °С)	Соблюдение технологической дисциплины Контроль режимов обжига и работы оборудования
23	Треск в сифоне (литник)	Участок литья	Некачественная заделка литника, "ручейка". Использование массы, не соответствующей по влажности изделию	Соблюдение технологической дисциплины
24	Треск в чаше	Участок литья	Применение холодного шликера; несоблюдение технологических параметров литья (сроков набора, закрепления черепка и т.д.)	Своевременный подбор параметров литья в соответствии с параметрами шликера
			Отклонение от нормативных параметров (плотность, вязкость, тиксотропия, температура)	Соблюдение графика контроля шликера на участке литья
			Сбой оборудования (передерживание изделий в форме)	Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупреждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его работой
			Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Соблюдение графика промывки форм

1	2	3	4	5
25	Треск в трубе	Участок литья	Резкие перепады влажности в местах сопряжения сливной и наливной части. Передержка отливок в формах. Несоблюдение технологических параметров литья (сроков набора, заполнения, закрепления черепка и т.д.) Слишком большой напор шликера при заливке формы	Настройка технологических параметров литья. При длительном времени затвердевания (изделие на выходе получается жесткое) необходимо снизить длительность фазы. Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупреждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его работой
			Отклонение от нормативных параметров (плотность, вязкость, тиксотропия, температура)	Соблюдение графика контроля шликера на участке литья
			Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Соблюдение графика промывки форм
			Отсутствие плавного открытия форм, перегиб шлангов подачи воды, воздуха к форме, отсутствие своевременного срабатывания клапанов, сбой в работе шликерного насоса	Проверка состояния оборудования в начале смены и контроль на всем её протяжении
26	Треск пере-мычки	Участок литья	Передержка отливок в формах. Слишком высокое давление воздуха на открытие форм	При длительном времени затвердевания (изделие на выходе получается жесткое) необходимо снизить длительность фазы. Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупреждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его работой
			Несоответствие заданным параметрам (вязкость, плотность, тиксотропия, температура), изменение свойств компонентов сырья	Контроль параметров шликера, соответствие параметров заданным значениям
			Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Соблюдение графика промывки форм

1	2	3	4	5
27	Треск пере-мычки	Участок ли-тья	Перегиб шлангов подачи воды, воздуха к форме, отсутствие своевременного срабатыва-ния клапанов	Проверка состояния оборудования в начале смены и контроль на протяжении всей смены
		Участок пригото-вления массы	Изменение свойств сырьевых компонентов шликера	входной контроль компонентов шликера, кон-троль и при необходимости корректировка ре-цептуры шликера
28	Треск по-лочки	Участок пригото-вления массы	Несоответствие рецептуры и параметров	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок ли-тья	Передержка отливок в формах, высокое значение давления, клапанов затвердевания	вы- работа При длительном времени затвердевания (изде-лие на выходе получается жесткое) необходимо снизить длительность фазы. Причиной длительного нахождения изделия в форме может стать авария. В целях предупре-ждения необходимо производить регулярный осмотр оборудования и вести контроль за его ра-ботой
			Отклонение от нормативных параметров (плот-ность, вязкость, тиксотропия, температура)	Соблюдение графика контроля шликера на участке литья
		Закупоривание пор литьевой формы шликером, загрязнение бактериями, образование накипи	Соблюдение графика промывки форм	
Участок сушки	Нарушение режима подвялки и сушки (темпе-ратуры, относительной влажности и скорости движения воздуха); нарушение режима сушки (чрезмерно высокая температура в начале сушки)	Соблюдение технологической дисциплины		

1	2	3	4	5
29	Треск по-стаменты	Транспортировка	Механические повреждения при ставке; несоблюдение схемы ставки на тележки и задевание изделий; повреждение / отсутствие резиновой подложки на тележках	Соблюдение технологической дисциплины
		Участок обжига	Механические повреждения при ставке на вагонетки	Соблюдение технологической дисциплины
30	Воздух	Участок приготовления массы	Неправильная работа мешалок (удары лопастей по поверхности шликера); подсосы воздуха в насосы для транспортировки шликера; непостоянное давление при работе мембранных насосов	Поддержание минимального уровня не менее 40 см. Контроль состояния оборудования периодически
		Участок литья	Слишком быстрое заполнение форм	Настройка технологических параметров литья.
			Неисправности насосов, клапанов и седел	Контроль состояния оборудования в течение смены (наладчик)
31	Флокула	Участок приготовления массы	Повышенная дисперсность шликерной массы, повышенная вязкость шликера, избыток электролитов (сода) в составе шликера	Контроль параметров сырья соблюдение заданных параметров вязкости, контроль содержания соды в составе шликера
		Участок литья	Применение холодного шликера	Соблюдение заданных параметров температуры шликера
			Слишком медленное заполнение форм	Настройка технологических параметров литья.
			Неисправности насосов, клапанов и седел	Контроль состояния оборудования в течение смены
32	Слипывш	Участок обжига	Небрежная ставка и соприкосновение изделий между собой в обжиге при неустойчивой садке плохое состояние вагонетки печи (неустойчивая конструкция плит и стоек, износ)	Соблюдение правил ставки изделий на вагонетки, контроль состояния печных вагонеток
33	Обдиры	Участок обжига	Небрежный захват изделий при ставке; резкое сотрясение вагонеток на стыках рельсов, выход изделия за габариты ставочной поверхности вагонетки	Соблюдение технологической дисциплины

1	2	3	4	5
32	Откол глазури	Участок обжига	Низкое качество подставок, ставка изделия на стыки плит вагонеток, не ровное положение плит на вагонетке, резкое толкание вагонеток	Соблюдение технологической дисциплины; контроль за состоянием подставок в течение смены, отбраковка и замена регулировка механизма толкания вагонеток
33	Рябизна	Участок глазурирования	Несоответствие нормативным параметрам вязкости и плотности	Соблюдение заданных параметров глазури, поданной на участок
			Некорректная работа (слишком толстый слой глазури, неравномерная плотность нанесения глазури, забивка сопел робота)	Соблюдение технологической дисциплины; Контроль качества покрытия изделий глазурью (съемщик-укладчик постоянно. Проверка состояния оборудования (форсунки, иглы робота, давление на форсунках и т.д.). Проверка параметров глазури. Проверка соответствия программы глазурирования типу изделия. Переход на запасную программу глазурирования
			Неправильное позиционирование изделия в кабине контроля	Соблюдение технологической дисциплины

ГЛАВА 7. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Контроль производства осуществляется лабораторией и отделом технического контроля.

Основными функциями лаборатории и ОТК являются:

- входной контроль сырья,
- контроль технологического процесса,
- контроль готовой продукции.

Основными приборами контроля в лаборатории являются:

- весы аналитические;
- весы технические;
- вискозиметр Галленкампа, служащий для измерения вязкости, тиксотропии;
- пикнометр, служащий для определения плотности;
- бароид для определения скорости набора черепа при формовании методом литья под давлением;
- гипсовые формы для определения скорости набора черепа при формовании классическим методом литья;
- депримометр, служащий для определения водопоглощения;
- термовесы для определения влажности;
- сушильный шкаф;
- набор сит для определения тонкости помола и т.д.;
- дилатометр, служащий для определения линейного коэффициента термического расширения;
- лабораторные мельницы;
- лабораторная мешалка;
- лабораторная муфельная печь.

Карта контроля производства представлена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Карта контроля технологического процесса производства

Наименование процесса	Контролируемый параметр		Место и способ отбора пробы, контроля	Периодичность контроля	ГОСТы, ТУ, рабочие инструкции, методики испытаний	Средства измерения, технич. характеристика (тип, пределы измерения, цена деления)	Журнал записи результатов контроля	Ответственный за выполнение контроля
	Наименование или обозначение	Допустимое значение или пределы измерения						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Входной контроль сырья								
Поступление сырья, материалов (осмотр внешнего вида и отбор пробы). Входному контролю подвергается каждая партия поступающего сырья по соответствующему нормативному документу и заложенным в нем требованиям	Наличие паспорта. Проверка наличия сертификата, паспорта качества на соответствие марки и сорта	Допустимое значение по ГОСТ, ТУ	Склад сырья	Каждый вид сырья, каждый вагон	По ГОСТ, ТУ на каждый вид поступающего сырья, материалов		Журнал учета поступающего сырья	Инженер лаборатории
	Наличие посторонних примесей	Отсутствие			ГОСТ 24297-80	Визуально		
	Отбор средней пробы				Нормативно-техническая документация на каждый вид поступающего сырья	Пробоотборник, совок		

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глина WBB SanMix XP	Влаж- ность	≤20%	Склад сы- рья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Метод определения влаги (ГОСТ 28584-90) Сертификат системы ка- чества DIN EN ISO 9002 №13 641 178895	Весы элек- тронные (ИУ/95), с точностью до 0,01 г. Шкаф су- шильный (СНОЛ- 3.5.5.3.5/3.5- И*) (t° _{наг} =105- 110°C). t° _{max} =350°C Термовесы (мод. THERMORD)	Журнал входного контроля пластич- ных мате- риалов	Лаборант по вход- ному кон- тролю
Глина Веско-Гранитик		≤20%			Глина Андреевского ме- сторождения. Марка Веско-Гранитик (ТУУ 14.2-00282049-001-2002)			
Каолин Прося- новский	Влаж- ность	≤22%	Склад сы- рья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Метод определения влаги (ГОСТ 19609.14- 89) Каолин обогащенный Просяновского место- рождения. Марка КФН-2 (ТУУ 21-533-2001)			
Каолин Глуховец- кий		≤22%			Каолин обогащенный Глуховецкого месторож- дения. Марка КС-1 (ГОСТ 21286-82)			
Полевой шпат Вишнево-горский	Влаж- ность	≤1%	Склад сы- рья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Метод определения мас- совой доли влаги (ГОСТ 26318.11-84) Материал Полевошпато- вый для стекольной про- мышленности. Вишне- вогорское месторожде- ние. Марка ПШС-0,3-21 (ТУ 5726-036-00193861- 96)	Журнал входного контроля непластич- ных мате- риалов	Лаборант по вход- ному кон- тролю	

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Полевой шпат Малышевский	Влажность	$\leq 1\%$	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Полевошпатовый концентрат. Малышевское месторождение. Марка ПШФ-0,2-17 (ТУ 95-2814-2002)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°C). t°max=350°C Термовесы (мод. THERMORED)	Журнал входного контроля непластичных материалов	Лаборант по входному контролю
Песок кварцевый Люберецкий	Влажность	$\leq 0,5\%$	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Песок кварцевый Люберецкого месторождения (ГОСТ 22551-77) Методы определения массовой доли влаги. (ГОСТ 26318.11-84)			
Глина WBB SanMix XP	Гранулометрический состав (остаток на ситах)		Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Каолин обогащенный. Метод определения гранулометрического состава (ГОСТ 19286-77) Метод определения гранулометрического состава (ГОСТ 20545-75)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г	Журнал входного контроля сырьевых материалов	Лаборант по входному контролю
Глина Веско-Гранитик		№0125 $\leq 1,895$						
Каолин Просяновский		№0063 $\leq 0,5\%$						
Каолин Глуховецкий		№0063 $\leq 0,6\%$						
Полевой шпат Вишневогорский		№0063 $\leq 5\%$						
Полевой шпат Малышевский		№0315 $\leq 5\%$						

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок кварцевый Люберецкий	Гранулометрический состав (остаток на ситах)	№08 ≤ 0,1% №01 ≥ 2%	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Метод определения гранулометрического состава ГОСТ 7031-75	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г	Журнал входного контроля непластичных материалов	Лаборант по входному контролю
Глина WBB SanMix XP	Процентное содержание карбонатов	Не нормируется	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Методика определения содержания карбонатов	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.=105-110°C). t°max=350°C Сито №0063 Кальциметр Пицца релли	Журнал входного контроля непластичных материалов	Лаборант по входному контролю
Глина Веско-Гранитик							Журнал входного контроля непластичных материалов	
Каолин Просьяновский							Журнал входного контроля непластичных материалов	
Каолин Глуховецкий							Журнал входного контроля непластичных материалов	
Полевой шпат Вишнево-горский							Журнал входного контроля непластичных материалов	
Полевой шпат Малышевский	Журнал входного контроля непластичных материалов							
Глина WBB SanMix XP	Потери при прокаливании	≤ 9%	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Определение потерь при прокаливании (ГОСТ 2642.2-86)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г Печь муфельная t _{max} =1400°C	Журнал входного контроля непластичных материалов	Лаборант по входному контролю
Глина Веско-Гранитик		≤ 11%						

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Каолин Просьяновский	Потери при прокаливании	$\leq 15\%$	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон	Определение потерь при прокаливании (ГОСТ 2642.2-86)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Печь муфельная $t_{\max}=1400^{\circ}\text{C}$	Журнал входного контроля пластичных материалов	Лаборант по входному контролю
Каолин Глуховецкий		$\leq 15\%$					Журнал входного контроля непластичных материалов	
Полевой шпат Вишневогорский		$\leq 0,8\%$						
Полевой шпат Малышевский		$\leq 0,8\%$						
Глины, каолин, полевые шпаты, песок	Проведение огневой пробы	Отсутствие мушек и выплавок. Соответствие эталону.	Склад сырья, отбор от средней пробы	Каждый вагон		Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный ($t^{\circ}\text{наг.} = 105-110^{\circ}\text{C}$). $t^{\circ}\text{max}=250^{\circ}\text{C}$; Печь муфельная $t_{\max}=1400^{\circ}\text{C}$	Журнал входного контроля пластичных, непластичных материалов	Лаборант по входному контролю

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глина WBB SanMix XP	Химический состав Норматив: $Al_2O_3 \geq 24\%$; $TiO_2 \leq 1,5\%$; $Fe_2O_3 \leq 1,6\%$; $CaO \leq 1,0\%$.	ППП –8,70%; SiO_2 –69,20%; Al_2O_3 –24,00%; TiO_2 – 1,50%; Fe_2O_3 -1,40%; CaO - 0,20%; MgO - 0,40%; K_2O – 1,90%; Na_2O – 0,20%	От средней пробы	По необходимости	ГОСТ 2642.1.71	Весы электронные ВЛТЭ-1100 класс точности 2 предел измерений 0,5-1100г погр.±0,01 гр. Электрошкаф сушильный СНОЛ-3,5.3,5		
Глина Веско-Гранитик	Норматив на прокалённое вещество: $Al_2O_3 \geq 30\%$; $TiO_2 \leq 1,6\%$; $Fe_2O_3 \leq 1,0\%$; $SiO_2 \leq 61,0\%$.	ППП –7,98%; SiO_2 –60,19%; Al_2O_3 –26,46%; TiO_2 – 1,30%; Fe_2O_3 -0,93%; CaO - 0,28%; MgO - 0,56%; K_2O – 1,94%; Na_2O – 0,37%	От средней пробы	По необходимости	ТУ У 14.2-00282049-003:2007 ГОСТ 2642.1.71	3,5/3,5 -И1М ($t^{\circ}наг.= 105-110^{\circ}C$). Печь муфельная МИМП-10-У, $t^{\circ}max-1150^{\circ}C$. Электроплитка. Эксикатор ГОСТ 25336-8. Химические реактивы		
Каолин Глуховецкий КС-1	Норматив: $Al_2O_3 \geq 35\%$; $TiO_2 \leq 1,2\%$; $Fe_2O_3 \leq 1,0\%$; $CaO \leq 1,0\%$.	ППП-13,24%; SiO_2 -48,05%; Al_2O_3 –36,46%; TiO_2 – 0,95%; Fe_2O_3 - 0,35%; CaO - 0,26%; MgO - 0,09%; K_2O – 0,61%; Na_2O – 0,00%	От средней пробы	По необходимости	ГОСТ 2642.1.71 ГОСТ 2642-86 ГОСТ 19609-89			

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Каолин Просьяновский КФН-2	Норматив: $Al_2O_3 \geq 35\%$; $TiO_2 \leq 1,2\%$; $Fe_2O_3 \leq 1,0\%$; $CaO \leq 1,0\%$.	ППП-13,34%; SiO_2 -45,68%; Al_2O_3 -39,00%; TiO_2 - 0,77%; Fe_2O_3 - 0,43%; CaO - 0,26%; MgO - 0,17%; K_2O - 0,52%; Na_2O - 0,09%	От сред- ней пробы	По необ- ходимо- сти	ГОСТ 2642.1.71 ГОСТ 19609-89 ГОСТ 2642-86	Весы электронные ВЛТЭ-1100 класс точности 2 предел измерений 0,5-1100г погр.±0,01 гр. Электрошкаф су- шильный СНОЛ-3,5.3,5 3,5/3,5 -И1М ($t^{\circ}наг.= 105-$ 110°C). Печь муфельная МИМП-10-У, $t^{\circ}max$ -1150°C. Электроплитка. Эксикатор ГОСТ 25336-8. Химические реак- тивы		
Полевой шпат Вишнёво-гор- ский ПШС-03- 21	Норматив: $SiO_2 \leq 62,0\%$; $Al_2O_3 \geq 21\%$; $Fe_2O_3 \leq 0,3\%$; $CaO \leq 3,0\%$. K_2O+Na_2O ≥ 13	ППП-0,78%; SiO_2 -61,03%; Al_2O_3 -22,04%; TiO_2 - 0,00%; Fe_2O_3 - 0,18%; CaO - 0,36%; MgO - 0,00%; K_2O - 8,51%; Na_2O - 6,92%	От сред- ней пробы	По необ- ходимо- сти	ГОСТ 13451-77 ГОСТ 7030-75.			
Полевой шпат Малышев-ский ПШФ-02-17	Норматив: свободный кварц $\leq 8\%$; $Al_2O_3 \geq 17\%$; $Fe_2O_3 \leq 0,2\%$; $CaO+MgO$ $\leq 1,0\%$. K_2O+Na_2O ≥ 11	ППП-0,14%; SiO_2 -70,75%; Al_2O_3 -17,49%; TiO_2 - 0,00%; Fe_2O_3 - 0,16%; CaO - 0,48%; MgO - 0,08%; K_2O - 4,21%; Na_2O - 6,83%	От сред- ней пробы	По необ- ходимо- сти	ГОСТ 7030-75. ТУ 95- 2814-2002			

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок кварцевый Люберецкий	Норматив: ППП ≤ 1,0%; SiO ₂ ≥ 95,0%; TiO ₂ +Fe ₂ O ₃ ≤ 0,2%; CaO ≤ 1,0%; содержание каолина ≤ 1,0%.	ППП-0,14%; SiO ₂ -99,27%; Al ₂ O ₃ – 0,34%; TiO ₂ - 0,03%; Fe ₂ O ₃ -0,15%; CaO - 0,05%; MgO - 0,02%; K ₂ O – следы; Na ₂ O – следы	От средней пробы	ГОСТ 7031-75	ГОСТ 7031-75 ГОСТ 20545-75 ГОСТ 19609-89 ГОСТ 22552.0-77	Весы электронные ВЛТЭ-1100 класс точности 2 предел измерений 0,5-1100г погр.±0,01 гр. Электрошкаф сушильный СНОЛ-3,5.3,5 3,5/3,5 - И1М (t°наг.= 105-110°C). Печь муфельная МИМП-10-У, t°max-1150°C. Электроплитка. Эксикатор ГОСТ 25336-8. Химические реактивы		
2. Контроль технологического процесса								
Расчет рецептуры керамической массы	Учет влажности	В соответствии с утвержденной рецептурой	Массо-заготовительный цех (МЗЦ)	Каждую загрузку	Расчетным путем	-	-	Инженер лаборатории
Приготовление репликера (дозирование сырьевых материалов и воды)	Соответствие рецепту: правильность дозирования, количество мелющих тел, время помола (ропуска)	В соответствии с рецептом и технологической инструкцией			Визуально	-	-	Лаборант по входному контролю, лаборант МЗЦ

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Роспуск глины WBB SanMix XP в турбодробилке	Влажность глины	≤20%	Склад сырья, отбор от средней пробы	МЗЦ Каждый роспуск	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.=105-110°C). t°max=350°C. Термовесы (мод. THERMORED)	Журнал контроля шликера в процессе приготовления	Лаборант по входному контролю Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ
	Влажность суспензии глины	35-40%	Турбодробилка					
	Плотность суспензии глины	1,6-1,68 г/см ³						
	Вязкость суспензии	0,39 - 0,50 Па·с (310-320°G)						
	Тиксотропия после 1 мин. после 6 мин.	10-20 °G						
		30-50 °G						
Ситовое обогащение	Состояние ситок на ситах	Целостность сетки	Вибросито	2 раза в смену	Визуально	-	-	Мастер
Помол сырьевых материалов в шаровой мельнице	Тонкость помола: остаток на сите №0063	2,5 – 4,5 %	Шаровая мельница	МЗЦ Через каждые 3 часа помола	Методика определения остатка на сите №0063,	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.=105-110°C). t°max=350°C. Пикнометр объемом 100 мл. Контрольное сито №0063	Журнал контроля параметров мельницы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помол сырьевых материалов в шаровой мельнице	Тонкость помола: остаток на сите №0045	10 – 11 %	Шаровая мельница	МЗЦ Через каждые 3 часа помола	Методика определения остатка на сите №0045	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°C). t°max=350°C. Пикнометр объемом 100 мл. Контрольное сито №0045	Журнал контроля параметров мельницы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ
	Плотность	1,8 – 1,83 г/см ³				Пикнометрический метод определения		
	Влажность	28-35%	Шаровая мельница	МЗЦ Через каждые 3 часа помола	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы лабораторные с точн. до 0,01 г. Шкаф сушильный (GABBRILLI) (t°наг.= 105-110°C). t°max=250°C	Журнал контроля параметров мельницы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ
	Вязкость	0,39 – 0,75 Па·с (290-320°G)				Методика определения вязкости и тиксотропии		
Приготовление шликера в бассейне с лопастной мешалкой и его свойства	Остаток на сите №0063	1,5-3,0%	Бассейн с лопастной мешалкой	МЗЦ Каждый цикл смешения	Методика определения остатка на сите	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°C). t°max=350°C. Пикнометр объемом 100мл. Контрольное сито №0063	Журнал контроля шликера в процессе приготовления	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приготовление шликера в бассейне с лопастной мешалкой и его свойства	Плотность	1,815-1,820 г/см ³	Бассейн с лопастной мешалкой	Каждый цикл смешения	Пикнометрический метод определения	Весы лабораторные с точн. до 0,01 г. Пикнометр	Журнал контроля шликера в процессе приготовления	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ
	Влажность	29-30%				Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)		
	Вязкость	0,60 – 0,90 Па·с (280-300°G)			Методика определения вязкости и тиксотропии	Визкозиметр Галленкампа		
	Тиксотропия после 1 мин	20-30 °G						
Тиксотропия после 6 мин	80-100 °G							
Литейные, свойства шликера и сушильные, обжиговые свойства массы на его основе	Набор черепка через 60 мин	6,2 мм	-	Каждая загрузка	Методика определения скорости набора черепка	Гипсовые формы	Журнал контроля приготовления керамической массы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Литейные, свойства шликера и сушильные, обжиговые свойства массы на его основе	Набор черепка через 90 мин	7,9 мм	-	Каждая загрузка	Методика определения скорости набора черепка	Гипсовые формы	Журнал контроля приготовления керамической массы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ	
	Усадка после сушки	2,2%	-			Методика определения усадки			Гипсовые формы, весы электронные с точн.до 0,01 г, Шкаф сушильный (t°наг.= 105-110°C) t°max=250°C. Штангенциркуль до 250 мм
	Усадка после обжига	8,4%	-						Гипсовые формы, шкаф сушильный (t°наг.= 105-110°C) t°max=250°C, штангенциркуль до 250 мм.
Литейные, свойства шликера и сушильные, обжиговые свойства массы на его основе	Пиропластическая деформация	45 мм	-	Каждая загрузка	Методика определения пиропластических деформаций	Гипсовые формы, шкаф сушильный (t°наг.= 105-110°C) t°max=250°C, штангенциркуль до 250 мм, печь муфельная	Журнал контроля приготовления керамической массы	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ	
Приготовление ангоба для печных вагонеток	Плотность	1,8 – 1,82 г/см ³	Передвижная мешалка	Каждая загрузка	Пикнометрический метод определения	Весы лабораторные с точностью до 0,01г; пикнометр объемом 100 мл.	Сменный журнал	Инженер-лаборант или лаборант МЗЦ	

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Цех формования, сушки, обжига (ФСО).	Свойства литейного шликера. Влажность литейного шликера	28 – 30 %	Участок литья Литьевой стенд	Каждые 2 часа	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.=105-110°C). t°max=350°C. Термовесы	Журнал параметров шликера	Лаборант ФСО			
	Вязкость шликера	0,60 – 0,90 Па·с, (280-300°C)									
	Тиксотропия после 1 мин	20 – 30 °G									
	Тиксотропия после 6 мин	80-100 °G									
Температура шликера	40 – 50 °C	Литьевой стенд	Каждые 2 часа	-	TYP K THERMO-COURLE THERMOMETER	Журнал параметров шликера AVE 040/3, ALS 150/2	Лаборант ФСО				
Влажность полуфабриката после разъема	17 – 18 %							3 раза в смену	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.=105-110°C). t°max=350°C. Термовесы (мод. THERMORED)	Бланк контроля влажности изделий после разъема
Качество полуфабриката	-							Конвейер литьевого стенда	Каждое изделие	Визуально	-

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Участок контроля при транспортировке полуфабриката на подвялку	Качество полуфабриката	-	Тележки	Постоянно		-	-	
Подвялка полуфабриката	Влажность после подвялки	14 – 16 %	Помещение с климат-контролем	3 раза в смену	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°С). t°max=350°С. Термовесы (мод. THERMORED)	Бланк контроля влажности изделий	Лаборант ФСО
Сушка полуфабриката	Остаточная влажность	≤1 %	Тележки после сушки	1 раз в смену	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°С). t°max=350°С. Термовесы (мод. THERMORED)	Бланк контроля влажности изделий	Мастер участка глазуровки, лаборант ФСО
Участок керосинового контроля и глазурования	Качество полуфабриката	-	Кабина керосинового контроля	Постоянно	Нанесение керосина на полуфабрикат	-	Бланк учета по керосиновому контролю и глазуровке	Мастер участка глазуровки

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Участок глазурования роботом (пульверизация)	Плотность	1,736-1,738 г/см ³	Железные бочки	2-3 раза в смену	Пикнометрический метод определения	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г; пикнометр объемом 100 мл	Журнал контроля приготовления глазури	Лаборант ФСО
Глазурование сифонов (полив)		1,600-1,65 г/см ³						
Садка изделий на печные вагонетки	Качество садки изделий	Соблюдение схем садки	Участок обжига. Печные вагонетки	Постоянно	Визуально	-	Бланк схемы садки изделий на обжиговые вагонетки	Мастер участка обжига, ставильщик
Сушка изделия после глазуровки	Влажность изделия после глазурования	2,5 – 3,5 %	Участок глазурования	2-3 раза в смену	Методы определения массовой доли влаги (ГОСТ 28584-90)	Весы электронные (ИУ/95), с точностью до 0,01г. Шкаф сушильный (СНОЛ-3.5.5.3.5/3.5-И*) (t°наг.= 105-110°С). t°max=350°С. Термовесы (мод. THERMORED)	Бланк контроля влажности изделий	Мастер участка глазуровки, лаборант ФСО
	Влажность изделия после сушки	0 – 0,1 %						

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обжиг изделий	Температурный режим	Показания приборов	Туннельная печь непрерывного действия	По приборам	через 1 толкание	Автоматический режим регулирования обжига, потенциометр КСП-4. Регулятор askon серии ХТ	Бланк контроля работы печи	Мастер участка обжина, обжигальщик
	Аэродинамический режим			По приборам	1-2 раза в смену	Тягонапоромер ТНМП-52 и ТмМП-52, манометр 0БМ-160, жидкостный и V-образный манометр		
Сортировка изделий	Качество изделий: внешний вид, наличие трещин, деформации, соответствие сорту	Визуально	Участок сортировки	Каждое изделие	ГОСТ 15167-93	Визуально. Измерительная линейка по ГОСТ 427-75. Щуп металлический по заводским чертежам. Деревянный молоток массой 0,25 кг	Отчетная карта участка сортировки	Контролер ОТК
Исправление дефектов холодным способом	Состав «лечек»	Соответствие полимерных паст рецептуре	Участок сортировки	Каждая партия	-		Бланк контроля «лечек»	Инженер лаборатории
	Качество исправления	Визуально	Участок сортировки	Каждое изделие	ГОСТ 15167-93	-	Отчетная карта участка сортировки	Мастер участка сортировки
Исправление дефектов горячим способом: Садка на печные вагонетки	Правильность установки изделий на печные вагонетки.	Визуально	Участок повторного обжига	Постоянно	Согласно технологической инструкции и утвержденным видам ставок.		Бланк контроля работы печи	Мастер участка обжига, обжигальщик

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Повторный обжиг. Камерная печь.	Температурный режим	Согласно кривой обжига	Участок повторного обжига	Постоянно	Автоматический режим регулирования обжига, потенциометр КСП-4. Регулятор askon серии ХТ	Потенциометр КСП-4, кл.ч. 0,5, предел изм. 0-1600°С, градуировка ПП-1, (0-100°С), кл.точности 1,5.	Бланк контроля работы печи	Мастер участка обжига, обжигальщик
Сортировка изделий после повторного обжига	Качество исправления	Визуально	Участок сортировки	Каждое изделие	ГОСТ 15167-93			Инженер СЛК
3. Контроль готовой продукции. Суточная выработка								
Качество изделий в партии: Приемосдаточные испытания: размеры, деформация, коробление	Внешний вид, наличие трещин, деформации, соответствие сорту	Визуально	Участок сортировки	5 – 10 изделий от партии	ГОСТ 13499-82	Плита поверочная, линейка металлическая 0-500 мм ГОСТ 427-75. Штангенциркуль 0-250 мм ГОСТ 166-80. Кольцемер, набор шупов 0,5 - 5 мм	Отчетная карта участка сортировки	Контрольный мастер ОТК
	Термостойкость глазури	2 теплосмены		3 образца от партии	ГОСТ 13449-82	Электроплитка. Емкость для кипячения. Полотенечная ткань. Реактивы		Инженер ОТК

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Качество изделий в партии: Приемосдаточные испытания: размеры, деформация, коробление	Водопоглощение	Не более 1%	Участок сортировки	3 образца от партии	ГОСТ 13449-82	Весы электронные ВЛТЭ-1100 класс точности 2 предел измерений 0,5-1100г погр.±0,01 гр; Сушильный шкаф, термометр ТТЖ (0 – 160°С), цена дел. - 2°С; емкость для кипячения, электроплитка, полотенечная ткань	Отчетная карта участка сортировки	Лаборант ОТК	
	Функциональная пригодность	-		3 изделия от партии	ГОСТ 13449-82	Стенд, имитирующий условия эксплуатации			Мастер ОТК
	Герметичность спускового устройства	-		3 изделия от партии	ГОСТ 21485-94	Бачок в сборе с арматурой. Стенд.			Мастер ОТК
Периодические испытания изделий	Термостойкость изделий (целых)	3 теплосмены	Участок сортировки	3 изделия 1 раз в 6 месяцев	ГОСТ 13449-82	Установка заводского изготовления с 2 емкостями, секундомер, чернила, термометр ТТЖ(0-160°С), цена дел. 2°С).		Инженер ОТК	
	Химическая стойкость глазури	-		3 образца 1 раз в 6 месяцев	ГОСТ 13449-82	Реактивы		Инженер ОТК	
Типовые испытания изделий	Механическая прочность унитазов, умывальников	Разрушающая нагрузка на изделие не менее: 1,5 кН – для умывальников; 2,0 кН – для унитазов.	Сторонняя аттестованная лаборатория	При постановке изделий на производство	ГОСТ 13499-82	Гидравлический или механический пресс (нагрузка до 2,0 кН)		Сторонняя аттестованная лаборатория, Инженер ОТК	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Комплектация, упаковка, хранение, отгрузка потребителю								
Комплектация СКИ на складе	Комплектация парных изделий в соответствии с ассортиментом	Правильность комплектации	Участок упаковки. Склад готовой продукции	Каждая партия СКИ	Визуально	-	-	Контролер ОТК
Упаковка, хранение,	Соответствие упаковки требованиям НТД, условий хранения	Правильность упаковки	Участок упаковки. Склад готовой продукции	Выборочно	ГОСТ 15167-93	Визуально	-	Контрольный мастер ОТК
Погрузка, транспортировка	Соответствие схемам погрузки	Правильность погрузки вагонов и контейнеров	Участок погрузки	Каждый вагон и контейнер	Внутризаводская инструкция, схемы погрузки.	Визуально		При комиссионной погрузке с представителями цехов

ГЛАВА 8. ПРИМЕР РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ САНИТАРНО - СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

8.1. Исходные данные

Производительность предприятия (по заданию преподавателя) в рассматриваемом примере расчёта - 1 млн. шт. изделий в год. Ассортимент выпускаемой продукции - унитаза массой 16,0 кг.

Таблица 8.1

Нормы технологических потерь и брака	
Переделы	мас. %
Политой обжиг и сортировка изделий (бой)	5,9
Брак:	
при глазуровании и ставке полуфабриката	0,7
при сушке изделий	2
при подвялке изделий	0,7
при литье изделий	1,9
Потери:	
при промывке литьевых машин шликером	2,5
при транспортировании шликера	0,1
при ситовом и магнитном обогащении шликера	0,02
при хранении шликера в каждом из бассейнов	0,1
при помоле материалов в шаровой мельнице	0,1
при роспуске глинистой суспензии	0,05
при дозировке	0,1
на складе сырья	0,1

Таблица 8.2

Влажности сырьевых материалов, промежуточных суспензий и полуфабрикатов

Наименование сырьевых компонентов, промежуточных суспензий, полуфабрикатов	W, мас.%
1	2
Сырьевые компоненты:	
глина Stephan Schmidt	17,5
глина Веско-Гранитик	18,6
каолин Просяновский (электролитн. обогащения)	16,5
каолин Глуховецкий (электролитн. обогащения)	13,6
кварцевый песок Люберецкий	1,0
полевой шпат Вишневогорский	0,25
полевой шпат Малышевский	0,2
бой изделий	0,2
Промежуточные суспензии и полуфабрикаты:	
суспензия отошающих	28
глинистая суспензия	35
литейный шликер	28
свежеразнятый полуфабрикат	18

Окончание табл. 8.2

1	2
полуфабрикат после подвялки	15
полуфабрикат после сушки	1
глазурная суспензия для глазурирования сифонов	42
глазурная суспензия для глазурирования роботом	34

Таблица 8.3

Шихтовой состав массы (в расчете на абсолютно сухие материалы)

№ п/п	Компонент	мас. %
1	Каолин Глуховецкий	13,00
2	Каолин Просяновский	13,00
3	Глина Веско-Гранитик	10,00
4	Глина Stephan Schmidt	14,00
5	Полевой шпат Вишневогорский	16,00
6	Полевой шпат Малышевский	10,00
7	Кварцевый песок Люберецкий	20,00
8	Бой изделий	4,00
	Сумма	100,00

Зная шихтовой состав керамической массы и химический состав сырьевых материалов, можно рассчитать химический состав шихты и отсюда взять величину потерь при прокаливании данной массы (ППП), необходимую для расчёта материального баланса. Потери при прокаливании данной массы составляют 5,78%.

Зная шихтовой состав глазури и химический состав сырьевых материалов, можно рассчитать химический состав глазури отсюда взять величину потерь при прокаливании данной глазури (ППП_{глаз.}), необходимую для расчёта материального баланса. Потери при прокаливании глазури составляют 8,79%.

8.2. Вспомогательные расчёты

8.2.1. Расчёт суммарного значения потерь при прокаливании санитарно-строительного изделия с учетом потерь при прокаливании собственно черепка и глазури

Из исходных данных известно, что масса изделия (в расчётном примере унитаза) $m_{\text{изд.}} = 16$ кг, масса глазурного слоя на изделии $m_{\text{глаз.}} = 0,90$ кг. Причём массу глазури при производстве санитарно-строительных изделий обычно определяют на стадии глазурования. Зная величину потерь при прокаливании глазури, легко определить массу глазурного слоя на изделии после обжига, суммарные потери при прокаливании полуфабриката при обжиге, процентное содержание глазури на изделии.

Все последующие расчеты проводим в расчете на 1 изделие.

1. Масса слоя глазури после обжига с учётом потерь при прокаливании глазури – 8,79%

$$m_{\text{глаз.}}^* = \frac{m_{\text{глаз.}}(100 - 8,79)}{100} = 0,9 \frac{91,21}{100} = 0,82 \text{ кг.}$$

2. Масса собственно изделия без глазури после обжига

$$m_{\text{изд.}}^* = m_{\text{изд.}} - m_{\text{глаз.}}^* = 16,00 - 0,82 = 15,18 \text{ кг.}$$

3. Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы – 5,78% (абсолютно сухого)

$$m_{\text{изд. до обжига}}^* = \frac{m_{\text{изд.}}^*}{100 - \text{ппп}_{\text{массы}}} 100 = \frac{15,18}{100 - 5,78} 100 = 16,11 \text{ кг.}$$

4. Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью)

$$m_{\text{изд. до обжига}}^{**} = m_{\text{изд. до обжига}}^* + m_{\text{глаз.}} = 16,11 + 0,90 = 17,01 \text{ кг.}$$

5. Суммарные потери при прокаливании полуфабриката (с учётом потерь при прокаливании глазури и собственно черепа изделия)

$$\text{ппп}_{\text{п/ф}} = \frac{m_{\text{изд. до обжига}}^{**} - m_{\text{изд.}}}{m_{\text{изд. до обжига}}^{**}} 100 = \frac{17,01 - 16,00}{17,01} 100 = 5,94 \text{ \%}.$$

8.2.2. Расчёт влажности полуфабриката после операции глазурирования

Глазурирование полуфабриката происходит в 2 этапа: 20 % глазурной суспензии с $W_1 = 42\%$ идет на глазурировку сифона унитаза, 80 % глазурной суспензии с $W_2 = 34\%$ - на глазурирование автоматом-роботом. Масса глазури на одном изделии после операции глазурирования $m_{\text{глаз.}}^* = 0,9$ кг.

1. Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурирование сифона, с учётом её влажности – 42%

$$m_{\text{глаз.сусп.сиф.}}^* = \frac{20}{100} \cdot \frac{m_{\text{глаз.}}^*}{100 - 42} 100 = 0,2 \frac{0,9}{58} 100 = 0,31 \text{ кг.}$$

2. Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурирование автоматом-роботом, с учётом её влажности – 34 %

$$m_{\text{глаз.сусп.роб.}}^* = \frac{80}{100} \cdot \frac{m_{\text{глаз.}}^*}{100 - 34} 100 = 0,8 \frac{0,9}{66} 100 = 1,09 \text{ кг.}$$

3. Суммарная масса глазурной суспензии на изделии

$$m_{\text{глаз.сусп.}}^* = m_{\text{глаз.сусп.сиф.}}^* + m_{\text{глаз.сусп.роб.}}^* = 0,31 + 1,09 = 1,40 \text{ кг.}$$

4. Процентное содержание глазурной суспензии для глазурирования сифона на изделии с $W = 42\%$

$$\%_{\text{глаз.сусп.сиф.}} = \frac{m_{\text{глаз.сусп.сиф.}}^*}{m_{\text{глаз.сусп.}}^*} 100 = \frac{0,31}{1,40} 100 = 22,1\%$$

5. Процентное содержание глазурной суспензии для глазурирования автоматом-роботом $W = 34\%$

$$\%_{\text{глаз.сусп.роб.}} = \frac{m_{\text{глаз.сусп.роб.}}^*}{m_{\text{глаз.сусп.}}^*} 100 = \frac{1,09}{1,40} 100 = 77,9\%$$

6. Масса воды, аккумулированная полуфабрикатом, при глазурировании

$$m_{\text{воды}}^{\text{глаз.}} = (m_{\text{глаз.сусп.сиф.}}^* + m_{\text{глаз.сусп.роб.}}^*) - m_{\text{глаз.}}^* = (0,31 + 1,09) - 0,90 = 0,50 \text{ кг.}$$

7. Масса полуфабриката после второй сушки перед глазурированием с учётом влажности после второй сушки 1 %

$$m_{\text{п/ф.после 2й сушки}}^* = \frac{m_{\text{изд. до обжига}}^*}{100 - W} 100 = \frac{16,11}{100 - 1} 100 = 16,27 \text{ кг.}$$

8. Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате, после сушки перед глазурованием

$$m_{\text{воды}}^{\text{после 2й сушки}} = m_{\text{п/ф.после 2й сушки}}^* - m_{\text{изд. до обжига}}^* = 16,27 - 16,11 = 0,16 \text{ кг.}$$

9. Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате после операции глазурования

$$m_{\text{воды}}^{\text{сушка+глаз.}} = m_{\text{воды}}^{\text{после сушки}} + m_{\text{воды}}^{\text{глаз.}} = 0,16 + 0,50 = 0,66 \text{ кг.}$$

10. Масса полуфабриката после глазурования

$$m_{\text{п/ф}}^{\text{глаз.}} = m_{\text{п/ф.после сушки}}^* + m_{\text{глаз.сусп.}}^* = 16,27 + 1,40 \text{ кг} = 17,67 \text{ кг.}$$

11. Влажность полуфабриката после глазурования

$$W_{\text{п/ф}}^{\text{глаз.}} = \frac{m_{\text{воды}}^{\text{сушка+глаз.}}}{m_{\text{п/ф}}^{\text{глаз.}}} 100 = \frac{0,66}{17,67} 100 = 3,76 \text{ \%}.$$

8.2.3. Расчёт процентного содержания глазури на изделиях после операции глазурования

Процентное содержание глазурного слоя на полуфабрикате после операции глазурования составляет

$$q_{\text{п/ф}}^{\text{глаз.}} = \frac{m_{\text{глаз.сусп.}}^*}{m_{\text{п/ф}}^{\text{глаз.}}} 100 = \frac{1,40}{17,67} 100 = 7,93 \text{ \%}.$$

8.2.4. Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу

На тонкий помол по технологической схеме подают все сырьевые материалы, кроме каолинов Просьяновского и Глуховецкого и импортной глины Stephan Schmidt. Используя данные табл. 8.3, можно рассчитать шихтовой состав смеси компонентов, подаваемых в шаровую мельницу.

Пример расчёта:

$$C_i^* = C_i \cdot \frac{100}{100 - C_{\text{каоол прос.}} - C_{\text{каоол глух.}} - C_{\text{глин импортн.}}},$$

где C_i^* - содержание компонента в шаровой мельнице, мас. %;

C_i - содержание компонента в шихте, мас. %.

Таким образом, содержание в шаровой мельнице глины Веско-Гранитик

$$C_{\text{глины веско.}}^* = 10,0 \cdot \frac{100}{100 - 13 - 13 - 14} = 16,67 \text{ мас. \%}.$$

Масса глины Веско-Гранитик, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности 18,6 %

$$m_{\text{глины веско.}} = C_{\text{глины веско.}}^* \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{гл.веско}}} = 16,67 \cdot \frac{100}{100 - 18,6} = 20,48 \text{ мас. ч.}$$

Масса воды, внесённая на помол с глиной Веско-Гранитик

$$m_{\text{с глиной веско.}}^{\text{воды}} = m_{\text{глины веско.}} - C_{\text{глины веско.}}^* = 20,48 - 16,67 = 3,81 \text{ мас. ч.}$$

и так далее для всех остальных компонентов.

Исходные данные для расчётов и результаты расчётов приведены в табл.

9.5

Таблица 8.4

Шихтовой состав смеси сырьевых материалов, подаваемых на тонкий помол в шаровую мельницу (в расчёте на абсолютно сухие материалы)

Компонент шихты	Содержание компонента в шихте, C_i , мас. %	Содержание компонента в шаровой мельнице C_i^* , мас. %	Влажность компонента, W_i мас. %	Масса влажных материалов в расчёте на 100 мас. ч. а.с. материалов m_i , мас.ч.	Содержание воды в материале $m_i^{\text{воды}}$ мас.ч.
Глина Веско-Гранитик	10,0	16,67	18,6	20,48	3,81
Кварцевый песок Люберецкий	20,0	33,33	1	33,67	0,34
Полевой шпат Вишневогорский	16,0	26,67	0,25	26,74	0,07
Полевой шпат Малышевский	10,0	16,67	0,2	16,70	0,03
Бой фарфоровый	4,0	6,67	0,2	6,68	0,01
Сумма	60,0	100,01		104,26	4,26

В соответствии с данными табл. 8.4 легко рассчитать влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу $W_{\text{смеси}}$

$$W_{\text{смеси}} = \frac{\sum m_i^{\text{воды}}}{\sum m_i} 100 = \frac{4,26}{104,26} 100 = 4,08 \text{ \%}.$$

8.2.5. Расчёт влажности суспензии, получаемой на стадии смешения сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензии глины Stephan Schmidt после роспуска, суспензии отощающих материалов, Просяновского и Глуховецкого каолинов

Из исходных данных известно, что влажность суспензии при помоле сырьевых материалов в шаровой мельнице должна быть = 28%. Влажность суспензии глины Stephan Schmidt = 35%. Требуется уточненный расчёт влажности смеси этих суспензий с каолинами, чтобы обеспечить правильный расчёт материального баланса производства.

Все последующие расчёты производим на 100 мас. ч. абсолютно сухой шихты согласно табл. 3.3 с учётом влажностей исходных сырьевых материалов и суспензий глинистой и отощающих компонентов.

1. Масса глинистой суспензии с $W_{\text{сусп.гл.}}=35\%$

$$m_{\text{сусп.гл.}} = \%_{\text{а.с.гл.}} \frac{100}{100 - W_{\text{сусп.гл.}}} = 14 \frac{100}{100 - 35} = 21,5 \text{ мас. ч.}$$

2. Масса суспензии отощающих материалов с $W_{\text{сусп.отощ.}}=28\%$

$$\begin{aligned} m_{\text{сусп.отощ.}} &= (\%_{\text{а.с.пш малыш}} + \%_{\text{а.с.пш вишне}} + \%_{\text{а.с.пш люб.пес.}} + \%_{\text{а.с.гл.веско}} \\ &+ \%_{\text{а.с.бой}_{\frac{\text{п}}{\text{обж}}}}) \frac{100}{100 - W_{\text{сусп.отощ.}}} = \\ &= (10 + 16 + 20 + 10 + 4) \frac{100}{100 - 28} = 83,3 \text{ мас. ч.} \end{aligned}$$

3. Масса каолина Просяновского с учётом его влажности $W_{\text{каоол.прос.}}=16,5\%$

$$m_{\text{каоол.прос.}} = \%_{\text{а.с.каоол.прос.}} \frac{100}{100 - W_{\text{каоол.прос.}}} = 13 \frac{100}{100 - 16,5} = 15,6 \text{ мас. ч.}$$

4. Масса каолина Глуховецкого с учётом его влажности $W_{\text{каоол.глух.}}=13,6\%$

$$m_{\text{каоол.глух.}} = \%_{\text{а.с.каоол.глух.}} \frac{100}{100 - W_{\text{каоол.глух.}}} = 13 \frac{100}{100 - 13,0} = 15,0 \text{ мас. ч.}$$

5. Масса суспензии, получаемой при смешении всех компонентов

$$\begin{aligned} m_{\text{сусп.}} &= m_{\text{сусп.гл.}} + m_{\text{сусп.отощ.}} + m_{\text{каоол.прос.}} + m_{\text{каоол.глух.}} = \\ &= 21,5 + 83,3 + 15,6 + 15,0 = 135,5 \text{ мас. ч.} \end{aligned}$$

6. Влажность суспензии

$$W_{\text{сусп.}} = \frac{m_{\text{сусп.}} - 100}{m_{\text{сусп.}}} 100 = \frac{135,5 - 100}{135,5} 100 = 26,2 \%$$

8.2.6. Расчёт материального баланса предприятия по производству санитарно-строительных изделий

Цех формования, сушки, глазурирования и обжига изделий

Расчёты для цеха формования, сушки, глазурирования и обжига изделий выполняем, руководствуясь технологической схемой.

1. Производительность предприятия по массе готовых изделий

$$R_1 = \frac{P \cdot m_{\text{гот.изд.}}}{1000} = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 16,0}{1000} = 16000,0 \text{ Т/год.}$$

2. Масса изделий, поступающая на склад готовой продукции, с учётом боя на складе 0,1 %

$$R_2 = R_1 \frac{100}{100 - 0,1} = 16000 \frac{100}{99,9} = 16016,0 \text{ Т/год.}$$

Масса боя на складе готовой продукции

$$x_2 = R_2 - R_1 = 16016,0 - 16000,0 = 16,0 \text{ Т/год.}$$

3. Масса изделий, поступающая на сортировку, с учётом брака обжига и 2-й сушки 5,9 %

$$R_3 = R_2 \frac{100}{100 - 5,9} = 16016,0 \frac{100}{94,1} = 17020,2 \text{ Т/год.}$$

Брак обжига

$$x_3 = R_3 - R_2 = 17020,2 - 16016,0 = 1004,2 \text{ Т/год.}$$

4. Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом ППП_{п/ф} = 5,94 % (расчётная величина, раздел 8.2.1.)

$$R_4 = R_3 \frac{100}{100 - 5,94} = 17020,2 \frac{100}{94,06} = 18095,0 \text{ Т/год.}$$

Потери при прокаливании полуфабриката

$$x_4 = R_4 - R_3 = 18095,0 - 17020,2 = 1074,8 \text{ Т/год.}$$

5. Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом влажности после второй сушки – 1 %

$$R_5 = R_4 \frac{100}{100 - 1} = 18095,0 \frac{100}{99,0} = 18277,8 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, удалённая из полуфабриката при обжиге

$$x_5 = R_5 - R_4 = 18277,8 - 18095,0 = 182,8 \text{ Т/год.}$$

6. Масса полуфабриката, поступающая на вторую сушку, с учётом влажности полуфабриката после глазурирования – 3,76 % (расчётная величина, раздел 8.2.2.)

$$R_6 = R_5 \frac{100 - 1,0}{100 - 3,76} = 18277,8 \frac{99,0}{96,3} = 18801,2 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, удалённая из полуфабриката при второй сушке

$$x_6 = R_6 - R_5 = 18801,2 - 18277,8 = 523,5 \text{ Т/год.}$$

7. Масса полуфабриката после глазурирования с учётом брака глазурирования и боя при садке на обжиговые вагонетки – 0,7 %

$$R_7 = R_6 \frac{100}{100 - 0,7} = 18801,2 \frac{100}{99,3} = 18933,8 \text{ Т/год.}$$

Брак глазурирования и бой при садке на вагонетки (возвратный)

$$x_7 = R_7 - R_6 = 18933,8 - 18801,2 = 132,5 \text{ Т/год.}$$

Расчёт расхода глазурного шликера

8. Масса глазурного шликера, израсходованная на глазурирование полуфабриката - 7,93 % от массы полуфабриката после глазурирования, (расчётная величина, раздел 8.2.3.)

$$R_8 = R_7 \frac{7,93}{100} = 18933,8 \frac{7,93}{100} = 1501,1 \text{ Т/год.}$$

8.1. Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурирования сифонов

$$R_8^{\text{сиф.}} = R_8 \frac{\%_{\text{глаз.сусп.сиф.}}}{100} = 1501,1 \frac{22,1}{100} = 332,5 \text{ Т/год.}$$

8.2. Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автоматом-роботом

$$R_8^{\text{роб.}} = R_8 \frac{\%_{\text{глаз.сусп.роб.}}}{100} = 1501,1 \frac{77,9}{100} = 1168,6 \text{ Т/год.}$$

9.1. Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов, с учётом потерь шликера при глазуровании – 9,5 %

$$R_9^{\text{сиф.}} = R_8^{\text{сиф.}} \cdot \frac{100}{100 - 9,5} = 332,5 \cdot \frac{100}{90,5} = 367,4 \text{ Т/год.}$$

Таким образом, расход глазурного шликера, нанесенного на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов – 367,4 Т/год.

Потери глазурного шликера

$$x_9^{\text{сиф.}} = R_9^{\text{сиф.}} - R_8^{\text{сиф.}} = 367,4 - 332,5 = 34,9 \text{ Т/год.}$$

9.2. Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автоматом-роботом, с учётом потерь шликера при глазуровании – 30,0 %

$$R_9^{\text{роб.}} = R_8^{\text{роб.}} \cdot \frac{100}{100 - 30} = 1168,6 \cdot \frac{100}{70} = 1669,5 \text{ Т/год.}$$

Таким образом, расход глазурного шликера, нанесенного на полуфабрикат автоматом-роботом – 1669,5 Т/год.

Потери глазурного шликера

$$x_9^{\text{роб.}} = R_9^{\text{роб.}} - R_8^{\text{роб.}} = 1669,5 - 1168,6 = 500,8 \text{ Т/год.}$$

10. Масса полуфабриката, поступающая на глазурование

$$R_{10} = R_7 - R_8 = 18933,8 - 1501,1 = 17432,7 \text{ Т/год.}$$

11. Масса полуфабриката после сушки, с учётом брака сушки – 2,0 %

$$R_{11} = R_{10} \cdot \frac{100}{100 - 2,0} = 17432,7 \cdot \frac{100}{98} = 17788,4 \text{ Т/год.}$$

Брак при сушке (возвратный)

$$x_{11} = R_{11} - R_{10} = 17788,4 - 17432,7 = 355,8 \text{ Т/год.}$$

12. Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки – 15% и влажности после сушки – 1 %

$$R_{12} = R_{11} \cdot \frac{100 - 1}{100 - 15} = 17788,4 \cdot \frac{99}{85} = 20718,3 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, удалённая при сушке

$$x_{12} = R_{12} - R_{11} = 20718,3 - 17788,4 = 2929,9 \text{ Т/год.}$$

13. Масса полуфабриката после подвялки, с учётом брака подвялки – 0,7 %

$$R_{13} = R_{12} \frac{100}{100 - 0,7} = 20718,3 \frac{100}{99,3} = 20864,3 \text{ Т/год.}$$

Брак при подвялке (возвратный)

$$x_{13} = R_{13} - R_{12} = 20864,3 - 20718,3 = 146,1 \text{ Т/год.}$$

14. Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки – 15 % и влажности свежесформованного полуфабриката – 18 %

$$R_{14} = R_{13} \frac{100 - 15}{100 - 18} = 20864,3 \frac{85}{82} = 21627,7 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, удалённая при подвялке

$$x_{14} = R_{14} - R_{13} = 21627,7 - 20864,3 = 763,3 \text{ Т/год.}$$

15. Масса сформованного полуфабриката с учётом брака литья 1,9 %

$$R_{15} = R_{14} \frac{100}{100 - 1,9} = 21627,7 \frac{100}{98,1} = 22046,6 \text{ Т/год.}$$

Масса брака литья (возвратные отходы)

$$x_{15} = R_{15} - R_{14} = 22046,6 - 21627,7 = 418,9 \text{ Т/год.}$$

16. Масса литейного шликера с влажностью 28 % , необходимая для литья изделий на литейных машинах

$$R_{16} = R_{15} \frac{100 - 18}{100 - 28} = 22046,6 \frac{82}{72} = 25108,6 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, удалённая при литье

$$x_{16} = R_{16} - R_{15} = 25108,6 - 22046,6 = 3062,0 \text{ Т/год.}$$

17. Масса литейного шликера с учётом потерь при промывке литейных машин – 2,5 %

$$R_{17} = R_{16} \frac{100}{100 - 2,5} = 25108,6 \frac{100}{97,5} = 25752,4 \text{ Т/год.}$$

Потери шликера при промывке литейных машин

$$x_{17} = R_{17} - R_{16} = 25752,4 - 25108,6 = 643,8 \text{ Т/год.}$$

Примечание: теперь можно составить таблицу материального баланса цеха формования, сушки, обжига. Это необходимо, чтобы проверить правильность

предыдущих расчётов, прежде чем приступить к расчётам материального баланса массозаготовительного цеха.

Таблица 8.5

**Материальный баланс цеха формования, сушки, обжига предприятия
по производству санитарно-строительных изделий**

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
1. Готовый шликер на литье	25752,4	92,67	1. Готовые изделия	16000	57,58
2. Глазурная суспензия для устройства для глазурирования сифонов	367,4	1,32	2. Потери при прокаливании	1074,7	3,87
			3. Удаляемая влага:		
3. Глазурная суспензия для автомата-робота	1669,5	6,01	3.1. При обжиге из изделий	182,8	0,66
			3.2. При сушке перед обжигом из п/ф	523,5	1,88
			3.3. При сушке перед глазурированием из п/ф	2929,9	10,54
			3.4. При подвялке из п/ф	763,3	2,75
			3.5. При литье из шликера	3062,0	11,02
			4. Технологические потери:		
			бой на складе готовой продукции	16,0	0,06
			брак при обжиге и сортировке	1004,2	3,61
			потери глазурного шликера (сифон)	34,9	0,13
			потери глазурного шликера (робот)	500,8	1,80
			4.1. Готового шликера:		
			при промывке литьевых машин	643,8	2,32
			5. Возвратный брак в МЗЦ	1053,2	3,79
Сумма	27789,24	100,00	Сумма	27789,24	100,00

Расчёты по массозаготовительному цеху

Приготовление литейного шликера

Расчёты по приготовлению литейного шликера выполняем, руководствуясь технологической схемой.

18. Масса литейного шликера с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{18} = R_{17} \frac{100}{100 - 0,1} = 25752,4 \frac{100}{99,9} = 25778,2 \text{ Т/год.}$$

Потери шликера при транспортировке

$$x_{18} = R_{18} - R_{17} = 25778,2 - 25752,4 = 25,8 \text{ Т/год.}$$

19. Масса литейного шликера с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении – 0,02 %

$$R_{19} = R_{18} \frac{100}{100 - 0,02} = 25778,2 \frac{100}{99,98} = 25783,3 \text{ Т/год.}$$

Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении

$$x_{19} = R_{19} - R_{18} = 25783,3 - 25778,2 = 5,2 \text{ Т/год.}$$

20. Масса литейного шликера с учётом потерь при хранении в бассейне готового шликера – 0,1 %

$$R_{20} = R_{19} \frac{100}{100 - 0,1} = 25783,3 \frac{100}{99,9} = 25809,1 \text{ Т/год.}$$

Потери шликера при хранении в бассейне готового шликера

$$x_{20} = R_{20} - R_{19} = 25809,1 - 25783,3 = 25,8 \text{ Т/год.}$$

21. Масса абсолютно сухих материалов в литейном шликере

$$R_{21} = R_{20} \frac{100 - W_{\text{шл.}}}{100} = 25809,1 \frac{100 - 28}{100} = 18582,6 \text{ Т/год.}$$

Расчет вклада возвратных отходов (литья, подвялки, сушки и глазурирования) в литейный шликер

По технологической схеме суспензию, полученную из этих отходов, добавляют непосредственно в расходный бассейн, куда подают суспензию отошающих материалов, суспензию глины Stephan Schmidt и каолины Просяновский и

Глуховецкий. Кроме того, в расходный бассейн подают также шликер, сливаемый из формы на стадии литья изделий – «шликер рекуперации». Потерями материалов при предварительной подготовке возвратных отходов пренебрегаем.

Эту часть материального баланса рассчитываем с учётом технологической схемы 4.2.4.

22. Масса литейного шликера из брака литья с учетом влажности литейного шликера 28% и влажности брака 18 %

$$R_{22} = x_{15} \frac{100 - 18}{100 - 28} = 418,9 \frac{82}{72} = 477,1 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов литья

$$x_{22} = R_{22} - x_{15} = 477,1 - 418,9 = 58,2 \text{ Т/год.}$$

23. Масса литейного шликера из брака при подвялке с учетом влажности литейного шликера 28 % и влажности брака 15 %

$$R_{23} = x_{13} \frac{100 - 15}{100 - 28} = 146,1 \frac{85}{72} = 172,4 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при подвялке

$$x_{23} = R_{23} - x_{13} = 172,4 - 146,1 = 26,4 \text{ Т/год.}$$

24. Масса литейного шликера из брака при сушке с учетом влажности литейного шликера 28 % и влажности брака 1 %

$$R_{24} = x_{11} \frac{100 - 1}{100 - 28} = 355,8 \frac{99}{72} = 489,2 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при сушке

$$x_{24} = R_{24} - x_{11} = 489,2 - 355,8 = 133,4 \text{ Т/год.}$$

25. Масса литейного шликера из брака глазурирования и боя при садке на обжиговые вагонетки с учетом влажности литейного шликера 28% и влажности брака 3,76 %.

$$R_{25} = x_7 \frac{100 - 3,76}{100 - 28} = 132,5 \frac{96,24}{72} = 177,2 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при глазурировании

$$x_{25} = R_{25} - x_7 = 177,2 - 132,5 = 44,6 \text{ Т/год.}$$

26. Масса шликера из отходов

$$R_{26} = R_{22} + R_{23} + R_{24} + R_{25} = 477,1 + 172,4 + 489,2 + 177,2 = 1315,8 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов

$$x_{26} = x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 58,2 + 26,4 + 133,4 + 44,6 = 262,6 \text{ Т/год.}$$

Последующие расчёты выполняем, руководствуясь технологической схемой

27. Масса литейного шликера с учетом возвратных отходов

$$R_{27} = R_{20} - R_{26} = 25809,1 - 1315,8 = 24493,3 \text{ Т/год.}$$

28. Масса смеси суспензии отощающих материалов, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого имеет влажность 26,2 %.

$$\begin{aligned} R_{28} &= R_{27} \frac{100 - W_{\text{шл.}}}{100 - W_{\text{сусп.}}} = 24493,3 \frac{100 - 28}{100 - 26,2} = 24493,3 \frac{72}{73,8} = \\ &= 23893,4 \text{ Т/год.} \end{aligned}$$

Масса воды, которую надо добавить к смеси суспензии отощающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого для получения литейного шликера

$$x_{28} = R_{27} - R_{28} = 24493,3 - 23893,4 = 599,9 \text{ Т/год.}$$

29. Масса абсолютно сухих компонентов в литейном шликере

$$R_{29} = R_{27} \frac{100 - W_{\text{шл.}}}{100} = 24493,3 \frac{100 - 28}{100} = 24493,3 \frac{72}{100} = 17635,2 \text{ Т/год.}$$

30. Масса воды в литейном шликере

$$x_{30} = R_{27} - R_{29} = 24493,3 - 17635,2 = 6858,1 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по каолину Просяновскому

31. Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте 13 мас. % (табл. 8.3)

$$R_{31} = R_{30} \frac{13}{100} = 17635,2 \frac{13}{100} = 2292,6 \text{ Т/год.}$$

32. Масса каолина с влажностью 16,5 %

$$R_{32} = R_{31} \frac{100}{100 - 16,5} = 2292,6 \frac{100}{83,5} = 2745,6 \text{ Т/год.}$$

33. Масса каолина с учётом потерь при дозировке – 0,1 %

$$R_{33} = R_{32} \frac{100}{100 - 0,1} = 2745,6 \frac{100}{99,9} = 2748,3 \text{ Т/год.}$$

Потери при дозировке

$$x_{33} = R_{33} - R_{32} = 2748,3 - 2745,6 = 2,7 \text{ Т/год.}$$

34. Масса каолина с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{34} = R_{33} \frac{100}{100 - 0,1} = 2748,3 \frac{100}{99,9} = 2751,1 \text{ Т/год.}$$

Потери при транспортировке

$$x_{34} = R_{34} - R_{33} = 2751,1 - 2748,3 = 2,8 \text{ Т/год.}$$

35. Масса каолина с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{35} = R_{34} \frac{100}{100 - 0,1} = 2751,1 \frac{100}{99,9} = 2753,8 \text{ Т/год.}$$

Потери на складе сырья

$$x_{35} = R_{35} - R_{34} = 2753,8 - 2751,1 = 2,8 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по каолину Глуховецкому

36. Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте 13 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{36} = R_{30} \frac{13}{100} = 17635,2 \frac{13}{100} = 2292,6 \text{ Т/год.}$$

37. Масса каолина с влажностью 13,6 %

$$R_{37} = R_{36} \frac{100}{100 - 13,6} = 2292,6 \frac{100}{86,4} = 2653,4 \text{ Т/год.}$$

38. Масса каолина с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{38} = R_{37} \frac{100}{100 - 0,1} = 2653,4 \frac{100}{99,9} = 2656,1 \text{ Т/год.}$$

Потери при дозировке

$$x_{38} = R_{38} - R_{37} = 2656,1 - 2653,4 = 2,7 \text{ Т/год.}$$

39. Масса каолина с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{39} = R_{38} \frac{100}{100 - 0,1} = 2656,1 \frac{100}{99,9} = 2658,8 \text{ Т/год.}$$

Потери при транспортировке

$$x_{39} = R_{39} - R_{38} = 2658,8 - 2656,1 = 2,7 \text{ Т/год.}$$

40. Масса каолина с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{40} = R_{39} \frac{100}{100 - 0,1} = 2658,8 \frac{100}{99,9} = 2661,4 \text{ Т/год.}$$

Потери на складе сырья

$$x_{40} = R_{40} - R_{39} = 2661,4 - 2658,8 = 2,7 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по глине Stephan Schmidt («глинистой» суспензии)

Расчёты выполняем, руководствуясь технологической схемой.

41. Масса абсолютно сухой глины в литейном шликере с учётом её содержания в шихте 14 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{41} = R_{30} \frac{14}{100} = 17635,2 \frac{14}{100} = 2468,9 \text{ Т/год.}$$

42. Масса глины с влажностью 17,5 %

$$R_{42} = R_{41} \frac{100}{100 - 17,5} = 2468,9 \frac{100}{82,5} = 2992,6 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в глине

$$x_{42} = R_{42} - R_{41} = 2992,6 - 2468,9 = 523,7 \text{ Т/год.}$$

43. Масса глины с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{43} = R_{42} \frac{100}{100 - 0,1} = 2992,6 \frac{100}{99,9} = 2995,6 \text{ Т/год.}$$

Потери при дозировке

$$x_{43} = R_{43} - R_{42} = 2995,6 - 2992,6 = 3,0 \text{ Т/год.}$$

44. Масса глины с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{44} = R_{43} \frac{100}{100 - 0,1} = 2995,6 \frac{100}{99,9} = 2998,6 \text{ Т/год.}$$

Потери при транспортировке

$$x_{44} = R_{44} - R_{43} = 2998,6 - 2995,6 = 3,0 \text{ Т/год.}$$

45. Масса глины с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{45} = R_{44} \frac{100}{100 - 0,1} = 2998,6 \frac{100}{99,9} = 3001,6 \text{ Т/год.}$$

Потери на складе сырья

$$x_{45} = R_{45} - R_{44} = 3001,6 - 2998,6 = 3,0 \text{ Т/год.}$$

46. Масса суспензии глины Stephan Schmidt с влажностью 35 %

$$R_{46} = R_{42} \frac{100 - 17,5}{100 - 35} = 2992,6 \frac{82,5}{65} = 3798,3 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, которую необходимо добавить к глине с влажностью 17,5 % для получения глинистой суспензии с влажностью 35 %

$$x_{46} = R_{46} - R_{42} = 3798,3 - 2992,6 = 805,7 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по суспензии отощающих материалов, получаемой помолом в шаровой мельнице

Расчёты выполняем, руководствуясь технологической схемой

47. Масса суспензии отощающих

$$R_{47} = R_{28} - R_{32} - R_{37} - R_{46} = \\ 23893,4 - 2745,6 - 2653,4 - 3798,3 = 14696,0 \text{ Т/год.}$$

48. Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке 0,1 %

$$R_{48} = R_{47} \frac{100}{100 - 0,1} = 14696,0 \frac{100}{99,9} = 14710,7 \text{ Т/год.}$$

Потери суспензии при транспортировке

$$x_{48} = R_{48} - R_{47} = 14710,7 - 14696,0 = 14,7 \text{ Т/год.}$$

49. Масса суспензии с учётом потерь при помоле 0,1 %

$$R_{49} = R_{48} \frac{100}{100 - 0,1} = 14710,7 \frac{100}{99,9} = 14725,4 \text{ Т/год.}$$

Потери суспензии при помоле

$$x_{49} = R_{49} - R_{48} = 14725,4 - 14710,7 = 14,7 \text{ Т/год.}$$

50. Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне 0,1 %

$$R_{50} = R_{49} \frac{100}{100 - 0,1} = 14725,4 \frac{100}{99,9} = 14740,2 \text{ Т/год.}$$

Потери суспензии при хранении в бассейне

$$x_{50} = R_{50} - R_{49} = 14740,2 - 14725,4 = 14,7 \text{ Т/год.}$$

51. Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии 28 %

$$R_{51} = R_{50} \frac{100 - 28}{100} = 14740,2 \frac{72}{100} = 10612,9 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в суспензии

$$x_{51} = R_{50} - R_{51} = 14740,2 - 10612,9 = 4127,2 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по глине Веско-гранитик

52. Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом её содержания в шихте 10 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{52} = R_{51} \frac{10}{100} \cdot \frac{100}{100 - (C_{\text{каоол.прос.}} + C_{\text{каоол.глух.}} + C_{\text{гл.st.schm.}})} =$$

$$R_{51} \frac{10}{100} \cdot \frac{100}{100 - (13 + 13 + 14)} = 10612,9 \frac{10}{100} \cdot \frac{100}{60} = 1768,8 \text{ Т/год.}$$

53. Масса глины с влажностью 18,6 %

$$R_{53} = R_{52} \frac{100}{100 - 18,6} = 1768,8 \frac{100}{81,4} = 2173,0 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в глине

$$x_{53} = R_{53} - R_{52} = 2173,0 - 1768,8 = 404,2 \text{ Т/год.}$$

54. Масса глины с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{54} = R_{53} \frac{100}{100 - 0,1} = 2173,0 \frac{100}{99,9} = 2175,2 \text{ Т/год.}$$

Потери при дозировке

$$x_{54} = R_{54} - R_{53} = 2175,2 - 2173,0 = 2,2 \text{ Т/год.}$$

55. Масса глины с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{55} = R_{54} \frac{100}{100 - 0,1} = 2175,2 \frac{100}{99,9} = 2177,3 \text{ Т/год.}$$

Потери при транспортировке

$$x_{55} = R_{55} - R_{54} = 2177,3 - 2175,2 = 2,2 \text{ Т/год.}$$

56. Масса глины с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{56} = R_{55} \frac{100}{100 - 0,1} = 2177,3 \frac{100}{99,9} = 2179,5 \text{ Т/год.}$$

Потери на складе сырья

$$x_{56} = R_{56} - R_{55} = 2179,5 - 2177,3 = 2,2 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по кварцевому песку Люберецкому

57. Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом его содержания в шихте 20,0 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{57} = R_{51} \frac{20,0}{100} \cdot \frac{100}{100 - (13 + 13 + 14)} = 10612,9 \frac{20,0}{100} \cdot \frac{100}{60} = 3537,6 \text{ Т/год.}$$

58. Масса кварцевого песка с влажностью 1 %

$$R_{58} = R_{57} \frac{100}{100 - 1} = 3537,6 \frac{100}{99} = 3573,4 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в кварцевом песке

$$x_{58} = R_{58} - R_{57} = 3573,4 - 3537,6 = 35,7 \text{ Т/год.}$$

59. Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{59} = R_{58} \frac{100}{100 - 0,1} = 3573,4 \frac{100}{99,9} = 3576,9 \text{ Т/год.}$$

Потери кварцевого песка при дозировке

$$x_{59} = R_{59} - R_{58} = 3576,9 - 3573,4 = 3,6 \text{ Т/год.}$$

60. Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{60} = R_{59} \frac{100}{100 - 0,1} = 3576,9 \frac{100}{99,9} = 3580,5 \text{ Т/год.}$$

Потери кварцевого песка при транспортировке

$$x_{60} = R_{60} - R_{59} = 3580,5 - 3576,9 = 3,6 \text{ Т/год.}$$

61. Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{61} = R_{60} \frac{100}{100 - 0,1} = 3580,5 \frac{100}{99,9} = 3584,1 \text{ Т/год.}$$

Потери кварцевого песка на складе сырья

$$x_{61} = R_{61} - R_{60} = 3584,1 - 3580,5 = 3,6 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по полевому шпату Вишневогорскому

62. Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте 16,0 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{62} = R_{51} \frac{16,0}{100} \cdot \frac{100}{100 - (13 + 13 + 14)} = 10612,9 \frac{16,0}{100} \cdot \frac{100}{60} = 2830,1 \text{ Т/год.}$$

63. Масса полевого шпата с влажностью 0,25 %

$$R_{63} = R_{62} \frac{100}{100 - 0,25} = 2830,1 \frac{100}{99,75} = 2837,2 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в полевом шпате

$$x_{63} = R_{63} - R_{62} = 2837,2 - 2830,1 = 7,1 \text{ Т/год.}$$

64. Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{64} = R_{63} \frac{100}{100 - 0,1} = 2837,2 \frac{100}{99,9} = 2840,0 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата при дозировке

$$x_{64} = R_{64} - R_{63} = 2840,0 - 2837,2 = 2,8 \text{ Т/год.}$$

65. Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{65} = R_{64} \frac{100}{100 - 0,1} = 2840,0 \frac{100}{99,9} = 2842,9 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата при транспортировке

$$x_{65} = R_{65} - R_{64} = 2842,9 - 2840,0 = 2,8 \text{ Т/год.}$$

66. Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{66} = R_{65} \frac{100}{100 - 0,1} = 2842,9 \frac{100}{99,9} = 2845,7 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата на складе сырья

$$x_{66} = R_{66} - R_{65} = 2845,7 - 2842,9 = 2,8 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по полевому шпату Малышевскому

67. Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте 10,0 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{67} = R_{51} \frac{10,0}{100} \cdot \frac{100}{100 - (13 + 13 + 14)} = 10612,9 \frac{10,0}{100} \cdot \frac{100}{60} = 1768,8 \text{ Т/год.}$$

68. Масса полевого шпата с влажностью 0,20 %

$$R_{68} = R_{67} \frac{100}{100 - 0,20} = 1768,8 \frac{100}{99,8} = 1772,4 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в полевом шпате

$$x_{68} = R_{68} - R_{67} = 1772,4 - 1768,8 = 3,5 \text{ Т/год.}$$

69. Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{69} = R_{68} \frac{100}{100 - 0,1} = 1772,4 \frac{100}{99,9} = 1774,1 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата при дозировке

$$x_{69} = R_{69} - R_{68} = 1774,1 - 1772,4 = 1,8 \text{ Т/год.}$$

70. Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{70} = R_{69} \frac{100}{100 - 0,1} = 1774,1 \frac{100}{99,9} = 1775,9 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата при транспортировке

$$x_{70} = R_{70} - R_{69} = 1775,9 - 1774,1 = 1,8 \text{ Т/год.}$$

71. Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{71} = R_{70} \frac{100}{100 - 0,1} = 1775,9 \frac{100}{99,9} = 1777,7 \text{ Т/год.}$$

Потери полевого шпата на складе сырья

$$x_{71} = R_{71} - R_{70} = 1777,7 - 1775,9 = 1,8 \text{ Т/год.}$$

Расчёт по бою фарфоровому

72. Масса абсолютно сухого боя изделий в суспензии с учётом его содержания в шихте 4,0 мас.% (табл. 8.3)

$$R_{72} = R_{51} \frac{4,0}{100} \cdot \frac{100}{100 - (13 + 13 + 14)} = 10612,9 \frac{4,0}{100} \cdot \frac{100}{60} = 707,5 \text{ Т/год.}$$

73. Масса боя и брака изделий с влажностью 0,2 %

$$R_{73} = R_{72} \frac{100}{100 - 0,2} = 707,5 \frac{100}{99,8} = 708,9 \text{ Т/год.}$$

Масса воды, содержащаяся в бое и браке изделий

$$x_{73} = R_{73} - R_{72} = 708,9 - 707,5 = 1,4 \text{ Т/год.}$$

74. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при дозировке 0,1 %

$$R_{74} = R_{73} \frac{100}{100 - 0,1} = 708,9 \frac{100}{99,9} = 709,7 \text{ Т/год.}$$

Потери боя и брака изделий при дозировке

$$x_{74} = R_{74} - R_{73} = 709,7 - 708,9 = 0,7 \text{ Т/год.}$$

75. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при транспортировке – 0,1 %

$$R_{75} = R_{74} \frac{100}{100 - 0,1} = 709,7 \frac{100}{99,9} = 710,4 \text{ Т/год.}$$

Потери боя и брака изделий при транспортировке

$$x_{75} = R_{75} - R_{74} = 710,4 - 709,7 = 0,7 \text{ Т/год.}$$

76. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя и брака изделий 0,8 %

$$R_{76} = R_{75} \frac{100}{100 - 0,8} = 710,4 \frac{100}{99,2} = 716,1 \text{ Т/год.}$$

Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке

$$x_{76} = R_{76} - R_{75} = 716,1 - 710,4 = 5,7 \text{ Т/год}$$

77. Масса боя и брака изделий с учётом потерь на складе сырья – 0,1 %

$$R_{77} = R_{76} \frac{100}{100 - 0,1} = 716,1 \frac{100}{99,9} = 716,8 \text{ Т/год.}$$

Потери боя и брака изделий на складе сырья

$$x_{77} = R_{77} - R_{76} = 716,8 - 716,1 = 0,7 \text{ Т/год.}$$

78. Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, 4,08 %

$$R_{78} = R_{51} \frac{100}{100 - 4,08} = 10612,9 \frac{100}{95,92} = 11064,9 \text{ Т/год.}$$

79. Масса воды, которую необходимо добавить на помол в шаровую мельницу

$$x_{79} = R_{50} - R_{78} = 14740,2 - 11064,9 = 3675,3 \text{ Т/год.}$$

Таблица 8.6

Материальный баланс массозаготовительного цеха предприятия по производству санитарно-строительных изделий

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
1	2	3	4	5	6
1. Каолин Глуховецкий	2661,4	10,27	1. Готовый шликер на литье	25752,4	99,36
2. Каолин Просяновский	2753,8	10,63	2. Технологические потери:		
3. Глина Веско-Гранитик	2179,5	8,41	2.1. Готового шликера:		
4. Глина Stephan Schmidt	3001,6	11,58	при транспортировке	25,8	0,10
5. Полевой шпат Вишневогорский	2845,7	10,98	при обогащении	5,2	0,02
6. Полевой шпат Малышевский	1777,7	6,86	при хранении	25,8	0,10
7. Кварцевый песок Люберецкий	3584,1	13,83	2.2. Каолина Просяновского:		
8. Бой изделий	716,8	2,77	при дозировке	2,7	0,01
9. Возвратный брак	1053,2	4,06	при транспортировке	2,8	0,01
10. Вода на роспуск брака	262,6	1,01	на складе сырья	2,8	0,01
11. Вода на роспуск импортной глины	805,7	3,11	2.3. Каолина Глуховецкого:		
12. Вода на мокрый помол	3675,3	14,18	при дозировке	2,7	0,01

1	2	3	4	5	6
13. Вода на смешенные суспензии отощающих материалов, суспензии глины st.schm., каолинов Просьяновского и Глуховецкого	599,9	2,31	при транспортировке	2,7	0,01
			на складе сырья	2,7	0,01
			2.4. Глины Stephan Schmidt:		
			при дозировке	3,0	0,01
			при транспортировке	3,0	0,01
			на складе сырья	3,0	0,01
			2.5. Суспензии отощающих:		
			при транспортировке	14,7	0,06
			при помоле	14,7	0,06
			при хранении	14,7	0,06
			2.6. Глины Веско-Гранитик		
			при дозировке	2,2	0,01
			при транспортировке	2,2	0,01
			на складе сырья	2,2	0,01
			2.7. Кварцевого песка Ташлинского:		
			при дозировке	3,6	0,01
			при транспортировке	3,6	0,01
			на складе сырья	3,6	0,01
			2.8. Полевого шпата Вишневогорского:		
			при дозировке	2,8	0,01
			при транспортировке	2,8	0,01
			на складе сырья	2,8	0,01
			2.9. Полевого шпата Малышевского:		
			при дозировке	1,8	0,01
			при транспортировке	1,8	0,01
			на складе сырья	1,8	0,01
			2.10. Боя фарфорового:		
			при дозировке	0,7	0,003
			при транспортировке	0,7	0,003
			при подготовке	5,7	0,02
на складе сырья	0,7	0,003			
Невязка			0,00	0,00	
Сумма	25917,52	100,00	Сумма	25917,52	100,00

Таблица 8.7

Сводный материальный баланс предприятия по производству санитарно-строительных изделий

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
1	2	3	4	5	6
1. Каолин Глуховецкий	2661,4	9,89	1. Готовые изделия	16000	59,48
2. Каолин Просяновский	2753,8	10,24	2. Потери при прокаливании	1074,7	4,00
3. Глина Веско-Гранитик	2179,5	8,10	3. Удаляемая влага:		
4. Глина Stephan Schmidt	3001,6	11,16	3.1. При обжиге из изделий	182,8	0,68
5. Полевой шпат Вишневогорский	2845,7	10,58	3.2. При сушке перед обжигом из п/ф	523,5	1,95
6. Полевой шпат Малышевский	1777,7	6,61			
7. Кварцевый песок Люберецкий	3584,1	13,32	3.3. При сушке перед глазурованием из п/ф	2929,9	10,89
8. Бой изделий	716,8	2,66			
9. Вода на роспуск брака	262,6	0,98	3.4. При подвялке из п/ф	763,3	2,84
10. Вода на роспуск импортной глины	805,7	3,00	3.5. При литье из шликера	3062,0	11,38
11. Вода на мокрый помол	3675,3	13,66	4. Технологические потери:		
12. Вода на смешение суспензии отощающих, суспензии глины st.schm., каолинов Просяновского и Глуховецкого	599,9	2,23	бой на складе готовой продукции	16,0	0,06
			брак при обжиге и сортировке	1004,2	3,73
			потери глазурного шликера (сифон)	34,9	0,13
			потери глазурного шликера (робот)	500,8	1,86
13. Глазурная суспензия для устройства для глазурования сифонов	367,4	1,37	4.1. Готового шликера:		
			при промывке литьевых машин	643,8	2,39
14. Глазурная суспензия для автомата-робота	1669,5	6,21	при транспортировке	25,8	0,10
			при обогащении	5,2	0,02
			при хранении	25,8	0,10
			4.2. Каолина Просяновского:		
			при дозировке	2,7	0,01
			при транспортировке	2,8	0,01

Окончание табл. 8.7

1	2	3	4	5	6
			на складе сырья	2,8	0,01
			4.3. Каолина Глуховецкого:		
			при дозировке	2,7	0,01
			при транспортировке	2,7	0,01
			на складе сырья	2,7	0,01
			4.4. Глины Stephan Schmidt:		
			при дозировке	3,0	0,01
			при транспортировке	3,0	0,01
			на складе сырья	3,0	0,01
			4.5. Суспензии отощающих:		
			при транспортировке	14,7	0,05
			при помоле	14,7	0,05
			при хранении	14,7	0,05
			4.6. Глины Веско-Гранитик		
			при дозировке	2,2	0,01
			при транспортировке	2,2	0,01
			на складе сырья	2,2	0,01
			4.7. Кварцевого песка Люберецкого:		
			при дозировке	3,6	0,01
			при транспортировке	3,6	0,01
			на складе сырья	3,6	0,01
			4.8. Полевого шпата Вишневогорского:		
			при дозировке	2,8	0,01
			при транспортировке	2,8	0,01
			на складе сырья	2,8	0,01
			4.9. Полевого шпата Мальшевского:		
			при дозировке	1,8	0,01
			при транспортировке	1,8	0,01
			на складе сырья	1,8	0,01
			4.10. Боя фарфорового:		
			при дозировке	0,7	0,003
			при транспортировке	0,7	0,003
			при подготовке	5,7	0,02
			на складе сырья	0,7	0,003
			Невязка	0,00	0,00
Сумма	26901,14	100,00	Сумма	26901,14	100,00

ГЛАВА 9. EXCEL - ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА

Для ускорения расчёта данного материального баланса разработана Excel-программа. Данная программа под названием «Санитарно-строительные изделия» установлена на компьютере каф. ТК и Н.

Excel-таблицы расчета материального баланса производства санитарных керамических изделий

Таблица 9.1

Исходные данные	
1	2
Плановая производительность по изделиям, тыс. шт./год	1000
Шихтовой состав массы, мас. %:	
Каолин Глуховецкий	13
Каолин Просьяновский	13
Глина Веско-Гранитик	10
Глина Stephan Schmidt	14
Полевой шпат Вишневогорский	16
Полевой шпат Малышевский	10
Кварцевый песок Люберецкий	20
Бой изделий	4
ППП массы	5,78
Влажности сырьевых компонентов, %:	
Каолин Глуховецкий	13,6
Каолин Просьяновский	16,5
Глина Веско-Гранитик	18,6
Глина Stephan Schmidt	17,5
Полевой шпат Вишневогорский	0,25
Полевой шпат Малышевский	0,2
Кварцевый песок Люберецкий	1
Бой изделий	0,2
Влажности промежуточных суспензий и полуфабрикатов, %:	
Суспензии отощажущих	28
Литейного шликера	28
Глинистой суспензии	35
Свежеразнятого полуфабриката	18
Полуфабриката после подвялки	15
Полуфабриката после сушки перед глазурированием	1
Полуфабриката после сушки перед обжигом	1
Характеристики готового изделия:	
масса изделия, кг	16
масса глазури на одном изделии, кг	0,9

1	2
Параметры глазури:	
Потери глазурного шликера при глазуровании сифона (безвозвратные), %	9,5
Потери глазурного шликера при глазуровании роботом (безвозвратные), %	30
Влажность глазурной суспензии для устройства для глазурования сифонов, %	42
Влажность глазурной суспензии для автомата-робота, %	34
Содержание глазури, которая идет на глазурование сифонов, %	20
Содержание глазури, которая идет на глазурование автоматом-роботом, %	80
ППП глазури, %	8,79
Нормы технологических потерь и брака, %:	
бой на складе готовой продукции	0,1
при политем обжиге и сортировке изделий	5,9
при глазуровании и ставке полуфабриката	0,7
при сушке изделий	2
при подвялке изделий	0,7
при литье изделий	1,9
при промывке литьевых машин	2,5
при транспортировке	0,1
при ситовом и магнитном обогащении шликера	0,02
при хранении шликера в каждом из бассейнов	0,1
при помоле материалов в шаровой мельнице	0,1
при роспуске глинистой суспензии	0,05
при дозировке сырьевых материалов	0,1
на складе сырья	0,1
при предварительной подготовке (помоле и дроблении) боя и брака изделий	0,8

Таблица 9.2

Вспомогательные расчеты

<i>Расчет суммарного значения потерь при прокаливании полуфабриката с учетом потерь при прокаливании черепа и глазури</i>	
1	2
Масса слоя глазури после обжига с учётом потерь при прокаливании глазури, кг	0,82
Масса изделия без глазури после обжига, кг	15,18
Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы, кг	16,11
Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью), кг	17,01
Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %	5,94

1	2
Масса полуфабриката после сушки перед обжигом, кг	16,27
Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате, испаряющаяся при обжиге, кг	0,16
<i>Расчет суммарной влажности полуфабриката после глазурирования</i>	
Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурирование сифона, кг	0,31
Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурирование автоматом-роботом, кг	1,09
Суммарная масса глазурной суспензии, кг	1,40
Процентное содержание глазурной суспензии для глазурирования сифона на изделия с $W = 42 \%$	22,15
Процентное содержание глазурной суспензии для глазурирования автоматом-роботом на изделия с $W = 34 \%$	77,85
Масса воды, аккумулированная полуфабрикатом, при глазурировании, кг	0,50
Масса полуфабриката после сушки перед глазурированием, кг	16,27
Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате, после сушки перед глазурированием, кг	0,16
Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате после операции глазурирования, кг	0,66
Масса полуфабриката после глазурирования, кг	17,67
Влажность полуфабриката после глазурирования, %	3,76
Процентное содержание глазурного слоя на полуфабрикате после операции глазурирования, %	7,93
<i>Расчёт влажности шликера, получаемого при помоле сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензий глинистых материалов после роспуска и суспензии отощающих</i>	
Масса глинистой суспензии, мас. ч.	21,5
Масса отощающей суспензии, мас. ч.	83,3
Масса каолина Просяновского, мас. ч.	15,6
Масса каолина Глуховецкого, мас. ч.	15,0
Масса суспензии, получаемой при смешении всех компонентов, мас. ч.	135,5
Влажность суспензии, %	26,2
<i>Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу</i>	
Содержание в шаровой мельнице глины Веско-Гранитик, мас.%	16,67
Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка Люберецкого, мас.%	33,33
Содержание в шаровой мельнице полевого шпата Вишневогорского, мас.%	26,67
Содержание в шаровой мельнице полевого шпата Малышевского, мас.%	16,67
Содержание в шаровой мельнице боя фарфорового, мас.%	6,67

1	2
Масса глины Веско-Гранитик, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.	20,48
Масса кварцевого песка Люберецкого, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.	33,67
Масса полевого шпата Вишневогорского, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.	26,73
Масса полевого шпата Малышевского, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.	16,70
Масса боя фарфорового, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.	6,68
Масса воды, внесённая на помол с глиной Веско-Гранитик, мас. ч.	3,81
Масса воды, внесённая на помол с кварцевым песком люберецким, мас. ч.	0,34
Масса воды, внесённая на помол с полевым шпатом Вишневогорским, мас. ч.	0,07
Масса воды, внесённая на помол с полевым шпатом Малышевским, мас. ч.	0,03
Масса воды, внесённая на помол с боем фарфоровым, мас. ч.	0,01
Суммарная масса смеси, поступающая в шаровую мельницу с учетом влажности, мас. ч.	104,26
Суммарная масса воды, внесенная на помол сырьевыми компонентами, мас. ч.	4,26
Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу, %	4,08

Таблица 9.3

Расчет материального баланса

1	2
Производительность предприятия по массе готовых изделий, т/год	16000
Масса изделий, поступающая на склад готовой продукции, с учётом боя на складе, т/год	16016,0
Масса боя на складе готовой продукции, т/год	16,0
Масса изделий, поступающая на сортировку, с учётом брака обжига, т/год	17020,2
Брак обжига, т/год	1004,2
Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом его суммарных ППП, т/год	18094,9
Потери при прокаливании полуфабриката, т/год	1074,7
Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год	18277,7
Масса воды, удалённая из полуфабриката при обжиге, т/год	182,8
Масса полуфабриката, поступающая на сушку перед обжигом, с учётом влажности полуфабриката, т/год	18801,2
Масса воды, удалённая из полуфабриката при второй сушке, т/год	523,5

1	2
Масса полуфабриката после глазурования с учётом брака глазурования и боя при садке на обжиговые вагонетки, т/год	18933,8
Брак глазурования и бой при садке на вагонетки (возвратный), т/год	132,5
Масса глазурного шликера, израсходованная на глазурование полуфабриката, т/год	1501,1
Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов, т/год	332,5
Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автоматом-роботом, т/год	1168,6
Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов, с учётом потерь шликера при глазуровании, т/год	367,4
Потери глазурного шликера при глазуровании сифона, т/год	34,9
Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автоматом-роботом, с учётом потерь шликера при глазуровании, т/год	1669,5
Потери глазурного шликера при глазуровании автоматом-роботом, т/год	500,8
Масса полуфабриката без глазурной суспензии, т/год	17432,7
Масса полуфабриката после сушки, с учётом брака сушки, т/год	17788,4
Брак при сушке (возвратный), т/год	355,8
Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год	20718,3
Масса воды, удалённая при сушке, т/год	2929,9
Масса полуфабриката после подвялки, с учётом брака подвялки, т/год	20864,3
Брак при подвялке (возвратный), т/год	146,1
Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности свежеформованного полуфабриката, т/год	21627,7
Масса воды, удалённая при подвялке, т/год	763,3
Масса сформованного полуфабриката с учётом брака литья, т/год	22046,6
Масса брака литья (возвратные отходы), т/год	418,9
Масса литейного шликера, необходимого для литья изделий на литейных машинах, т/год	25108,6
Масса воды, удалённая при литье, т/год	3062,0
Масса литейного шликера с учётом потерь при промывке литейных машин, т/год	25752,4
Потери шликера при промывке литейных машин, т/год	643,8
Масса литейного шликера с учётом потерь при транспортировке, т/год	25778,2
Потери шликера при транспортировке, т/год	25,8
Масса литейного шликера с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год	25783,3
Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении, т/год	5,2

1	2
Масса литейного шликера с учётом потерь при хранении в бассейне готового шликера, т/год	25809,1
Потери шликера при хранении в бассейне готового шликера, т/год	25,8
Масса абсолютно сухих материалов в литейном шликере, т/год	18582,6
<i>Расчет вклада возвратных отходов (литья, подвялки, сушки и глазурирования) в литейный шликер</i>	
Масса литейного шликера из брака литья с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год	477,1
Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов литья, т/год	58,2
Масса литейного шликера из брака при подвялке с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год	172,4
Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при подвялке, т/год	26,4
Масса литейного шликера из брака при сушке с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год	489,2
Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при сушке, т/год	133,4
Масса литейного шликера из брака глазурирования и боя при садке на вагонетки с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год	177,2
Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при глазурировании, т/год	44,6
Масса шликера из отходов, т/год	1315,8
Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов, т/год	262,6
Масса литейного шликера с учетом возвратных отходов, т/год	24493,3
Масса смеси суспензии отошающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого с определенной влажностью, т/год	23893,4
Масса воды, которую надо добавить к смеси суспензии отошающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого для получения литейного шликера, т/год	599,9
Масса воды, которую необходимо добавить в смесительный бассейн для получения литейного шликера из смеси суспензии отошающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого с возвратными отходами, т/год	862,5
Масса абсолютно сухих компонентов в литейном шликере (без возвратных отходов), т/год	17635,2
<i>Расчет по каолину Просяновскому</i>	
Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте, т/год	2292,6
Масса каолина с учетом влажности, т/год	2745,6

1	2
Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год	2748,3
Потери при дозировке, т/год	2,7
Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год	2751,1
Потери при транспортировке, т/год	2,8
Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год	2753,8
Потери на складе сырья, т/год	2,8
<i>Расчет по каолину Глуховецкому</i>	
Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте, т/год	2292,6
Масса каолина с учетом влажности, т/год	2653,4
Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год	2656,1
Потери при дозировке, т/год	2,7
Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год	2658,8
Потери при транспортировке, т/год	2,7
Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год	2661,4
Потери на складе сырья, т/год	2,7
<i>Расчёт по глине Stephan Schmidt (глинистой суспензии)</i>	
Масса абсолютно сухой глины в шликере с учётом её содержания в шихте, т/год	2468,9
Масса глины с учетом влажности, т/год	2992,6
Масса воды, содержащаяся в глине, т/год	523,7
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	2995,6
Потери при дозировке, т/год	3,0
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	2998,6
Потери при транспортировке, т/год	3,0
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	3001,6
Потери на складе сырья, т/год	3,0
Масса глинистой суспензии с определенной влажностью, т/год	3798,3
Масса воды, которую необходимо добавить к глине для получения глинистой суспензии с определенной влажностью, т/год	805,7
<i>Расчёт по отощающей суспензии, приготовляемой тонким помолом</i>	
Масса суспензии отощающих, т/год	14696,0
Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год	14710,7
Потери суспензии при транспортировке, т/год	14,7
Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год	14725,4
Потери суспензии при помоле, т/год	14,7
Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год	14740,2
Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год	14,7
Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год	10612,9

1	2
Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год	4127,2
<i>Расчёт по глине Веско-гранитик</i>	
Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом её содержания в шихте, т/год	1768,8
Масса глины с определенной влажностью, т/год	2173,0
Масса воды, содержащаяся в глине, т/год	404,2
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	2175,2
Потери при дозировке, т/год	2,2
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	2177,3
Потери при транспортировке, т/год	2,2
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	2179,5
Потери на складе сырья, т/год	2,2
<i>Расчёт по кварцевому песку Люберецкому</i>	
Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	3537,6
Масса кварцевого песка с определенной влажностью, т/год	3573,4
Масса воды, содержащаяся в кварцевом песке, т/год	35,7
Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год	3576,9
Потери кварцевого песка при дозировке, т/год	3,6
Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год	3580,5
Потери кварцевого песка при транспортировке, т/год	3,6
Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год	3584,1
Потери кварцевого песка на складе сырья, т/год	3,6
<i>Расчёт по полевому шпату Вишневогорскому</i>	
Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	2830,1
Масса полевого шпата с определенной влажностью, т/год	2837,2
Масса воды, содержащаяся в полевом шпате, т/год	7,1
Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке, т/год	2840,0
Потери полевого шпата при дозировке, т/год	2,8
Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке, т/год	2842,9
Потери полевого шпата при транспортировке, т/год	2,8
Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья, т/год	2845,7
Потери полевого шпата на складе сырья, т/год	2,8
<i>Расчёт по полевому шпату Малышевскому</i>	
Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	1768,8
Масса полевого шпата с определенной влажностью, т/год	1772,4
Масса воды, содержащаяся в полевом шпате, т/год	3,5
Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке, т/год	1774,1

1	2
Потери полевого шпата при дозировке, т/год	1,8
Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке, т/год	1775,9
Потери полевого шпата при транспортировке, т/год	1,8
Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья, т/год	1777,7
Потери полевого шпата на складе сырья, т/год	1,8
<i>Расчёт по бою фарфоровому</i>	
Масса абсолютно сухого боя изделий в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	707,5
Масса боя и брака изделий с определенной влажностью, т/год	708,9
Масса воды, содержащаяся в бое и браке изделий, т/год	1,4
Масса боя и брака изделий с учётом потерь при дозировке, т/год	709,7
Потери боя и брака изделий при дозировке, т/год	0,7
Масса боя и брака изделий с учётом потерь при транспортировке, т/год	710,4
Потери боя и брака изделий при транспортировке, т/год	0,7
Масса боя и брака изделий с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя и брака изделий, т/год	716,1
Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год	5,7
Масса боя и брака изделий с учётом потерь на складе сырья, т/год	716,8
Потери боя и брака изделий на складе сырья, т/год	0,7
Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год	11064,9
Масса воды, которую необходимо добавить на помол в шаровую мельницу, т/год	3675,3

Таблица 9.4

Сводный материальный баланс предприятия по производству
санитарно-строительных изделий

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
1	2	3	4	5	6
1. Каолин Глуховецкий	2661,4	9,89	1. Готовые изделия	16000	59,48
2. Каолин Просяновский	2753,8	10,24	2. Потери при прокаливании	1074,7	4,00
3. Глина Веско-Гранитик	2179,5	8,10	3. Удаляемая влага:		
4. Глина Stephan Schmidt	3001,6	11,16	3.1. При обжиге из изделий	182,8	0,68
5. Полевой шпат Вишневогорский	2845,7	10,58	3.2. При сушке перед обжигом из п/ф	523,5	1,95
6. Полевой шпат Малышевский	1777,7	6,61			

1	2	3	4	5	6
7. Кварцевый песок люберецкий	3584,1	13,32	3.3. При сушке перед глазурированием из п/ф	2929,9	10,89
8. Бой изделий	716,8	2,66			
9. Вода на роспуск брака	262,6	0,98	3.4. При подвялке из п/ф	763,3	2,84
10. Вода на роспуск импортной глины	805,7	3,00	3.5. При литье из шликера	3062,0	11,38
11. Вода на мокрый помол	3675,3	13,66	4. Технологические потери:		
12. Вода на смешение суспензии отощающих, суспензии глины st.schm., каолинов Просяновского и Глуховецкого	599,9	2,23	бой на складе готовой продукции	16,0	0,06
			брак при обжиге и сортировке	1004,2	3,73
			потери глазурного шликера (сифон)	34,9	0,13
			потери глазурного шликера (робот)	500,8	1,86
13. Глазурная суспензия для глазурирования сифонов	367,4	1,37	4.1. Готового шликера:		
			при промывке литьевых машин	643,8	2,39
14. Глазурная суспензия для автомата-робота	1669,5	6,21	при транспортировке	25,8	0,10
			при обогащении	5,2	0,02
			при хранении	25,8	0,10
			4.2. Каолина Просяновского:		
			при дозировке	2,7	0,01
			при транспортировке	2,8	0,01
			на складе сырья	2,8	0,01
			4.3. Каолина Глуховецкого:		
			при дозировке	2,7	0,01
			при транспортировке	2,7	0,01
			на складе сырья	2,7	0,01
			4.4. Глины Stephan Schmidt:		
			при дозировке	3,0	0,01
			при транспортировке	3,0	0,01
			на складе сырья	3,0	0,01

1	2	3	4	5	6
			4.5. Суспензии отошающих:		
			при транспортировке	14,7	0,05
			при помолё	14,7	0,05
			при хранении	14,7	0,05
			4.6. Глины Веско-Гранитик		
			при дозировке	2,2	0,01
			при транспортировке	2,2	0,01
			на складе сырья	2,2	0,01
			4.7. Кварцевого песка люберецкого:		
			при дозировке	3,6	0,01
			при транспортировке	3,6	0,01
			на складе сырья	3,6	0,01
			4.8. Полевого шпата Вишневогорского:		
			при дозировке	2,8	0,01
			при транспортировке	2,8	0,01
			на складе сырья	2,8	0,01
			4.9. Полевого шпата Мальшевского:		
			при дозировке	1,8	0,01
			при транспортировке	1,8	0,01
			на складе сырья	1,8	0,01
			4.10. Боя фарфорового:		
			при дозировке	0,7	0,003
			при транспортировке	0,7	0,003
			при подготовке	5,7	0,02
			на складе сырья	0,7	0,003
			Невязка	0,00	0,00
Сумма	26901,14	100,00	Сумма	26901,14	100,00

Таблица 9.5

Excel-программа расчета материального баланса предприятия по производству санитарно-строительных изделий

Адрес ячейки	Содержимое ячейки
1	2
B1	Таблица 1
A2	Исходные данные
A3	Плановая производительность по изделиям, тыс. шт./год
A4	Шихтовой состав массы, мас. %:
A5	Каолин Глуховецкий

1	2
A6	Каолин Просяновский
A7	Глина Веско-Гранитик
A8	Глина Stephan Schmidt
A9	Полевой шпат Вишневогорский
A10	Полевой шпат Малышевский
A11	Кварцевый песок люберецкий
A12	Бой изделий
A13	ППП массы
A14	Влажности сырьевых компонентов, %:
A15	Каолин Глуховецкий
A16	Каолин Просяновский
A17	Глина Веско-Гранитик
A18	Глина Stephan Schmidt
A19	Полевой шпат Вишневогорский
A20	Полевой шпат Малышевский
A21	Кварцевый песок Люберецкий
A22	Бой изделий
A23	Влажности промежуточных суспензий и полуфабрикатов, %:
A24	Отощающей суспензии
A25	Литейного шликера
A26	Глинистой суспензии
A27	Свежеразнятого полуфабриката
A28	Полуфабриката после подвялки
A29	Полуфабриката после сушки перед глазурованием
A30	Полуфабриката после сушки перед обжигом
A31	Характеристики готового изделия:
A32	масса изделия, кг
A33	масса глазури на одном изделии, кг
A34	Параметры глазури:
A35	Потери глазурного шликера при глазуровании сифона (безвозвратные), %
A36	Потери глазурного шликера при глазуровании роботом (безвозвратные), %
A37	Влажность глазурной суспензии для устройства для глазурования сифонов, %
A38	Влажность глазурной суспензии для автомата-робота, %
A39	Содержание глазури, которая идет на глазурование сифонов, %
A40	Содержание глазури, которая идет на глазурование автоматом-роботом, %
A41	ППП глазури, %
A42	Нормы технологических потерь и брака, %:
A43	бой на складе готовой продукции
A44	при политем обжиге и сортировке изделий
A45	при глазуровании и ставке полуфабриката
A46	при сушке изделий
A47	при подвялке изделий

1	2
A48	при литье изделий
A49	при промывке литьевых машин
A50	при транспортировке
A51	при ситовом и магнитном обогащении шликера
A52	при хранении шликера в каждом из бассейнов
A53	при помоле материалов в шаровой мельнице
A54	при роспуске глинистой суспензии
A55	при дозировке сырьевых материалов
A56	на складе сырья
A57	при предварительной подготовке (помоле и дроблении) боя и брака изделий
B66	Таблица 2
A68	Вспомогательные расчеты
A70	Расчет суммарного значения потерь при прокаливании полуфабриката с учетом потерь при прокаливании черепа и глазури
A71	Масса слоя глазури после обжига с учётом потерь при прокаливании глазури, кг
B71	$=B33*(100-B41)/100$
A72	Масса изделия без глазури после обжига, кг
B72	$=B32-B71$
A73	Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы, кг
B73	$=B72*100/(100-B13)$
A74	Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью), кг
B74	$=B73+B33$
A75	Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %
B75	$=(B74-B32)/B74*100$
A76	Масса полуфабриката после сушки перед обжигом, кг
B76	$=B73/(100-B30)*100$
A77	Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате, испаряющаяся при обжиге, кг
B77	$=B76-B73$
A78	Расчет суммарной влажности полуфабриката после глазурования
A79	Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурование сифона, кг
B79	$=B39/100*B33/(100-B37)*100$
A80	Масса глазурной суспензии, которая идет на глазурование автомат-роботом, кг
B80	$=B40/100*B33/(100-B38)*100$
A81	Суммарная масса глазурной суспензии, кг
B81	$=B79+B80$
A82	Процентное содержание глазурной суспензии для глазурования сифона на изделия с $W = 42 \%$
B82	$=B79/B81*100$

1	2
A83	Процентное содержание глазурной суспензии для глазурования автоматом-роботом на изделия с $W = 34 \%$
B83	$=B80/B81*100$
A84	Масса воды, аккумулированная полуфабрикатом, при глазуровании, кг
B84	$=B81-B33$
A85	Масса полуфабриката после сушки перед глазурованием, кг
B85	$=B73/(100-B29)*100$
A86	Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате, после сушки перед глазурованием, кг
B86	$=B85-B73$
A87	Масса воды, содержащаяся в полуфабрикате после операции глазурования, кг
B87	$=B84+B86$
A88	Масса полуфабриката после глазурования, кг
B88	$=B85+B81$
A89	Влажность полуфабриката после глазурования, %
B89	$=B87/B88*100$
A90	Процентное содержание глазурного слоя на полуфабрикате после операции глазурования, %
B90	$=B81/B88*100$
A91-A92	Расчёт влажности шликера, получаемого при помоле сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензий глинистых материалов после роспуска и суспензии отошающих
A93	Масса глинистой суспензии, мас. ч.
B93	$=B8*100/(100-B26)$
A94	Масса отошающей суспензии, мас. ч.
B94	$=(B7+B9+B10+B11+B12)*100/(100-B24)$
A95	Масса каолина Просяновского, мас. ч.
B95	$=B6*100/(100-B16)$
A96	Масса каолина Глуховецкого, мас. ч.
B96	$=B5*100/(100-B15)$
A97	Масса суспензии, получаемой при смешении всех компонентов, мас. ч.
B97	$=B93+B94+B95+B96$
A98	Влажность суспензии, %
B98	$=(B97-100)/B97*100$
A99	Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу
A100	Содержание в шаровой мельнице глины Веско-Гранитик, мас.%
B100	$=B7*100/(100-B5-B6-B8)$
A101	Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка Люберецкого, мас.%
B101	$=B11*100/(100-B5-B6-B8)$
A102	Содержание в шаровой мельнице полевого шпата Вишневогорского, мас.%

1	2
B102	$=B9*100/(100-B5-B6-B8)$
A103	Содержание в шаровой мельнице полевого шпата Малышевского, мас. %
B103	$=B10*100/(100-B5-B6-B8)$
A104	Содержание в шаровой мельнице боя фарфорового, мас. %
B104	$=B12*100/(100-B5-B6-B8)$
A105	Масса глины Веско-Гранитик, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B105	$=B100*100/(100-B17)$
A106	Масса кварцевого песка люберецкого, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B106	$=B101*100/(100-B21)$
A107	Масса полевого шпата Вишневогорского, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B107	$=B102*100/(100-B19)$
A108	Масса полевого шпата Малышевского, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B108	$=B103*100/(100-B20)$
A109	Масса боя фарфорового, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B109	$=B104*100/(100-B22)$
A110	Масса воды, внесённая на помол с глиной Веско-Гранитик, мас. ч.
B110	$=B105-B100$
A111	Масса воды, внесённая на помол с кварцевым песком Люберецким, мас. ч.
B111	$=B106-B101$
A112	Масса воды, внесённая на помол с полевым шпатом Вишневогорским, мас. ч.
B112	$=B107-B102$
A113	Масса воды, внесённая на помол с полевым шпатом Малышевским, мас. ч.
B113	$=B108-B103$
A114	Масса воды, внесённая на помол с боем фарфоровым, мас. ч.
B114	$=B109-B104$
A115	Суммарная масса смеси, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности, мас. ч.
B115	$=\text{СУММ}(B105;B106;B107;B108;B109)$
A116	Суммарная масса воды, внесённая на помол сырьевыми компонентами, мас. ч.
B116	$=\text{СУММ}(B110;B114)$
A117	Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу, %
B117	$=B116/B115*100$
B119	Таблица 3
A120	Расчет материального баланса
A121	Производительность предприятия по массе готовых изделий, т/год

1	2
B121	$=B3*B32$
A122	Масса изделий, поступающая на склад готовой продукции, с учётом боя на складе, т/год
B122	$=B121*100/(100-B43)$
A123	Масса боя на складе готовой продукции, т/год
B123	$=B122-B121$
A124	Масса изделий, поступающая на сортировку, с учётом брака обжига, т/год
B124	$=B122*100/(100-B44)$
A125	Брак обжига, т/год
B125	$=B124-B122$
A126	Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом его суммарных ППП, т/год
B126	$=B124*100/(100-B75)$
A127	Потери при прокаливании полуфабриката, т/год
B127	$=B126-B124$
A128	Масса полуфабриката, поступающая на обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год
B128	$=B126*100/(100-B30)$
A129	Масса воды, удалённая из полуфабриката при обжиге, т/год
B129	$=B128-B126$
A130	Масса полуфабриката, поступающая на сушку перед обжигом, с учётом влажности полуфабриката, т/год
B130	$=B128*(100-B30)/(100-B89)$
A131	Масса воды, удалённая из полуфабриката при второй сушке, т/год
B131	$=B130-B128$
A132	Масса полуфабриката после глазурования с учётом брака глазурования и боя при садке на обжиговые вагонетки, т/год
B132	$=B130*100/(100-B45)$
A133	Брак глазурования и бой при садке на вагонетки (возвратный), т/год
B133	$=B132-B130$
A134	Масса глазурного шликера, израсходованная на глазурование полуфабриката, т/год
B134	$=B132*B90/100$
A135	Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов, т/год
B135	$=B134*B82/100$
A136	Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автомат-роботом, т/год
B136	$=B134*B83/100$
A137	Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат устройством для глазурования сифонов, с учётом потерь шликера при глазуровании, т/год
B137	$=B135*100/(100-B35)$
A138	Потери глазурного шликера при глазуровании сифона, т/год

1	2
B138	=B137-B135
A139	Масса глазурного шликера, нанесенная на полуфабрикат автомат-роботом, с учётом потерь шликера при глазуровании, т/год
B139	=B136*100/(100-B36)
A140	Потери глазурного шликера при глазуровании автоматом-роботом, т/год
B140	=B139-B136
A141	Масса полуфабриката без глазурной суспензии, т/год
B141	=B132-B134
A142	Масса полуфабриката после сушки, с учётом брака сушки, т/год
B142	=B141*100/(100-B46)
A143	Брак при сушке (возвратный), т/год
B143	=B142-B141
A144	Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год
B144	=B142*(100-B29)/(100-B28)
A145	Масса воды, удалённая при сушке, т/год
B145	=B144-B142
A146	Масса полуфабриката после подвялки, с учётом брака подвялки, т/год
B146	=B144*100/(100-B47)
A147	Брак при подвялке (возвратный), т/год
B147	=B146-B144
A148	Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности
B148	=B146*(100-B28)/(100-B27)
A149	Масса воды, удалённая при подвялке, т/год
B149	=B148-B146
A150	Масса сформованного полуфабриката с учётом брака литья, т/год
B150	=B148*100/(100-B48)
A151	Масса брака литья (возвратные отходы), т/год
B151	=B150-B148
A152	Масса литейного шликера, необходимого для литья изделий на литьевых машинах, т/год
B152	=B150*(100-B27)/(100-B25)
A153	Масса воды, удалённая при литье, т/год
B153	=B152-B150
A154	Масса литейного шликера с учётом потерь при промывке литьевых машин, т/год
B154	=B152*100/(100-B49)
A155	Потери шликера при промывке литьевых машин, т/год
B155	=B154-B152
A156	Масса литейного шликера с учётом потерь при транспортировке, т/год
B156	=B154*100/(100-B50)
A157	Потери шликера при транспортировке, т/год

1	2
B157	=B156-B154
A158	Масса литейного шликера с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год
B158	=B156*100/(100-B51)
A159	Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении, т/год
B159	=B158-B156
A160	Масса литейного шликера с учётом потерь при хранении в бассейне готового шликера, т/год
B160	=B158*100/(100-B52)
A161	Потери шликера при хранении в бассейне готового шликера, т/год
B161	=B160-B158
A162	Масса абсолютно сухих материалов в литейном шликере, т/год
B162	=B160*(100-B25)/100
A163	Расчет вклада возвратных отходов (литья, подвялки, сушки и глазурирования) в литейный шликер
A164	Масса литейного шликера из брака литья с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год
B164	=B151*(100-B27)/(100-B25)
A165	Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов литья, т/год
B165	=B164-B151
A166	Масса литейного шликера из брака при подвялке с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год
B166	=B147*(100-B28)/(100-B25)
A167	Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при подвялке, т/год
B167	=B166-B147
A168	Масса литейного шликера из брака при сушке с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год
B168	=B143*(100-B29)/(100-B25)
A169	Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при сушке, т/год
B169	=B168-B143
A170	Масса литейного шликера из брака глазурирования и боя при садке на вагонетки с учетом влажности литейного шликера и влажности брака, т/год
B170	=B133*(100-B89)/(100-B25)
A171	Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов при глазурировании, т/год
B171	=B170-B133
A172	Масса шликера из отходов, т/год
B172	=B164+B166+B168+B170
A173	Масса воды, необходимая для получения литейного шликера из отходов, т/год
B173	=B165+B167+B169+B171
A174	Масса литейного шликера с учетом возвратных отходов, т/год

1	2
B174	=B160-B172
A175	Масса смеси суспензии отощающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого с определенной влажностью, т/год
B175	=B174*(100-B25)/(100-B98)
A176	Масса воды, которую надо добавить к смеси суспензии отощающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого для получения литейного шликера, т/год
B176	=B174-B175
A177	Масса воды, которую необходимо добавить в смесительный бассейн для получения литейного шликера из смеси суспензии отощающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого с возвратными отходами, т/год
B177	=B176+B173
A178	Масса абсолютно сухих компонентов в литейном шликере (без возвратных отходов), т/год
B178	=B174*(100-B25)/100
A179	Расчет по каолину Просяновскому
A180	Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте, т/год
B180	=B178*B6/100
A181	Масса каолина с учетом влажности, т/год
B181	=B180*100/(100-B16)
A182	Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год
B182	=B181*100/(100-B55)
A183	Потери при дозировке, т/год
B183	=B182-B181
A184	Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год
B184	=B182*100/(100-B50)
A185	Потери при транспортировке, т/год
B185	=B184-B182
A186	Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год
B186	=B184*100/(100-B56)
A187	Потери на складе сырья, т/год
B187	=B186-B184
A188	Расчет по каолину Глуховецкому
A189	Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте, т/год
B189	=B178*B5/100
A190	Масса каолина с учетом влажности, т/год
B190	=B189*100/(100-B15)
A191	Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год
B191	=B190*100/(100-B55)
A192	Потери при дозировке, т/год
B192	=B191-B190
A193	Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год
B193	=B191*100/(100-B50)

1	2
A194	Потери при транспортировке, т/год
B194	=B193-B191
A195	Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год
B195	=B193*100/(100-B56)
A196	Потери на складе сырья, т/год
B196	=B195-B193
A197	Расчёт по глине Stephan Schmidt (глинистой суспензии)
A198	Масса абсолютно сухой глины в шликере с учётом её содержания в шихте, т/год
B198	=B178*B8/100
A199	Масса глины с учетом влажности, т/год
B199	=B198*100/(100-B18)
A200	Масса воды, содержащаяся в глине, т/год
B200	=B199-B198
A201	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
B201	=B199*100/(100-B55)
A202	Потери при дозировке, т/год
B202	=B201-B199
A203	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год
B203	=B201*100/(100-B50)
A204	Потери при транспортировке, т/год
B204	=B203-B201
A205	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
B205	=B203*100/(100-B56)
A206	Потери на складе сырья, т/год
B206	=B205-B203
A207	Масса глинистой суспензии с определенной влажностью, т/год
B207	=B199*(100-B18)/(100-B26)
A208	Масса воды, которую необходимо добавить к глине для получения глинистой суспензии с определенной влажностью, т/год
B208	=B207-B199
A209	Расчёт по отошающей суспензии, приготовляемой тонким помолом
A210	Масса суспензии отошающих, т/год
B210	=B175-B181-B190-B207
A211	Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год
B211	=B210*100/(100-B50)
A212	Потери суспензии при транспортировке, т/год
B212	=B211-B210
A213	Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год
B213	=B211*100/(100-B53)
A214	Потери суспензии при помоле, т/год
B214	=B213-B211
A215	Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год
B215	=B213*100/(100-B52)
A216	Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год

1	2
B216	=B215-B213
A217	Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год
B217	=B215*(100-B24)/100
A218	Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год
B218	=B215-B217
A219	Расчёт по глине Веско-Гранитик
A220	Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом её содержания в шихте, т/год
B220	=B217*B7*100/(100*(100-(B5+B6+B8)))
A221	Масса глины с определенной влажностью, т/год
B221	=B220*100/(100-B17)
A222	Масса воды, содержащаяся в глине, т/год
B222	=B221-B220
A223	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
B223	=B221*100/(100-B55)
A224	Потери при дозировке, т/год
B224	=B223-B221
A225	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год
B225	=B223*100/(100-B50)
A226	Потери при транспортировке, т/год
B226	=B225-B223
A227	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
B227	=B225*100/(100-B56)
A228	Потери на складе сырья, т/год
B228	=B227-B225
A229	Расчёт по кварцевому песку люберецкому
A230	Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
B230	=B217*B11*100/(100*(100-(B5+B6+B8)))
A231	Масса кварцевого песка с определенной влажностью, т/год
B231	=B230*100/(100-B21)
A232	Масса воды, содержащаяся в кварцевом песке, т/год
B232	=B231-B230
A233	Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год
B233	=B231*100/(100-B55)
A234	Потери кварцевого песка при дозировке, т/год
B234	=B233-B231
A235	Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год
B235	=B233*100/(100-B50)
A236	Потери кварцевого песка при транспортировке, т/год
B236	=B235-B233
A237	Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год
B237	=B235*100/(100-B56)
A238	Потери кварцевого песка на складе сырья, т/год

1	2
B238	=B237-B235
A239	Расчёт по полевому шпату Вишневогорскому
A240	Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
B240	=B217*B9*100/(100*(100-(B5+B6+B8)))
A241	Масса полевого шпата с определенной влажностью, т/год
B241	=B240*100/(100-B19)
A242	Масса воды, содержащаяся в полевом шпате, т/год
B242	=B241-B240
A243	Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке, т/год
B243	=B241*100/(100-B55)
A244	Потери полевого шпата при дозировке, т/год
B244	=B243-B241
A245	Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке, т/год
B245	=B243*100/(100-B50)
A246	Потери полевого шпата при транспортировке, т/год
B246	=B245-B243
A247	Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья, т/год
B247	=B245*100/(100-B56)
A248	Потери полевого шпата на складе сырья, т/год
B248	=B247-B245
A249	Расчёт по полевому шпату Малышевскому
A250	Масса абсолютно сухого полевого шпата в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
B250	=B217*B10*100/(100*(100-(B5+B6+B8)))
A251	Масса полевого шпата с определенной влажностью, т/год
B251	=B250*100/(100-B20)
A252	Масса воды, содержащаяся в полевом шпате, т/год
B252	=B251-B250
A253	Масса полевого шпата с учётом потерь при дозировке, т/год
B253	=B251*100/(100-B55)
A254	Потери полевого шпата при дозировке, т/год
B254	=B253-B251
A255	Масса полевого шпата с учётом потерь при транспортировке, т/год
B256	=B255-B253
A257	Масса полевого шпата с учётом потерь на складе сырья, т/год
B257	=B255*100/(100-B56)
A258	Потери полевого шпата на складе сырья, т/год
B258	=B257-B255
A259	Расчёт по бою фарфоровому
A260	Масса абсолютно сухого боя изделий в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
B260	=B217*B12*100/(100*(100-(B5+B6+B8)))
A261	Масса боя и брака изделий с определенной влажностью, т/год

1	2
B261	$=B260*100/(100-B22)$
A262	Масса воды, содержащаяся в бое и браке изделий, т/год
B262	$=B261-B260$
A263	Масса боя и брака изделий с учётом потерь при дозировке, т/год
B263	$=B261*100/(100-B55)$
A264	Потери боя и брака изделий при дозировке, т/год
B264	$=B263-B261$
A265	Масса боя и брака изделий с учётом потерь при транспортировке, т/год
B265	$=B263*100/(100-B50)$
A266	Потери боя и брака изделий при транспортировке, т/год
B266	$=B265-B263$
A267	Масса боя и брака изделий с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя и брака изделий, т/год
B267	$=B265*100/(100-B57)$
A268	Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год
B268	$=B267-B265$
A269	Масса боя и брака изделий с учётом потерь на складе сырья, т/год
B269	$=B267*100/(100-B56)$
A270	Потери боя и брака изделий на складе сырья, т/год
B270	$=B269-B267$
A271	Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год
B271	$=B217*100/(100-B117)$
A272	Масса воды, которую необходимо добавить на помол в шаровую мельницу, т/год
B272	$=B215-B271$
K1-L1	Таблица 4
C2-L2	Сводный материальный баланс производства
C3-G3	Приход
H3-L3	Расход
C4-E4	Статьи
F4	т/год
G4	%
H4-J4	Статьи
K4	т/год
L4	%
C5-E5	1. Каолин Глуховецкий
C6-E6	2. Каолин Просьяновский
C7-E7	3. Глина Веско-Гранитик
C8-E8	4. Глина Stephan Schmidt
C9-E9	5. Полевой шпат Вишневогорский
C10-E10	6. Полевой шпат Малышевский
C11-E11	7. Кварцевый песок Люберецкий
C12-E12	8. Бой изделий

1	2
C13-E13	9. Вода на роспуск брака
C14-E14	10. Вода на роспуск импортной глины
C15-E15	11. Вода на мокрый помол
C(16-19)-E(16-19)	12. Вода на смешение суспензии отошающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого
C(20-21)-E(20-21)	13. Глазурная суспензия для устройства для глазурования сифонов
C(22-23)-E(22-23)	14. Глазурная суспензия для автомата-робота
F5	=B195
G5	=F5/F\$63*100
F6	=B186
G6	=F6/F\$63*100
F7	=B227
G7	=F7/F\$63*100
F8	=B205
G8	=F8/F\$63*100
F9	=B247
G9	=F9/F\$63*100
F10	=B257
G10	=F10/F\$63*100
F11	=B237
G11	=F11/F\$63*100
F12	=B269
G12	=F12/F\$63*100
F13	=B173
G13	=F13/F\$63*100
F14	=B208
G14	=F14/F\$63*100
F15	=B272
G15	=F15/F\$63*100
F(16-19)	=B176
G(16-19)	=F16/F\$63*100
F(20-21)	=B137
G(20-21)	=F20/F63*100
F(22-23)	=B139
G(22-23)	=F22/F63*100
H5-J5	1. Готовые изделия
H6-J6	2. Потери при прокаливании
H7-J7	3. Удаляемая влага:
H8-J8	3.1. При обжиге из изделий
H(9-10)-J(9-10)	3.2. При сушке перед обжигом из п/ф
H(11-12)-J(11-12)	3.3. При сушке перед глазурованием из п/ф
H13-J13	3.4. При подвялке из п/ф
H14-J14	3.5. При литье из шликера

1	2
H15-J15	4. Технологические потери:
H16-J16	бой на складе готовой продукции
H17-J17	брак при обжиге и сортировке
H18-J18	потери глазурного шликера (сифон)
H19-J19	потери глазурного шликера (робот)
H20-J20	4.1. Готового шликера:
H21-J21	при промывке литьевых машин
H22-J22	при транспортировке
H23-J23	при обогащении
H24-J24	при хранении
H25-J25	4.2. Каолина Просяновского:
H26-J26	при дозировке
H27-J27	при транспортировке
H28-J28	на складе сырья
H29-J29	4.3. Каолина Глуховецкого:
H30-J30	при дозировке
H31-J31	при транспортировке
H32-J32	на складе сырья
H33-J33	4.4. Глины Stephan Schmidt:
H34-J34	при дозировке
H35-J35	при транспортировке
H36-J36	на складе сырья
H37-J37	4.5. Суспензии отошающих:
H38-J38	при транспортировке
H39-J39	при помоле
H40-J40	при хранении
H41-J41	4.6. Глины Веско-Гранитик
H42-J42	при дозировке
H43-J43	при транспортировке
H44-J44	на складе сырья
H45-J45	4.7. Кварцевого песка Люберецкого:
H46-J46	при дозировке
H47-J47	при транспортировке
H48-J48	на складе сырья
H49-J49	4.8. Полевого шпата Вишневогорского:
H50-J50	при дозировке
H51-J51	при транспортировке
H52-J52	на складе сырья
H53-J53	4.9. Полевого шпата Малышевского:
H54-J54	при дозировке
H55-J55	при транспортировке
H56-J56	на складе сырья
H57-J57	4.10. Боя фарфорового:
H58-J58	при дозировке
H59-J59	при транспортировке
H60-J60	при подготовке

1	2
H61-J61	на складе сырья
H62-J62	Невязка
K5	=B121
L5	=K5/K\$63*100
K6	=B127
L6	=K6/K\$63*100
K8	=B129
L8	=K8/K\$63*100
K(9-10)	=B131
L(9-10)	=K9/K\$63*100
K(11-12)	=B145
L(11-12)	=K11/K\$63*100
K13	=B149
L13	=K13/K\$63*100
K14	=B153
L14	=K14/K\$63*100
K16	=B123
L16	=K16/K\$63*100
K17	=B125
L17	=K17/K\$63*100
K18	=B138
L18	=K18/K\$63*100
K19	=B140
L19	=K19/K\$63*100
K21	=B155
L21	=K21/K\$63*100
K22	=B157
L22	=K22/K\$63*100
K23	=B159
L23	=K23/K\$63*100
K24	=B161
L24	=K24/K\$63*100
K26	=B183
L26	=K26/K\$63*100
K27	=B185
L27	=K27/K\$63*100
K28	=B187
L28	=K28/K\$63*100
K30	=B192
L30	=K30/K\$63*100
K31	=B194
L31	=K31/K\$63*100
K32	=B196
L32	=K32/K\$63*100
K34	=B202
L34	=K34/K\$63*100

1	2
K35	=B204
L35	=K35/K\$63*100
K36	=B206
L36	=K36/K\$63*100
K38	=B212
L38	=K38/K\$63*100
K39	=B214
L39	=K39/K\$63*100
K40	=B216
L40	=K40/K\$63*100
K42	=B224
L42	=K42/K\$63*100
K43	=B226
L43	=K43/K\$63*100
K44	=B228
L44	=K44/K\$63*100
K46	=B234
L46	=K46/K\$63*100
K47	=B236
L47	=K47/K\$63*100
K48	=B238
L48	=K48/K\$63*100
K50	=B244
L50	=K50/K\$63*100
K51	=B246
L51	=K51/K\$63*100
K52	=B248
L52	=K52/K\$63*100
K54	=B254
L54	=K54/K\$63*100
K55	=B256
L55	=K55/K\$63*100
K56	=B258
L56	=K56/K\$63*100
K58	=B264
L58	=K58/K\$63*100
K59	=B266
L59	=K59/K\$63*100
K60	=B268
L60	=K60/K\$63*100
K61	=B270
L61	=K61/K\$63*100
K62	=ABS(F63-K63)/K63
L62	=K62/K\$63*100
C63-E63	Сумма
F63	=СУММ(F5:F23)

1	2
G63	=СУММ(G5:G23)
H63-J63	Сумма
K63	=СУММ(K5:K62)
L63	=СУММ(L5:L62)
K66-L66	Таблица 5
C68-L68	Материальный баланс массозаготовительного цеха
C69-G69	Приход
H69-L69	Расход
C70-E70	Статьи
F70	т/год
G70	%
H70-J70	Статьи
K90	т/год
L90	%
C71-E71	1. Каолин Глуховецкий
C72-E72	2. Каолин Просяновский
C73-E73	3. Глина Веско-Гранитик
C74-E74	4. Глина Stephan Schmidt
C75-E75	5. Полевой шпат Вишневогорский
C76-E76	6. Полевой шпат Малышевский
C77-E77	7. Кварцевый песок люберецкий
C78-E78	8. Бой изделий
C79-E79	9. Возвратный брак
C80-E80	10. Вода на роспуск брака
C81-E81	11. Вода на роспуск импортной глины
C82-E82	12. Вода на мокрый помол
C(83-85)-E(83-85)	13. Вода на смешение суспензии отощающих, суспензии глины Stephan Schmidt, каолинов Просяновского и Глуховецкого
H71-J71	1. Готовый шликер на литье
H72-J72	2. Технологические потери:
H73-J73	2.1. Готового шликера:
H74-J74	при транспортировке
H75-J75	при обогащении
H76-J76	при хранении
H77-J77	2.2. Каолина Просяновского:
H78-J78	при дозировке
H79-J79	при транспортировке
H80-J80	на складе сырья
H81-J81	2.3. Каолина Глуховецкого:
H82-J82	при дозировке
H83-J83	при транспортировке
H84-J84	на складе сырья
H85-J85	2.4. Глины Stephan Schmidt:
H86-J86	при дозировке
H87-J87	при транспортировке
H88-J88	на складе сырья

1	2
H89-J89	2.5. Суспензии отошающих:
H90-J90	при транспортировке
H91-J91	при помоле
H92-J92	при хранении
H93-J93	2.6. Глины Веско-Гранитик
H94-J94	при дозировке
H95-J95	при транспортировке
H96-J96	на складе сырья
H97-J97	2.7. Кварцевого песка Люберецкого:
H98-J98	при дозировке
H99-J99	при транспортировке
H100-J100	на складе сырья
H101-J101	2.8. Полевого шпата Вишневогорского:
H102-J102	при дозировке
H103-J103	при транспортировке
H104-J104	на складе сырья
H105-J105	2.9. Полевого шпата Мальшевского:
H106-J106	при дозировке
H107-J107	при транспортировке
H108-J108	на складе сырья
H109-J109	2.10. Боя фарфорового:
H110-J110	при дозировке
H111-J111	при транспортировке
H112-J112	при подготовке
H113-J113	на складе сырья
H114-J114	Невязка
K71	=B154
L71	=K71/K\$115*100
K74	=B157
L74	=K74/K\$115*100
K75	=B159
L75	=K75/K\$115*100
K76	=B161
L76	=K76/K\$115*100
K78	=B183
L78	=K78/K\$115*100
K79	=B185
L79	=K79/K\$115*100
K80	=B187
L80	=K80/K\$115*100
K82	=B192
L82	=K82/K\$115*100
K83	=B194
L83	=K83/K\$115*100
K84	=B196
L84	=K84/K\$115*100

1	2
K86	=B202
L86	=K86/K\$115*100
K87	=B204
L87	=K87/K\$115*100
K88	=B206
L88	=K88/K\$115*100
K90	=B212
L90	=K90/K\$115*100
K91	=B214
L91	=K91/K\$115*100
K92	=B216
L92	=K92/K\$115*100
K94	=B224
L94	=K94/K\$115*100
K95	=B226
L95	=K95/K\$115*100
K96	=B228
L96	=K96/K\$115*100
K98	=B234
L98	=K98/K\$115*100
K99	=B236
L99	=K99/K\$115*100
K100	=B238
L100	=K100/K\$115*100
K102	=B244
L102	=K102/K\$115*100
K103	=B246
L103	=K103/K\$115*100
K104	=B248
L104	=K104/K\$115*100
K106	=B254
L106	=K106/K\$115*100
K107	=B256
L107	=K107/K\$115*100
K108	=B258
L108	=K108/K\$115*100
K110	=B264
L110	=K110/K\$115*100
K111	=B266
L111	=K111/K\$115*100
K112	=B268
L112	=K112/K\$115*100
K113	=B270
L113	=K113/K\$115*100
K114	=(F115-K115)/K115

1	2
L114	=K114/K\$115*100
C115-E115	Сумма
F115	=СУММ(F71:F84)
G115	=СУММ(G5:G23)
H115-J115	Сумма
K115	=СУММ(K71:K113)
L115	=СУММ(L71:L114)
K118-L118	Таблица 6
C119-L119	Материальный баланс цеха формования, сушки, обжига
C120-G120	Приход
H120-L120	Расход
C121-E121	Статьи
F121	т/год
G121	%
H121-J121	Статьи
K121	т/год
L121	%
C122	1. Готовый шликер на литье
C(123-124)	2. Глазурная суспензия для устройства для глазурования сифонов
C(125-126)	3. Глазурная суспензия для автомата-робота
F122	=B154
G122	=F122/F\$139*100
F123	=B137
G123	=F123/F\$139*100
F125	=B139
G125	=F125/F\$139*100
H122-J122	1. Готовые изделия
H123-J123	2. Потери при прокаливании
H124-J124	3. Удаляемая влага:
H125-J125	3.1. При обжиге из изделий
H126-J126	3.2. При сушке перед обжигом из п/ф
H127-J127	3.3. При сушке перед глазурованием из п/ф
H128-J128	3.4. При подвялке из п/ф
H129-J129	3.5. При литье из шликера
H130-J130	4. Технологические потери:
H131-J131	бой на складе готовой продукции
H132-J132	брак при обжиге и сортировке
H133-J133	потери глазурного шликера (сифон)
H134-J134	потери глазурного шликера (робот)
H135-J135	4.1. Готового шликера:
H136-J136	при промывке литьевых машин
H137-J137	5. Возвратный брак в МЗЦ
H138-J138	Невязка
K122	=B121
L122	=K122/K\$139*100
K123	=B127

1	2
L123	=K123/K\$139*100
K125	=B129
L125	=K125/K\$139*100
K126	=B131
L126	=K126/K\$139*100
K127	=B145
L127	=K127/K\$139*100
K128	=B149
L128	=K128/K\$139*100
K129	=B153
L129	=K129/K\$139*100
K131	=B123
L131	=K131/K\$139*100
K132	=B125
L132	=K132/K\$139*100
K133	=B138
L133	=K133/K\$139*100
K134	=B140
L134	=K134/K\$139*100
K136	=B155
L136	=K136/K\$139*100
K137	=B133+B143+B147+B151
L137	=K137/K\$139*100
K138	=(F139-K139)/K139
L138	=K138/K\$139*100
C139-E139	Сумма
F139	=СУММ(F122:F126)
G139	=СУММ(G122:G126)
H139-J139	Сумма
K139	=СУММ(K122:K137)
L139	=СУММ(L122:L138)

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник «Строительная керамика» /И.И. Архипов [и др.]; под ред. Е.Л. Рохваргера. – М.: Стройиздат, 1976. – 493 с.
2. Корнев, А.Л. Отчет по преддипломной практике на ЗАО «Сызранская керамика» / А.Л. Корнев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – 85 с.
3. Августиник, А. И. Керамика /А. И. Августиник – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1975. – 591 с.
4. Технология керамики и огнеупоров: учеб. для вузов по специальности "Технология силикатов" /П.П. Будников [и др.]; под ред. П. П. Будникова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Госстройиздат, 1962. – 707 с.
5. Кривоносова, Н. Т. Совершенствование производства санитарно-строительных изделий /Н.Т. Кривоносова. – Киев: Будівельник, 2007. – 148 с.
6. Солодкий, Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности: справочное пособие /Н.Ф. Солодкий, А.С. Шамриков, В.М. Погребенков; под ред. проф. Г.Н. Масленниковой. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 332 с.
7. Энглунд, А.Э. Рациональный расход сырьевых материалов в фарфоро-фаянсовой промышленности /А.Э. Энглунд. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 56 с.
8. Мороз, И. И. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. Т.1. /И.И. Мороз, М.С. Комская, М.Г. Сивчикова. – М. : Легкая индустрия, 1976. – 296 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. АССОРТИМЕНТ ИЗДЕЛИЙ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ.....	5
ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
2.1. Формование изделий.....	10
2.2. Приготовление литейного шликера.....	14
2.3. Сушка.....	15
2.4. Глазурование.....	16
2.5. Обжиг.....	17
ГЛАВА 3. СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	20
3.1. Типовые составы керамических масс и их технологические свойства.....	20
3.2. Пластичные материалы.....	23
3.2.1. Глины.....	23
3.2.2. Каолины.....	25
3.3. Непластичные материалы.....	31
3.3.1. Отощители.....	31
3.3.2. Плавни.....	33
3.4. Вспомогательные материалы.....	38
3.4.1. Разжижители.....	38
3.4.2. Гипс для производства литейных форм.....	39
3.4.3. Другие вспомогательные материалы.....	40
ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА И ЕЁ ОПИСАНИЕ.....	41
4.1. Технологическая схема производства.....	41
4.1.1. Получение суспензии глины <i>Stephan Schmidt</i>	41
4.1.2. Получение суспензии отощающих материалов.....	42
4.1.3. Получение литейного шликера путем смешения суспензии отощающих материалов с суспензией глины <i>Stephan Schmidt</i> и каолинами <i>Просьяновским</i> и <i>Глуховецким</i>	43
4.1.4. Получение шликера из отходов производства.....	44
4.1.5. Формование изделий.....	45
4.1.6. Подвялка и сушка изделий.....	45
4.1.7. Глазурование изделий.....	46
4.1.8. Обжиг изделий.....	46
4.1.9. Отделение исправления дефектов («лечки») изделий.....	47
4.2. Описание технологической схемы.....	47
4.2.1. Получение суспензии глины <i>Stephan Schmidt</i> (роспуск глины).....	49
4.2.2. Тонкий помол отощающих материалов (получение суспензии отощающих материалов).....	51
4.2.3. Получение литейного шликера путем смешения суспензии отощающих материалов с суспензией глины <i>Stephan Schmidt</i> и каолинами <i>Просьяновским</i> и <i>Глуховецким</i>	52
4.2.4. Получение шликера из отходов производства.....	53
4.2.5. Формование изделий.....	54
4.2.6. Подвялка и сушка изделий.....	56
4.2.7. Керосиновый контроль и оправка изделий.....	61
4.2.8. Глазурование изделий.....	63
4.2.9. Садка изделий на обжиг.....	65

4.2.10. Сушка перед обжигом	65
4.2.11. Обжиг изделий.....	66
4.2.12. Сортировка.....	69
ГЛАВА 5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	72
5.1. Минералогическая и кристаллохимическая характеристика сырьевых материалов.....	72
5.2. Физико-химические основы технологических процессов.....	75
5.2.1. Ростуток глины.....	75
5.2.2 Тонкий помол отощающих материалов	82
5.2.3. Смешение суспензий глины и отощающих материалов с каолинами Глуховецким и Просьяновским.....	85
5.2.4 Ситовое и магнитное обогащение шликера.....	86
5.2.5 Формование изделий методом шликерного литья.....	86
5.2.6. Сушка.....	88
5.2.7. Глазурование изделий.....	93
5.2.8. Обжиг.....	93
ГЛАВА 6. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	102
6.1. Термины и определения в технологии производства санитарно-строительных изделий	102
6.2. Виды дефектов и способы их устранения	104
ГЛАВА 7. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА.....	118
ГЛАВА 8. ПРИМЕР РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНСА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ САНИТАРНО - СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	138
8.1. Исходные данные.....	138
8.2. Вспомогательные расчёты.....	140
8.2.1. Расчёт суммарного значения потерь при прокаливании санитарно-строительного изделия с учетом потерь при прокаливании собственно черепка и глазури.....	140
8.2.2. Расчёт влажности полуфабриката после операции глазурования.....	140
8.2.3. Расчёт процентного содержания глазури на изделиях после операции глазурования	142
8.2.4. Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу	142
8.2.5. Расчёт влажности суспензии, получаемой на стадии смешения сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензии глины Stephan Schmidt после роста, суспензии отощающих материалов, Просьяновского и Глуховецкого каолинов.....	144
8.2.6. Расчёт материального баланса предприятия по производству санитарно-строительных изделий.....	145
ГЛАВА 9. EXCEL - ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА.....	165
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	197

Учебное издание

Козловская Галина Павловна,
Филатова Наталья Владимировна,
Бутман Михаил Федорович

Технология производства санитарно-строительных изделий

Учебное пособие

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 30.08.2017 Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.
Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 12,9. Тираж 50. Заказ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВО «ИГХТУ»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, 7