

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

В. А. Гурьева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 270800.62 Строительство

Оренбург
2013

УДК 691.43(075.8)
ББК 38.31.я73
Г95

Рецензент – доктор технических наук, профессор Южно-Уральского государственного университета Л. Я. Крамар

Гурьева, В.А.

Г95 Проектирование производства изделий строительной керамики:
учебное пособие / В. А. Гурьева. – Оренбург : ОГУ, 2013. - 179 с.
ISBN

В учебном пособии дан анализ состояния и тенденций развития промышленности отделочной керамики, приведена классификация и характеристика керамических изделий, сведения об основных видах сырья, составах керамических масс и глазурей, физических свойствах изделий отделочной керамики. Рассмотрены основы проектирования производства отделочных керамических изделий, описаны основные положения технологического процесса изготовления керамических изделий, а также конструкции и особенности современного технологического оборудования.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 270800.62 Строительство, профили подготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», «Промышленное и гражданское строительство».

Материалы учебного пособия могут быть полезны для инженерно-технических работников и предпринимателей, работающих в сфере производства изделий строительной керамики, а также при проектировании предприятий отделочной керамики.

УДК 691.43(075.8)
ББК 38.31.я73

© Гурьева В.А., 2013
© ОГУ, 2013

Содержание

Введение.....	5
1 Основные сведения о строительной керамике	7
1.1 История развития производства керамики	7
1.2 Классификация керамических изделий	11
1.3 Виды изделий облицовочной строительной керамики.....	15
1.3.1 Классификация керамической плитки	15
1.3.1.1 Плитка керамическая для облицовки фасадов.....	19
1.3.1.2 Плитка керамическая для внутренней облицовки стен	20
1.3.1.3 Плитка керамическая для пола	22
2 Состояние и тенденции развития промышленности отделочной керамики.....	25
2.1 Современное состояние производства	25
2.2 Рынок керамической плитки в России, его особенности и перспективы развития.....	38
3 Сырьевые материалы.....	42
3.1 Сырьевые материалы для производства керамических масс.....	42
3.2 Сырьевые материалы для декорирования изделий	44
3.2.1 Материалы, составы и свойства глазурей.	44
3.2.2 Керамические краски и пигменты.....	48
3.2.3 Ангобы.....	52
4 Составы керамических масс и глазурей.....	54
5 Приготовление керамических масс и глазури.....	63
5.1 Добыча, обогащение и хранение сырьевых материалов.....	63
5.1.1 Добыча сырья.....	63
5.1.2 Обогащение сырья.....	65
5.1.3 Хранение сырья.....	66
5.2 Приготовление формовочных масс.....	71

5.2.1 Предварительная обработка сырьевых материалов.....	71
5.2.2 Дозирование материалов.....	78
5.2.3 Помол компонентов шихты.....	79
5.2.4 Обогащение массы.....	92
5.2.5 Получение пресс-порошка.....	96
6 Формование.....	104
6.1 Полусухое прессование.....	105
6.2 Новые методы формирования керамических изделий.....	115
7 Сушка.....	119
7.1 Общие сведения.....	119
7.2 Конструкции сушильных устройств.....	123
8 Глазурование керамических изделий.....	126
8.1 Приготовление глазурей.....	126
8.2 Физико-химические свойства глазурей.....	130
8.3 Способы нанесения глазурей.....	134
8.4 Дефекты глазури.....	141
9 Обжиг керамических изделий.....	143
9.1 Режимы обжига.....	143
9.2 Щелевые печи.....	148
9.3 Поточно-конвейерные линии.....	159
10 Сортировка и упаковка готовой продукции.....	168
10.1 Сортировка и упаковка керамических плиток.....	169
10.2 складирование готовой продукции	173
Список использованных источников.....	174

Введение

В условиях рыночной экономики основным звеном являются предприятия. Именно на этом уровне создается нужная обществу продукция, оказываются услуги и выполняются различные работы. От деятельности предприятия зависит экономическое развитие всего общества, а также благосостояние отдельных людей.

Эффективность работы предприятия и выпуск конкурентоспособной на рынке продукции определяется комплексом вопросов: применение высокопроизводительной техники, внедрение новых технологий, рациональное расходование сырьевых и топливно-энергетических ресурсов.

В пособии раскрываются основные вопросы, связанные с проектированием технологии производства изделий. Проработка рассмотренных в пособии тем поможет студентам более глубоко усвоить теоретические вопросы учебных дисциплин: «Отделочные материалы для строительства и реконструкции зданий», «Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий», сосредоточить свое внимание на основных понятиях и технологических особенностях проектирования производства изделий группы строительной керамики.

В результате изучения данных дисциплин студенты должны:

- а) знать принципы объемно-планировочных решений предприятий по производству керамических изделий;
- б) уметь проводить технологические расчеты; осуществлять обоснование и выбор технологического оборудования;
- в) владеть методикой расчета потребности сырьевых материалов в зависимости от мощности технологической линии, цеха или предприятия в целом; практикой определения режимов работы и регулирования технологических параметров смесительного, помольного и теплотехнического оборудования;

г) иметь представление о методах эффективного использования сырьевых и производственных ресурсов, решения производственных задач по развитию и повышению эффективности производства;

д) приобрести опыт деятельности по созданию учебных проектов по строительству, реконструкции и техническому перевооружению предприятий по производству строительных материалов и изделий, в том числе керамических.

Вопросы, освещаемые в данных курсах, изучаются с учетом специфики применяемых на них сырьевых материалов, аппаратов, машин, технологии и непосредственно связаны со смежными технологическими дисциплинами: строительные материалы, механическое оборудование, стеновые материалы и др.

1 Основные сведения о строительной керамике

1.1 История развития производства керамики

Познание горных пород и минералов относится к величайшим достижениям человечества. В своей жизни мы повседневно имеем дело с теми или иными минералами и горными породами, как правило, не задумываясь над их значением в развитии человечества. Между тем, благодаря своим физическим и химическим свойствам, минералы и горные породы представляют собой важное минеральное сырье, отсутствие которого невозможно себе представить. Горные породы являются базисом всего строительного дела, являясь основой для производства широкого спектра строительных материалов, в том числе и керамических.

Керамика - это изделия и материалы с камнеподобными свойствами, полученными в процессе технологической обработки минерального сырья (как правило, глинистого) и спекании его при высоких температурах. Название «керамика» происходит от греческих слов *keramike* — гончарное искусство и *keramos* — глина. Поэтому под технологией керамики всегда подразумевали производство материалов и изделий с заданными свойствами из глинистого сырья. Однако в последнее время основные приемы технологического процесса изготовления керамических изделий из глиняных материалов получили распространение и в технологии некоторых изделий не из глинистого сырья, например производство изделий из чистых оксидов, металлокерамика и другие. Сегодня под технологией керамики предполагают науку о методах производства изделий из различного минерального сырья путем их формования, сушки и придания им камнеподобных свойств за счет спекания при высоких температурах.

История строительной керамики начинается с древних времен. Ученые считают, что уже в XIII веке до н.э. в ходе строительных работ

использовались декоративные керамические изделия. Уже в IV тысячелетии до н. э., египтяне владели секретом изготовления цветных глазурованных изделий, ассирийцы — цветного глазурованного кирпича и изразцов с рельефом. Древний город Вавилон со всех сторон был окружен высокой стеной, ворота в которой были украшены глазурованным кирпичом. Постепенно это производство стало достоянием Греции, а затем перекочевало и на территорию современной Италии. Мозаичными плитками были покрыты полы домов состоятельных горожан в Древней Греции и Риме.

В XV - XVII веках, в Италии получила развитие майолика, впервые разработанная гончарами Турции, Ирана. Особенностью этой керамики было использование для украшения изделий цветных составов, вкрапление в керамическую основу цветного стекла, ценных камней. На изделиях итальянской майолики преобладала сюжетная роспись. Центром производства итальянской майолики был город Фаэнца, поэтому итальянская майолика получила новое название - фаянс. Итальянская майолика оказала заметное влияние на развитие майолики в других европейских странах - Германии, Франции.

В Европе художественная керамическая плитка стала популярна в XIV-XVII веках. А в середине XVIII века началось ее промышленное производство — открылась первая фабрика по ее выпуску.

В начале XVII века в центре Османской империи была построена Голубая мечеть, в отделке стен которой применялась керамическая плитка с традиционными восточными орнаментами, покрытая голубой глазурью. Красотой и сложностью узора отличаются отделка многоцветной керамической плиткой, кирпичная кладка и мозаичная облицовка зданий в Самарканде, Бухаре и других городах Средней Азии, возведенных в этот период.

В Древнем Китае во II – I тысячелетии до н. э. изготавливалась глазурованная посуда и отдельные сосуды из белой высококачественной глины — каолина, который в I тысячелетии н. э. стал материалом первых

фарфоровых изделий, а затем и современного фарфора.

В Европе о фарфоре узнали в XV - XVI веках, когда венецианские и португальские купцы привезли туда это «китайское чудо». Однако понадобилось более двух веков, чтобы европейцы получили свой фарфор, так как тайна китайского фарфора хранилась очень строго. В 1709 г. в Германии И. Ф. Бётгером был получен первый европейский фарфор, а в 1710 г. был основан первый в Европе фарфоровый завод в г. Мейсене (Саксония). В XVIII в. фарфор получил распространение и в других странах Европы (Франции, Англии, Бельгии, России).

С подражания китайскому фарфору начала свое развитие и белая майолика с синей росписью, производившаяся в XVI - XVIII вв. в Делфте. На территории нашей страны производство керамических изделий возникло за сотни лет до нашей эры. Уже в III - II веках до н. э. люди, населявшие Поволжье и местность в районе рек Москвы и Клязьмы, пользовались глиняной посудой. В Древней Руси на рубеже IX - X веков, гончарное дело приобрело характер ремесла. На гончарном круге изготавливали разнообразную посуду, некоторые сосуды покрывали зеленой глазурью. В XI веке в Киеве был возведен Софийский собор – выдающееся произведение архитектурного творчества. При его строительстве использовался плоский кирпич – плинфа и цветная керамическая мозаика. Керамические изделия применялись также в архитектуре Владимира, Суздаля, Углича. Изразцы были предназначены как украшения для наружных и внутренних стен храмов, дворцов и облицовки каминов и печей, пола. В конце XIV века в России появились декоративные плитки из обожженной глины от мастеров Константинополя и Болгарии. При Петре I изразцы стали применять повсюду в угоду германской культуре и назывались они «кахли». После упадка, вызванного монголо-татарским нашествием, производство керамики возродилось к XIV - XV векам. Главным центром керамического производства стала Гончарная слобода Москвы, где к XVII веку были уже довольно крупные мастерские, производившие посуду (16 видов), игрушки,

светильники и т. п. Помимо бытовых изделий, потребность в которых постоянно увеличивалась, росло производство кирпича, черепицы, отделочных материалов (декоративной плитки, рельефных изразцов и т. п.), которые потреблялись развивающимся строительством, обеспечивали воплощение усложняющихся архитектурных решений.

Первый в России фарфоровый завод был основан в 1744 г. в Петербурге (ныне Санкт-Петербургский фарфоровый завод имени М. В. Ломоносова). Создателем отечественного фарфора был замечательный русский ученый Д. И. Виноградов. В 1766 г. в селе Вербилки под Москвой английским промышленником Ф. Я. Гарднером была создана частная фабрика, которая выпускала столовую и чайную посуду.

Первый завод фаянсовых изделий был построен в 1798 г. в городе Межигорье (Киевская губерния). Позже возникло множество других частных предприятий, из которых самыми крупными в XIX начале XX веков стали заводы М. С. Кузнецова.

В конце XVIII — середине XIX веков бурное развитие металлургической, химической и электротехнической промышленности потребовало резкого увеличения производства шамотных, динасовых и специальных огнеупоров, а также кислотоупорной и электроизоляционной керамики. Эта отрасль керамического производства сегодня одна из крупных топливо- и материалоемких отраслей экономики нашей страны.

В связи с потребностью в специальных материалах для ядерной энергетики, электронной, ракетной и многих других отраслей промышленности разработано обширное количество новых видов специальной керамики, каждый из которых, как правило, обладает уникальными свойствами. Это в первую очередь материалы из чистых оксидов, магнитная керамика, керамика монокристаллов, нитридная и карбидная керамика, металлокерамика и целый ряд других новых материалов.

Таким образом, сегодня в понятие керамические изделия и

керамические материалы входит значительный круг материалов с самыми различными свойствами и назначением - от чисто «керамических» до специальных.

1.2 Классификация керамических изделий

Разработать универсальную классификацию керамических материалов изделий чрезвычайно трудно. В настоящее время практически нет отраслей промышленности, где бы ни применялась керамика в больших или меньших масштабах. Широкое распространение нашла классификация керамических изделий по областям применения их в различных отраслях промышленности, в быту и в художественно-оформительских работах (рисунок 1.1).

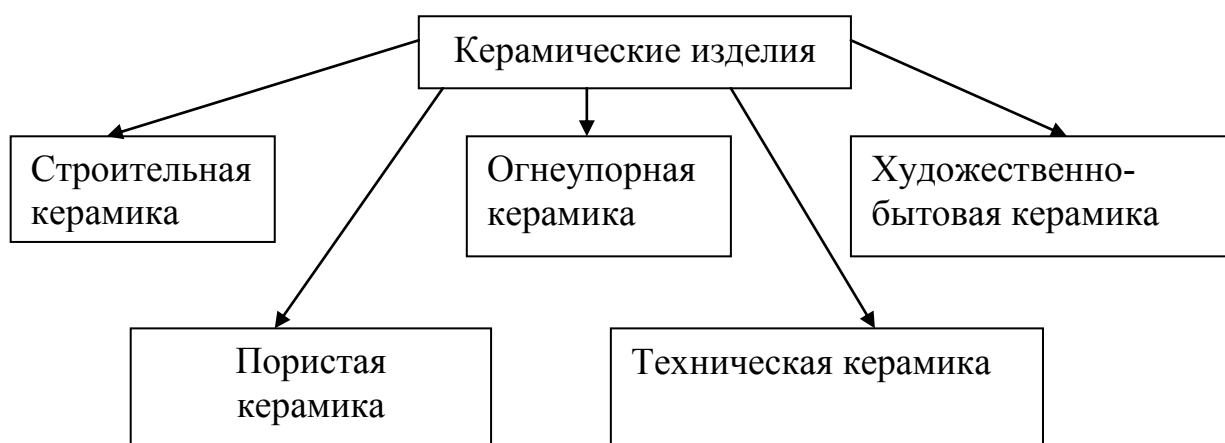


Рисунок 1.1 – Классификация керамических изделий по назначению

Строительная керамика — большая группа керамических изделий, применяющихся в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий. Производство многих из них (керамические трубы, керамические плитки для полов и др.) существовало еще 1500 - 2500 лет назад, а выпуск кислотоупорных изделий, изделий из пористой керамики и некоторых других был организован сравнительно недавно - в XVIII - XIX веках. В настоящее время в России производится более 3 млн. т различных изделий

строительной керамики и эта отрасль промышленности — одна из самых важных в общей системе промышленности строительных материалов.

Изделия строительной керамики — это широкая группа керамических изделий с камнеподобными свойствами, полученных в процессе технологической обработки минерального сырья (в основном глинистого) и используемых в строительстве в виде функциональных изделий (канализационные трубы, санитарные и пористые изделия), отделочных, футеровочных материалов (керамические плитки, кислотоупорные изделия и другие). Долговечность, высокие художественно-декоративные качества, огнестойкость, водонепроницаемость, полное отсутствие токсичности, кислотостойкость определили их широкое распространение в строительстве.

Изделия строительной керамики классифицируют по структуре образующегося после обжига черепка и по составу масс (рисунок 1.2), по конструктивному назначению (рисунок 1.3) и другим признакам [1].

Огнеупорные изделия и огнеупорные материалы способны сохранять свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. В зависимости от степени огнеупорности огнеупоры подразделяют на группы: огнеупорные от 1580 °С до 1700 °С, высокоогнеупорные 1770 °С до 2000 °С, высшей огнеупорности (более 2000°С). В зависимости от химического и минерального состава, а также условий службы огнеупоры подразделяют на кремнеземистые, алюмосиликатные, магнезиальные, магнезиально-известковые, магнезиально-шпинеливые, магнезиально-силикатные, углеродистые, карбидкремниевые, циркониевые, оксидные и бескислородные [2]. Огнеупорные материалы выпускают в виде штучных изделий (кирпич, камни, блоки и другие), порошкообразных масс.

Художественно-бытовая керамика — обширная группа керамических материалов, обладающих высокой механической прочнос-



Рисунок 1.2 – Классификация изделий строительной керамики по составу и структуре черепка



Рисунок 1.3 – Классификация изделий строительной керамики по назначению

тью, высокими декоративными свойствами: белизна, просвечиваемость в тонком слое, блеск и другие. В эту группу входят: керамическая скульптура, декоративно-художественные и сувенирные изделия, фарфоровая и фаянсовая посуда, различные изделия бытового назначения [3].

Техническая керамика - сравнительно новый вид специальных керамических изделий, применяемых в самых различных отраслях промышленности. В основу классификации различных видов технической керамики положен признак наличия в изготовленном изделии определенного вещества, кристаллическая фаза которого преобладает. Такой признак позволяет объединить все существующие виды технической керамики в несколько основных классов. Полная классификация В.Л. Балкевича [4] в соответствии с этими принципами насчитывает 7 основных классов и 28 видов технической керамики.

Изделия технической керамики, как правило, обладают исключительно высокими значениями одного или нескольких физико-химических параметров: огнеупорности, прочности на сжатие, термостойкости, химической стойкости, диэлектрической проницаемости, радиационной стойкости и др. Обжиг изделий производится в основном в электропечах при высоких температурах (до 2000 - 2500 °С). При этом спекание происходит в результате реакций в твердых фазах. При необходимости механическая обработка изделий производится резанием или чаще шлифованием различными абразивными материалами (корунд, карбид кремния, нитрид бора, алмаз).

Пористые керамические материалы. В этой группе в зависимости от состава массы можно выделить шамотно-силикатные, песчано-силикатные и фаянсовые многошамотные пористые изделия. Вследствие вспучивания при обжиге исходного сырья образуется материал со структурой застывшей пены и размером преимущественно замкнутых пор от десятых долей мкм до 0,2 – 0,3 мм.

1.3 Виды изделий облицовочной строительной керамики

1.3.1 Классификация керамической плитки

Основным видом изделий облицовочной строительной керамики является плитка – один из древнейших строительных материалов, насчитывающий тысячелетнюю историю, который, однако, и поныне не только не выходит из моды, но и продолжает совершенствоваться из года в год. Несмотря на появление многих современных отделочных материалов, использование керамической плитки по-прежнему остается наиболее практичным способом создания высоко-декоративной, долговечной поверхности. Благодаря усилиям художников и дизайнеров данный материал, применяемый в облицовке стен и пола, позволяет получить разнообразные декоративные эффекты, например, плитка «под паркет», «под туф», «керамический мрамор» с зеркальной поверхностью, мозаичные панно и многое другое.

Керамическую плитку можно классифицировать по следующим признакам

- 1 По способу производства: прессование, экструзия, литье.
- 2 По числу обжигов:
 - а) плитка однократного обжига (*monocottura* (ит.) - монокоттура);
 - б) плитка двукратного обжига (*bicottura* (ит.) - бикоттура).
- 3 По характеру поверхности: плоские, рельефноорнаментированные, фактурные.
- 4 По виду глазурованного покрытия:
 - а) по степени просвечиваемости керамического черепка: прозрачные и глухие;
 - б) по степени блеска: матовые, полуматовые, глянцевые;
 - в) по тону: одноцветные и декорированные многоцветными рисунками.
- 5 По форме керамической основы: квадратные прямоугольные,

фасонные.

6 По характеру кромок: с прямыми и с закругленными с одной стороны или с нескольких смежных сторон (с завалом).

В настоящее время широко используются следующие виды классификаций керамической плитки, представленные в таблицах 1.1-1.3.

Таблица 1.1 – Классификация керамической плитки по назначению и основным физико-механическим свойствам в соответствии со стандартами

Вид керамической плитки	ГОСТ	Водопоглощение, %	Термостойкость, °С	Морозостойкость, циклы	Истираемость, г/см ²
1	2	3	4	5	6
Керамическая плитка глазуванная для внутренней облицовки стен	6141-91	Не более 16	150-20	-	-
Керамическая плитка для полов	6787-2001	Не более 3,8	-	-	Не более 0,07
Фасадная рядовая керамическая плитка	13996-93	Не более 9-12	-	40	-
Плитки керамические фасадные и ковры из них	13996-93	Не более 5	-	40	-
Плитки керамические литые	13996-93	Не более 16,5	100-20	35	-

Таблица 1.2 – Классификация керамической плитки в соответствии с нормами ISO 13006

Способ формования	Группа I E (водопоглощение) $\leq 3\%$,		Группа IIa $3\% < E \leq 6\%$	Группа IIb $6\% < E \leq 10\%$	Группа III $E > 10\%$
1	2		3	4	5
А (экструзия)	А I		А II a - 1	А II b - 1	А III
			А II a - 2	А II b - 2	
В (прессование)	В Ia	В Ib	В IIa	В IIb	В III
	$E \leq 0,5\%$	$3\% < E \leq 6\%$			

Таблица 1.3 – Классификация керамической плитки в зависимости от состава исходной массы, способа формования и области применения изделий

Тип керамической плитки	Метод формования	Водопоглощение %	Область применения
1	2	3	4
Глазурованная поверхность			
Майоликовая плитка	прессование	15-25	Для облицовки внутренних стен
Коттофорте (<i>Cottoforte</i>)		7-15	Для облицовки полов внутри помещений
Плитка однократного обжига с беложгущей основой		0-6	Для облицовки полов внутри помещений и снаружи

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
Плитка однократного обжига с цветным черепком		0-15	Для облицовки полов внутри помещений и снаружи
Фаянсовая плитка		10-20	Для облицовки полов внутри помещений
Клинкерная плитка	экструзия	0-6	Для облицовки: а) полов внутри помещений и снаружи; б) фасадных стен
Неглазурованная поверхность			
Котто (<i>Cotto</i>)	экструзия	3-15	Для облицовки полов внутри помещений и снаружи
Красный грес (красная керамика)	прессование	0-4	Для облицовки полов внутри помещений и снаружи
Грес «порчелланато» (белая фарфоровая керамика)		0-0,5	Для облицовки: а) полов внутри помещений и снаружи; б) фасадных стен
Клинкерная плитка	экструзия	0-6	Для облицовки: а) полов внутри помещений и снаружи; б) фасадных стен

1.3.1.1 Плитка керамическая для облицовки фасадов

Плитки керамические для облицовки фасадов зданий применяются для облицовки наружных стен зданий, цоколей, лоджий, эркеров, фриз, обрамления оконных и дверных проемов и оформления других архитектурных элементов зданий. Керамические фасадные плитки широко используются также для облицовки подземных пешеходных переходов и проездов для движения транспорта. По своим эксплуатационно-техническим свойствам они обладают высокой атмосферо-, морозо- и цветостойкостью. Физико-механические свойства плиток представлены в таблицах 1.1, 1.3.

Фасадные плитки производят методами прессования из порошкообразных масс (ГОСТ 13996-93) и литья из керамических суспензий, по форме - квадратными и прямоугольными, по размерам - от 21×21 мм и 46×21 мм до 292×192 мм, толщиной от 3 мм (литые) до 4 - 10 мм (прессованные). В последние годы разработано производство крупноразмерной фасадной плитки методом пластического формования размером 600×600×10 мм и 900×900×10 мм.

Наиболее распространены цветные глазурованные плитки, применение которых дает возможность архитекторам обеспечить высокий художественно-эстетический уровень отделки и дать большое разнообразие цветных и архитектурных решений строительных комплексов. В производстве плиток этого типа в основном применяют глухие нефритованные глазури. Ассортимент таких плиток как по цвету глазури, так и по фактуре лицевой поверхности насчитывает более 200 наименований.

Керамические фасадные плитки, изготовляемые методом литья на пористых керамических подставках (лещадках), используют для облицовки фасадов зданий (кроме цоколей, карнизов, выходов из подземных переходов), внутренних стен, а также для монументально-декоративных работ, художественной отделки стен вестибюлей, холлов общественных зданий. Литые плитки выпускают только глазурованными.

1.3.1.2 Плитка керамическая для внутренней облицовки стен

Плитки данного типа применяются для придания отдельным помещениям жилых, общественных и промышленных зданий санитарно-гигиенических и художественно-декоративных качеств, а также для защиты конструкций от влаги и огня.

Керамические плитки глазурованные для внутренней облицовки стен производят методом прессования из фаянсовых порошкообразных масс (ГОСТ 6141-91с изм.) с последующей сушкой, обжигом и декорированием лицевой поверхности ангобом, глазурью, керамическими красками.

По форме плитки бывают: квадратные, прямоугольные, фасонные.

Размеры квадратных плиток - от 100×100 мм до 320×320 мм, толщиной от 5 мм до 6 мм, за исключением плитусных, пирамидальных и рельефных.

По характеру лицевой поверхности плитки различают с гладкой, рельефной, офактуренной и пирамидальной поверхностью. Монтажная поверхность плитки выполняется рифленой.

Плитки глазурованные газо- и водонепроницаемы. Физико-механические свойства плиток представлены в таблицах 1.1, 1.3.

Керамическая плитка сегодня служит полноценным украшением интерьера. Поэтому, обращаясь к ней, следует знать не только о ее эксплуатационных характеристиках, но и о декоративных возможностях. Поскольку стены внутри помещений мало подвержены механическим нагрузкам, то для настенной плитки наиболее важным является эстетический момент. С целью усиления декоративности покрытия применяют фасонные плитки, которые в зависимости от назначения подразделяются на угловые, бордюрные, карнизные и плитусные. Размеры фасонных изделий кратны размерам плитки.

В коллекции настенной плитки как правило входят фоновая (основная) плитка и декоративные элементы (вставки, панно, бордюры).

Простейший декоративный элемент в коллекциях керамической плитки

для стен - одиночная вставка. Это одна плитка с узором или рисунком, отличающимся от фонового, которая оживляет однотонную поверхность и создает на стене цветное пятно. Чаще всего одиночные вставки используют в ванных комнатах и в кухонном «фартуке» (так называют поверхность стены между тумбами и навесными полками кухонного гарнитура). Как правило, вставки для «фартука» соответствуют тематике помещения: обычно на них изображают овощи, фрукты, цветы, пасторальные сюжеты и т.п. Формат кухонных вставок чаще всего небольшой - 10×10 см или 20×20 см.

Вставки для ванных комнат не имеют ограничений по формату, а их темы более разнообразны: различные узоры, античные сюжеты, изображения рыб, кораблей и прочих морских атрибутов. Кроме того, существуют специальные вставки для детских ванных комнат - с персонажами из мультфильмов или забавными зверушками.

Вставки располагают на поверхности стены с определенной периодичностью или, наоборот, хаотично.

Наряду с декоративной функцией отдельные вставки имеют и практическое значение - это так называемые функциональные вставки. Так, к примеру, некоторые фабрики предлагают для оформления ванной комнаты или кухни плитки-крючки и плитки-мыльницы, на которые вешают полотенца, кухонную утварь и т.п.

Декоративное панно - это вставка, как правило, выполненная из двух, трех или более плиток. Однако бывают декоративные панно и из одной плитки, которая по формату больше фоновой плитки коллекции. Панно может представлять собой как законченное «произведение искусства» (картину на керамике или барельеф), так и набираться из отдельных плиток. К декоративным панно относятся и композиции, не имеющие четкой формы и размера. Их называют английским слово «фрисайз» (свободный размер). Как правило, панно - фрисайз состоит из двух-трех плиток с разным рисунком, из которых можно составить вертикальную композицию любой высоты. Например, изобразить на стене колонну, подсолнух или лиану.

Начальный и конечный элемент таких панно имеет строго определенное изображение, а промежуточные плитки абсолютно идентичны. Таким образом, высота колонны (или цветка) определяется количеством средних элементов. Другая разновидность панно - фрисайз выглядит как произвольный рисунок, не имеющий четких границ. Это могут быть, к примеру, россыпи цветов или хаотично расположенные геометрические фигуры. Чтобы добиться такого эффекта, изображение составляют из двух типов плиток. Одни покрыты рисунком полностью, другие - наполовину. В зависимости от количества плиток того и другого типа и их комбинаций панно может иметь совершенно разные вид и форму.

Чтобы завершить плиточную кладку, разделить фрагментально плитку широко применяются керамические фасонные изделия – бордюры. Традиционный бордюр - это узкая горизонтальная керамическая полоска с определенным, как правило, повторяющимся рисунком или рельефом. К одной коллекции настенной плитки может предлагаться сразу несколько бордюров разной ширины, выдержанных в едином стиле, - широкий, узкий, с однотонным или многоцветным рисунком и бордюры-«карандашики». Последние представляют собой узкую выпуклую полоску, которая применяется либо для верхнего слоя плиточной кладки, либо служит дополнением к традиционному бордюру.

Вставки, панно и бордюры позволяют придать интерьеру большее разнообразие, чем это можно было бы получить за счет цвета, рисунка, фактуры или формы плитки.

1.3.1.3 Плитка керамическая для пола

Плитка отличается эстетическими качествами, высокой морозостойкостью, водонепроницаемостью, повышенной износостойкостью, высокой стойкостью к агрессивным средам (таблицы 1.1; 1.3) и используется для настила полов в промышленных, жилищно-бытовых и общественных

зданиях с высокими требованиями:

- к чистоте (больницы, лаборатории, школы, санитарные узлы и др.);
- с возможными воздействиями жиров и других химических реагентов (цеха химических производств, машинные залы, мясокомбинатов и др.);
- с интенсивным движением (лестничные клетки, вокзалы, станции метро, торговые залы и др.);
- а также в помещениях, где материал для полов служит и декоративным элементом в архитектурном оформлении (вестибюли общественных зданий, магазинов, театров).

В соответствии с ГОСТ 6787-2001 плитки для полов производят методом прессования из порошкообразных масс с последующей сушкой, обжигом. По виду лицевой поверхности плитки различают гладкие, тисненые, рельефно-глазурованные, глазурованные, орнаментированные методом шелкографии.

По форме плитки для пола бывают квадратные, прямо- и треугольные, шести- и восьмигранные, с вкладышами и без них. Размеры квадратных плиток могут изменяться от 50×50 мм до 500×500 мм при толщине 10 – 20 мм. Монтажная сторона плитки имеет рифления с высотой выступов до 1,3 мм. Из-за высоких прочностных показателей и морозостойкости плитки толщиной 20 мм широко используются в коттеджном строительстве и ландшафтной архитектуре для устройства тротуаров и открытых площадок. Плитки с размером сторон до 50 мм включительно (48×48, 20×20 мм) относятся к группе изделий, называемых ковровой мозаикой (ГОСТ 6787-2001). Толщина таких плиток для полов 6 мм. Ковровые плитки делятся на два класса – А и Б. Водопоглощение плиток класса А не более 1 %, класса Б – не более 4 %. Потеря в массе при истирании для плиток класса А не более 0,1 г / см², класса Б - не более 0,25 г / см².

По цвету керамические плитки для пола бывают одно- и многоцветные, мраморо- и порфировидные, коврово-узорчатые, рельефно-орнаментированные, что позволяет при настилке полов выкладывать

различные узоры.

По способу декорирования лицевой поверхности плитки различают неглазурованные, частично и полностью глазурованные.

Срок службы плиточного покрытия пола характеризуется двумя показателями: поверхностной твердостью по шкале Мооса и износостойкостью керамических плиток.

Твердость поверхности керамических плиток для полов по шкале Мооса составляет 7-8.

По международному стандарту UNI EN износостойкость керамической плитки для пола измеряется в условных единицах от I до V по шкале PEI и плитка соответственно подразделяется на пять групп по месту применения:

- **Группа 1 (PEI I)** – для мест с небольшим движением, в которых используется мягкая обувь (ванные комнаты, спальни и т.д.);

- **Группа 2 (PEI II)** – для помещений с движением небольшой интенсивности, где ходят в домашней обуви: для квартир, за исключением кухонь, прихожих, лестниц, балконов (полы в жилых комнатах, спальнях, ванных и т.п.);

- **Группа 3 (PEI III)** – для помещений с движением средней интенсивности, в которых ходят в обычной обуви, не имеющей непосредственного доступа с улицы. Керамическая плитка данной группы пригодна для укладки во всех помещениях дома или квартиры, гостиницах, небольших офисах, за исключением мест с большим движением – вестибюли, лестницы в многоквартирных домах и т.п.;

- **Группа 4 (PEI IV)** – для помещений с интенсивностью движения от средней до высокой, подверженных большому истиранию, чем полы в группе 3. Керамическая плитка данной группы пригодна для применения в жилых и общественных помещениях: любые помещения жилых домов, в том числе лестницы и холлы, террасы, балконы, лоджии; залы регистрации гостиниц; рестораны; офисы; магазины и т.п.;

- **Группа 5 (PEI V)** – плитки данной группы пригодны к применению

на участках с движением любой интенсивности и заметно отличаются по износостойкости от группы 4. Используются в общественных помещениях с высокой проходимостью (бары, магазины, супермаркеты, торговые площади, станции метро, вокзалы, аэропорты, парки и т.д.).

Современной разновидностью плитки для пола является керамический гранит, завоевавший интерес у архитекторов, дизайнеров, строителей высокой декоративностью, прочностью, износостойкостью, морозостойкостью и другими свойствами. Применяется для наружной и внутренней отделки жилых, общественных, промышленных зданий.

Процесс производства керамического гранита (система двойной подачи пресс-порошков разного оттенка, зерен окрашенных и неокрашенных стекловатых частиц; формование методом прессования из порошкообразных масс при давлении около 500 кгс/см^2 ; последующий обжиг в щелевых роликовых печах при температуре порядка от 1250°C до 1300°C идентичен процессу структурообразования горной породы, происходящий на протяжении многих тысячелетий.

2 Состояние и тенденции развития промышленности отделочной керамики

2.1 Современное состояние производства

Керамические изделия относятся к самым древним строительным материалам, чему способствовало широкое распространение доступного, сырья - глины и их высокая технологичность. Обладая высокими декоративными качествами, керамические изделия характеризуются высокими эстетическими, гигиеническими и эксплуатационными свойствами, имеют сравнительно малую массу и меньшую стоимость, по сравнению с природным камнем. Это издавна определило широкое

использование керамики как полихромного декоративного материала для создания орнаментальных композиций, применяемых и в настоящее время в облицовке зданий, как в гражданском, так и в промышленном строительстве.

Несмотря на определенные успехи, достигнутые в области увеличения производства декоративно-отделочной керамической продукции, расширения ассортимента и улучшения качества, на основе внедрения в промышленность новых технологических процессов и современных видов оборудования, производство керамических плиток в России отличается высокой концентрацией в Центральном федеральном округе. Здесь выпускается 46 % плиток для внутренней облицовки стен и 62 % плиток для пола.

Керамические изделия, производимые на большинстве «старых» отечественных предприятиях, характеризовались довольно низким качеством и узким ассортиментом. Тем не менее, продукция этих предприятий вследствие невысоких цен находила сбыт на местных рынках. В начале 90-х годов производство керамических облицовочных покрытий сократилось подобно всей отрасли строительных материалов. Однако вследствие финансового кризиса 1989 года и последующей девальвации рубля «старые» российские керамические предприятия активно перевооружаются и модернизируются, строятся новые предприятия на основе передовых технологий и оборудования. Основным направлением развития промышленности строительной керамики на ближайшую перспективу является значительное расширение выпуска керамических плиток в Северо – Западном, Южном, Приволжском и Уральских федеральных округах.

Особенно важно для промышленности отечественной строительной керамики и строительства в целом решение вопросов повышения качества продукции; декоративности облицовочных изделий, расширения ассортимента выпускаемой продукции, в том числе за счет организации производства эксклюзивных изделий.

Качество керамических изделий определяется свойствами исходного сырья и составом шихты, а также способами подготовки и формования,

условиями обжига - температурой, длительностью, газовой средой [5].

В настоящее время в керамической промышленности и, в частности, на поточно-конвейерных линиях, при производстве облицовочных плиток используются поликомпонентные искусственные смеси, состоящие из глинистых материалов (глины различного химико-минералогического состава, каолины) и добавок.

Производство строительной керамики - крупный потребитель глинистого сырья. Однако, как и другие осадочные породы, глины отличаются большой неоднородностью и пестротой состава, минералогический состав их очень разнообразен. Иногда состав и свойства сырья существенно меняются даже в течение одной рабочей смены, что создаёт большие трудности в управлении производством и качеством изделий. В то же время глины являются единственными горными породами, обеспечивающими приготовление текучих (литейных), пластичных керамических масс и прессовочных порошков [6], поэтому до настоящего времени они используются в качестве основного компонента в керамическом производстве. Так содержание глинистых материалов в массах, применяемых на поточно-конвейерных линиях в производстве облицовочных плиток, составляет не менее 30 % [1, 5]. При намеченном увеличении объема производства основных видов изделий, изготавливаемых промышленностью строительной керамики, потребность в глинах к 2015 году, по сравнению с 2000 годом, возрастет приблизительно на 35-40 % [7]. Наиболее крупные месторождения высококачественного сырья: глин, каолинов, полевых шпатов, пегматитов, расположены в Европейской части России, что вызвало высокую концентрацию промышленности керамических плиточных материалов в данных регионах нашей страны. Районы Урала, Сибири и др. значительно удалены от основного, традиционного сырья, транспортирование его дорого, что обусловило практически отсутствие в этих областях заводов по производству декоративно-отделочной керамики и острый недостаток в отечественных изделиях данного типа.

Таблица 2.1 - Размещение наиболее крупных плиточных предприятий на территории РФ

Наименование предприятия	Место расположения
1	2
ЗАО «Велор»	Орловская область
ОАО «Волгоградский керамический завод»	Волгоградская область
ЗАО ПКФ «Воронежский керамический завод»	Воронежская область
ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат»	Белгородская область
«Экспериментальный керамический завод»	Московская область
ОАО «Нефрит-Керамика»	Ленинградская область
ОАО «Завод керамических изделий	Свердловская область
АООТ «Сокол»	Московская область
ОАО «Стройфарфор»	Ростовская область
ООО «Кучинский керамико-плиточный завод»	Московская область
ЗАО «Контакт»	Ленинградская область
ЗАО «Кварц»	Ленинградская область
ЗАО «Псковкислотоупор»	Псковская область
ЗАО «Чебоксарская Керамика»	Чувашская Республика
ЗАО «Глебычевский керамический завод»	Ленинградская область
ООО «Основное Производство»	Московская область
ОАО по производству стройматериалов «Гнездово»	Смоленская область
ЗАО «Пиастрелла»	Свердловская область
ОАО «Буньковский завод керамических изделий»	Московская область
ЗАО «Ангарский керамический завод»	Иркутская область

Продолжение таблицы 2.1

1	2
ОСООО «ТОПАЗ-Керамика»,	Самарская область
ЗАО «ИталБашКерамика»	Республика Башкортостан
ОАО «Тверьстекло»	Тверская область
ЗАО «Томский завод керамических материалов и изделий»	Томская область
ЗАО «Кировский Стройфарфор»	Калужская область
ОАО «Липецкий завод»	Липецкая область
ООО ОП «Красноярскстрой-Материалы»	Красноярский край
ООО «Махалинское»	Пензенская область
ОАО «БЭЗ»	Московская область

Большое значение в производстве имеет способность глин при обжиге уплотняться с образованием твердого камнеподобного черепка - спекаться. Высокое содержание глинистых компонентов в керамической массе приводит к ухудшению фильтрационных свойств шликера и большим усадочным деформациям, полная усадка изделий увеличивается до 15,0 % [1, 3]. Легкоплавкие глины, наиболее часто употребляемые в производстве строительной керамики, характеризуются узким интервалом спекания - от 30°С до 90 °С, что затрудняет технологический процесс. Регулирование свойств глин, процессов сушки и обжига изделий в настоящее время на керамических заводах осуществляют корректировкой состава шихты, применением добавок различного назначения, что приводит к увеличению числа компонентов шихты до 7-8 наименований и усложнению технологии производства. Поэтому важное значение в настоящее время имеет уменьшение количества глины в шихте вплоть до полной замены ее другим минеральным сырьем, снижение поликомпонентности керамических масс.

Стабильность производства, высокое качество продукции, получение

материала с заранее заданными свойствами обеспечивается предварительным подбором и расчетом сырьевой искусственной смеси, в качестве компонента которой могут быть использованы местные попутные продукты промышленности, обладающие постоянством объема в процессе сушки [8, 9, 10]. Поэтому керамические массы можно рассматривать состоящими из двух компонентов - грубозернистого (наполнителя) и мелкозернистого (глины). Наполнитель составляет от 65 % до 75 % по массе и образует жесткий скелет, мало вовлекаясь в физико-химические процессы обжига, что позволяет снизить полную усадку изделий до 1,5 - 2,0 %.

Глина, содержащаяся в количестве от 25 % до 35 % по массе, играет роль технологической связки, придающей шихте подвижность, позволяющую формировать изделия и активно участвует в процессах спекания.

Особенности технологических переделов керамического производства - подготовки исходных материалов шихты, формирования изделий, сушки, обжига и декоративной отделки вызваны разнообразием свойств и составов сырья, необходимостью получения изделий, удовлетворяющих требованиям стандартов как по физико-механическим показателям, так и по товарному виду. Различают пластический, полусухой и шликерный способы подготовки масс.

Основные сырьевые материалы поступают на переработку в виде кусков (кроме песка), в зависимости от величины которых на заводах применяют грубое, среднее и мелкое дробление, грубый и тонкий помол [1, 3]. Выбор дробильно-помольного оборудования определяется физическими свойствами материала и требованиями, предъявляемыми к продуктам размолла. Механические процессы измельчения материалов завершает тонкий помол, который может осуществляться двумя способами: сушильно-помольным и шликерным.

В производстве тонкокерамических изделий наиболее широко применяется мокрый помол в шаровых мельницах периодического действия. Помол материала в водной среде ускоряет процесс разрушения, чему

способствует высокая гидрофильность размалываемых материалов [1, 11]. Добавление электролитов и поверхностно-активных веществ в количестве 0,5-1,0 % активизирует расклинивающее действие воды. Это улучшает смачивание поверхности частиц, усиливая давление в микротрещинах и снижая свободную поверхностную энергию частиц. Наряду с адсорбционным понижением прочности, насыщением свободных связей измельченного материала и дезагрегирующим действием воды, повышается удельная энергия удара шаров ввиду меньшего амортизирующего действия водной суспензии по сравнению с действием порошков в слое при сухом помоле материалов. Сказанное выше подтверждает большую интенсивность мокрого измельчения каменистых материалов в шаровой мельнице по сравнению с сухим от 35 % до 45 % [12].

Однако технология получения пресс-порошка при мокром тонком помоле сырья более энергоемка. На него приходится от 60 % до 65 % от общего расхода электроэнергии на приготовление массы и только 15 % затрачиваемой энергии совершают полезную работу.

Шликерные массы, получаемые в шаровых мельницах, зачастую не удовлетворяют требованиям производства, характеризуясь высокой относительной влажностью порядка 55-70 %, низкой текучестью. Это увеличивает трудовые и энергетические затраты, а в производстве майоликовых изделий приводит к увеличению продолжительности набора массы изделий и значительному увлажнению гипсовых форм.

Сушка керамических суспензий при скоростном обжиге керамических облицовочных плиток осуществляется в распылительных сушилках. Получаемый при этом пресс-порошок достаточно стабилен по своим свойствам, однако, расход энергии при сушке составляет 1900 МДж / т пресс-порошка.

Поиск более эффективных способов измельчения каменистых материалов, отказ от использования в смеси дефлокулянтов, трудоемкость и периодичность работы оборудования на участке массоприготовления при

мокрое измельчение, необходимость установки большого количества помольного оборудования для увеличения производительности приводят к использованию сухого способа помола сырья и получения пресс-порошков [13, 14]. Этот способ помола материалов в настоящее время еще не нашел широкого применения в производстве фарфорофаянсовых изделий. Публикации об экономичности сухой схемы подготовки масс противоречивы [15, 16]. Однако опыт отдельных керамических заводов (отечественных и зарубежных) подтверждает целесообразность его использования.

Для сухого тонкого измельчения применяют струйные мельницы, при помоле в которых практически к минимуму сводится загрязнение материала, обеспечивается его высокая однородность, достигается остроугольная форма частиц. В некоторых типах роторных мельницах, сочетаются функции помола и сушки. Преимуществами помольно-сушильных установок являются универсальность, высокая степень измельчения, максимальное использование теплоты нагретого в сушильной камере воздуха. Расход тепла при сухом способе получения пресс-порошка составляет около 35 % от количества тепла, затрачиваемого при мокром способе. Экономия топлива по сравнению с распылительными сушилками может достигать 70 % [16]. В то же время расход электроэнергии, потребляемой струйными мельницами, почти в 10 раз больше, чем при использовании шаровых мельниц [1].

При сухом способе помола в получаемом порошке содержится до 90 % частиц размером менее 60 мкм. Прессование таких тонкодисперсных порошков осложняется их низкой текучестью, плохим заполнением пресс-форм и явлением перепрессовки, имеющим место при затруднении удаления воздуха из порошков при прессовании. При обжиге плиток наблюдается неравномерная усадка и образование трещин. Поэтому технология сухого помола связана с последующим гранулированием и сушкой тонкодисперсных порошков в турбогрануляторах, что приводит к снижению содержания мелких фракций до 20 % и повышению текучести пресс-порошков.

Таким образом, сухой и мокрый способы тонкого помола каменистых материалов наряду с достоинствами имеют и ряд существенных недостатков. Сегодня в нашей стране в производстве керамических плиток используется технология, предусматривающая мокрый способ приготовления пресс-порошков. Этот способ наиболее надежен при использовании глин, отличающихся непостоянством состава, и обеспечивает наибольшую однородность многокомпонентной шихты.

Широкое распространение в начале 80-х годов получил метод пластического формования керамических плиток, при котором формируется плоская горизонтальная лента с последующим вырубанием с помощью фасонного штампа плиток различных форм и размеров. Обжиг осуществляется в челночных или туннельных печах для кристаллизации глазури и получения требуемой фактуры поверхности. В случае экструзионного формования, когда составы смесей и глазурей позволяют осуществить скоростной обжиг, используют роликовые печи. Стоимость плиток находится на том же уровне, что и плиток полусухого прессования.

Преимущества метода являются возможность формирования рустированной и профилированной поверхности, получение плиток небольшой толщины, различных размеров и форм, отсутствие специальной обработки смеси и приготовления пресс-порошка; сырьевые материалы только измельчают, что делает этот способ формования более дешевым и простым по сравнению с полусухим прессованием.

В последние годы внедряется новая технология, позволяющая расширить сырьевую базу для производства отделочной керамики и получать на основе широко распространенного местного сырья (суглинка) полиминерального состава с высоким содержанием кремнезема (до 75 %) , в том числе свободного кварца - до 65 %, и техногенных отходов, содержащих около 20 % оксида алюминия, клинкерной керамики.

Большое влияние на качество изделий оказывает сушка. Это не только важный теплофизический, но и технологический передел, на котором должно

обеспечиваться удаление влаги в кратчайшие сроки с минимальными затратами при удовлетворении технологических требований. На основании проведенных исследований [20, 22, 23] разработаны скоростные сушильные установки для изготовления плиток методом пластического формования (начальная влажность 20 %) с продолжительностью сушки от 1,5 до 2,0 часов, а для плиток полусухого прессования – от 7 до 30 минут. Минимальное время сушки достигается благодаря теплопередаче путем смешанного излучения: инфракрасного и микроволнового. Важной особенностью сушки с использованием инфракрасного излучения является то, что воздух не участвует в теплообмене, не вызывая преждевременного высыхания поверхностных слоев изделий, усадка происходит равномерно и не приводит к появлению напряжений в изделиях - коробления, трещин. Одновременно может быть значительно снижена температура воздуха в сушилке.

Требуемые свойства облицовочных керамических изделий достигаются в результате сложных физико-химических процессов, протекающих при нагревании изделий до высоких температур порядка от 800 °С до 1400 °С. Обжиг отформованного и высушенного полуфабриката является основным процессом производства. На данном этапе непрочный конгломерат из слабо связанных частиц превращается в прочное монолитное изделие с заданными свойствами [17]. Этот технологический передел осуществляется в обжиговых печах по специально разработанным режимам.

Интенсификация процесса спекания и снижения температуры обжига могут быть достигнуты введением в массы и глазури флюсующих добавок. Полевые шпаты, пегматиты и подобные им плавни не могут обеспечить образование низкотемпературных эвтектик при скоростном обжиге. При этом возникает задача поиска новых эффективных минерализаторов.

Одним из важных направлений исследований в отделочной керамике является разработка новых приемов в декорировании поверхности плиток. Так некоторые виды плиток для полов подвергают дополнительной

обработке - их поверхность на специальных автоматических линиях пропитывают воском или маслом с целью получения "полированной" поверхности, растворами солей для получения поверхности, отталкивающей частицы пыли. Иногда для получения плиток различных оттенков используют окрашенный воск, реакционноспособные краски и глазури. Новым приемом в декорировании является создание на облицовочных плитках объемных рельефов, покрытых глазурью того же цвета, но, в противоположность основному тону, с матовой или блестящей поверхностью.

В начале 80-х годов 20 века в Англии, ФРГ, Франции, США начали производство крупноразмерных облицовочных плит, которые могут изготавливаться прямоугольной и квадратной формы размером до 1 метра и толщиной 1,5 - 2,0 мм.

В целях повышения качества продукции, расширения ее ассортимента, в керамической промышленности все шире применяются микрокомпьютеры и промышленные роботы, позволяющие регулировать как отдельные технологические переделы, так и управлять всем производством в целом.

В 2000-х годах разработаны технологии для производства нового керамического материала – керамического гранита, декором для которого служат не глазури, а сам пресс-порошок, формирующий плитку на стадии прессования. При традиционной загрузке прессов удается получить изделия, напоминающие по структуре и физико-механическим свойствам природный камень. Для расширения декоративных свойств керамогранита изделие может изготавливаться в одну стадию или две стадии: на первой стадии при небольшом давлении (от 2 до 2,5 ктс/см²) формируется основа. Она поступает на линию декорирования (наносятся сухие цветные пресс-порошки), а затем все изделие подвергается вторичному прессованию при давлении до 21 - 25 МПа и обжигу при температуре до 1300 °С до полного спекания без остекловывания поверхности. Для получения специальных изделий сложной формы разработана технология получения экструдированного керамического гранита.

На стадии глазурования можно получить крапчатость, наносить рисунок по трафарету с помощью цветных паст, содержащих хромофорные соли, или растворимыми комплексными солями металлов. Осаждающиеся оксиды проникают в поверхностные слои изделия и реагируют с веществами массы, создавая новые цветовые эффекты. На изделия после сушки или бисквитные заготовки можно нанести последовательно от 4 до 5 трафаретных рисунков с использованием последнего для полирования после обжига.

В настоящее время полирование различают предварительное и на стадии после политого обжига. Первый метод предназначен для сохранения текстуры основного материала на выступающих частях плитки. При этом нанесенный слой глазури полностью удаляется с поверхности рельефа, оставаясь только в его нижних частях. Второй метод получения полированной поверхности керамического гранита – дорогой и престижный, так как производится после обжига. При этом законченные изделия имеют блестящие выпуклые участки с эффектом «глубины» плотного стеклообразного слоя, защищающего лежащий под ним узор.

Керамический гранит можно разрезать на маленькие частицы мозаики, перекрашивать и повторно обжигать для использования в отделке интерьеров и экстерьеров зданий. Метод повторного обжига применяется также для получения полированного керамического гранита изогнутой формы, например, для облицовки колонн, арочных элементов конструкций.

Альтернативой традиционному методу нанесения рисунка трафаретным способом является технология компьютерной графики. Она позволяет переносить практически любые художественные изображения на любые поверхности изделий, даже сильно структурированные, создавая репродукции размером от 60×60 см вплоть до 20×20 м, без ограничения размеров. При этом изделия из керамического гранита можно использовать, например, для облицовки станций метрополитена.

В стадии после обжига поверхность керамического гранита (как

структурированную, так и полированную) можно подвергнуть легкой абразивной обработке. В результате этой операции получают эффект рельефа. Такая плитка удобна для создания декоративных полос при облицовке пола или стен.

В последние годы разработана установка для механической обработки поверхности плитки, имитирующая эффект выветривания под влиянием времени за счет комбинации грубой поверхности с блестящей. Сочетание новаторства и традиций расширяет декоративные возможности керамической плитки, позволяет получить изделия, имитирующие древние культуры. Комбинация плитки с неровными краями; противоскользящей поверхностью, искусственно «состаренной»; мягким, слегка «потертым», рисунком в сочетании с мозаичными бордюрами позволяет создать динамичные и стилизованные «под старину» интерьеры.

Современные технологии позволяют получить плитку, поверхность которой имитирует структуру, цвет и рисунок натурального дерева (махагони, дуб, орех, черный палисандр и другие), природного камня, металл, ткань. «Керамический паркет» с мозаичными декорами из различных «пород дерева» может применяться в отделке полов как в жилых, так и в общественных зданиях.

Среди новейших способов изготовления декорированной керамики выделяется технология резания водяной струёй. Струя воды, смешанная с абразивным порошком, выбрасывается из сопла под давлением. Это способ позволяет проводить резку с погрешностью в одну десятую миллиметра. Технология широко применяется при изготовлении индивидуальных мозаичных эмблем, для изображения людей, животных, пейзажей, геометрических фигур.

Таким образом, анализируя современное состояние промышленности декоративно-отделочной керамики можно отметить, что высокие темпы роста объемов строительства, возросшие требования архитекторов, населения обуславливают необходимость расширения ассортимента, повышения

качества и увеличения объемов производства облицовочных керамических изделий. Однако, нехватка традиционного сырья, трудности отдельных технологических переделов производства, связанные с отсутствием высококачественного сырья, многокомпонентностью масс, ограниченностью эффективных понизителей вязкости, ведут к получению керамических изделий низкого качества, сдерживая развитие этой отрасли строительных материалов.

Одним из направлений решения проблем, существующих в керамической технологии, снижении энергоемкости производства и трудозатрат, является получение малокомпонентной керамической шихты на основе природных тонкомолотых материалов, в качестве которых может быть использовано нетрадиционное техногенное сырье - попутные продукты горно-обогатительных комбинатов. При этом основные переделы плиточного производства (формование, сушка, обжиг) остаются без изменения.

2.2 Рынок керамической плитки в России, его особенности и перспективы развития

С давних времен и до настоящего времени в России широко используются в строительстве разнообразные виды изделий декоративно-отделочной керамики. В современных условиях изделия этой группы керамики используются в основном в качестве лицевого слоя в энергоэффективных конструкциях комбинированных панелей, кладок, навесных вентилируемых фасадах, для отделки интерьеров. Использование керамических отделочных материалов позволяет получить не только отделку зданий очень высокого качества, но и экономить средства на ремонтные работы, что в конечном итоге приводит к экономии производства, несмотря на их относительно высокую стоимость. На фоне общего увеличения объема производства строительной керамики, связанного с ростом массовой застройки и индивидуального строительства, в подотрасли отделочной

керамики стоит проблема улучшения качества и расширения ассортимента керамических изделий. Развитие отечественной декоративно-отделочной строительной керамики сдерживается отсутствием запасов высококачественных глин в стране, а также отсутствием зачастую и технологий, позволяющих получить конкурентоспособную продукцию из низкосортного сырья. В настоящее время эта проблема в подотрасли керамических материалов чаще всего решается за счёт повышения эффективности производства путём ввода новых мощностей с передовыми технологиями, чаще иностранного происхождения; совершенствования действующих на предприятиях технологических линий; замены оборудования; вовлечения в процесс производства добавок различного назначения, а также нетрадиционных видов минерального сырья, использование которого стало рентабельным благодаря разработке эффективных технологий или дополнительного исследования свойств сырья. Керамическая промышленность успешно может решать экологические проблемы многих предприятий металлургического, энергетического, химического и других профилей, поскольку одна из немногих может в больших количествах перерабатывать отходы производства других отраслей промышленности в экологически безопасную продукцию. В течение последних десятилетий отмечается стабильный рост мирового производства и потребления керамической плитки. Особенно заметен рост производства керамической плитки в азиатском регионе. Азиатские производители занимают уже более 52 % мирового рынка плитки. Первое место среди стран - производителей занимает Китай, объем его производства составил треть мирового выпуска плитки. На территории страны действует около 2,5 тысяч предприятий, выпускающих более 2 млрд. м² плитки в год.

В последнее десятилетие Китай стал основным конкурентом традиционным производителям плитки – Испании и Италии, что связано с низкой себестоимостью плитки (в 2005 г средняя стоимость китайской плитки составила 4,8 евро за м², в то время как стоимость итальянской

плитки составила 9,8 евро за м²).

В настоящее время импорт продолжает играть важную роль на российском рынке керамической плитки и составляет почти 30 % от объемов продаж в РФ. Потребителям в России предлагается продукция около 400 производителей плитки, российских из них только 30. Данные таможенной статистики показывают, что основной объем импорта керамической плитки приходится на пять стран: Италия, Испания, Польша, Китай и Беларусь.

Однако в последние годы рынок керамической плитки активно развивается, причем, во многом за счет роста отечественного производства. В течение последних трех лет снизились доли практических всех крупных стран-экспортеров декоративно-отделочной керамики на российский рынок, за исключением Китая. Его доля за последние три года выросла почти в три раза.

Одним из основных потребителей керамической плитки было и остается жилищное строительство. Его объемы и темпы роста по различным регионам, изменения по формам собственности, новые тенденции в градостроительстве и архитектурно - планировочных решениях в значительной мере определяют региональную структуру спроса на различные виды декоративно-отделочной керамики.

Помимо жилой застройки, весьма активным сегментом рынка керамической плитки является строительство и реконструкция объектов деловой и торговой сферы (офисы, банки, рестораны, магазины).

Согласно принятой в РФ статистической отчетности, Госкомстат РФ располагает данными о производстве в России керамической плитки в следующей сегментации:

- плитка глазурованная для внутренней облицовки стен – 58 %;
- плитка керамическая для полов – 25 %;
- плитка керамическая фасадная, преимущественно в виде керамического гранита – 17 %.

В настоящее время на территории России действует 32 предприятия,

выпускающих керамическую плитку, из них наиболее крупными являются 27 (таблица 2.1), производительность остальных заводов является очень низкой и составляет менее 200 тыс. м² в год.

В течение 2002-2005 годов структура российского производства по видам керамической плитки изменилась коренным образом. К настоящему моменту в структуру выпуска прочно вошел и ежегодно увеличивает свою долю керамогранит. Поэтому выпуск традиционной фасадной плитки резко сократился и сегодня составляет порядка 1 % от общего объема выпуска.

Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД) предполагает подразделение керамической плитки на две крупные группы: плитка керамическая глазурованная и плитка керамическая неглазурованная. По данным Госкомстат РФ, неглазурованной плитки продается больше (55 %), чем глазурованной (45 %).

В настоящее время отмечается стабилизация работы предприятий по производству плитки, о чем свидетельствует тот фактор, что более 75 % выпускаемой в Российской Федерации плитки является продукцией мирового уровня [7].

Экспортные поставки России по своим объемам не сопоставимы с импортными поставками, однако, начиная с 2002 года отмечается заметный рост российского экспорта. Практически все отечественные керамические заводы поставляют свою продукцию не только в разные регионы нашей страны, но и в ближнее зарубежье. Основными импортерами керамической плитки из РФ являются три страны: Казахстан (44 %), Украина (22 %), Беларусь (17 %), на их долю приходится 83 % поставок. 17 % составляют поставки плитки из других стран.

Таким образом, анализ состояния и динамики развития керамической плиточной промышленности свидетельствует о стабильности роста отечественной промышленности и увеличении выпуска конкурентоспособной продукции, что неизбежно связано с расширением базы сырьевых материалов и вовлечение в керамическое производство

нетрадиционных видов техногенного сырья.

3 Сырьевые материалы

3.1 Сырьевые материалы для производства керамических масс

Сырьевые материалы, применяемые в производстве изделий строительной керамики, можно объединить в четыре основные группы: пластичные, отощающие, плавни и специальные добавки. В первые три группы входят материалы природного или искусственного происхождения. Их минеральный состав, свойства зависят от условий образования, возраста и других факторов и могут изменяться для различных месторождений, а также в пределах одного определенного месторождения. Добыча природных материалов осуществляется преимущественно открытым способом, и даже в случае высокого качества сырья подземные разработки, как экономически затратные, неприменимы.

Экономическая целесообразность определяется также и необходимостью обогащения природного или техногенного сырья. В производстве изделий строительной керамики обогащению на месте добычи подвергаются только каолины и некоторые виды полевых шпатов. Для повышения качества готовых изделий целесообразно организовывать обогащение глин ряда месторождений, так как высокая степень их засоренности различными включениями затрудняет технологический процесс производства и приводит к значительному снижению качества готовой продукции. Однако по различным причинам в настоящее время строительство обогатительных фабрик даже на крупных месторождениях глин не планируется.

Пластичные материалы - основной компонент шихты в производстве изделий строительной керамики. К ним относятся: глины, каолины различного химического и минералогического составов, монтмориллонит,

гидрослоуды. Все глинообразующие минералы являются гидроалюмосиликатами. Важными свойствами данных материалов для производства изделий строительной керамики являются: пластичность, набухание, дефлокуляция (разжижаемость) при смешивании с водой, спекаемость, огнеупорность, воздушная и огневая усадки и др.

При смешивании с водой глина, увеличиваясь в объеме, становится пластичной, оставаясь такой до тех пор, пока количество воды не станет больше некоторой критической величины. После этого наступает текучее состояние, и глиняное тесто переходит в суспензию. Этот момент наступает значительно быстрее и при добавлении меньшего количества воды, если в систему ввести небольшое количество разжижающих (пептизирующих) добавок – *электролитов*. Наиболее часто применяются в качестве электролитов растворимые соли натрия в виде жидкого стекла, технической соды, орто- и пирофосфата натрия, углещелочного реагента (УЩР) и др.

В технологии строительной керамики предпочтение отдается глинам, характеризующимся лучшей разжижаемостью. Так как при прессовании и сушке из суспензии необходимо удалить лишнюю влагу, то шликеры с меньшей влажностью экономически более выгодны и позволяют получить полуфабрикат с улучшенными свойствами.

Отощающие материалы – это добавки к пластичным материалам в составе керамических массах, позволяющие регулировать их структурно-механические и технологические свойства. К ним относятся кремнеземистые материалы (жильный кварц, кварц из пегматитов, кварцевые пески и др.), шамот, дегидратированная глина, череп (бой) глазурованных и неглазурованных изделий.

С целью получения необходимого количества стеклофазы в обожженном материале, снижения температуры обжига керамических изделий в рецептурах масс и фритт для различных глазурей используется добавка ***плавней***. К ним относятся легкоплавкие материалы или те, которые, вступая во взаимодействие с другими компонентами, образуют легкоплавкие

соединения. В настоящее время применяются плавни различные по происхождению: природные (полевые шпаты, перлиты, нефелины, пироксилиты) и искусственные (стекло, шлаки ТЭЦ и металлургических комбинатов, попутные продукты горно-обогатительных комбинатов). При производстве керамических плиток по технологии скоростного однорядного обжига в щелевых роликовых печах количество плавней в керамических массах резко увеличено.

3.2 Материалы для декорирования изделий

3.2.1 Сырье, составы и свойства глазурей

Глазурью называется тонкий (0,1 - 0,3 мм) стекловидный слой, нанесенный на поверхность керамических изделий и закрепленный на ней обжигом.

Глазурь (эмаль) придают блеск и усиливают декоративность керамических изделий, снижают влагопроницаемость, предохраняют от загрязнения, действия кислот и щелочей. Правильно подобранная глазурь повышает прочность керамических изделий. Наносят глазурь на изделие в виде суспензии, содержащей тонкомолотые компоненты, нерастворимые в воде, с последующей высокотемпературной обработкой. В результате на поверхности изделия образуется тонкое стекловидное покрытие.

Готовят глазурную суспензию из сырья, которое используется для приготовления керамических масс: кварц, полевой шпат, каолин. Однако основные материалы характеризуются минимальным содержанием примесей и количество легкоплавких компонентов в глазурях больше, чем в керамических массах.

Основной стеклообразующий оксид – *кремнезем* SiO_2 – вводится в состав глазури в виде кварца, кварцевого песка, а также с пегматитом, каолином и глиной. Увеличение содержания кремнезема снижает

температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) глазурного слоя, увеличивает механическую прочность, повышает температуру плавления и вязкость глазури.

Оксид алюминия Al_2O_3 (глинозем) вводят в состав глазури с глиной, каолином, полевым шпатом, пегматитом. Введение глинозема в состав глазури повышает ее вязкость, эластичность, снижает склонность к образованию микротрещин (цеку) и ТКЛР, улучшает упругость и химическую стойкость, увеличивает стойкость к действию высоких температур, но ухудшает равномерное распределение глазури по поверхности изделия (розлив).

Оксид бора B_2O_3 – вводится в состав глазури в виде буры или борной кислоты и придает глазури блеск, снижает кислотостойкость и склонность к цеку, повышает термостойкость и уменьшает ТКЛР глазури.

Также в состав глазури вводятся оксиды титана, циркония, кальция, магния, натрия, калия, лития, стронция, бериллия, свинца, бария, цинка и др.

Классификация глазури по технологическим признакам представлена на рисунке 3.1.

Сырые или нефриттованные глазури – это многокомпонентная смесь (таблица 3.1), не реагирующая с водой и не растворяющаяся в ней. В большинстве случаев приготавливают прямым смешиванием компонентов и последующим тонким помолом их в шаровых мельницах периодического действия мокрого помола. Сырые глазури, как правило, тугоплавкие. Температура розлива их изменяется от 1250 °С до 1400 °С). Применяют для глазурования преимущественно фарфора.

Легкоплавкие глазури, как правило, фриттованные, то есть смесь компонентов глазури предварительно сплавляют (фриттуют) при температуре от 1200 °С до 1300 °С в специальных фриттоварочных печах с последующим охлаждением расплавленного стекла в проточной воде.

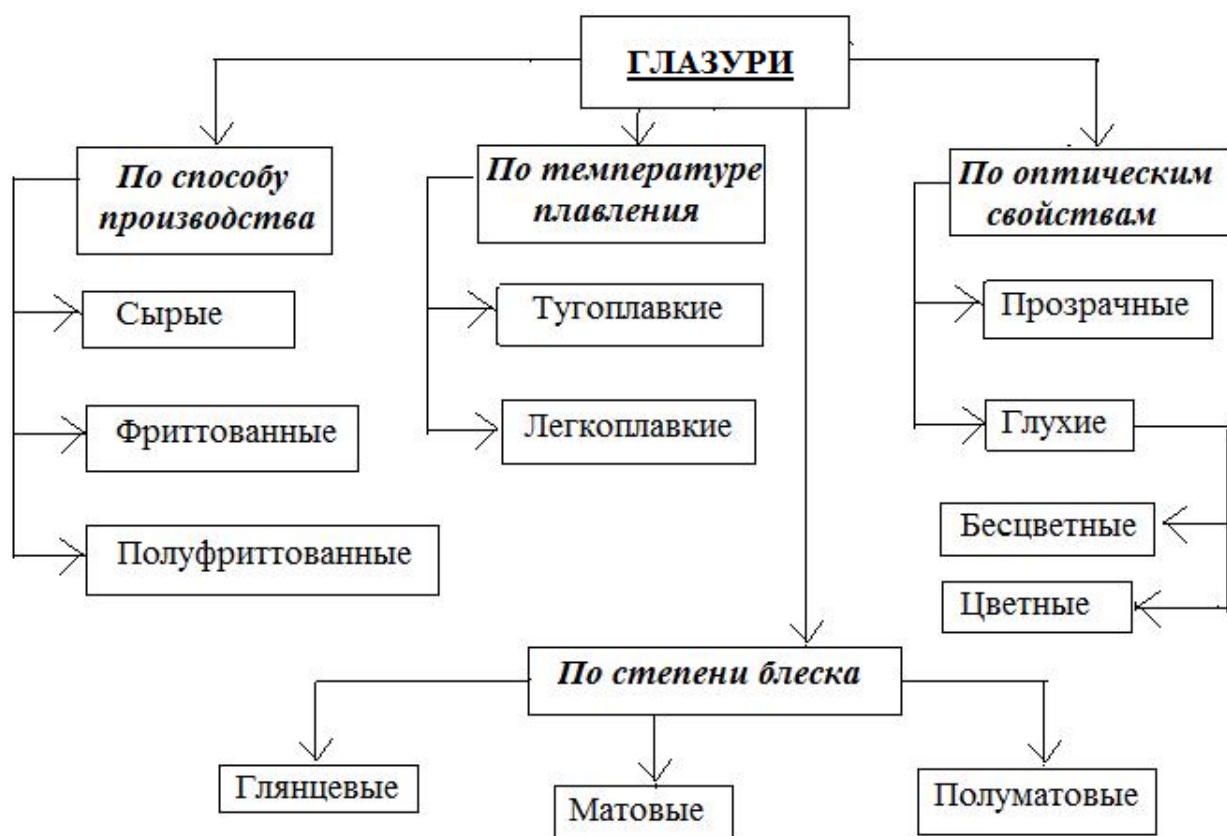


Рисунок 3.1 - Классификация глазури по технологическим признакам

Таблица 3.1 – Составы сырых глазурей, % по массе

Компоненты состава	Номер состава			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Полевой шпат	39	23,2	39,	-
Пегматит	-	10,6	-	37
Песок	-	41	-	27
Кварц	28	-	34,1	-
Доломит	13	9,2	12	15
Бой изделия	10	-	-	14
Каолин	6	5,8	5,5	7
Каолин обожженный	-	6,5	9,4	-
Глинозем	4	2,2	-	-
Бентонит	-	1,0	-	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
Оксид цинка	-	0,5	-	-

Главное назначение фриттования - перевод растворимых в воде компонентов или содержащих токсичные соединения свинца, цинка и др. в нерастворимое состояние. При этом понижается температура плавления глазури от 100 °С до 150 °С. Фритты используют для глазурования самостоятельно (фриттованная глазурь) или смешивают с сырыми компонентами (каолин, глина, полевой шпат, мел) и только после тонкого помола используют для глазурования (полуфриттованные глазури). Фриттованные и полуфриттованные глазури применяют для покрытия фаянса, майолики, костяного фарфора.

Время, затрачиваемое на одну плавку фритты, составляет от 6 до 8 часов. Влажность готовой фритты- от 3 % до 4 %.

Основная характеристика глазури – температура розлива, что определяется ее составом. Приведенные в таблице 3.2 составы характеризуются невысокой температурой плавления от 1050 °С до 1250 °С, что расширяет возможности их применения.

Непрозрачные (глухие) глазури получают путем введения в них нерастворимых или труднорастворимых соединений (оксидов олова, циркония, титана и др.). Глухие глазури характеризуются легкоплавкостью блестящей поверхностью после обжига. В то же время по требованию технологии в отдельных случаях вязкость расплава, температура розлива должны быть высокими.

Главное условие прочного закрепления глазурного слоя на изделии – соответствие ТКЛР материала изделия и глазури. Несоответствие этих коэффициентов снижает термическую стойкость глазури и приводит к образованию микротрещин (цеку) и отслоению – отскоку глазури.

Таблица 3.2 – Составы фриттованных и полуфриттованных глазурей, % по массе

Компоненты состава	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Доломит	-	-	15,0	4,5	-	-
Полевой шпат	44,0	40,0	53,3	44,2	8,6	8,8
Мел	17,0	8,0	-	15,9	13,5	11,0
Оксид цинка	4,0	4,0	4,0	6,2	-	-
Углекислый барий	10,0	10,0	-	-	-	-
Свинцовый сурик	-	-	-	-	27,0	28,0
Бура	-	-	-	-	12,8	10,8
Каолин	-	-	3,0	-	7,9	11,8
Кварцевый песок	21,0	26,0	10,7	24,0	30,2	29,6
Глина	8,0	5,0	4,0	5,2	-	-
Бой изделий после политого обжига	-	-	14,0	-	-	-

Однако даже хорошее соответствие ТКЛР черепка и глазури не избавит от термических напряжений при плохой эластичности глазури.

3.2.2 Керамические краски и пигменты

Керамические краски – это окрашенные минеральные соединения металлов с кварцем, полевым шпатом, каолином или с керамическими массами и глазурями. Интенсивность и цвет краски зависят от температуры обжига.

Красящими веществами (красителями) в керамических красках являются пигменты. Пигменты – это высокодисперсные порошки различного цвета, не растворяющиеся в воде и связующих веществах.

По происхождению пигменты различают природные и искусственные.

Природные пигменты получают механической обработкой (тонким помолом, отмучиванием) ярко окрашенных руд, цветных глин и других горных пород.

Искусственные неорганические пигменты получают прокаливанием солей, оксидов или гидрооксидов соответствующих металлов или совместным осаждением гидрооксидов углекислых солей с последующим прокаливанием осадков, а также сплавлением солей и прокаливанием смеси.

С целью закрепления красителя в процессе обжига на поверхности глазури, придания краске блеска в состав керамической краски вводят флюсы – специальные легкоплавкие стекла.

Керамические краски должны отвечать следующим основным требованиям: быть устойчивыми к воздействию высоких температур в процессе обжига и к растворяющему действию флюсов и глазурей; обладать высокой стойкостью к воздействию света и агрессивной среды; легко наноситься на керамические изделия; не проявлять токсичных свойств в процессе эксплуатации.

Керамические краски по месту нанесения и температуре обжига разделяют на две группы: надглазурные и подглазурные (рисунок 3.2).

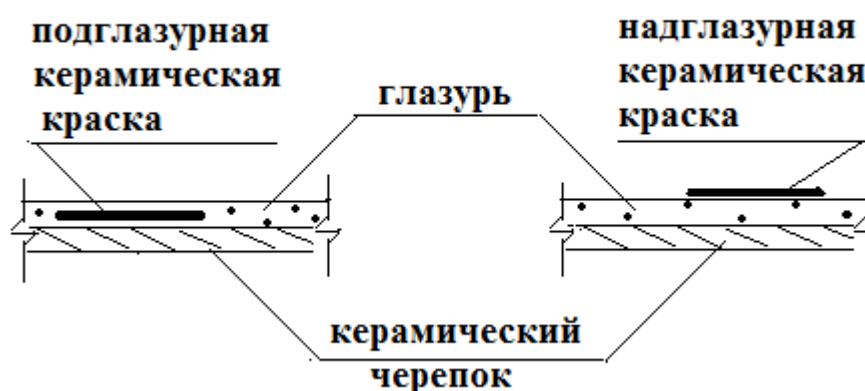


Рисунок 3.2 – Место нанесения керамической краски на изделие

Надглазурные краски – это смесь пигментов с флюсами. Краски для надглазурного декорирования закрепляются на изделии при температуре обжига от 720 °С до 860 °С. Некоторые краски обжигают при температуре от

550 °С до 600 °С. В качестве пигментов применяют оксиды красящих металлов: железа, хрома, кобальта, титана, урана и др. В состав флюсов входят: полевой шпат, пегматит, глинозем, кремнезем, мел или мрамор, вещества, понижающие температуру плавления краски (борная кислота, сода, поташ и др.). Так как вещества, понижающие температуру плавления краски, за исключением свинцовых соединений, растворимы в воде, частично воспринимают влагу из воздуха, то такие шихты предварительно фриттуют (сплавляют) при температуре от 1000 °С до 1300 °С. Состав флюса должен быть строго согласован с составом глазури так, чтобы совпадали их ТКЛР. Иначе краски после обжига будут давать цек (мелкие трещины). Флюс не должен действовать разрушающе на краситель, поэтому для каждой краски подбирается флюс индивидуально.

Подглазурные краски наносят на обожженные или хорошо высушенные изделия, затем покрывают слоем глазури и обжигают. Подглазурные краски рассчитаны на проявление цвета под глазурью. Цвет их зависит от толщины глазури, ее состава, условий обжига. Благодаря прозрачному и блестящему тонкому слою глазури, покрывающему подглазурные краски, они более устойчивы, чем надглазурные.

Подглазурные краски – это смесь пигментов с глазурью. Пигменты в состав подглазурных красок вводят в виде смеси оксидов металлов с каолином, оксида алюминия и др. веществами, придающими краски устойчивость. Получение высококачественных и постоянных по тону красок возможно только при соблюдении установленного режима технологического процесса и при отсутствии в составе красителей даже небольших количеств посторонних примесей. В качестве добавок, улучшающих соответствие ТКЛР краски и поверхности черепка или поверхности глазури, в шихту вводят глину, полевой шпат и др. компоненты, повышающие вязкость массы, оказывающие химическое воздействие на красители при высокой температуре.

В зависимости от температуры обжига подглазурные краски условно

подразделяются на две группы: краски с температурой обжига до 1300 °С и краски с температурой обжига от 1300 °С до 1600 °С.

Подглазурные краски с температурой обжига до 1300 °С применяют для декорирования фаянса, температура политого обжига которого не превышает 1300 °С. Поэтому данная группа подглазурных красок носит название фаянсовых подглазурных красок и пигментов. Они отличаются большим разнообразием тонов и оттенков.

Подглазурные краски с температурой обжига 1300 - 1600 °С применяют для декорирования фарфора. По сравнению с фаянсовыми они имеют более бледную палитру, так как многие из них не выдерживают воздействия высокой температуры и восстановительной среды обжига в печи фарфоровых изделий.

К подглазурным краскам относятся также «краски-растворы» и «краски высокого огня».

Краски-растворы составляют особую группу подглазурных красок. От порошковых красок они отличаются тем, что их готовят из растворимых в воде солей. Для закрепления красок-растворов на черепке их переводят в нерастворимые в воде вещества – в безводные оксиды соответствующих металлов. Для этого декорированное изделие прокаливают при температуре 800 °С. При этом цвет красок-растворов меняется. Далее изделие глазуруют и направляют на высокотемпературный обжиг, в ходе которого оксиды металлов, полученные при прокаливании изделия, взаимодействуют с составными частями черепка и глазури и окрашивают их.

Краски «высокого огня» используют для декорирования фарфора по обожженной глазури. Краски «высокого огня» представляют собой тонкомолотый фриттованный состав, в который вводят в качестве пигментов красящие оксиды металлов, свинцовую фаянсовую глазурь или полевой шпат, фарфоровую глазурь. Закрепляют эти краски на материале вжиганием (прокаливанием) при температуре обжига глазури в печах политого обжига. Таким образом, изделие, декорируемое красками «высокого огня»,

подвергается второму высокотемпературному обжигу. В результате обжига краски утопают в глазури, растворяясь в ней частично или полностью, и создают из-под глазури мягкие тона.

3.2.3 Ангобы

Ангобы – это белые или цветные жидкие керамические массы, представляющие собой диспергированные в воде окрашенные или неокрашенные частицы глиняной массы.

Наносят ангобы на поверхность изделия до его обжига в виде сплошного или частичного покрытия с целью получения более гладкой поверхности, маскировки нежелательной окраски изделий, создания рельефного рисунка и т.п.

По месту нанесения ангоб может быть покровным слоем, не требующим дополнительной обработки и придающим изделию законченную фактуру и цвет, или промежуточным покрытием между керамическим черепком и последующим слоем глазури.

По составу ангобы подразделяются на глинисто-песчаные, флюсные, античные лаки.

Глинисто-песчаные ангобы состоят из глины и каолина. В небольшом количестве в их состав входят песок или молотый шамот, мел и окрашивающие оксиды металлов (для цветных ангобов). Глинисто-песчаные ангобы характеризуются высоким водопоглощением. Используются для сплошного покрытия и нанесения рисунка на керамические изделия преимущественно гончарного производства, терракоты, майолики. Наносят данный вид ангобов, как правило, на сырые изделия.

В состав **флюсных ангобов** кроме глины и песка входят плавни с целью сближения свойств ангоба и глазури и снижения температуры спекания материалов, входящих в состав ангоба, по сравнению с температурой спекания материалов самого изделия. Для легкоплавких флюсных ангобов

(температура обжига до 1050 °С) в качестве плавней применяют свинцовые соединения, для тугоплавких флюсных ангобов (температура обжига более 1050 °С) – полевой шпат, мел, доломит, известь.

Флюсные ангобы, характеризующиеся невысоким водопоглощением, создают на изделиях гладкую малопористую одноцветную или многоцветную поверхность, которая одновременно служит их защитным покрытием.

Применяют флюсные ангобы в производстве изделий архитектурно-художественной керамики как покрытие, не требующее дальнейшей обработки, уменьшающее водопроницаемость и отличающееся высокими декоративными качествами.

«Античные лаки» - это разновидность флюсных ангобов, представляющая собой тонкие глинистые покрытия, получаемые отстаиванием взмученной глинистой суспензии (с добавлением соды) в течение суток. Отстаивающийся верхний равномерно взмученный слой сливают. Обжигают лаковые покрытия при температуре от 900 °С до 1000 °С. При обжиге в окислительной среде отстой белой глины дает белый цвет, если глина содержит оксиды железа, то - красный цвет. При восстановительной среде обжига оба состава дают черный цвет.

Приготовление ангоба. Предварительно промытые и отсортированные твердые материалы (пегматит, мел, стекольный бой) размельчают методом сухого помола на бегунах или в шаровых мельницах. Затем исходные материалы дозируют согласно составу и загружают в шаровую мельницу, куда добавляют 40 % воды и при необходимости тонкомолотые пигменты. Помол и смешивание пигментов происходит в течение от 20 до 25 часов, затем суспензию процеживают через вибросито № 0355 и сливают в пропеллерные мешалки или специальные емкости.

В гончарном производстве ангобы используют как подглазурные краски. Они отличаются интенсивностью цвета и образуют богатую цветовую палитру с обилием тончайших оттенков и переходов.

Ангоб наносят на сырые, слегка подвяленные, иногда на сухие и даже предварительно обожженные изделия методом окунания, полива, пульверизацией или кистью. После нанесения ангоба изделие можно сразу покрыть глазурью и обжечь, но более эффективно нанести глазурь на ангобированное обожженное изделие.

Основные условия качественного покрытия изделия ангобами:

- безукоризненно чистая поверхность изделия;
- соответствие воздушной и огневой усадки ангоба и ангобируемого изделия;
- шероховатая поверхность изделия, обеспечивающая спекание ангоба с основным материалом;
- толщина наносимого слоя ангоба не должна превышать 0,2 мм, так как более толстое покрытие при высыхании и обжиге может отслоиться.

4 Составы керамических масс и глазурей

Классификация изделий строительной керамики по составу и структуре черепка представлена на рисунок 1.2.

Фарфоровые изделия характеризуются плотным, спекшимся, непроницаемым для воды и газов черепком (W не более 0,2 % – 0,5 %); обычно белым, просвечивающим в тонком слое. Белизна фарфоровых изделий регламентируется стандартами и колеблется от 55 % до 67 %. Изделия обладают высокой механической прочностью, термо- и химической стойкостью, отсутствием открытой пористости, богатыми декоративными возможностями

Фарфоровые изделия изготавливают из тонкоизмельченных масс глинистых материалов (глины, каолины, бентониты), кварца, полевого шпата и других алюмосиликатов. Состав массы и температура обжига фарфора определяют основные показатели его физико-механических свойств.

В зависимости от состава исходного сырья, соотношения компонентов

и максимальной температуры обжига различают твердый (температура обжига от 1380 °С до 1450 °С) и мягкий фарфор (температура обжига ниже 1300 °С). Составы масс фарфора приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Составы фарфоровых масс, %

Компоненты состава	Твердый фарфор			мягкий фарфор	
	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6
Каолин	40	41	38	32	25
Глина	12	5	11	-	16,5
Полевой шпат	9,6	21	18	8	36
Кварц	26,5	33	26	15	22,5
Пегматит	9,4	-	-	-	-
Глинозем технический	2,5	-	-	-	-
Фарфоровый бой	-	-	7	-	-
Костяная зола	-	-	-	45	-
Бентонит (сверх 100 %)	-	-	-	-	0,15

Из твердого фарфора изготавливают изделия художественно-бытового и технического назначения. Из мягкого фарфора изготавливают изделия художественного назначения, высококачественную посуду, санитарно-технические строительные изделия, и т.д.

Полуфарфоровые изделия имеют плотный, не просвечивающий в тонком слое черепок. Водопоглощение не более 5 %.

Фаянс – керамический материал с белым или слабоокрашенным пористым черепком, покрытым прозрачной или глухой цветной глазурью. Водопоглощение фаянсовых изделий – от 8 % до 14 %.

Для изготовления фаянсовых изделий используют глинистые материалы, полевой шпат, кварц, углекислые породы: мел, доломит, известняк и др.

По составу масс (таблица 4.2) фаянс делят на три вида: твердый или полевошпатный, глинистый (наиболее древний) и мягкий или известковый (средневековый). По своим техническим, гигиеническим свойствам фаянс уступает фарфору, однако его стоимость значительно ниже стоимости фарфора.

Таблица 4.2 – Составы фаянсовых масс, %

Тип фаянса	Компоненты состава					Температура обжига, °С
	Глина	Каолин	Кварц	Полевой шпат	Мел или мрамор	
1	2	3	4	5	6	7
твердый	30-20	20-30	25-40	5-15	-	1-й обжиг 1200-1230; 2-ой обжиг 1050-1150
глинистый	75-85	-	15-25	-	-	920-960
мягкий	40-60	-	20-30	-	10-35	1100-1160

Фаянсовые массы применяют для изготовления санитарно-технических изделий, облицовочных плиток и в хозяйственно-бытовых целях.

Разновидностью фаянса является **майолика**, которая может иметь белый или цветной крупнопористый черепок, гладкую или рельефную поверхность, покрытую глазурью. Изготавливают их из естественно окрашенных легко- и тугоплавких глин, содержащих примеси карбоната кальция и песка. Преимущественно используются в производстве майолики местные глины. Низкая температура обжига майоликовых изделий (около 1000 °С) дает возможность использовать имеющуюся широкую цветовую палитру красок, эмалей, глазурей для их декорирования. Составы майоликовых масс приведены в таблице 4.3.

Изделия характеризуются высокой пористостью (до 15 %), невысоким пределом прочности при изгибе (от 30 до 50 МПа), невысокой термостойкостью, склонностью к растрескиванию. Применяют майолику для изготовления предметов декоративно-художественного и бытового

назначения, облицовочной плитки для внутренних работ.

Таблица 4.3 – Составы майоликовых масс, %

Компоненты состава	Номер состава			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Глина легкоплавкая пластичная	65	-	-	-
Кварцевый песок	-	10	27	30
Шамот из той же глины	7	5	12	-
Мел	20	25	-	-
Кварцевые отходы	8	-	-	-
Глина:				
часов-ярская	-	-	32	20
гидрослюдистая	-	60	-	20
мергелистая	-	-	-	30
Каолин	-	-	29	-

Для повышения потребительских свойств майоликовых изделий в состав масс вводят различные добавки: шамот, плавни (перлит, нефелин, стеклобой и др.). Так, введение в состав майоликовых масс нефелинового сиенита и перлита в количестве от 20 % до 30 % позволяет снизить не только температуру обжига, но и водопоглощение черепка майоликовых изделий до 6 - 10 %.

Терракотой называют глиняные неглазурованные изделия, имеющие пористый, крупнозернистый с естественной или искусственной равномерной окраской черепка.

Терракотовую массу изготавливают из предварительно переработанной местной легкоплавкой глины (до 50 %), свободной от содержания солей и вредных примесей (железный колчедан, сернокислый кальций, перегной) и мела (25 %). Чтобы снизить усадку при обжиге, в состав терракотовой массы

вводят тонкомолотый шамот (25 %). Зерновой состав шамота колеблется в пределах: размер зерна диаметром от 0,5 до 1,6 мм – от 35 % до 40 %, размер зерна диаметром от 0,3 до 0,5 мм – от 65 % до 60 %. Пылевидная фракция и частицы шамота крупностью более 1,6 мм существенно ухудшают качество массы и готовых изделий.

Для терракотовой массы особое значение имеет ее однородность, определяющая цвет спеченного черепка. Поэтому терракотовую массу изготавливают путем тщательного послойного дозирования глины и шамота, их усреднения в двух- или одновальных мешалках с одновременным пароувлажнением. Затем массу подвергают вылеживанию (около 5 дней) и последующему многократному (от 2 до 3 раз) промину в глиномялках. Формовочная влажность массы составляет от 21 % до 22 %.

Обжигают терракотовое изделие при температуре от 900 °С до 950 °С. При этом огневая усадка массы не превышает от 6 % до 8 %.

Готовые терракотовые изделия (архитектурные детали, скульптуры, декоративные элементы) характеризуются высокой механической прочностью при сжатии (от 15 до 25 МПа), пористостью около 20 %, термостойкостью, устойчивы к атмосферным воздействиям, при длительной эксплуатации не меняют своего цвета.

Учитывая особенности химического и минерального состава каждой конкретной глины, физико-механические требования к каждому виду продукции, технологические особенности конкретного производства, а также необходимость улучшения технико-экономических показателей технологического процесса, рецептуры масс и глазурей в производстве изделий строительной керамики на предприятиях отрасли очень разнообразны и зачастую сильно отличаются даже при одинаковых видах продукции. В то же время в шихтовых составах масс для керамических изделий определяющим, а иногда и единственным компонентом, являются глины – наиболее распространенный и недефицитный материал.

Широкое развитие получило производство разнообразных

керамических плиток. Рецептуры керамических масс для плиток приведены в таблицах 4.4; 4.6; 4.8.

Наиболее просты по составу массы плиток для полов (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Составы масс керамических плиток для полов, %

Компоненты состава	Номер состава				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Глина веселовская ВГТ	63	-	30	61	70
Глина новорайская	-	19	35	-	-
Глина никифоровская	-	45	34	-	-
Перлит	20	25	-	-	23
Стеклобой	11	8	-	-	-
Нефелиновый концентрат	-	-	-	25	-
Каолин	-	-	-	7	-
мел	6	-	-		
Руда (марганцевая, хромовая)	-	3	1		
Бой плиток	-	-	-	7	7

Широкое развитие получило производство глазурованных плиток для полов, а также глазурованных плиток с рисунками, нанесенными методом сериографии. Для этих видов продукции в основном применяются сырые глазури (таблица 4.5).

Керамические массы и глазури для производства фасадных плиток отличаются большим разнообразием рецептурных составов в связи с широким ассортиментом используемых глин – основного компонента шихты. Учитывая различия в химико-минеральном составе применяемых глин, технологические особенности производственного процесса составы керамических масс можно свести в несколько типовых рецептур (таблица 4.6).

Таблица 4.5 – Составы сырых глазурей для производства плиток для полов, %

Компоненты состава	Номер состава		
	1	2	3
Датолитовый концентрат	-	44,1	34,8
Борат кальция	31,5	-	-
Перлит	36	19,3	20
Нефелиновый концентрат	-	-	7,8
Песок кварцевый	9,6	9,8	-
Глинозем технический	-	-	3,7
Оксид цинка	1,9	-	-
Каолин	-	6,8	8,7
Циркониевый концентрат	-	20	21
Мел обогащенный	1,9	-	-
Барий углекислый	4,8	-	-
Глина веселовская	14,3	-	-

Таблица 4.6 – Типовые составы масс для производства фасадных плиток методом прессования, %

Компоненты состава	Номер состава	
	1	2
1	2	3
Глина огнеупорная	50-70	20-50
Глина местная легкоплавкая	-	20-40
Шамот, бой плиток	0-10	0-10
Песок кварцевый	0-10	0-10
Стеклобой	0-30	0-25
Нефелиновый концентрат	10-30	0-20
Перлит	0-20	0-20

Литые фасадные плитки выпускаются только глазурованными. Типовой состав массы для таких плиток, %: глина от 11 до 16, стеклобой от 25 до 40, отощающие от 20 до 40, нефелиновый концентрат до 20. Глазури применяются фриттованные, глухие, низкотемпературные.

Таблица 4.7 – Типовые составы фритты и сырых глазурей для производства фасадных плиток методом прессования, %

Компоненты состава	Номер состава		
	фритта	сырая глазурь	
		1	2
1	2	3	4
Пресс-порошок плиточной массы	-	-	50
Глина веселовская ВГО	-	24	-
Датолитовый концентрат	-	40	-
Песок кварцевый	35	-	-
Глинозем технический	6,5	-	-
Оксид цинка	1,5	-	-
Барий углекислый	6,5	-	-
Борат кальция	26	-	40
Бура кристаллическая	18,5	-	-
Цирконовый концентрат	8	-	-
Стеклобой	-	36	10
Триполифосфат натрия (сверх 100 %)	-	0,1	0,1
КМЦ (сверх 100 %)	-	0,25	0,25

Так как во избежание деформации изделий (рисунок 4.1) или появления на поверхности глазури цека в технологии необходимо соблюдать определенное соотношение ТКЛР массы и глазури, то наиболее сложными по

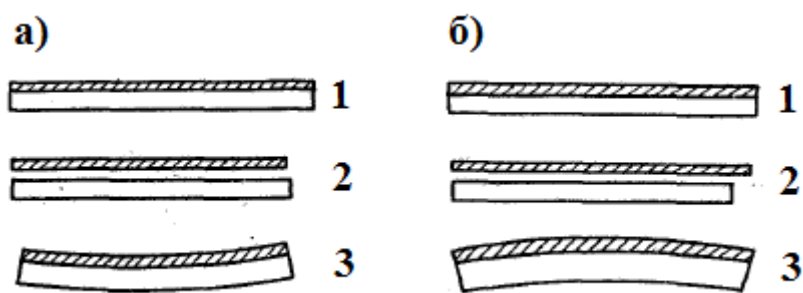
составу являются массы и глазури керамических плиток для внутренней облицовки стен. Типовые составы масс и глазурей для изготовления керамических плиток для внутренней облицовки стен приведены в таблицах 4.8 и 4.9.

Таблица 4.8 – Типовые составы масс для производства плиток керамических для внутренней облицовки стен

Компоненты состава	Содержание, % по массе
1	2
Глина веселовская	48-52
Песок кварцевый	12-17
Нефелиновый концентрат	20-25
Мел, доломит	8-12
Бой плиток	5-7
Жидкое стекло (сверх 100 %)	0,2-0,3
Техническая сода (сверх 100 %)	0,1-0,3

Таблица 4.9 – Типовые составы фриттованных глазурей для производства плиток керамических для внутренней облицовки стен

Компоненты состава	Содержание, % по массе
1	2
Фритта	94-96
Глинистые материалы (каолин, глина, бентонит)	4-6
Пигмент (сверх 100 %)	4-6



а – ТКЛР глазури больше ТКЛР черепка; б - ТКЛР глазури меньше ТКЛР черепка

1 – необожженный образец; 2 – глазурь и черепок обожжены отдельно;

3 – глазурованные образцы после обжига

Рисунок 4.1 – Деформация керамических глазурованных образцов после обжига при различных ТКЛР черепка и глазури:

Если у тела изделия (черепка) и глазури будут разные ТКЛР, то при охлаждении в них возникнут напряжения сжатия (рисунок 4.1, а, 3) или растяжения (рисунок 4.1, б, 3), которые могут привести к появлению различных дефектов на готовом изделии (отскок, шелушение, цек глазурного покрытия и др.). По виду и величине деформации можно определить правильность подбора глазури.

5 Приготовление керамических масс и глазури

5.1 Добыча, обогащение и хранение сырьевых материалов

5.1.1 Добыча сырья

Способ добычи сырья определяется технико-экономическими факторами, зависящими от вида и свойств минерального сырья, климатических условий и геологических особенностей расположения

месторождения.

Разработка месторождения (карьера) включает в себя два этапа работ:

- подготовительный. В него входит: удаление в летнее время верхнего слоя почвы, корчевание деревьев, устройство водоотводных канав, подъездных дорог к карьеру, удаление вскрышных пород (пород, закрывающих необходимое для добычи сырье) в отвал;
- основной (добыча сырья). Состоит в извлечении сырья из массива, погрузке и транспортировании к месту потребления или хранения.

Добыча глин и каолинов осуществляется главным образом открытым способом, т.е. после удаления вскрышной породы выбирают полезные сырьевые материалы. Добыча, выборка пород и транспортировка при этом способе может быть полностью механизирована с использованием одно- и многокошовой экскаватора, автосамосвалов, ленточного конвейера и др.

В зимнее время глину добывают, применяя различные способы утепления: укрытие фронта разработки слоем утепляющего материала (торф, солома, опилки), сжигание на поверхности разрабатываемого участка карьера дешевых сортов угля, торфа, разрыхление поверхностного слоя разрабатываемого участка с последующей засыпкой слоем бурого угля и его сжиганием. При наличии большой мощности добываемого пласта, а также в районах с суровыми климатическими условиями используют передвижные или постоянные закрытые помещения – тепляки, оборудованные калориферами, которые обогревают закрытый участок добычи. В передвижных тепляках перекрытие смонтировано из ферм на катках и перемещается по рельсам.

При добычи плотных и прочных пород (полевой шпат, жильный кварц, доломит и др.) применяют предварительное их разрыхление буровзрывными операциями.

5.1.2 Обогащение сырья

Для очистки от посторонних примесей и включений применяют обогащение минерального сырья, основными методами которого являются: рудоразработка, гравитационный, классификация по крупности, флотация, электромагнитная сепарация и термическая очистка.

Рудоразработка осуществляется ручной сортировкой сырья на движущемся ленточном конвейере. При этом используется различие в цвете полезных и примесных минералов и пород.

Гравитационный метод основан на различии в скорости движения частиц сырьевых материалов в жидкостях или газах под действием центробежных сил в центрифугах, аэро- и гидроциклонах, концентрационных желобах.

Классификацию по крупности производят выборочно дроблением и измельчением сырья.

Флотация основана на различии физико-химических свойств поверхности частиц разделяемых материалов. Из-за сложности подбора флотирующих добавок этот метод применяется редко.

Электромагнитная сепарация основана на различной магнитной восприимчивости, диэлектрической проницаемости и электропроводности разделяемых веществ.

Термическая очистка позволяет путем нагревания сырьевых материалов удалять примеси в виде газообразных соединений (пары воды, оксиды серы, углерода, легколетучие примеси).

Каолины практически всех месторождений применяют только после обогащения, в результате чего содержание минерала каолинита увеличивается с 45 % до 98 - 99 %. Обогащение каолинов производят в местах их добычи на обогатительных комбинатах.

Из каменистых материалов (отощающие материалы, плавни) централизованно обогащают пегматит на помольнообогатительных

комбинатах. В основном же все виды каменистых материалов (кварц, долмит, полевой шпат) проходят обогащение в массозаготовительных цехах заводов (МЗЦ).

5.1.3 Хранение сырья

Сырьевые материалы производственных масс и глазурей на склады предприятия строительной керамики поступают с карьеров и смежных предприятий в железнодорожных вагонах или автотранспортом.

Для приготовления основной массы на современных предприятиях требуется от 300 до 1500 т в сутки различных видов сырья. Учитывая необходимость по технологическим и климатическим условиям создания от 3 до 6 месячного запаса основных сырьевых материалов (глин, каолинов, отощающих и плавней), на предприятиях для этих целей строят специальные склады. Конструктивные особенности сырьевого складского помещения, установленное в нем оборудование для разгрузки, подачи материалов и их первичной переработки должны обеспечивать максимальную механизацию и автоматизацию складских работ, а также снижение себестоимости готовой продукции.

На предприятиях некоторых фирм США, ФРГ и Японии на складах сырья устанавливают силосы для хранения шихтовых компонентов, доставляемых в виде сухих кондиционных порошков, приготовленных на месте добычи соответствующих сырьевых материалов. Такой способ складирования дает возможность снизить транспортные расходы за счет исключения из общей массы влаги (в глине до 24 %), полностью механизировать при помощи пневмотранспорта разгрузку вагонов и подачу сырья в складские емкости, а также автоматизировать весь технологический процесс приготовления масс в массозаготовительном цехе. Для этого используются компьютеры и простейшие ЭВМ. Обслуживают весь комплекс массоприготовительного оборудования на таких заводах, включая и

отделение распылительных сушилок при шликерном методе приготовления пресс-порошков, от 1 до 2 оператора в смену.

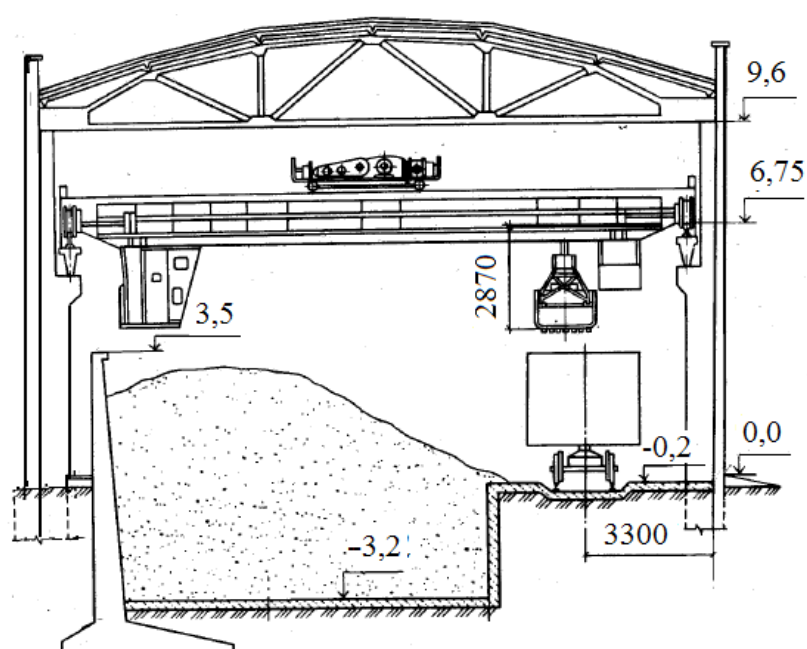
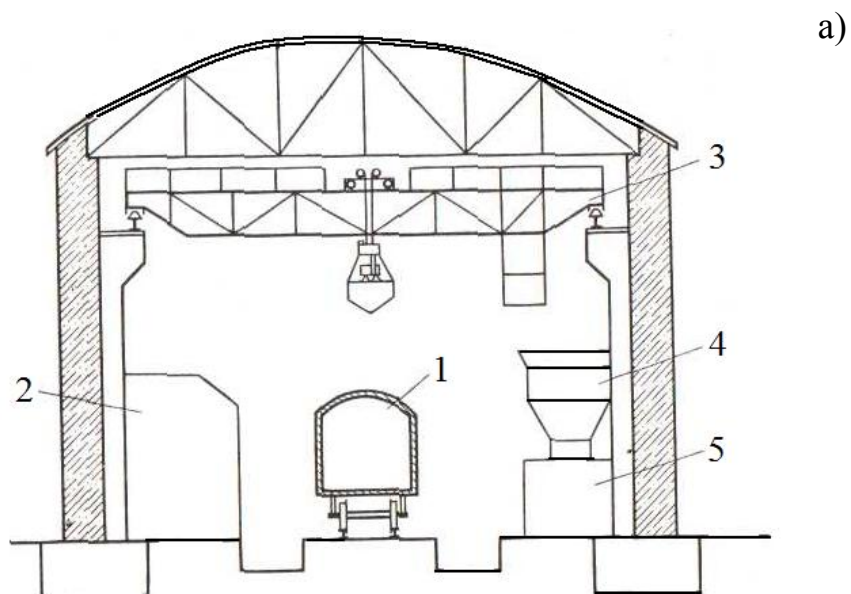
Нормативные запасы хранения сырья (от одного до трех месяцев и более) позволяют ритмично работать предприятию на одной партии сырья с заранее определенными свойствами.

К качеству сырья для производства строительной, отделочной, художественной керамики предъявляются повышенные требования. Поэтому хранить сырье на складах необходимо, предотвращая его загрязнение. Чтобы сырьевые компоненты не смешивались, на складе должно быть предусмотрено такое количество отсеков, которое позволит отдельно хранить каждый вид и партию сырьевых и других материалов.

Складские помещения для сырьевых материалов, где, как правило, осуществляется первичная переработка и обогащение сырья, проектируют, исходя из установленных нормативов его запаса [18].

На рисунке 5.1 представлены варианты поперечного разреза складского помещения, наиболее распространенные на заводах строительной керамики нашей страны. В склад, если он расположен на значительном расстоянии от места добычи, сырье доставляют рельсовым транспортом. Из саморазгружающегося вагона 1 сырье поступает по откосам в траншею, а затем мостовым грейферным краном 3 загружается навалом в отсеки 2, расположенные вдоль стены склада. Здесь же, на площадках второго этажа или на противоположной стороне, ближе к МЗЦ, размещается оборудование 5 по первичной переработке сырья, в которое сырьевые материалы подаются ящичным питателем 4. Далее сырье поступает в бункера для хранения в МЗЦ посредством ленточных транспортеров, элеваторов.

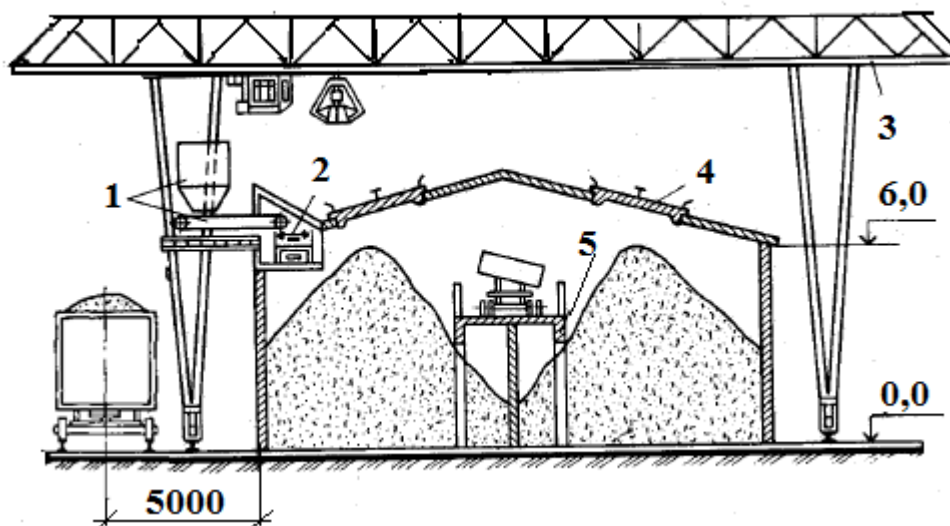
Такая компоновка складского помещения удобна при организации разгрузки и дальнейшем транспортировании сырьевых материалов. Однако незначительное использование объема помещения (не более 15 - 20 %) или значительное заглубление отсеков склада - недостатки такого проектного решения, приводящие к удорожанию складских работ.



а - при разгрузке сырья из саморазгружающегося вагона по откосам в траншею, и последующей загрузкой мостовым грейферным краном в отсеки склада: 1 - саморазгружающийся вагон; 2 - отсеки материалов; 3 – грейферный кран; 4 - ящичный питатель; 5 - оборудование первичной переработке сырья; б - при разгрузке сырья из вагона мостовым грейферным краном в отсеки склада.

Рисунок 5.1 – Варианты поперечного разреза склада сырья с разгрузкой вагона внутри склада

На заводы, расположенные в черте города, где использование рельсового транспорта затруднено, сырье доставляют безрельсовым транспортом (автосамосвалы, автотягачи, канатные дороги) с промежуточного склада, расположенного за пределами города, куда сырье доставляется рельсовым транспортом или безрельсовым (рисунок 5.2).



1 – бункер и ленточный питатель; 2 - конвейер; 3 – козловой грейферный кран грузоподъемностью 5 т; 4 – люки, поднимаемые грейфером; 5 – эстакада для разгрузки самосвала грейфером

Рисунок 5.2 – Поперечный разрез промежуточного склада сырья с разгрузкой вагона вне склада

Разгрузка принимаемого автотранспорта и железнодорожных вагонов с сырьевыми кусковыми материалами и подача сырья в отсеки склада полностью механизирована при помощи пневмотранспорта.

При небольших расстояниях от места разработки до склада сырья применяют ленточные конвейеры с шириной ленты 900, 1000 и 1200 мм. Основные преимущества конвейеров – возможность автоматизации и дистанционного управления, организация непрерывности процесса транспортирования, простота и дешевизна монтажа и эксплуатации.

Компоненты для приготовления глазури, материалы, используемые в небольших количествах в качестве добавок или вспомогательного сырья

(обогащенный каолин, глинозем, бура, техническая сода, жидкое стекло, скипидар, борная кислота и др.), поставляются в затаренном виде (в бочках, мешках и т.д.) и расходуются в сравнительно небольших количествах (от 0,3 до 6 т/сут.). Как правило, они хранятся на деревянных поддонах высотой до 1,5 - 1,8 м в закрытых складских помещениях с ровным чистым бетонным полом, пригодным для проезда автопогрузчиков, доставляющих материалы во фриттоварочное или массозаготовительное отделения.

Все виды сырья, поступающие в производство, принимает и контролирует заводская лаборатория. При отсутствии складских помещений для хранения сырья выгружать его на землю не допустимо, так как это приводит к загрязнению и потерям сырьевых материалов. В этом случае устраивают специальные забетонированные предварительно очищенные площадки, на которые выгружают только один вид сырья. Насыпать новую партию сырья поверх ранее пребывавшего можно только после разрешения заводской лаборатории.

Каждая партия сырья снабжается биркой с указанием номера партии, сорта и времени его получения. Для учета поступления и выдачи сырья должен вестись специальный журнал.

Перед подачей на обработку из сырьевых материалов, поступивших на завод, должны быть удалены примеси. Удаление осуществляется вручную на ленточных конвейерах, подающих материал на обработку. Например, из глины отсортировывают сильно запесоченные куски или содержащие большое количество известняка; из полевого шпата и кускового пегматита – куски с железистыми включениями и другими примесями (кварцем, слюдой). При сортировке боя (черепа) изделий удаляют шамотные и гипсовые включения, черепки с железистыми выплавками и т.п. Бой после сортировки и предварительного дробления до размера кусков от 15 до 20 мм направляется для хранения в бункер.

5.2 Приготовление формовочных масс

5.2.1 Предварительная обработка сырьевых материалов

Все сырьевые материалы, кроме обогащенного каолина, после удаления посторонних примесей и включений подвергаются предварительной обработке, которая заключается в промывке материалов (полевой шпат, кварц, черепок) и их предварительном измельчении (дробление, помол), предназначенном для разрушения природной текстуры материалов и повышения производительности оборудования при окончательном помоле сырьевых компонентов.

Сырье для производства керамических изделий может поступать в виде кусков разной формы и размеров. По степени крупности материал подразделяют: на крупный - размеры частиц более 500 мм; средний - размеры частиц от 500 до 10 мм; мелкий - размеры частиц менее 10 мм.

Степень измельчения определяется по формуле 5.1

$$n = \frac{D}{d}, \quad (5.1)$$

где n – степень измельчения;

D - поперечное сечение наиболее крупных кусков до измельчения, мм.;

d - поперечное сечение этих кусков после измельчения, мм.

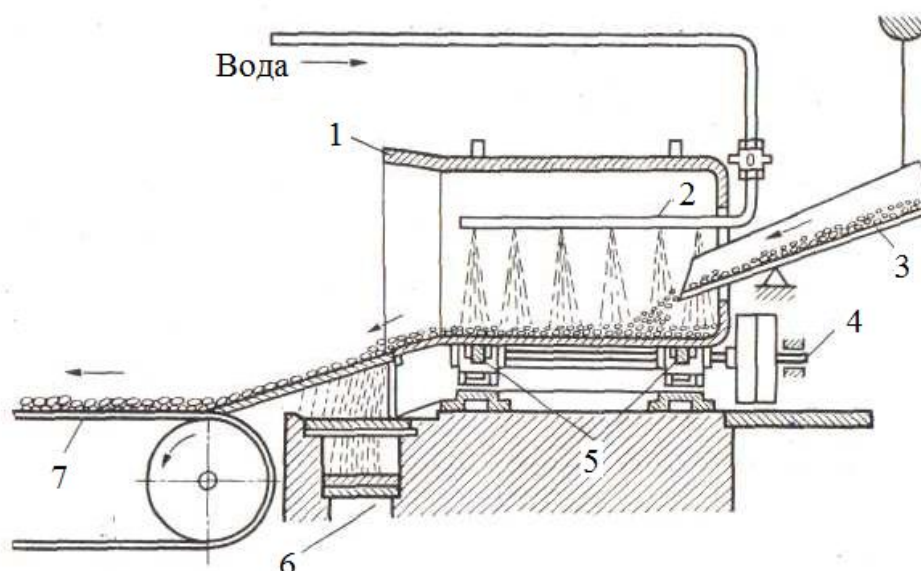
Эффективность измельчения зависит от прочности, твердости (таблица 5.1) материалов, их однородности, пластичности, размеров кусков и требуемой степени измельчения. Измельчать материал необходимо только до той тонкости, которая требуется для его последующего применения.

Таблица 5.1 – Твердость материалов по шкале Мооса

Материалы	Номер эталона	Материал	Примечание
1	2	3	4
Мягкие	1	Тальк	Легко царапается
	2	Гипс	Царапается ногтем
	3	Известковый шпат	Легко царапается ножом
	4	Плавиковый шпат	С трудом царапается
Мягкие	5	Апатит, стекло	С трудом царапается
Средние	6	Полевой шпат	С трудом царапается
Средней твердости	7	Кварц	Царапает стекло
	8	топаз	— " —
Твердые	9	Корунд	Режет стекло
	10	алмаз	— " —

Каменистые материалы обрабатывают следующим образом. Отсортированные куски пегматита, полевого шпата, кварца, черепок промывают во вращающихся установках - шпаторойках (рисунок 5.3).

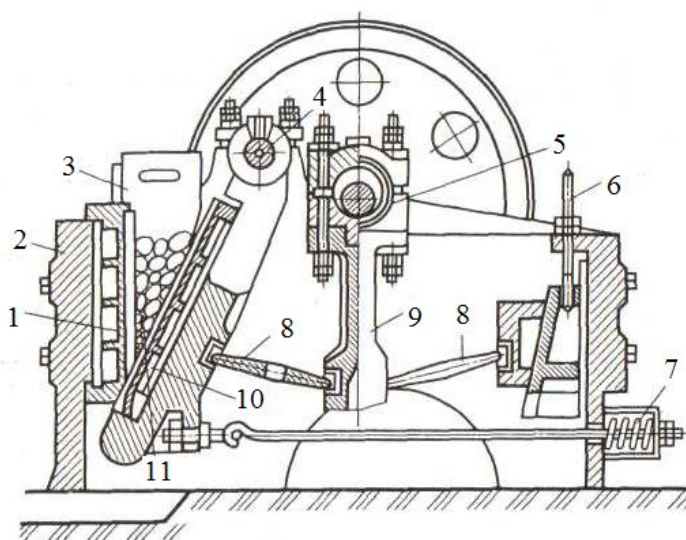
Шпаторойка имеет вид барабана 1 с расположенными внутри него трубками 2 для подачи воды. Барабан вращается на катках 5. Чтобы материал перемещался в шпаторойке, она установлена с небольшим наклоном (5°). Материал подается в барабан непрерывно с помощью лотка 3 и транспортируется по выходе из барабана ленточным конвейером 7. У выходного отверстия шпаторойки устроен люк 6 с решеткой для стока воды в канализацию. В зимнее время в шпаторойку подается горячая вода. Промывка необходима для очистки материала от земли, песка и других загрязнений, внесенных в него при добыче и транспортировании.



1 - барабан; 2 – распылитель воды; 3 - лоток; 4 – главный вал; 5 - катки; 6 – люк для стока воды; 7 - ленточный конвейер

Рисунок 5.3 – Установка для промывки каменных материалов эксплуатации.

После промывки крупные куски каменных материалов подвергаются дроблению главным образом в щековых дробилках (рисунок 5.4), широкое применение которых объясняется простотой их конструкции и надежностью



1, 10 – щеки; 2 – станина; 3 – приемник; 4 – шарнир; 5 – эксцентриковый вал; 6 – винт; 7 – пружина; 8 – распорки; 9 – шатун; 11 - материал

Рисунок 5.4 – Щековая дробилка

Размер выходящих из дробилок кусков зависит от ширины выходной щели между щеками, которая регулируется винтом 6. Степень измельчения в щековых дробилках колеблется от 3 до 6. Производительность щековых дробилок зависит от сечения выпускной щели, числа качаний подвижной щеки в минуту, свойств материала и угла между щеками.

Каменистые материалы, чтобы повысить эффективность последующего помола и выявить красящие оксиды, резко проявляющиеся после обжига, часто предварительно обжигают. Обжиг чаще всего осуществляют во вращающихся печах или горнах (печах периодического действия) при температуре от 900 °С до 1000 °С, при этом рекомендуется резко поднимать температуру, а затем быстро охлаждать обжигаемый материал. В результате модификационных превращений (β - кварца в α – кварц), происходящих с увеличением материала в объеме, последний растрескивается и в последующем легко измельчается. Кроме того, легко обнаруживаются вредные примеси: железистые включения, слюда и др.

Обожженные каменистые материалы сортируют на ленточном конвейере

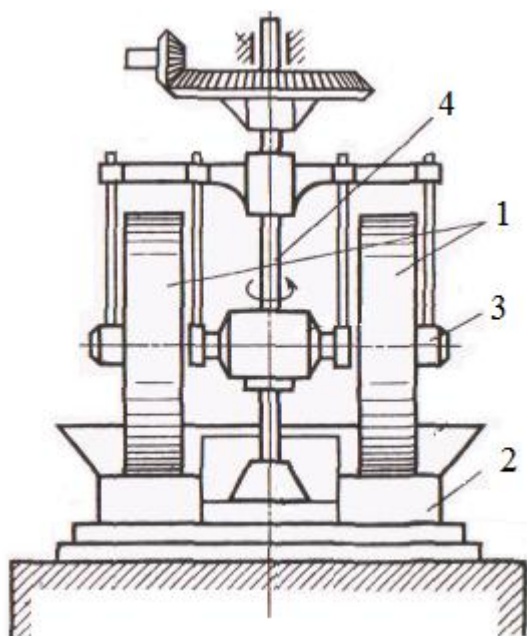


Рисунок 5.5 – Бегуны с вращающимися катками

и подвергают среднему измельчению на бегунах с каменными катками и подом, футерованным гранитными секторами, или в дробилках. Применяют два типа бегунов: с вращающимися катками 1 (рисунок 5.5), которые катятся по неподвижному поду 2 при вращении полуосей 3 вокруг вертикального вала 4, и вращающимся вокруг вертикальной оси подом. Во втором случае катки перемещаются на своих осях под действием сил трения о материал. Измельчение осуществляется раздавливанием и

истиранием материала за счет тяжести катков, имеющих большую массу; такое оборудование устанавливают, как правило, на первых этажах.

В бегунах с гранитными катками и подом материал практически не загрязняется частицами железа, что наблюдается при использовании бегунов с чугунными катками и подом.

Размолотый материал скребками перемещается в бегунах к разгрузочному отверстию и при выходе из бегунов подвергается просеву сквозь сито. Материал, не прошедший через сито, возвращается на домол в бегуны, а мелкая фракция поступает на хранение в бункер.

Пластичные глинистые материалы предварительно измельчают на глинорезках или дезинтеграторах, которые снабжены ленточными конвейерами для перемещения сырья к месту хранения или дальнейшей переработки.

Глинорезки представляют собой конструкцию, состоящую из двух горизонтальных валов с насаженными на них в шахматном порядке ножами, вращающимися навстречу один другому.

Дезинтеграторы для измельчения глины или каолина состоят из корзин диаметром от 1000 до 1250 мм. Частота вращения корзин от 7,5 до 8,3 с⁻¹. Высокая производительность (до 25 т/ч) дезинтеграторов зависит от диаметра корзин, влажности материала и равномерности его подачи, конструктивных особенностей дезинтегратора. После переработки содержание глины с частицами размером менее 0,5 мм составляет от 70 % до 90 %, что удовлетворяет технологическим требованиям к этому виду сырья. Для защиты дезинтегратора от попадания в него металлических предметов перед загрузочным отверстием устанавливается мощный магнитный уловитель.

После предварительного измельчения сырьевые материалы просеивают на механических барабанных грохотах с целью их разделения на несколько фракций или выделения частиц, размеры которых не отвечают предъявленным требованиям. В последнем случае крупные частицы

возвращаются для дополнительного измельчения. Основным рабочим элементом всех видов сит — тонкий лист - решето с отверстиями определенного сечения или сетка. Показателем эффективности отсева служит коэффициент полезного действия (КПД) сита, который определяется по формуле 5.2.

$$\eta = \left(\frac{K_1}{K} \right) \times 100 \quad (5.2)$$

где η — коэффициент полезного действия сита, %;

K_1 - количество прошедшего через сито материала, имеющего размеры, равные размеру ячейки сита, г;

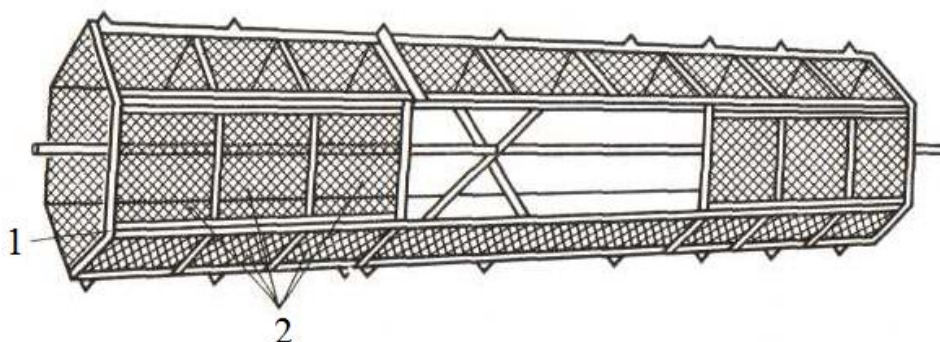
K - количество материала в исходном состоянии, г.

На эффективность отсева влияет форма частиц, влажность материала, угол наклона сита и амплитуда его колебаний, форма и расположение отверстий и др. Обычно КПД сит колеблется от 60 % до 95%. Наибольший КПД у вибрационных сит.

Для просева увлажненной глины (влажностью от 10 % до 12 %) применяют электрический подогрев сит до температуры от 120 °С до 150 °С. КПД таких сит может достигать 100 %.

Барабанный грохот (сито бурат) (рисунок 5.6), который имеет форму многогранной призмы, обтянутой сетками, вращается с помощью приводного шкива в двух подшипниках.

Материал в сито поступает через отверстие в торце корпуса по наклонному лотку. С другого конца сита удаляются не прошедшие через него крупные зерна материала, которые направляются самотеком в бегуны на доизмельчение. Средняя частота вращения сита от 0,4 до 0,5 с⁻¹, производительность от 500 до 1000 кг/ч.



1 – барабан; 2 – сменные сетки

Рисунок 5.6 - Барабанный грохот

Для создания запаса готовых материалов на две - три смены и предотвращения зависимости последующих технологических операций от операций предварительной подготовки сырья на последних этажах массозаготовительных цехов устанавливают бункера запаса, которые выполняют также роль питателей машин и оборудования.

При хранении в бункерах порошкообразные материалы могут слеживаться и терять свою сыпучесть. Чтобы уменьшить слеживаемость, снижают время хранения материалов в бункерах, устанавливают бункера небольшой высоты, не допускают подачи в бункера материалов с повышенной влажностью. Например, глина влажностью более 15 % быстро слеживается, при такой влажности ее нельзя хранить в бункере.

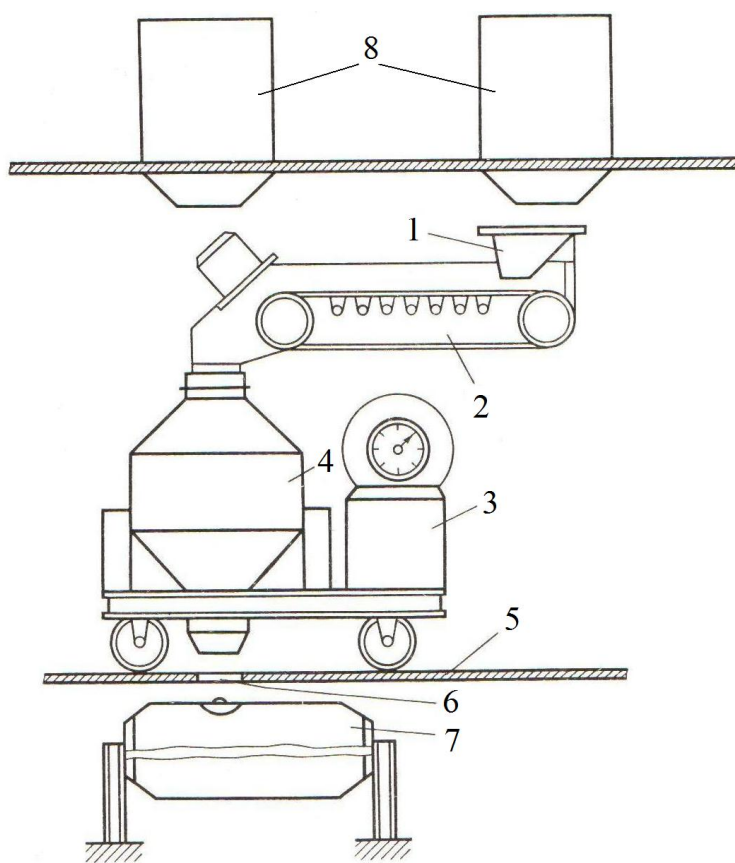
Зависание порошкообразных материалов в бункерах приводит к уменьшению или к полному прекращению их выхода из отверстия. Чтобы предотвратить это явление, не рекомендуется полностью разгружать бункера, следует оставлять в них материал в количестве $\frac{1}{3}$ объема. Для предупреждения зависания угол наклона бункера делают несколько больше угла естественного откоса материала. Зависание материала может быть предотвращено также вибрацией стенок бункера.

При выходе из бункеров порошкообразные материалы могут разделяться на крупные и мелкие фракции. Для предотвращения этого

явления необходимо хранить материал по фракциям в различных бункерах.

5.2.2 Дозирование материалов

Все компоненты массы подаются в монорельсовую вагонетку, которая последовательно устанавливается под затвором соответствующего бункера с сырьевыми материалами. После заполнения каждым исходным материалом вагонетка перемещается к весам для взвешивания, после чего направляется к месту разгрузки (в мельницы или мешалки).



1 - бункер-дозатор; 2 - питатель; 3 - тележка; 4 - бункер-накопитель; 5 - рельсовый путь; 6 - разгрузочный люк; 7 - шаровая мельница; 8 - бункер

Рисунок 5.7 – Схема электрической весовой тележки

Более совершенный способ весового дозирования – использование электрических весовых тележек (рисунок 5.7). Погрешность взвешивания на тележках ЭВТ-1,5 не более ± 5 кг. Тележки оснащены электроприводами для передвижения по узкоколейным путям 5 шириной 750 мм со скоростью 85 м/мин и бункерами - накопителями 4, в которых отвешенная доза доставляется к месту разгрузки (в мельницы или мешалки).

Рельсовый путь 5 для перемещения электровесовых тележек расположен

над мельницами и под бункерами 8 с сырьем. Материал из бункера по течке подается различными питателями в бункер-накопитель 4 весовой тележки. После приема заданного количества материала тележка перемещается к другому бункеру 8 и т. д., а затем - к разгрузочному люку 6 или бункеру, расположенному над мельницей, и автоматически разгружается.

На современных керамических предприятиях применяют весовые дозаторы, которые позволяют с помощью электровибрационных питателей, ленточных конвейеров и датчиков автоматически прекращать подачу материала из бункера при достижении заданного количества и включать питатель, расположенный в другом бункере. Все дозирование компонентов осуществляется по программе в соответствии с составом массы.

Над загрузочным люком мельницы целесообразно размещать бункер для дозированных материалов, который можно заполнить заранее до остановки и выгрузки мельницы

5.2.3 Помол компонентов шихты

Для производства изделий методом прессования из пресс-порошков влажностью от 6 % до 7 % принята шликерная (мокрая) технология приготовления массы. После предварительной обработки, дозирования сырьевые материалы загружают в шаровую мельницу и осуществляют тонкий мокрый помол каменистых материалов. Шликерная технология широко применяется на отечественных заводах и за рубежом.

Существуют два способа тонкого помола сырьевых материалов и соответственно приготовления массы:

- отдельный (каменистые материалы размалываются в шаровых мельницах, а глинистые распускаются в мешалках);
- совместный (каменистые и глинистые материалы размалываются совместно в шаровых мельницах).

Отдельный способ тонкого помола более производительен, чем

совместный помол этих материалов, поэтому он более распространен на заводах.

При *раздельном помоле* (рисунок 5.8) каменистые материалы (полевой шпат, бой, кварцевый песок и др.) размалывают в шаровых мельницах до требуемой тонкости помола и смешивают в мешалках с предварительно распушенными глинистыми материалами (суспензией) в количествах, определяемых составом массы.



Рисунок 5.8 – Технологическая схема раздельного способа шликерной технологии приготовления массы

В шаровые мельницы добавляют также технологические отходы -

технологический брак и пооперационные отходы, которые могут быть загрязнены гипсом, металлом и другими нежелательными примесями. Поэтому мягкие отходы распускают в отдельной мешалке с последующим процеживанием суспензии через сито и пропуском через магниты.

Отходы после переработки не обладают той же пластичностью и связностью, что и свежая масса, поэтому их можно добавлять в свежую массу в определенном количестве или корректировать свойства отходов добавлением от 1 % до 2 % пластичной глины. Необходимое количество вводимых глинистых материалов определяют опытным путем.

На современных предприятиях при раздельной схеме массоприготовления для непрерывного роспуска глинистых применяют вместо пропеллерных мешалок специальные машины, в основном конструкции ПО «Волгоцеммаш» и НИИстройкерамики.

Машина для непрерывного роспуска глин конструкции ПО «Волгоцеммаш» (рисунок 5.9) состоит из корпуса 2, в котором вращаются два ротора: дробилки 3 и мельницы 5, с закрепленными на них билами. Глина вместе с водой и электролитами загружается в загрузочную воронку 1. Измельченный в первой дробилке материал (от 15 до 25 мм), пройдя через регулировочную плиту 6, попадает в камеру мельницы-мешалки, где окончательно измельчается вращающимся ротором 5 с шестью билами, на которых свободно подвешены гладкие кольца.

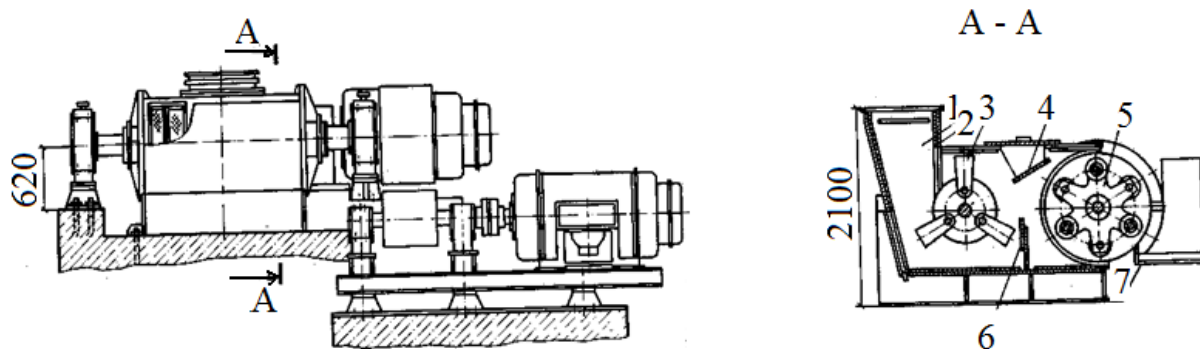


Рисунок 5.9 - Машина для непрерывного роспуска глин конструкции ПО «Волгоцеммаш»

Для ускорения роспуска глины в корпусе укреплен отбойный козырек 4, на который в процессе работы отбрасываются неразмолотые куски глины. Глинистая суспензия через выходной люк 7 самотеком по лотку стекает в смесительный бассейн.

Роторная мельница-мешалка НИИстройкерамика (автор А.С. Сладков) - состоит из одной молотковой дробилки 7 в центре и двух кольцевых мельниц 4, расположенных по краям (рисунок 5.10).

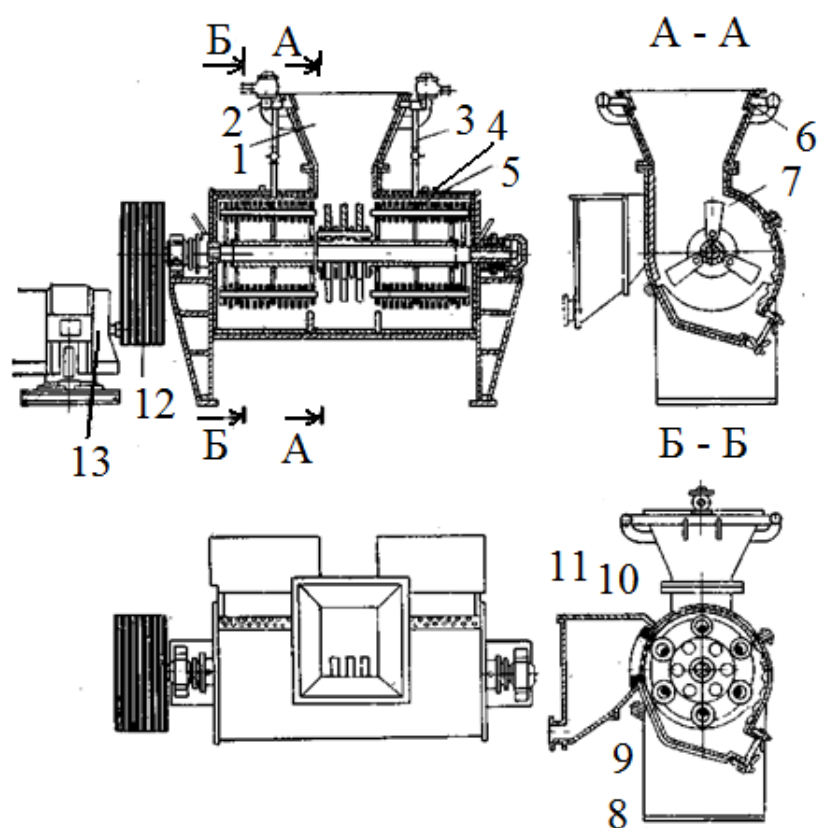


Рисунок 5.10 - Роторная мельница-мешалка конструкции НИИстройкерамики

Роторы этих машин закреплены на одном валу и приводятся во вращение от электродвигателя 13 через клиноременную передачу 12. Единый корпус агрегата 5 имеет фланцевый разъем по всему периметру, изнутри футерован плитами из марганцовистой стали. К верхней половине корпуса прикреплена загрузочная воронка 1 с коллектором 2 и трубами 6 для подачи воды с электролитами и разгрузочные карманы 11, отделенные от внутренней полости решетками 10. В нижней части корпуса агрегата расположен карман для накопления твердых неизмельчаемых предметов, снабженный тремя

люками для его периодической чистки. Поступающая вместе с водой и электролитами через воронку 1 глина измельчается сначала свободно подвешенными молотками дробилки 7, а затем кольцами 8 из марганцовистой стали, свободно надетыми на стержни 9. Вследствие свободной посадки кольца могут поворачиваться вокруг осей пальцев и поэтому равномерно изнашиваются по периметру, что способствует сохранению статической балансировки роторов. Через трубы 3 в мельницу может подаваться дополнительное количество воды. Глинистая суспензия продавливается через решетки 10 и самотеком из карманов 11 по лоткам поступает в смесительный бассейн.

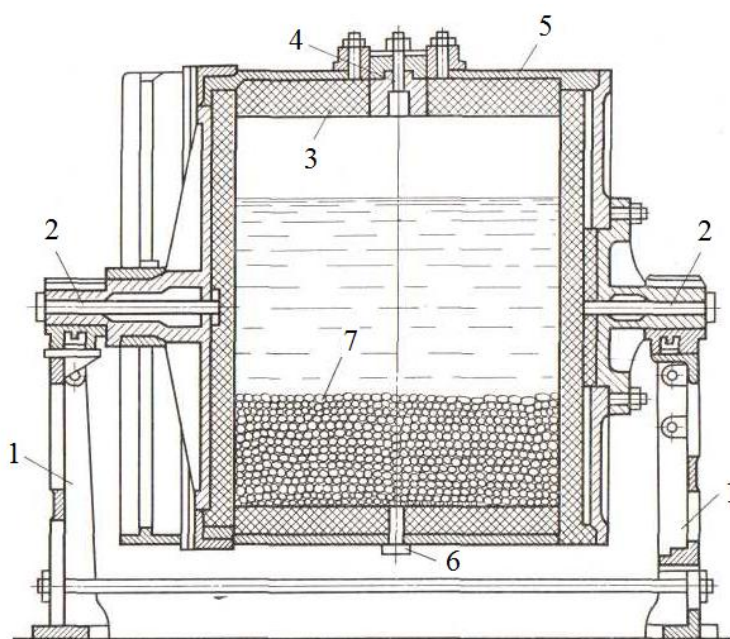
Каждая из этих машин имеет свои преимущества и недостатки. Машина ПО «Волгоцеммаш» отличается простотой обслуживания и ремонта. Роторная мельница-мешалка НИИстройкерамики имеет низкие удельные энергозатраты и металлоемкость (таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Техническая характеристика машин для роспуска глинистых материалов

Показатель	Мельница ФММ-12	Мельница ПО «Волго- цеммаш»	Мельница НИИстрой- керамики
1	2	3	4
Производительность средняя, т/ч	2,2	16,3	28,1
Мощность электродвигателя, кВт	75	320	160
Удельный расход электроэнергии, кВт·т/ч	37	14,3	4,6
Масса, т	3,4	24	7
Удельная металлоемкость, т/т	1,54	1,47	0,25
Максимальная крупность кусков глины, мм	150×150	300×300	400×400

Тонкий помол материалов осуществляется мокрым способом (с добавлением воды) в шаровых мельницах - агрегатах периодического действия. При раздельном помоле значительно легче механизировать процесс загрузки шаровых мельниц периодического действия.

Каменистые материалы измельчаются до остатка на сите № 0056 не более 2 - 3 %. Чрезмерно тонкий помол каменистых материалов увеличивает влагосодержание шликера, энергетические затраты и время его обезвоживания. В то же время рост тонкости помола каменистых материалов способствует понижению температуры спекания черепка, увеличению его механической прочности в воздушно-сухом состоянии.



1 – опоры; 2 – подшипники; 3 – футеровка;
4 – люк загрузки сырья; 5 – барабан; 6 – болт, закрывающий отверстие для слива шликера; 7 – мелющие тела

Рисунок 5.11 – Шаровая мельница
периодического действия

Шаровая мельница (рисунок 5.1) состоит из стального цилиндрического барабана 5, вращающегося в двух подшипниках 2, закрепленных на опорах 1. Внутри барабан футерован уралитовыми, базальтовыми или кремнистыми плитками 3. Футеровка необходима для предотвращения быстрого износа корпуса мельницы и загрязнения размалываемых материалов железистыми включениями. Для ремонта футеровки и загрузки

материала в цилиндрической части мельницы расположен люк 4. Шаровые мельницы приводятся во вращение через ременную или зубчатую передачу от

индивидуального электродвигателя через редуктор и фрикционную муфту.

Мелющими телами 7 служат природная кремниевая галька однородной структуры, шаровидной формы (без острых углов и граней), средним размером от 30 до 70 мм и уралитовые шары или цилиндры. Уралит (30 % глины, 62,8 % глинозема, 7,2 % доломита) имеет высокую плотность (от 2900 до 3200 кг/м³), большую твердость и механическую прочность. Уралитовые шары очень медленно изнашиваются (за 1 ч работы мельницы истирание составляет 0,025 % по сравнению с 0,05 - 0,08 % кремниевой гальки).

Для предотвращения засорения керамической массы материалом мелющих тел уралитовые шары и цилиндры, а также кремниевую гальку предварительно «окатывают» в мельнице с песком, т. е. загружают в мельницу мелющие тела, песок и включают ее в работу.

Рекомендуемое соотношение в мельнице материала, мелющих тел и воды: 1:(1,1 - 1,7):1. Коэффициент заполнения мельницы по объему составляет 0,8 - 0,9.

Материалы загружают в мельницу в такой последовательности: мелющие тела; вода с добавкой от 5% до 8 % глинистых материалов; непластичные каменистые материалы (кварц, полевой шпат; фарфоровый бой и др.).

Воду вводят с добавкой глинистых материалов или от 1 % до 2 % бентонита, чтобы каменистые материалы не оседали на дно во время работы и остановки мельницы и чтобы интенсифицировать процесс помола. Также для интенсификации помола в мельницу вводят поверхностно-активное вещество (ПАВ) — сульфитно-спиртовую барду.

При эксплуатации шаровых мельниц важно соблюдать оптимальное число оборотов барабана, что определяет интенсивность помола и характер движения мелющих тел в мельнице. Мелющие тела размалывают от 97 % до 98 % сырьевых материалов за счет соударения шаров и лишь 2 – 3 % сырья измельчается путем истирания.

При малой частоте вращения мельницы, мелющие тела не будут подниматься на нужную высоту, и дробить материал силой удара падающего тела, а будут перекашиваться вместе с материалом и измельчать его только за счет трения и истирания, что является малоэффективным и способствует значительному износу футеровки [1, 3]. При существенном увеличении скорости вращения мельницы мелющие тела под влиянием центробежной силы будут вращаться вместе с барабаном и не будут измельчать материал. Помол при этом малоэффективен.

При нормальной частоте вращения Помол производится за счет энергии падающих мелющих тел, которые при вращении барабана под влиянием центробежной силы, прижимающей их к стенкам мельницы, поднимаются вверх и под действием силы тяжести падают на материал и шары, расположенные в нижней части мельницы.

Ориентировочно частоту вращения барабана n (с^{-1}) для мельниц диаметром более 1,25 м определяют по формуле 5.3.

$$n = \frac{35}{60\sqrt{D}}, \quad (5.3)$$

где D — внутренний полезный диаметр мельницы, мм.

Для мельниц диаметром менее 1,25 м — по формуле 5.4

$$n = \frac{40}{60\sqrt{D}} \quad (5.4)$$

Футеровку мельницы проверяют после каждого цикла помола и при необходимости ремонтировать. Чтобы соотношение материала, мелющих тел и воды не нарушалось, необходимо при каждой загрузке мельницы контролировать качественный (сколы, трещины и др.) и количественный состав шаров и цилиндров и при необходимости добавлять соответствующее количество мелющих тел.

Размер и количество мелющих тел существенно влияют на производительность мельниц. Слишком крупные шары сокращают их количество в мельнице, что приводит к уменьшению истирающей

поверхности мелющих тел и снижению производительности мельницы. С увеличением количества шаров, число ударов будет больше, а следовательно, возрастет производительность мельницы. Сила же удара шаров зависит от высоты их падения, т. е. от диаметра мельницы. При длительной работе некоторые шары вследствие износа уменьшаются до таких размеров, что утрачивают способность измельчать материал.

При тонком помоле в шаровых мельницах много энергии расходуется непроизводительно: на износ футеровки и шаров, нагрев корпуса и т. п.

КПД мельниц, который обычно составляет около 0,15, увеличивается при сокращении времени помола, что достигается загрузкой в мельницу каменистых материалов с размером частиц от 1 до 2 мм. Каменистые материалы с таким размером частиц получают при их предварительной подготовке в щековых дробилках и на бегунах.

На продолжительность помола также влияет влажность материалов. Рекомендуемая влажность для помола керамических масс - 50 % уточняется исходя из состава.

Для дозирования воды и других жидких добавок в мельницах используется бензосчетчик ДБ-40, обеспечивающий высокую точность (до 1 %) дозирования и быстроту заполнения мешалок и мельниц.

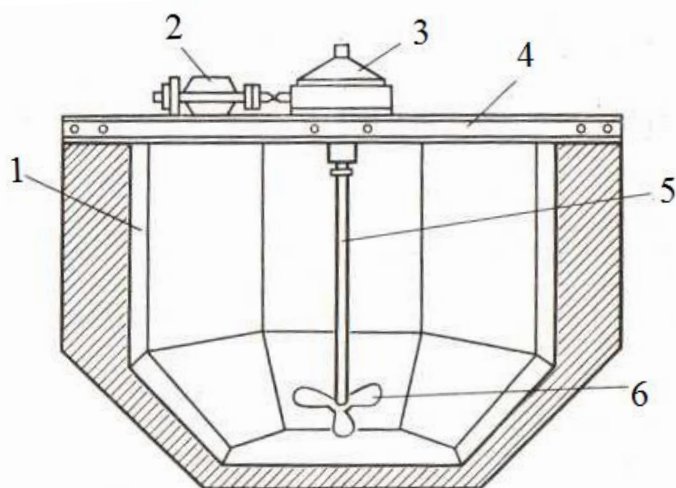
На заводах для осуществления мокрого помола широко используются шаровые мельницы типа TMNP, технические характеристики которых представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Технические характеристики шаровых мельниц мокрого помола типа TMNP

Показатель	Условное обозначение шаровых мельниц					
	8/1	10/1	14/1	17/2	19/2	24/2
1	2	3	4	5	6	7
Полезная вместимость, л	200	500	1300	3400	4400	8300
Диаметр барабана, мм	732	100	1400	1700	1900	2400

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7
Частота вращения, об/мин	40	35	22	18	17	14
Мощность электродвиг., кВт	0,8	1,1	5,5	10	10	22
Масса, т	1,15	2	4,4	5,7	11,7	12,7



1 - резервуар, 2 - электродвигатель, 3 - редуктор, 4 - балка, 5 - вал, 6 - лопасть винта

Рисунок 5.12 – Пропеллерная винтовая мешалка

Пропеллерная мешалка (рисунок 5.12) представляет собой бетонный или металлический резервуар 1, верхняя часть которого выполнена в виде многоугольной призмы, а дно - в виде усеченной пирамиды. Форма дна предотвращает вращательное движение массы. Выступ в дне резервуара улучшает циркуляцию суспензии. Для создания интенсивной циркуляции суспензии по всему объему мешалки внутрь ее помещается

вертикальный вал 5 с винтом. Диаметр винта составляет от $1/3$ до $1/4$ диаметра бассейна. Мешалка приводится в движение от электродвигателя 2 через редуктор 3. Оба механизма смонтированы на двух швеллерных балках 4, укрепленных на резервуаре. Для роспуска глин и каолинов применяются быстроходные мешалки, а для хранения суспензий во взвешенном состоянии и смешивания — тихоходные мешалки с час 4 с^{-1} .

При определении высоты резервуара (H) используется соотношение:

$$H = D/1,5, \quad (5.5)$$

где D — диаметр резервуара, мм.

Глинистые материалы поступают в массозаготовительный цех в виде порошков или комков. Роспуск глин и каолинов можно ускорить, если их предварительно измельчить на специальном оборудовании (глинорезках), которое целесообразно устанавливать над винтовой мешалкой.

Количество воды, необходимое для роспуска глин, определяют опытным путем; обычно оно находится в пределах от 55 % до 75 %.

Мешалки загружают в такой последовательности: заливают на $\frac{3}{4}$ объема мешалки подогретую от 50 °С до 60 °С воду; затем включают перемешивающее устройство и постепенно загружают расчетное количество глины или каолина в виде стружки или комков размером не более 20 мм; после чего доливают остаток расчетного количества воды. Продолжительность роспуска в мешалках зависит от вида глинистых материалов и их исходной температуры, и может колебаться в пределах от 2 до 4 ч.

При смешивании глинистых и каменистых материалов первыми в мешалки-сборники сливают глинистые материалы, после чего из шаровых мельниц через сито № 02 туда же подают каменистые материалы. Слитую и перемешанную суспензию влажностью от 55 % до 60 % пропускают через сито № 01 и подвергают магнитному обогащению.

Для ускорения процесса роспуска и помола сырьевых материалов, повышения текучести суспензии при меньшей ее влажности, понижения расслаиваемости суспензии применяют электролиты - поверхностно-активные вещества (ПАВ). Проникая в имеющиеся и вновь возникающие при помоле микротрещины, добавки действуют расклинивающе и ускоряют разрушение частиц. Образуя на поверхности микротрещин слой воды, они также действуют расклинивающе: молекулы воды вследствие своей подвижности быстро смачивают вновь образующиеся поверхности при

помоле, скапливаясь у истока образующихся трещин. Это создает условия для повышения давления в таких местах, приводящего к разрушению частиц размалываемого материала. Оптимальная концентрация ПАВ в зависимости от ее вида находится в пределах от 0,02 % до 0,5 % (по массе).

Для предупреждения расслоения керамической суспензии на бассейнах хранения часто устанавливают пропеллерные мешалки различных конструкций и производительности (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Технические характеристики пропеллерных мешалок

Показатель	Мешалки типа K/SQ					СМ-203В	СМ-489Б
	2	3	5	7	10		
1	2	3	4	5	6	7	8
Вместимость резервуара, м ³	0,3	0,9	4,5	13,5	38	4	8
Диаметр винта, мм	200	300	500	750	1000	500	900
Частота вращения, об/мин	500	400	350	300	200	252	162
Мощность двигателя, кВт	0,5	1,2	5	12	16	2,8	10
Масса, кг	110	200	380	1230	2700	550	1220
Вместимость резервуара, м ³	200	300	500	750	1000	500	900

Приготовление шликера по схеме раздельного помола значительно экономичнее в расходе электроэнергии, в потребности производственных площадей и т.д. Вместе с тем, с точки зрения технологических преимуществ, такая схема уступает технологии совместного помола глинистых и отощающих, так как имеющийся в глинах кварцевый песок практически не размалывается, что отрицательно влияет на качество готовой продукции. Поэтому схема приготовления шликера с раздельным помолом при использовании запесоченных глин (особенно в производстве санитарных керамических изделий) не рекомендуется для промышленного применения.

При *совместном помоле сырьевых материалов* (II способ) роспуск

глинистых совмещают с помолом каменистых материалов в шаровых мельницах (рисунок 5.13). При этом способе помола лучше происходит смешивание каменистых и глинистых компонентов, улучшается качество суспензии, уменьшается возможность появления «мушки» (темные точки железистых включений) на изделиях после обжига, так как железистые включения подвергаются тонкому измельчению. Этот способ позволяет сократить количество оборудования для роспуска глины и каолина, однако производительность мельниц снижается на 20 – 25 %.

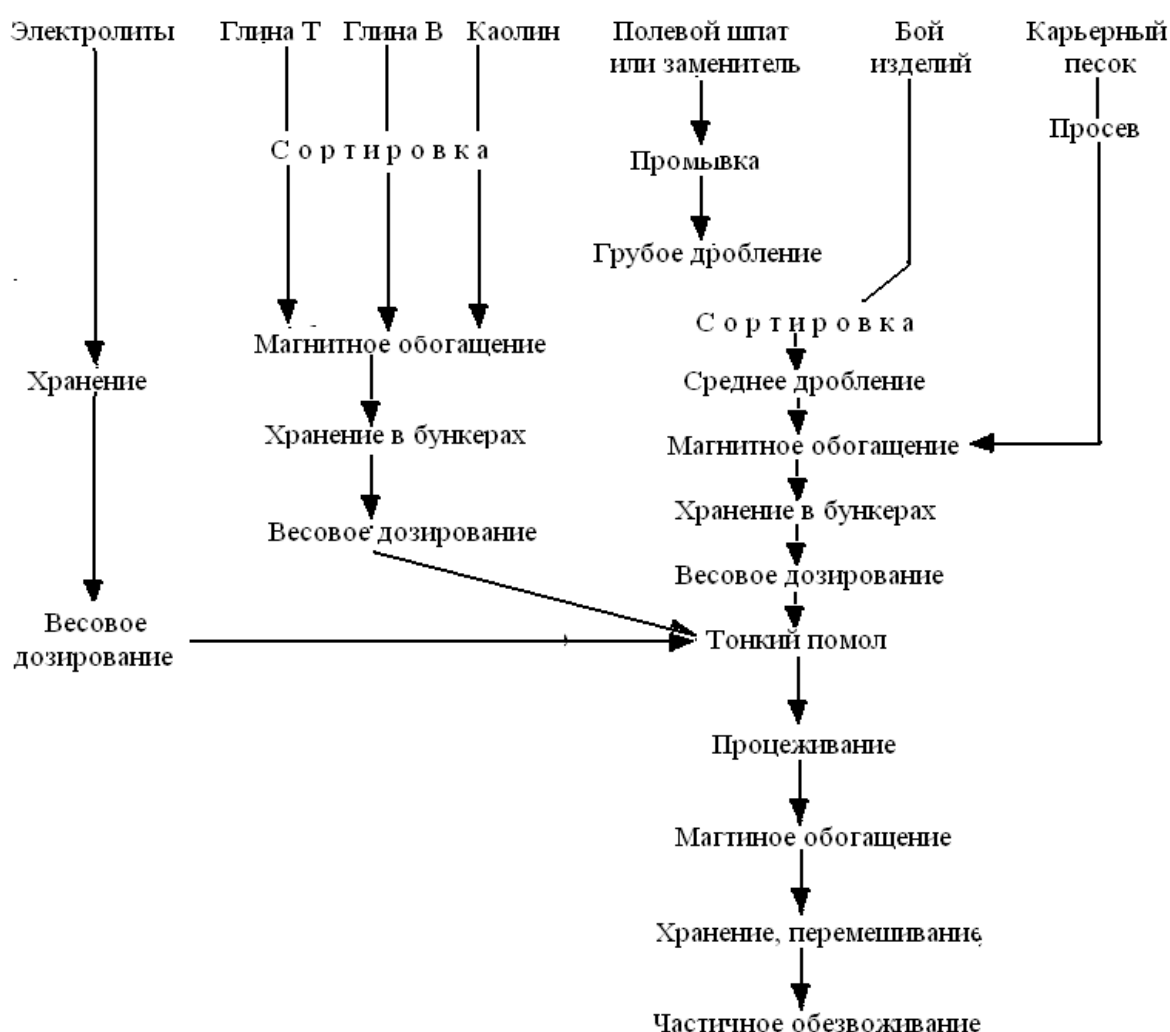


Рисунок 5.13 – Технологическая схема совместного способа шликерной технологии приготовления массы

Совместный помол сырьевых материалов осуществляют в шаровых мельницах в определенной последовательности, разделяя основную завеску

на составляющие:

1 Загружают каменистые материалы, бой изделий и от 5 % до 8 % глинистых; производят помол в течение 3 - 8 ч до заданной тонкости помола.

2 Загружают оставшееся количество глинистых материалов и разжижителей. Время совместного помола около 60 мин.

Количество вводимых глинистых материалов на первой стадии помола, определяемое опытным путем, не должно превышать оптимально допустимых количеств. Несоблюдение этого требования приведет к увеличению времени помола каменистых материалов.

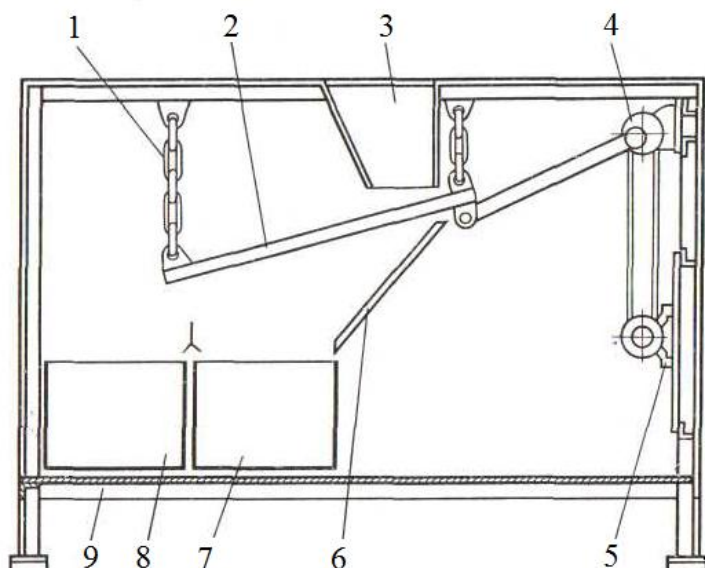
Готовая масса сливается в мешалки-сборники, в которые добавляются предварительно переработанные отходы.

5.2.4 Обогащение массы

После помола суспензия керамической массы подвергается ситовому и магнитному обогащению. Для удаления крупных частиц недомолотых каменистых и красящих материалов, органических примесей (в виде корней, волокон, щепок и др.) и улавливания железосодержащих материалов суспензию процеживают через сито (ситовое обогащение), а затем пропускают через электро- или ферромагниты (магнитное обогащение).

Массу процеживают через сита различных конструкций, на которые натянуты медные или латунные сетки №№ 0125, 01, 009, 007, 0056, имеющие соответственно 2500, 3600, 4900, 6400 и 10000 отв. / см².

Качающееся подвесное сито (рисунок 5.14) представляет собой металлический каркас 9 с лотком 2, обтянутым сеткой. Лоток, подвешиваемый на цепях 1 под точкой 3, приводится в движение электродвигателем 5 через вал, на котором находится эксцентрик 4. Суспензия пропускается через сетку, по желобу 6 поступает в емкость 7, а отходы — в емкость 8.



1 - цепи, 2 - лоток, 3- течка.
4- эксцентрик, 5 – электродвигатель,
6 - желоб, 7,8- емкости, 9 - каркас

Рисунок 5.14 - Качающееся подвесное сито

В зависимости от частоты вращения двигателя частота колебаний сита от 23,3 до 46,6 с^{-1} . Производительность качающегося сита площадью $500 \times 500 \text{ мм}^2$ составляет от 7 до 10 $\text{м}^3/\text{ч}$ суспензии (при сетке № 01).

Недостаток этого сита - необходимо периодически очищать его вручную, причем скапливающийся остаток способствует быстрому износу сита, резкому снижению эффективности его работы

при несвоевременной очистке от накопившегося остатка.

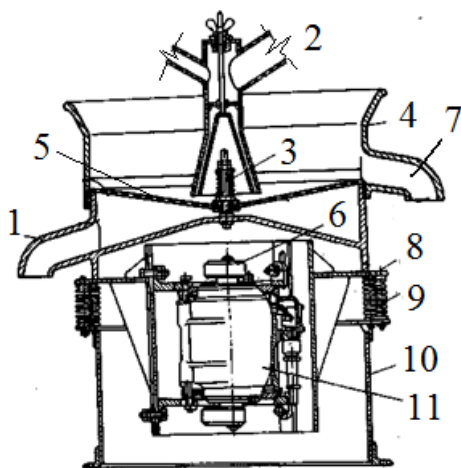


Рисунок 5.15 - Вибрационное сито для керамических суспензий СМ-487А

Просев керамической суспензии, полученной в шаровых мельницах мокрого помола, может осуществляться так же с применением вибрационного сита СМ-487А (рисунок 5.15). Оно предназначено для просеивания различных составов жидких суспензий с автоматическим отбросом частиц крупных фракций.

Вибрационное сито СМ-487А (инерционный дебалансный грохот) состоит из станины 10, на которой на пружинах 9 установлен вибростол 8 с закрепленным на

нем электродвигателем 11 с двумя дебалансами 6 и корпусом собственно сита. На корпусе сита при помощи воронки 4 и пружинного натяжного устройства 3 закреплена сетка 5.

Керамическая суспензия поступает в сито по трубе 2 и после очистки сливается через патрубок 1 в лоток приемной мешалки. При вращении вала электродвигателя (мощность 0,4 кВт) благодаря определенному углу разворота одного дебаланса 6 относительно другого подвижный корпус сита получает направленное вибрирующее движение, при котором частицы материала, не прошедшие через сетку, движутся по спирали от центра сетки к стенке воронки 4 и удаляются через патрубок 7. Габариты сита 900×700×250 мм, масса 85 кг.

Для магнитного обогащения суспензий применяют ферромагнитные лотковые установки ЕО 600-5, СМ-488-1, ФОУ-2 и др.

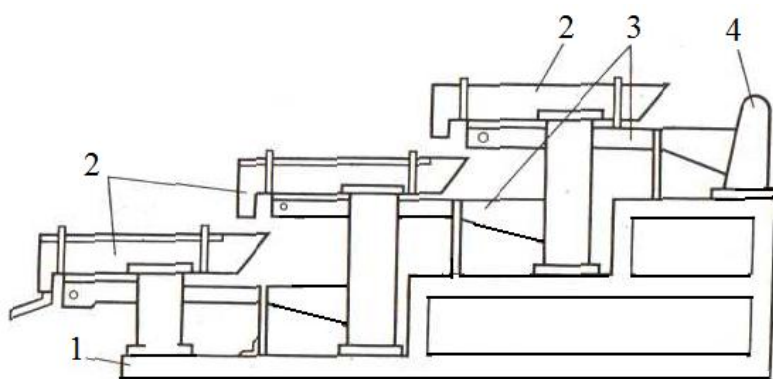


Рисунок 5.16 – Ферромагнитная обогатительная установка ФОУ-2

Ферромагнитная обогатительная установка ФОУ-2 (рисунок 5.16) состоит из каркаса 1, на котором смонтированы три последовательно расположенных ферромагнитных очистителя 2. Магнитные блоки,

расположенные в лотке очистителя, закреплены на подпружиненных рычагах 3, с помощью которых блоки выводятся из зоны лотков при мойке. При прохождении через каскады очистителей материалы, обладающие магнитными свойствами, притягиваются к стенкам магнитных блоков, а очищенная суспензия поступает для последующей переработки.

Магнитное обогащение керамических масс на установке ФОУ-2 осуществляется достаточно эффективно, так как жидкие суспензии свободно перемещаются по минимальным зазорам между магнитными блоками очи-

стителей 2, имеющими магнитное поле с высоким напряжением. Кроме того, наличие тонкого слоя суспензии в лотках над магнитными блоками также способствует повышению эффективности ее магнитного обогащения. Недостаток ферромагнитных установок — необходимость их периодической, часто ручной, очистки.

После магнитного обогащения керамическая масса перекачивается в мешалки-сборники мембранными насосами (таблица 5.5) или червячными насосами типа 1В (рисунок 5.17, таблица 5.6).

Таблица 5.5 - Технические характеристики мембранных насосов

Показатель	MP 4/16	MP 5/12,5	MPR 6/30	MP 7,1/20	MPR 8/30	MPR 16/30
Производительность, м ³ /ч	4	5	6	7,1	8	16
Давление максимальное, МПа	1,5	1,25	3	2	3	3
Диаметр поршня, мм	70	80	80	100	110	110
Ход поршня, мм	160	160	210	210	130	130
Число ходов в 1 мин	53	53	50	36	66	66
Установленная мощность, кВт	4	4	11	7,5	13	22,5
Масса, т	0,64	0,64	1,8	1,6	1,6	3

Таблица 5.6 - Технические характеристики червячных насосов

Показатель	1В 6/5	1В 20/5	1В 20/10
Производительность, м ³ /ч	5	16	16
Частота вращения ротора, об/мин	1430	1430	1430
Максимальное давление, МПа	0,5	0,5	1
Масса, кг	130	200	250

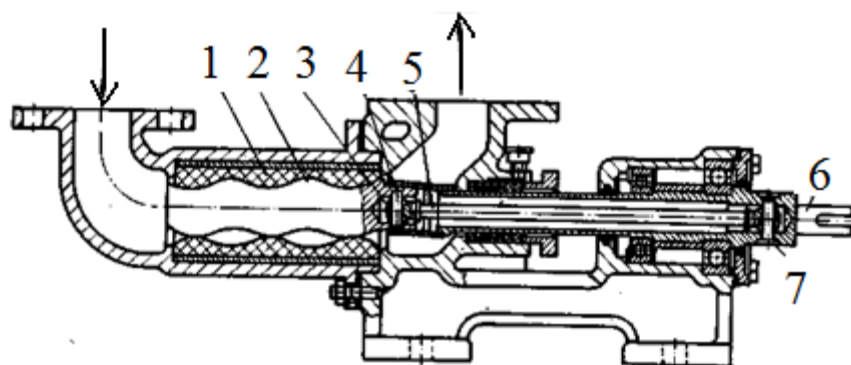


Рисунок 5.17 - Червячный насос типа 1В для перекачки керамических суспензий

Червячный насос состоит из статора 1, внутренняя поверхность которого представляет собой двухзаходную винтовую полость, и ротора 2. Статор футерован износостойкой резиной, ротор выполнен в виде однозаходного винта из легированной стали с шагом вдвое меньшим, чем шаг статора. При вращении ротора между его поверхностью и поверхностью статора образуются полости, в которые засасывается суспензия, затем она проталкивается вдоль винта в выходной патрубок. Вал 6 насоса соединен непосредственно с валом электродвигателя. С помощью звена 5, заканчивающегося головкой 3, и шарнирных соединений 4 и 7 вал соединен с ротором 2.

5.2.5 Получение пресс-порошка

Сушка или обезвоживание керамической суспензии производится в башенных распылительных сушилках. Фильтр-прессовый способ обезвоживания — трудоемкий, занимающий большие производственные площади, требующий большого количества машин для помола, просева и транспортирования, а также хорошего аспирационного оформления — в настоящее время на заводах строительной керамики не применяется.

С помощью распылительных сушилок получают пресс-порошок стабильного зернового состава с шарообразной формой частиц (основной размер частиц от 0,24 до 0,32 мм). Такая форма частиц и небольшое

количество пыли способствуют более равномерному заполнению пресс-форм, обеспечивают необходимую прочность спрессованной плитки [19], значительно снижают пылеобразование при транспортировании, а также зависание порошка в бункерах.

На промышленных предприятиях применяются сушилки конструкции ПКБ НИИстройкерамики (проект 526), ПО Минскстройматериалов (СМК-148) и Гипростройматериалов.

Распылительная сушилка проекта 526 (рисунок 5.18) состоит из сварной сушильной камеры 5 диаметром 4500 мм и высотой 4100 мм, закрытой сверху крышкой 6 и заканчивающейся внизу конусным бункером 14. Снаружи вся камера изолирована диатомовым кирпичом или минераловатными плитами. В крышке в трубах 7 смонтированы взрывные клапаны 8 в виде мембран из асбестового картона или тонкого листа алюминия.

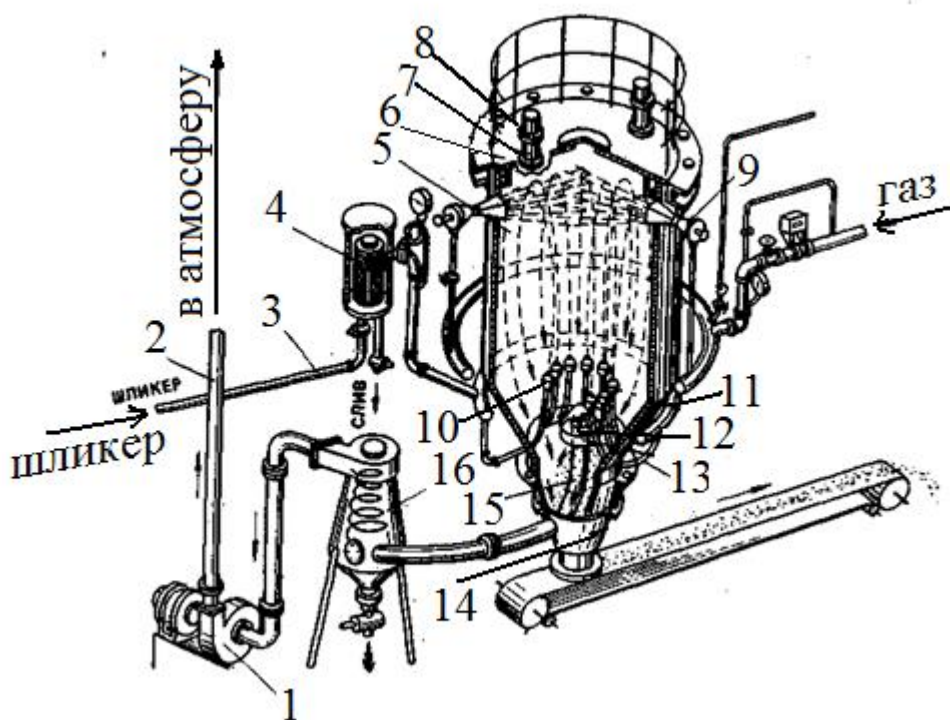


Рисунок 5.18 - Схема работы распылительной сушилки конструкции ПКБ
НИИстройкерамики

Для сжигания газа в стенках сушильной камеры по окружности установлены от 8 до 12 инжекционных горелок среднего давления 9. Для удаления отработанных газов через трубу 2 внизу конусной части установлен вытяжной патрубок 15 с зонтом 12, который через циклон 16 подсоединен к отсасывающему вентилятору 1.

Керамическая суспензия подается в сушильную камеру по шликеропроводу 3 с давлением 1-1,4 МПа через сетчатый фильтр 4, кольцевой коллектор 11 и далее по трубам (штангам) 13 с навинченными на них форсунками механического распыления 10. Дно вихревой камеры и сопла форсунок выполнены из твердого сплава ВК-8, что значительно увеличивает срок службы форсунки.

Струя керамической суспензии в вихревой камере форсунки благодаря центробежной силе закручивается и вылетает через сопло с отверстием от 1,5 до 2,1 мм в виде конусного факела капелек шликера, которые, попадая в нагретое рабочее пространство, быстро отдают влагу и в виде шариков оседают в конической части сушильной камеры, откуда через секторный затвор или матерчатый рукав высыпаются на ленточный конвейер.

При пуске и наладке распылительной сушилки необходимо обратить особое внимание на вертикальное положение штанг с форсунками, так как это одно из главных условий нормальной работы сушилки.

В процессе промышленной эксплуатации башенные распылительные сушилки на передовых заводах подвергались модернизации, управление и регулирование тепловыми процессами в них автоматизированы [20, 21]. От первоначальных проектных решений распылительная сушилка ПКБ НИИСтройкерамики (рисунок 5.19) отличается следующими особенностями: горелки устанавливаются в два яруса под углом 30° к радиусу башни; система ввода форсунок состоит из четырех штанг с четырьмя форсунками (диаметром от 1,8 до 2,2 мм) на каждой; заборный патрубок системы удаления отработанного теплоносителя повернут вертикально вниз, защитный зонт с него снят.

Распылительная сушилка СМК-148 (рисунок 5.19) по своей конструкции значительно отличается от сушилки проекта 526. Сушильная камера диаметром 9000 мм и общей высотой вместе с конусным днищем 17800 мм собрана из панелей толщиной 200 мм (внутри листы из нержавеющей стали, снаружи - из стали марки Ст3, между ними слой минеральной ваты). В крышке камеры 5 смонтированы взрывные клапаны 6. Теплоноситель (дымовые газы от сжигания природного газа) подается в сушилку на уровне сочленения цилиндрической и конической частей камеры шестью газоходами 3 от топок. Топки - металлические, цилиндрической формы, футерованные изнутри огнеупорным кирпичом и оборудованные смесительными горелками. Воздух на горение подается вентилятором ЦП-7-40 № 5 в кольцевой трубопровод 2.

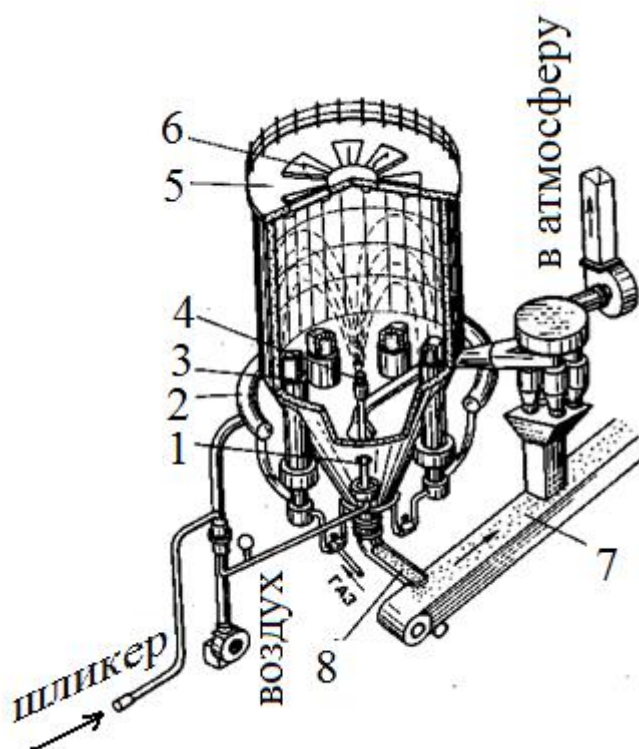


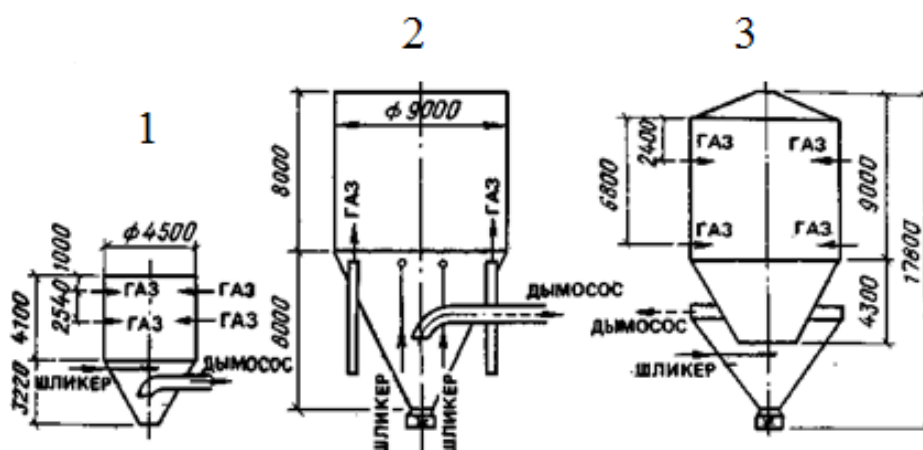
Рисунок 5.19 - Схема работы распылительной сушилки СМК-148

Керамическая суспензия по шликеропроводу и штанге 1 поступает в форсунку механического распыления 4 с диаметром сопла от 6 до 8 мм. Для создания факела распыленного шликера в форсунке такого диаметра

давление в шликеропроводе должно быть равным 2,6 - 3 МПа. Высушенный порошок через питатель и лоток 8 подается на конвейер 7 и далее в бункеры запаса.

В распылительной сушилке конструкции Гипростройматериалов использованы принципиальные узлы двух предыдущих сушилок. Для экономии металла из нержавеющей стали сушильная камера в этой распылительной сушилке выполнена из кирпича.

Отличия распылительной сушилки СМК-148 (рисунок 5.20): одна форсунка диаметром 8 мм заменена на четыре форсунки диаметром от 4,8 до 5,5 мм; уровень установки форсунок снижен на 2,5 м; увеличена производительность вентилятора для подачи воздуха на горение и дымососа для отбора теплоносителя; при отборе порошка установлен лопастной рыхлитель.



1 - конструкции ПКБ НИИСтройкерамики; 2 - СМК-148; 3 - конструкции Гипростройматериалов

Рисунок 5.20 - Модернизированные распылительные сушилки

Отличия сушилки конструкции Гипростройматериалов: кирпичный корпус башни и железобетонные перекрытия заменены на металлические; встроенные топки заменены на 12 инжекционных горелок на двух уровнях; периферийный отбор теплоносителя происходит через кольцевой зазор

между основным и дополнительным конусом и для равномерного отбора порошка поставлен лопастной рыхлитель; установлены центробежно-струйные форсунки.

Основные технико-экономические характеристики модернизированных сушилок приведены в таблице 5.6. Методика полного расчета башенных распылительных сушилок подробно описана М.С. Белопольским [22].

Из сушилки пресс-порошок влажностью $6 \% \pm 1 \%$ элеваторами и конвейерами направляется в емкость для хранения, а затем в формовочное (прессовое) отделение.

На заводах западноевропейских фирм в связи с подорожанием топлива отчетливо проявляется тенденция к замене шликерного, способа получения пресс-порошка на сухой помол с увлажнением и гранулированием в специальных агрегатах – грануляторах [23, 24].

Таблица 5.7 - Технико-экономические характеристики модернизированных распылительных сушилок

Показатель	Проект 526	СМК-148	ГСМ
1	2	3	4
Топливо	Газ		
Диаметр/объем сушилки, м/м ³	4,5/94	9,2/710	7,7/486
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	2020	4300	5575
Производительность по порошку, кг/ч, при влажности шликера, %:			
40	3460	7360	9540
50	2225	4740	6145
60	1450	3090	4000
Давление распыления, МПа	1-1,3	2,5-3	1,9

Продолжение таблицы 5.7

1	2	3	4
Диаметр форсунки, мм	1,8-2,1	4,5-5,5	3,9
Мощность электродвигателя, кВт	19,7	34,3	25,5
Количество форсунок, шт.	4	3	4
Удельный расход топлива, кг усл. топлива/кг исп. влаги	0,11	0,12	0,133
Удельный влагосъем, кг влаги/м ³	21	6,05	11,5

Грануляторы изготавливаются двух типов — вертикальные и горизонтальные. Конструктивно вертикальные грануляторы имеют различия лишь во второстепенных деталях, тогда как принцип их действия одинаков.

Наиболее широко в производстве керамических плиток применяются грануляторы горизонтального типа, имеющие устройства для сушки гранулята. Фирма «Vomm» поставляет горизонтальные грануляторы, принцип устройства которых показан на рисунок 5.21.

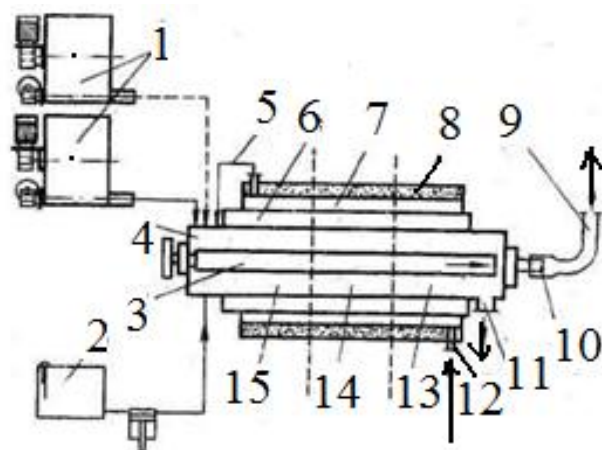


Рисунок 5.21 - Схема горизонтального гранулятора фирмы «Vomm»

Порошки глин или смесей из емкостей 1 подаются пневмотранспортом в горизонтальную цилиндрическую емкость 4, внутри которой с большой скоростью вращается мешалка 3 с полым валом для выхода пара и нагретого воздуха, соединенным специальным устройством 10 с неподвижной

трубой 9. В емкость 4 из бака 2 подается под давлением вода. Горизонтальная цилиндрическая емкость 4 помещена в закрытый кожух 6, внутрь которого поступает пар или нагретая жидкость для обогрева корпуса емкости 4, а также наружного воздуха, который подается через патрубок 12 в пространство 7. Нагретый воздух через трубу 5 подается в емкость 4 турбогранулятора. Вся конструкция теплоизолирована слоем минерального волокна 8.

Условно цилиндрическую емкость 4 можно разбить на три зоны. При работе турбогранулятора в первой зоне 15 емкости 4 происходит смешивание частиц массы с капельками воды, во второй зоне 14 производится гранулирование и в третьей зоне 13 происходит сушка гранулята с 10 - 12 % влажности до 6,5 - 7,5 %. Готовый гранулированный порошок выгружается через патрубок 11.

Турбогранулятор дает возможность дозировать компоненты с точностью $\pm 1\%$ по массе, хорошо гомогенизировать массу благодаря работе турбомешалки и большого количества соударений частиц, возникших при высокоскоростном центробежном перемешивании, гранулировать от 95 % до 100 % массы и высушить ее при незначительных затратах тепловой энергии до необходимой степени влажности.

Турбогранулятор позволяет получить гранулы размером от 300 до 400 мкм у 70 – 75 % готового продукта, а также регулировать зерновой состав готового продукта в результате изменения частоты вращения турбомешалки 3 и количества подаваемой воды. Полученные гранулы имеют сферическую форму, но в отличие от гранул, полученных в распылительной сушилке, не имеют внутренних воздушных полостей, что способствует повышению качества готовой продукции, особенно при производстве плиток для полов.

Фирма «Vomm» поставляет горизонтальные турбогрануляторы производительностью от 1,5 до 20 т/ч (по сухой массе), габаритами соответственно от 2×2×1,5 м до 2,5×8×2,5 м и массой от 4 до 14 т.

6 Формование

Назначение формования как технологического передела производства изделий строительной керамики заключается в придании формы, достаточной прочности и максимальной плотности полуфабрикату для проведения последующих технологических процессов — сушки и обжига.

При оценке способности керамической массы к формованию прежде всего рассматриваются количественные соотношения между твердыми, жидкими и газообразными фазами смеси. Жидкая фаза (в производстве изделий строительной керамики - вода) - обязательный компонент керамической массы для всех практически применяемых способов формования. Вода, с одной стороны, стягивает глинистые частицы, с другой, - обуславливает значительную сдвиговую подвижность глинистых частиц, обеспечивая им возможность скольжения друг относительно друга. Необходимое количество жидкой составляющей для проведения процесса формования тем или иным способом зависит от многих факторов: способа формования, минерального состава глинистого компонента, его количества в керамической массе, содержания воздушной составляющей и т.д.

Одно из главных требований к сформованному полуфабрикату керамического изделия - достаточная и постоянная степень его уплотнения, характеризуемая показателем относительной плотности или пористости, который в значительной степени определяет поведение полуфабриката в сушке и особенно в обжиге. В производстве изделий строительной керамики (кроме специальных пористых изделий и некоторых других) для снижения усадки при сушке и обжиге, а следовательно, и склонности изделия к образованию трещин и деформации, пористость полуфабриката и его формовочная влажность должны быть наименьшими.

Для оценки качества полуфабриката важны не только значения плотности, но и равномерность ее в различных участках тела отформованного изделия. Недостаточная равномерность полуфабриката

ведет к неодинаковой усадке при спекании, сопровождаемой деформацией и даже возникновением трещин. Не менее важна механическая прочность полуфабриката. Этот показатель является определяющим при транспортировании, обработке, установке полуфабриката в сушилки и печь без повреждений и нарушений его целостности.

К числу основных требований, предъявляемых к полуфабрикату после его формования, относятся также отсутствие дефектов строения - внутренних трещин, раковин и т.д., а также отсутствие значительных внутренних напряжений, которые в процессе последующих технологических операций могут вызвать образование различных дефектов, а иногда и разрушение готового изделия.

Исходя из этих и некоторых других технико-экономических требований к полуфабрикату, а также учитывая физико-механические свойства исходного сырья, можно выбрать тот или иной способ формования полуфабриката. На заводах строительной керамики наиболее распространены следующие способы: пластическое формование из масс влажностью от 14 % до 20 %; прессование из порошкообразных масс влажностью от 6 % до 8 % и отливка полуфабриката в гипсовых формах из литейных масс влажностью от 30 % до 33 %.

6.1 Полусухое прессование

Метод полусухого прессования почти единственный при оформлении полуфабриката керамических плиток и некоторых видов пористой керамики. Прессование в этом случае производится из тонкокерамических глинистых порошков, относящихся по классификации Р.Я. Попильского [25] к четвертой группе. Их характерная особенность - сочетание глинистых компонентов, определяющих нужную пластификацию порошка и прочность прессовок, с тонкоизмельченными непластичными материалами. Основная технологическая связка таких порошков - вода, без которой не проявляется

пластифицирующая способность глинистых материалов и прессование практически невозможно.

Для получения высокоплотного прессования полуфабриката в этом случае целесообразно использовать порошки типа монофракционных с большой влажностной однородностью, с минимальным количеством пылевидной фракции и обладающих хорошей текучестью. Этим требованиям вполне отвечает пресс-порошок, получаемый в распылительных сушилках рассмотренных выше конструкций. Однако наличие пустотности в каждой сферической грануле такого порошка приводит к увеличению воздушной фазы в прессуемой массе, что может служить причиной расслоения («перепрессовки») полуфабриката при повышении давления прессования. С этой точки зрения пресс-порошок, приготовленный в грануляторах различных типов, имеет лучшие параметры и позволяет получать полуфабрикат лучшего качества по сравнению с порошком распылительных сушилок.

Начало прессования керамического порошка сопровождается его уплотнением вследствие смещения частиц и гранул относительно друг друга, их сближения и заполнения относительно крупных пор. Частицы при этом перемещаются главным образом в направлении действующих усилий. Вторая стадия уплотнения характеризуется необратимой пластичной деформацией гранул, которая происходит в результате взаимного скольжения минеральных частиц по пленкам связующей жидкости.

При дальнейшем повышении давления наступает третья стадия уплотнения - упругая деформация частиц. Упругие деформации первичных частиц имеют большое значение в процессе прессования, так как общее упругое расширение прессовок, получаемое после снятия давления, в большей степени зависит от их величины.

Последняя стадия уплотнения пресс-порошка при возрастании давления - хрупкое разрушение (или раздавливание) первичных и твердых частиц и заполнение твердыми частицами почти всего объема прессуемой

массы. Однако практически массовое разрушение частиц и полное уплотнение пресс-порошка не происходят даже при давлениях, существенно превышающих предел прочности при сжатии соответствующих, материалов, что видно из графика зависимости коэффициента упаковки (относительная плотность) $K_{ТВ}$ от давления P (рисунок 6.1).

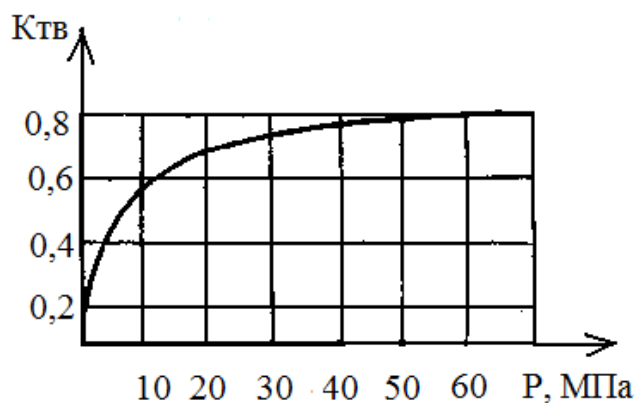


Рисунок 6.1 - Зависимость относительной плотности пресс-порошка от давления прессования

Вместе с тем даже при отсутствии сплошного или массового раздавливания первичных частиц процессы их местного разрушения и частичного раздавливания играют существенную роль и в области реально применяемых давлений (от 25 до 35 МПа). После прекращения действия прессующего усилия и выталкивания изделия из пресс-формы происходит его упругое расширение (до 6 – 9 %), что ведет к уменьшению плотности, достигнутой при прессовании, и, соответственно, к дефектам прессованных изделий. Основные причины упругого расширения - обратимые деформации твердых частиц, расширение запрессованного воздуха и адсорбционное расклинивание влагой, выжатой при прессовании из контактных поверхностей в более крупные поры.

Максимальная плотность прессовки (полуфабриката) – основная цель процесса прессования из порошковых масс. Этот показатель имеет первостепенное влияние на полноту протекания физико-химических процессов в массе при обжиге изделий, а следовательно, и на качество

готовой продукции. Так, в производстве керамических плиток недостаточная плотность полуфабриката дает повышенную усадку, а значит, и увеличение дефектов обжига — трещин, коробления и т.д.

Отрицательное значение имеет и неравномерность прессовки, основные причины которой - потери давления на преодоление трения о стенки пресс-формы, неодинаковое соотношение между глубиной слоя засыпки и толщиной полуфабриката в различных частях изделия, а также заполнение отдельных участков пресс-формы порошком различного гранулометрического состава и влажности.

Положительное влияние на качество прессовки оказывает ступенчатое или многократное прессование, при котором штамп давит на порошок со стадиями разгрузки, т.е. после определенного периода давления штамп несколько приподнимается и прессовка освобождается от прессующего давления. Этот прием позволяет более полно удалить воздух из прессовок, обуславливает меньшую неравноплотность при значительно меньшем максимальном давлении, чем при одностадийном прессовании.

Характерный дефект при полусухом прессовании керамических изделий — трещины расслаивания, расположенные перпендикулярно усилию прессования (или «перепрессовка»). Основные причины появления таких трещин - расширение запрессованного воздуха, сегрегация пресс-порошка при засыпке его в пресс-форму (разные части формы заполняются порошком разного гранулометрического состава) и упругие деформации глинистых частиц. Для предотвращения появления трещин расслаивания рекомендуются прессы с многоступенчатым двусторонним прессованием и выдержкой при максимальном давлении, а также порошки с возможно большей однородностью по гранулометрическому составу и влажности. Положительно сказывается и некоторое повышение средней влажности пресс-порошка.

Прессование керамических плиток производится в основном на механических (К/РКп-125) и гидравлических прессах (таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Технические характеристики прессов полусухого прессования (плитка размером 150×150 мм)

Показатель	к/РКп-125	К/РУ-160	РУ-250	РУ-500	РН-500 «Сакми»
1	2	3	4	5	6
Максимальное давление, МН	1,25	1,6	2,8	5	5
Производительность, м ³ /ч	До 53.	До 53	До 67	До 134	До 161
Максимальное число прессований в 1 мин	До 29	До 20	До 25	До 25	До 27
Число одновременно прессуемых плиток	2	2	2-3 '	4	4
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	18	18	36	54
Габариты, мм:					
длина	1500	1530	2500	3500	2320
ширина	1200	1060	2720	3600	1730
высота	2600	2800	3100	3450	3450
Масса, кг	8000	4700	6500	13 000	13700

При всех положительных сторонах конструкции (надежность, сравнительная простота обслуживания и эксплуатации, устойчивость технических характеристик и др.) пресс К/РКп-125 имеет существенный недостаток - недостаточное усилие прессования. При прессовании двух плиток размером 150×150 мм удельное давление не превышает 20 - 24 МПа. Поэтому на некоторых заводах при прессовании керамических плиток для полов стали устанавливать одногнездную форму, что приводит соответственно к двойному снижению производительности агрегата. Поэтому на плиточных заводах стали чаще применяться гидравлические

прессы - в основном К/РУ-160 и РУ-250, РУ-500 (ГДР) и РН-550 («Сакми» Италия).

Гидравлический пресс К/РУ-160 (рисунок 6.2) с давлением прессования до 1,6 МН состоит из станины, которую образуют основание 1, нижняя траверса 3 с закрепленным на ней прессовым столом с пресс-формами, подвижная средняя траверса 5 с заклинивающими клиньями 8 и две основные колонны 9. Гидросистема пресса состоит из нижнего основания цилиндра 2, верхнего цилиндра для первичного прессования (на рисунке 6.2 - не показан) и цилиндра 7, который соединен тягами 6 с прессовым столом для выталкивания спрессованных плиток из пресс-форм.

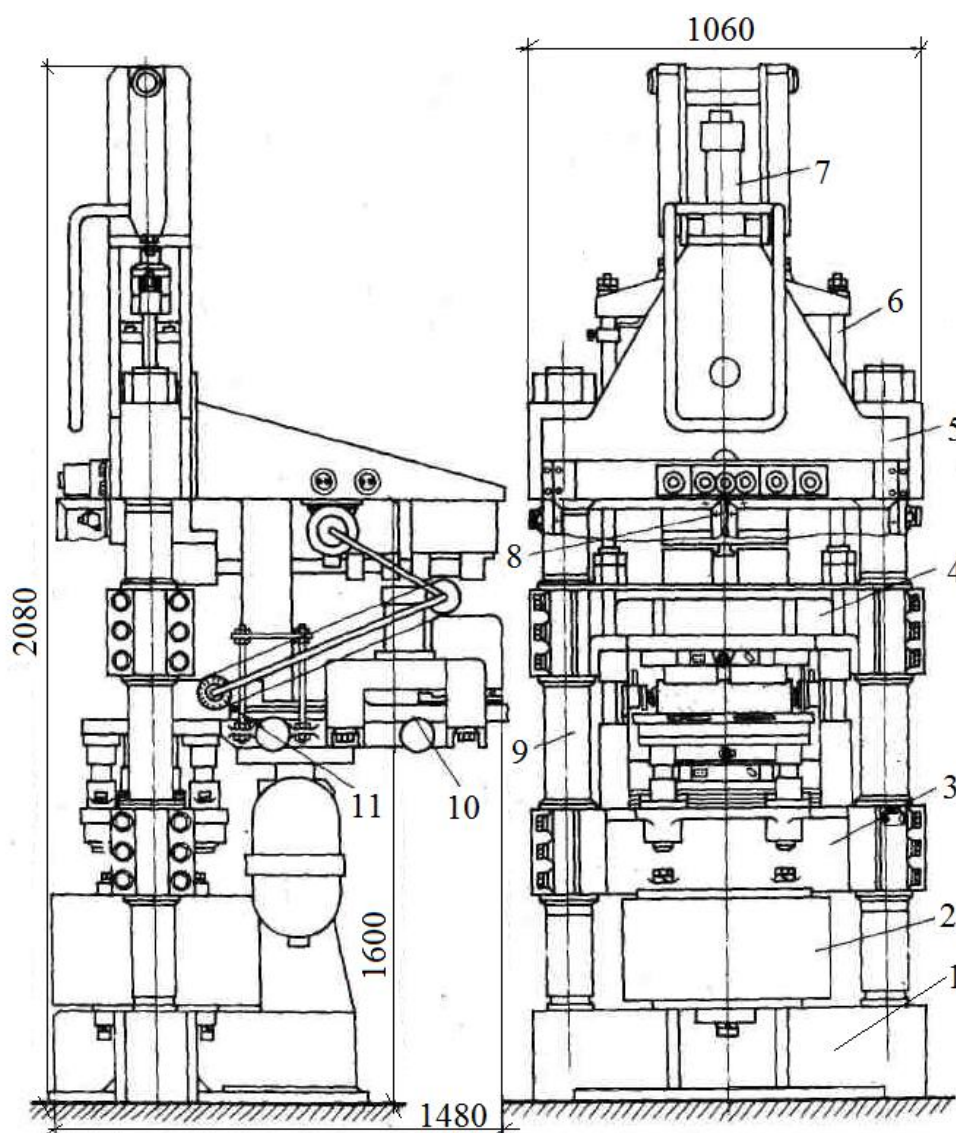


Рисунок 6.2 - Гидравлический пресс К/ПУ-160

Засыпка пресс-порошка в пресс-формы производится кареткой 10, которая при движении вперед одновременно сталкивает отпрессованные плитки. Верхние штампы зачищаются волосяной щеткой 11, которая приводится во вращение самостоятельным приводом гидромотора. Управляют работой пресса с помощью электрических и электронных устройств. Поршни рабочих цилиндров постоянно находятся с одной стороны под низким давлением, поэтому при снятии высокого давления они возвращаются в исходное положение. Схема работы пресса представлена на рисунке. 6.3.

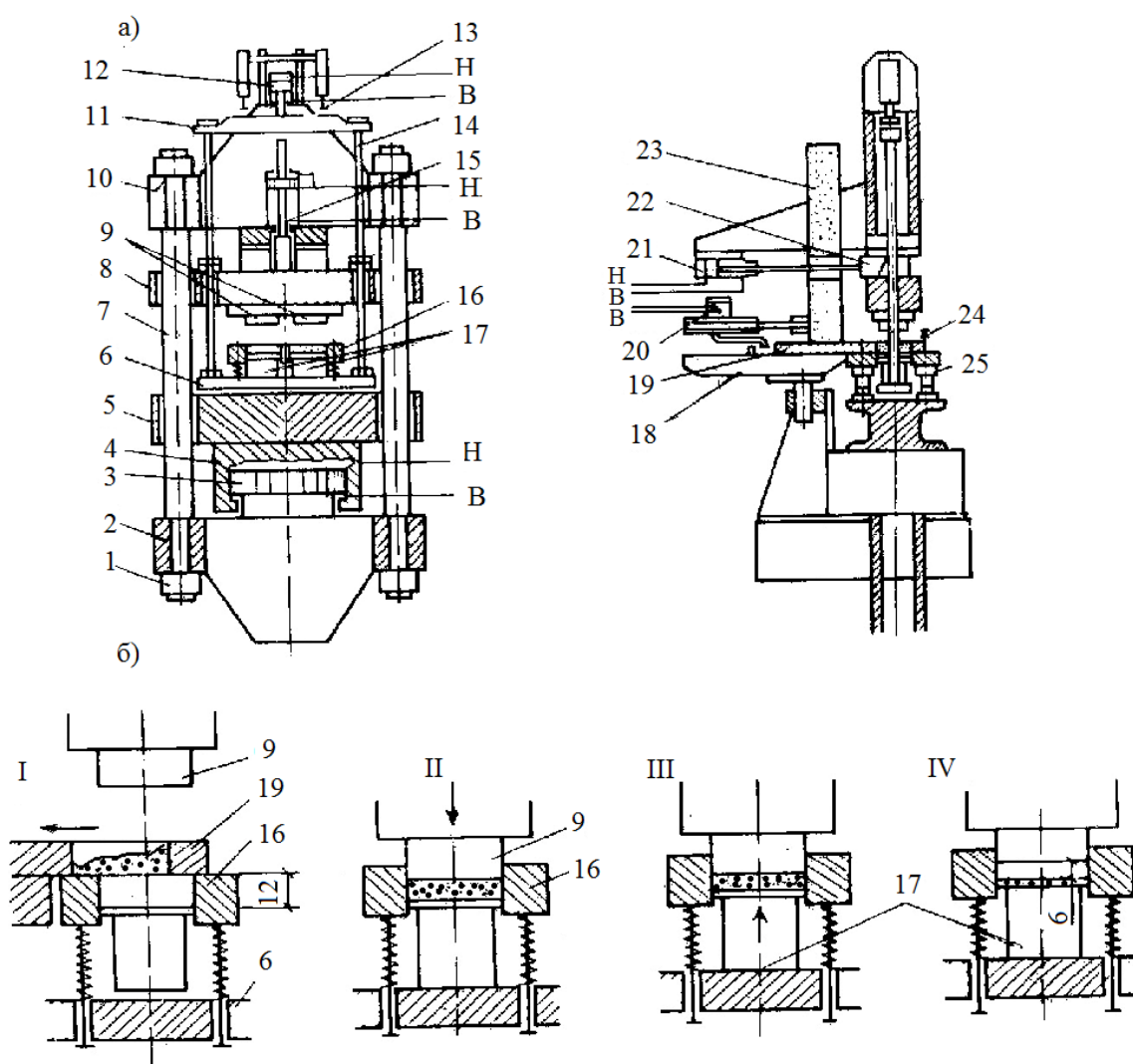


Рисунок 6.3 - Схема процесса прессования на прессе К/ПУ-160.

На станине пресса (основание 2, верхняя траверса 10 и две колонны 7 с гайками 1) смонтированы четыре рабочих механизма: верхний и нижний

прессующие механизмы, выталкивающий и стопорный механизмы движения каретки. Верхний прессующий механизм состоит из цилиндра 15, поршень которого связан подвижной траверсой 8 со штампами 9. Нижний прессующий механизм состоит из цилиндра 4, жестко соединенного траверсой 5 и надетого на поршень 3. Выталкивающий механизм состоит из цилиндра 12, поршень которого через поперечину 11, тягу 14 жестко соединен с нижними штампами 17, входящими в пресс-формы 16. Форма для обеспечения двустороннего прессования смонтирована на пружинных опорах 25 с пружинами 24. Положение нижних штампов в форме устанавливается фиксаторами 13 и гайками на тягах 14. Стопорный механизм состоит из цилиндра 21, шток которого соединен со стопором 22. Механизм движения каретки состоит из плиты 19, смонтированной на столе 18 под бункером пресс-порошка 23 и перемещающейся возвратно-поступательно над формой 16 от гидромотора 20.

На позиции I (рисунок 6.3, 6) верхние штампы находятся в верхнем положении, нижние штампы выталкивают вверх спрессованные плитки, и каретка при движении вправо передней кромкой сталкивает их на приемные ремни (на рисунке не показаны). Затем каретка движется влево, при этом нижние штампы опускаются в крайнее нижнее положение и пресс-порошок из каретки заполняет пресс-формы. На позиции II при движении поршня цилиндра 15 траверса 8 опускается вниз и верхние штампы 9 входят в пресс-формы 16, производя уплотнение массы в форме при давлении около 2 МПа. При этом пресс-порошок уплотняется примерно от 30 % до 35 %. На позиции III вследствие движения вверх корпуса цилиндра 4 производится первое предварительное прессование нижними штампами при давлении около 9 МПа. При этом стопор 22 перемещается штоком поршня 21 вперед, надвигается на выступ траверсы 8 и не дает ей возможности двигаться вверх. После первого прессования нижние штампы несколько отходят вниз, давление сбрасывается и происходит удаление запрессованного воздуха. На позиции IV также в результате движения вверх корпуса основного цилиндра

происходит окончательное прессование при удельном давлении около 30 МПа. Благодаря большой силе трения порошка о боковые стенки пресс-формы, последняя несколько поднимается и находящийся в ней пресс-порошок упирается в неподвижные (на этой позиции) верхние штампы 9.

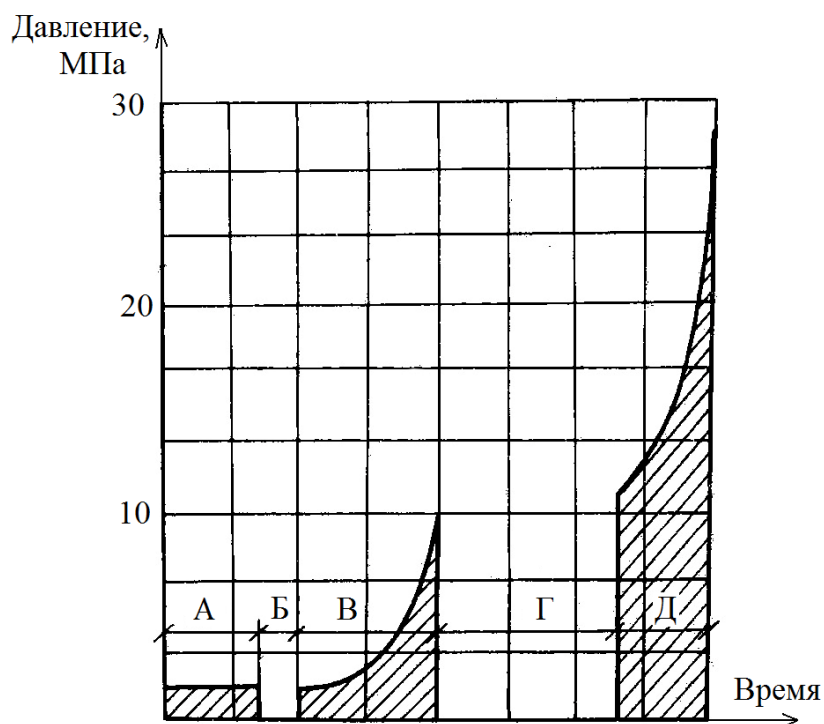


Рисунок 6.4 - Диаграмма процесса прессования, МПа

Таким образом, осуществляется двустороннее прессование (рисунок 6.4).

Пресс К/РУ-160, хотя и более совершенен по сравнению с прессом К/РКп-125, однако обладает и существенными недостатками: шестеренчатый гидронасос пресса имеет ограниченное время

работы (не более 5000 ч), после чего его необходимо заменять новым; из-за ограниченной высоты засыпки пресс-формы нельзя прессовать плитку толщиной более 11-12 мм; недостаточно усилие прессования; сложность наладки и обслуживания системы управления работой гидравлики. Учитывая конструктивные недостатки гидравлических прессов К/РУ-160, фирмой «Тюрингия» разработаны и освоены новые прессы РУ-250 и РУ-500.

Принципиальная конструкция прессов большей мощности РУ-250 и РУ-500 (усилие прессования соответственно 2,5 и 5 МН) и схема их работы аналогичны гидравлическому прессу К/РУ-160. Ход верхнего пуансона постоянный, ходы выталкивания плитки и возвратно-поступательного движения каретки регулируются бесступенчато. Ход нижних штампов

регулируется в зависимости от заполнения пресс-формы массой. Все движения полностью автоматизированы с бесконтактным электронным управлением. Прессы РУ-250 и РУ-500 в отличие от К/РУ позволяют прессовать плитку с двойной засыпкой порошка, могут комплектоваться приспособлениями для получения порфировидной и мраморовидной лицевой поверхности неглазурованных плиток. Они надежны и более просты в эксплуатации. Масляные насосы на этих прессах более мощные и с большим рабочим ресурсом.

Гидравлический пресс РН-550 для прессования керамических плиток итальянской фирмы «Сакми» (рисунок 6.5) устойчив в работе, имеет большой гарантийный срок службы, сравнительно прост в эксплуатации. При изготовлении плиток для внутренней облицовки стен на прессе можно устанавливать 8-гнездовую пресс-форму. Однако в этом случае очень трудно достигнуть равноплотности всех восьми спрессованных плиток. Поэтому такие пресс-формы не нашли большого распространения на промышленных предприятиях.

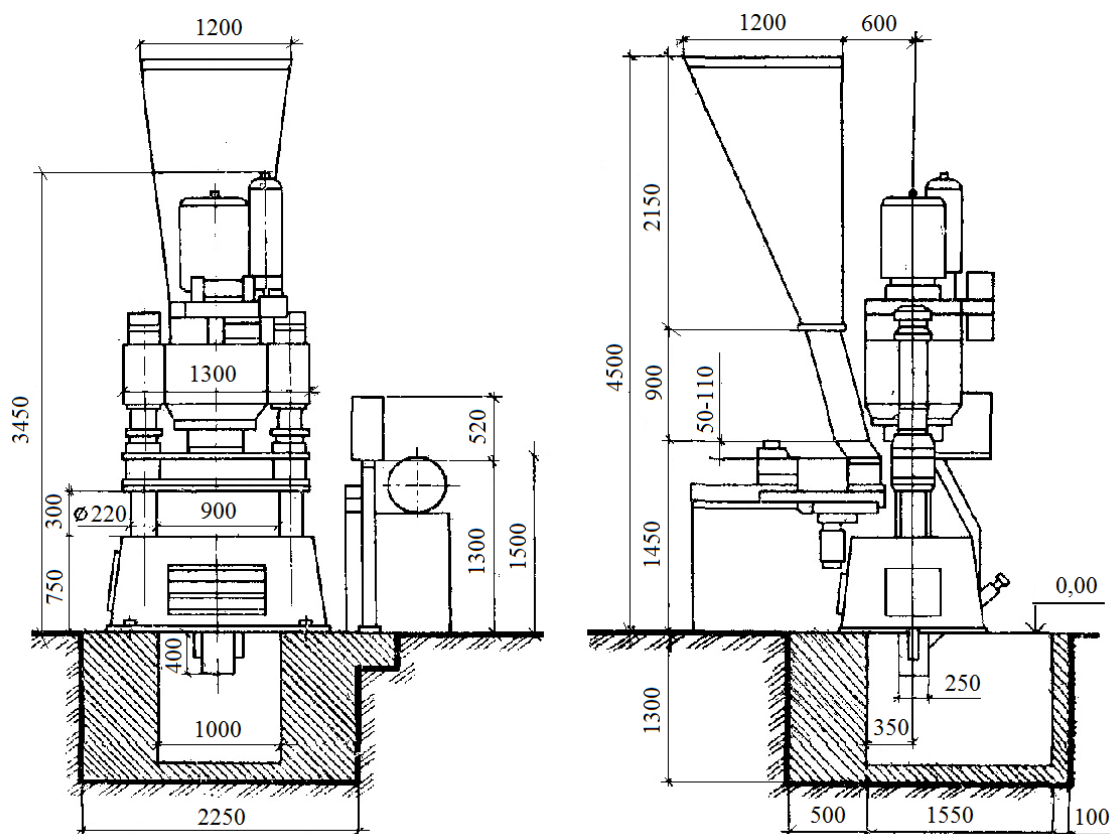


Рисунок 6.5 - Гидравлический пресс РН-500 фирмы «Сакми» (Италия)

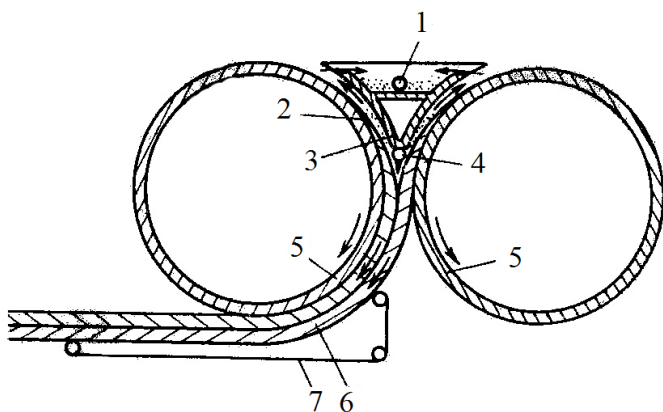
Некоторыми зарубежными фирмами («Велко», «Сакми», «Сити», «Дорст» и др.) освоено производство гидравлических прессов с усилием давления от 7 до 10 МПа и более, позволяющих повысить производительность труда в формовочных цехах и уменьшить количество устанавливаемых прессов.

Небольшое количество керамических плиток в нашей стране производится методом литья на пористых подставках. Этот метод отличается возможностью полной автоматизации технологического процесса на переделе шликер - готовая продукция, отсутствием дорогого прессового оборудования, а также оборудования для получения пресс-порошка, возможностью уменьшения толщины плитки до 2 мм. Однако трудность механизации конечных операций, потребность в большом количестве квалифицированного ручного труда при облицовке такой плиткой стен и панелей, а также невозможность получения керамических плиток большого размера (100×100 мм и более) не позволили значительно увеличить производство керамических плиток по такой технологии.

Керамические плитки, изготовленные методом литья, в основном используются для облицовки фасадов и интерьеров общественных зданий, а также изготовления художественных панно.

6.2 Новые методы формования керамических изделий

В производстве изделий строительной керамики предложен ряд принципиально новых способов формования и подготовки полуфабриката с новыми видами технологического оборудования, прошедших опытные или промышленные испытания. Так, фирмы «Karl Handle» и «Haus Lingle» (ФРГ) предлагают новую технологию и комплекс оборудования для производства керамических плиток и некоторых видов изделий хозяйственного ассортимента, основанные на электрофоретическом способе получения полуфабриката [26, 27, 28].



1 – отводящий шликеропровод; 2 – начало образования керамической ленты; 3 – катод; 4 – подводящий шликеропровод; 5 – аноды (шликерные барабаны); 6 – готовая керамическая лента; 7 – отводящий конвейер

Рисунок 6.6 – Схема работы электрофоретической формовочной машины

образования вследствие этого на поверхности керамической ленты мелких пузырей и вздутий. Образующийся в результате электролиза воды водород удаляется вместе с избыточным шликером по отводящему шликеропроводу, а кислород адсорбируется цинком анодных барабанов, образуя оксид цинка. Пленка оксида цинка непрерывно удаляется щетками. При круглосуточной работе машины в течение 1 года на рабочих барабанах расходуется слой цинка толщиной около 12 мм или около 0,5 кг на 100 м² керамической ленты толщиной 6 мм.

В производственной эксплуатации испытывались машины с диаметром и шириной рабочих барабанов соответственно 1500×300 мм и 2000×1200 мм и производительностью 80 и 500 кг/ч керамической массы с влажностью от 16 % до 18 %.

В электрофоретической формовочной машине (рисунок 6.6), рекомендуемой указанными фирмами, одновременно формуются две керамические ленты с последующим соединением их между собой поверхностями, обращенными к катоду. Шов между двумя лентами не обнаруживается после обжига известными методами исследований.

Конструкция машины предусматривает ликвидацию отрицательных последствий выделения газообразных водорода и кислорода и

Производство керамических плиток по предлагаемой технологии (авторы присвоили ей название Elefant - слон) требует меньше энергии, обслуживающего персонала и производственной площади. Кроме того, основное оборудование отличается универсальностью и простотой. Однако необходимость сушки и обжига изделий на специальных огнеупорных подставках, изготовление этих подставок, их загрузка и разгрузка, автоматизация и механизация процессов возврата после обжига к месту загрузки и ставки в сушильный и обжиговой агрегаты усложняют производственный процесс, поэтому эта технология не получила массового распространения.

Фирма «Jeil Architectur» (ФРГ) разработала технологию двухслойного изготовления керамической ленты толщиной 3—4 мм методом литья на движущуюся ленту двух различных по составу шликеров, имеющих или различную усадку, или различные ТКЛР для ликвидации деформаций при сушке и обжиге, например, состав нижнего слоя: 40 % глины, 20 % высокообожженного шамота, 40 % полевого шпата; верхнего слоя: 30 % глины, 30 % высокообожженного шамота и 40 % полевого шпата.

Промышленное производство крупноразмерных керамических плит под названием «Керамфанера» (Keramfleir) по предлагаемой технологии организовано фирмой в ограниченном масштабе. При облицовке стен такими плитами (например, в центре международной торговли в Москве) требуется применение специальной мастики и тщательная подготовка поверхности стены.

В НИИстройкерамике разработаны способ и опытная поточно-конвейерная линия для изготовления непрерывной керамической ленты шириной 150 мм и толщиной до 6 мм (рисунок 6.6). В основе новой технологии лежит метод вакуум-фильтрации жидкой керамической суспензии.

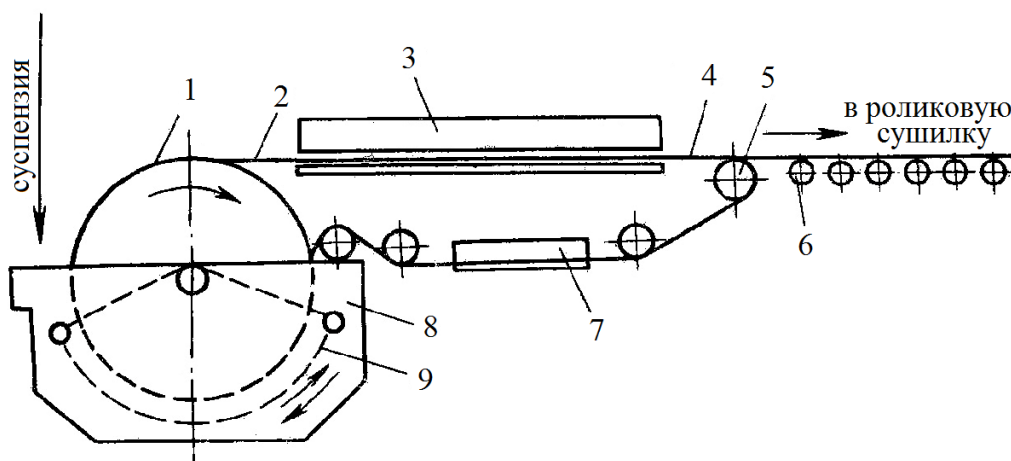


Рисунок 6.7 - Поточно-конвейерная линия для производства керамической ленты методом вакуум-фильтрации.

В емкости 8 установлен цапфовый барабанный вакуум-фильтр 1, конструкция которого позволяет получить под полотном 2, 4, огибающим барабан, разрежение 0,08 МПа. При частоте вращения барабана (диаметр 0,5 м) 10 об/ч на сходящем полотне 2, изготовленном из ткани, в результате вакуум-фильтрации остается слой массы толщиной около 6 мм. Полотно вместе с керамической массой продвигается в подвялочное устройство 3 с электронагревателями, где в течение 10 мин влажность массы снижается с 27 - 30 % до 24 - 25 %, и керамический лист легко отделяется от фильтровального полотна на натяжном барабане 5. После съема с фильтровального полотна керамический лист (или непрерывная лента) направляется по роликовому конвейеру 6 в электрическую роликовую сушилку с общим сроком сушки от 60 до 80 мин, а затем в стандартную роликовую печь с максимальной температурой обжига от 1060 °С до 1080 °С. После снятия керамической ленты полотно 2 промывается в специальном устройстве 7. На валу вакуум-барабана подвешивается маятниковая мешалка 9, которая во время работы линии непрерывно размешивает находящуюся в емкости 8 суспензию. Для улучшения фильтрационных свойств в

керамическую суспензию кроме стандартных электролитов добавляют до 2 % крепителя М-3.

Фирма «Jeil Tonwerke KJAA» (ФРГ) запатентовала метод и устройство агрегата для получения тонкой керамической плитки методом нанесения слоя жидкого шликера на абсорбирующую сгораемую подложку (в виде непрерывной ленты), затем сушки и обжига на этой подложке. При обжиге подложка сгорает и из роликовой печи выходит непрерывная лента обожженной керамики. В шликер при нанесении вводят минеральные волокна для предупреждения растрескивания при сушке.

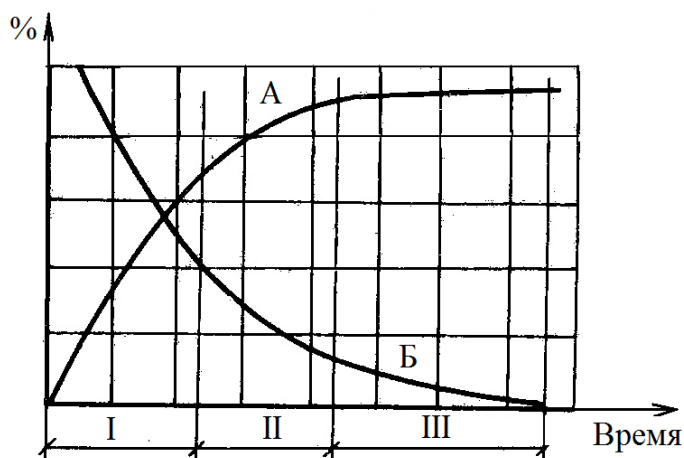
Анализируя предлагаемые новые способы формования изделий строительной керамики, можно предположить, что в ближайшие годы произойдут перемены в технологии приготовления полуфабриката с установкой на предприятиях нового эффективного оборудования и автоматизацией производственного процесса.

7 Сушка

7.1 Общие сведения

После формования полуфабрикат керамических изделий имеет невысокую механическую прочность из-за наличия в массе влаги, количество которой зависит от способа производства, а также от минерального состава массы и других факторов. Это затрудняет транспортирование изделий и осуществление последующих технологических операций. Кроме того, значительное уменьшение объема изделий при удалении из него влаги может привести к деформации или появлению трещин, а при быстром нагреве и к взрывным разрушениям полуфабриката. Поэтому перед обжигом изделия предварительно сушат в специальных сушильных устройствах. Процесс сушки особенно сложен. Это объясняется изменениями полуфабриката, относительно невысокой теплопроводностью пластичных глин.

Сокращение объема изделия при удалении влаги обусловлено действием сил поверхностного натяжения, которые заставляют сближаться частицы массы при ликвидации водяных пленок, находившихся между ними. Кроме того, усадка может происходить в результате снижения собственного объема частиц глинистых минералов, которые содержат межплоскостную воду (минерал типа монтмориллонита). Однако усадочные явления происходят при выделении не всего объема испаряемой воды, так как часть ее удаляется из капилляров и промежутков, которые не могут быть заполнены твердыми частицами массы. Поэтому условно различают два вида влаги в сырых изделиях: свободную и гигроскопическую. Свободная влага с массой изделий связана слабо и прежде всего удаляется при сушке. Этот процесс сопровождается уменьшением объема изделия. Гигроскопическая влага удерживается в изделии адсорбционными и капиллярными силами и удаляется в процессе сушки в последнюю очередь, практически не вызывая усадочных изменений. Графически указанная закономерность объемных



А- усадка; Б – влажность

Рисунок 7.1 - Принципиальные зависимости влажности и усадки керамического изделия от времени сушки

изменений в процессе сушки керамических изделий представлена на рисунке 7.1.

Эта закономерность позволяет сделать следующие выводы: в заключительной стадии сушки, когда удаление влаги не сопровождается линейными изменениями (зона III на рисунке 7.1), режим сушки можно значительно ужесточить, не опасаясь появления таких дефектов, как коробление, деформация и трещинообразование изделия. Для масс

изделий строительной керамики такая граница наступает при влажности от 8 % до 12 %, увеличение в составе массы непластичных материалов (шамота, кварца, плавней и др.) приводит к увеличению содержания гигроскопической влаги и способствует расширению заключительной (или безопасной) стадии сушки и тем самым дает возможность уменьшить срок сушки при всех равных остальных условиях.

Теоретические основы процесса сушки подробно разработаны А.В.Лыковым, К.А. Нохратяном и другими исследователями. При этом за основу бралось положение, что частицы жидкости, находящейся как в отдельной макроемкости, так и в виде водяных оболочек и пленок внутри керамической массы, находятся в непрерывном хаотическом движении. Скорость этого движения и, следовательно, кинетическая энергия движущихся частиц возрастают с повышением температуры жидкости и при определенном ее значении могут достигнуть такой величины, при которой часть поверхностных молекул влаги, преодолевая силу молекулярного сцепления, отрывается от поверхности и переходит в окружающую среду (поверхностное испарение).

При этом массопередача в направлении от поверхности испарения через неподвижный слой газа возможна только при условии, если давление насыщенного водяного пара на поверхности испарения (при данной температуре) будет выше парциального давления водяных паров в окружающем воздухе. Поэтому для удаления влаги из сформованного изделия (или подсушиваемого изделия) ему необходимо передать определенное количество теплоты за счет нагревания.

Если скорость диффузии воды из внутренних слоев изделия будет равной или несколько больше скорости внешней диффузии влаги с его поверхности, то усадка будет происходить равномерно без возникновения больших напряжений внутри изделия. Скорость сушки в этом случае будет называться предельно безопасной. При несоблюдении указанной закономерности, т.е. если скорость диффузии влаги с поверхности изделия

будет больше, чем скорость диффузии из внутренних слоев, произойдет разрыв водной связи в изделии, поверхностные слои его будут отдавать влагу быстрее внутренних, усадка различных слоев будет разной (у наружных больше, чем у внутренних), что приведет к короблению, деформации и трещинообразованию у изделия.

Для каждого вида изделий предельно безопасный режим сушки зависит от свойств массы (количества отошающих добавок, их дисперсности, чувствительности глины к сушке), способа формования и переработки масс, габаритов изделия и способов сушки. Режим сушки обычно определяют и проверяют в лабораторных условиях на специальных установках. Сушка в промышленных сушилках, как правило, требует некоторой корректировки установленного режима (рациональный режим).

Способ сушки и конструктивные основы сушильного агрегата для каждого вида изделий выбирают исходя из возможности максимальной механизации и автоматизации загрузки, транспортирования в процессе сушки и выгрузки изделий из сушильного агрегата при минимальных энергетических затратах и гарантированном качестве изделий. Для экономичного ведения рационального режима сушки необходимо собрать тепловые и материальные балансы, на основе которых рассчитывался и проектировался данный сушильный агрегат [29].

Сушильный агент или теплоноситель, как правило, в сушильных устройствах — воздух, нагреваемый до необходимой температуры в зоне охлаждения обжиговых агрегатов или в специальных нагревательных устройствах (паровых калориферах, огневых подтопках и др.), устанавливаемых в непосредственной близости от сушилок или в самих сушилках. Как правило, в качестве сушильного агента используют дымовые газы от обжиговых агрегатов, особенно от газовых печей, они сравнительно чистые и не приносят вреда ни металлическим конструкциям сушилки и системе подачи теплоносителя, ни самим высушиваемым, изделиям. Вместе с тем нужно отметить, что в этом случае следует обращать внимание на

наличие вредных примесей в шихтовых компонентах керамической массы (особенно в глинах), которые, выделяясь при обжиге, могут сделать дымовые газы химически активными, что приведет к быстрому разрушению металлических трубопроводов и конструкций сушилки.

При радиационном методе сушки сушильным агентом является так же воздух, но в этом случае он служит в основном для отвода влаги высушиваемых изделий, а нагревание изделия и выделение влаги из него происходит в результате радиационного нагрева от теплоизлучателей - проволочных электронагревателей, газовых беспламенных горелок, электроламп с расширенной частью спектра инфракрасного излучения и др.

7.2 Конструкции сушильных устройств

В основу конструкции сушилок для керамических плиток положен принцип скоростной однорядной сушки на роликовых конвейерах. Такой агрегат является самостоятельным узлом в единой поточно-конвейерной линии (ПКЛ) для производства керамических плиток, включающим весь комплекс необходимого оборудования — от пресса полусухого прессования до установок для сортировки и упаковки готовой продукции. Однорядные сушилки позволяют вести процесс дегидратации в оптимальных условиях, так как теплоноситель воздействует непосредственно на каждое изделие. Поэтому использование однорядной сушки в десятки раз сокращает время сушки, значительно уменьшает расход топлива и полностью исключает ручной труд на загрузке и выгрузке изделий в сушильные агрегаты.

В поточно-конвейерных линиях первых образцов (проекты 550, 570, 659 и др.) теплоносителем в конвейерных сушилках служили дымовые газы от установленных непосредственно в стенках агрегата инжекционных горелок со специально разработанными микрофакельными насадками на всю ширину рабочего канала сушилки. В последующих конструкциях внедрена схема сушки с применением более простых в изготовлении и эксплуатации туннельных насадок в виде короткой трубы из жаростойкой стали X25T,

устанавливаемых с обеих сторон сушилки в шахматном порядке [30].

Длина сушилки (или количество секций) определяется необходимым количеством плиток, которые должны пройти через сушилку за время сушки. При расчетной температуре сушки от 220 °С до 240 °С сроки (при стандартных рецептурах масс и конечной влажности плитки менее 0,5 %) в таких сушилках составляют: плитки для внутренней облицовки стен размером 150×150×6 мм — от 9 до 10 мин; плитки для полов размеров 100×100×10 мм – от 29 до 35 мин; 150×150×11 мм – от 40 до 50 мин; 200×200×13 мм — от 55 до 65 мин; фасадные плитки размером 48×48×4 мм — 12 мин; 120×65×7 мм – от 15 до 22 мин; 192×92×10 мм – от 30 до 35 мин.

В современных отечественных проектах ПКЛ (проекты 1030, 1012, 659 и др.) для сушки используется теплота отходящих от печи газов. Такое решение дает возможность снизить общий расход природного газа на 10 – 12 %. Принципиальное конструктивное оформление сушилок показано на рисунках 7.2 и 7.3.

Общий недостаток конвективных сушилок такого типа — возможность коррозии наружной металлической обшивки корпуса при наличии в дымовых газах сернистых и других химически активных оксидов. В этом случае необходимо корпус сушилки выполнять без наружной металлической обшивки (проект ПКЛ–1022, 1030) и обеспечить работу сушилки под разрежением.

В течение длительного времени успешно эксплуатируются двухъярусные роликовые сушилки, в которых для сушки спрессованных плиток используются только дымовые газы от щелевых печей данных линий. Принципиальная теплотехническая схема таких сушилок представлена на рисунке 7.4. Методика теплотехнических и конструктивных расчетов сушилок для керамических плиток приведена в книге [122].

Перспективны разработки НИИСтройкерамики по применению теплоструйной сушки керамических плиток в однорядных роликовых сушилках. Конструкция сушилок с использованием указанной схемы сушки

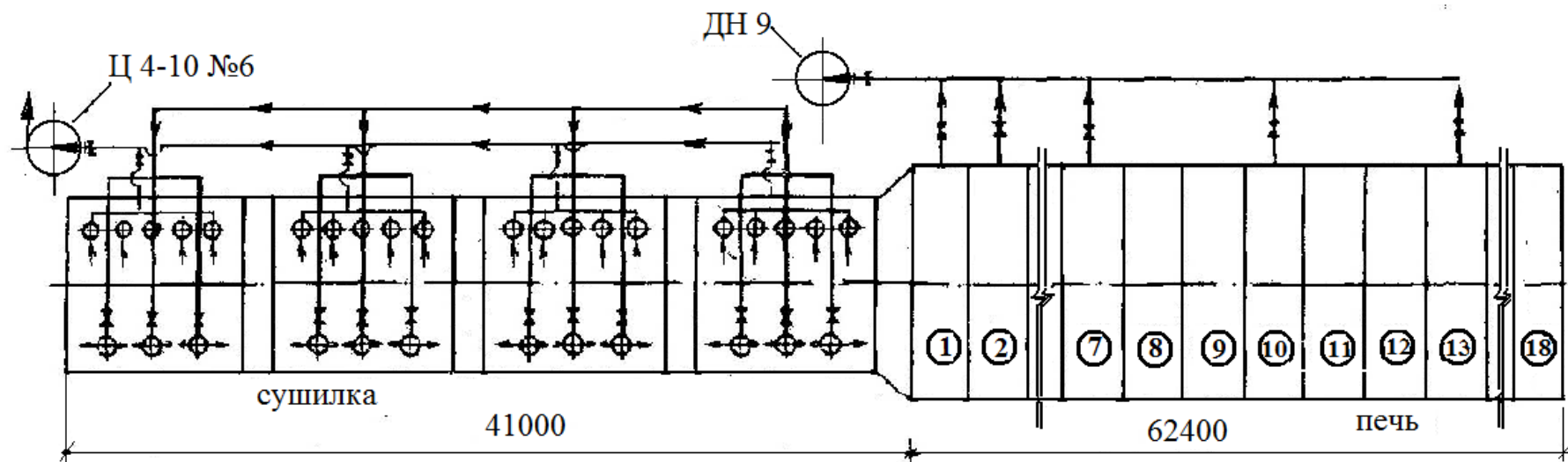


Рисунок 7.2 – Принципиальная схема подачи дымовых газов на сушку керамических плиток на модернизированной поточно-конвейерной линии СМК-158

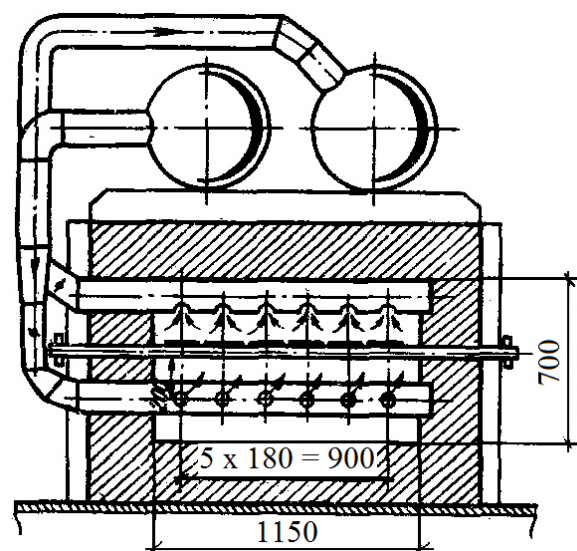


Рисунок 7.3 – Система подачи и отбора теплоносителя в сушилке линии СМК-158

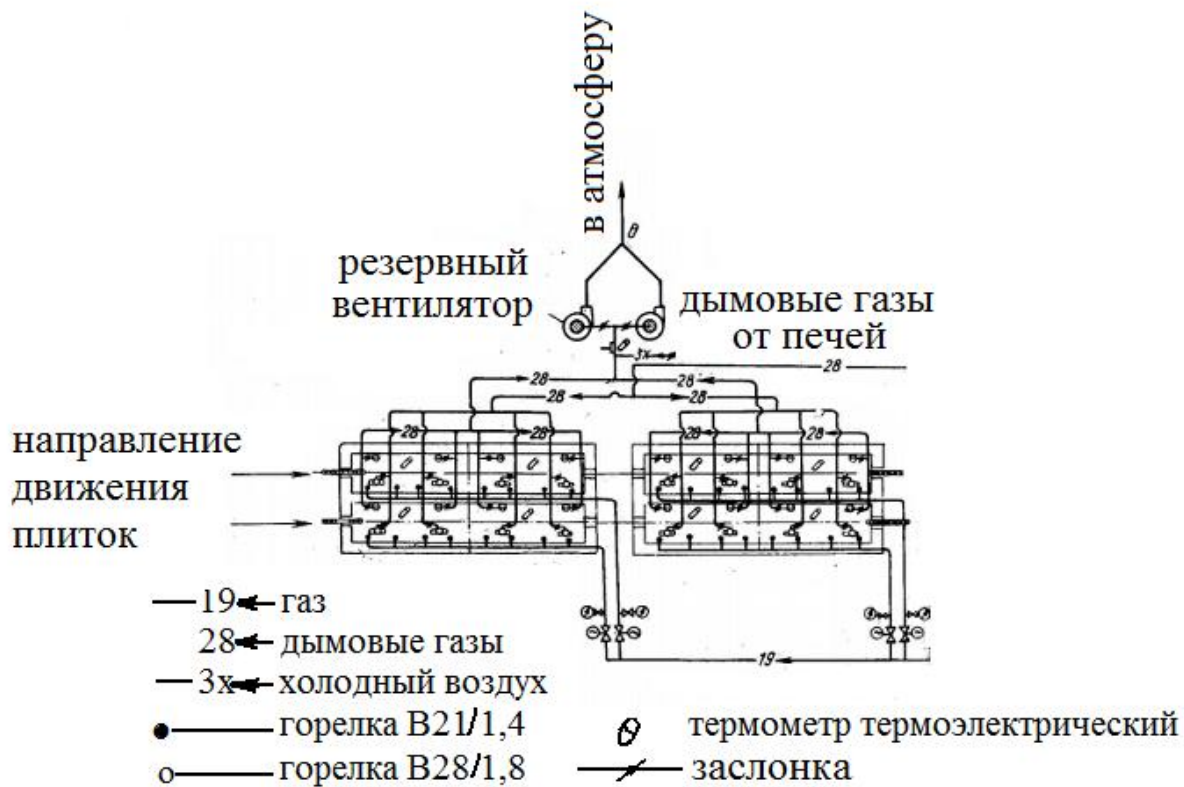
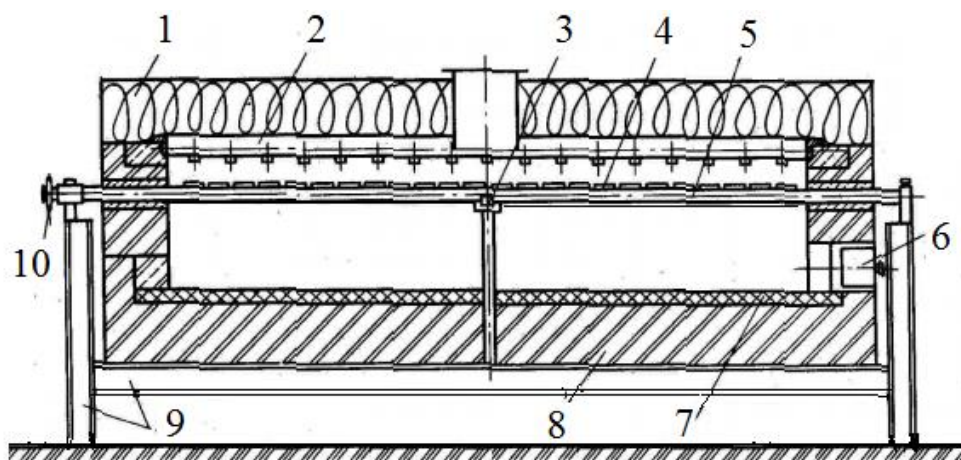


Рисунок 7.4 – Принципиальная теплотехническая схема двухъярусной сушилки линии 1012М



1– плита минераловатная; 2 – элемент интенсивной сопловой обдувки;
 3– поддерживающий ролик; 4 – плитка керамическая; 5 – транспортный ролик; 6 – люк; 7 – шамот; 8 – пенодиатомит; 9 – металлический каркас;
 10 – приводная звездочка

Рисунок 7.5 – Схема теплоструйной сушилки конструкции ПКБ
 НИИстройкерамики

(рисунок 7.5) позволяет ускорить почти на 50 % процесс сушки плиток,

например, время сушки плиток для полов размером 150×150×11 мм уменьшается с 40 - 50 до 20 - 25 мин.

8 Глазурование керамических изделий

8.1 Приготовление глазурей

Большинство изделий строительной керамики после сушки глазуруются, т.е. керамическая основа покрывается тонким слоем массы определенного состава, которая при обжиге образует на поверхности изделия тонкий стекловидный слой, значительно улучшающий физико-химические свойства и декоративные качества готового изделия. Гладкая поверхность глазури способствует увеличению механической прочности, химической стойкости, долговечности, гигиеничности керамического изделия и повышает его эксплуатационные свойства.

В некоторых странах на плиточных заводах применяют так называемую «размешанную» глазурь. Такие глазури готовятся из сравнительно дешевого сырья, компоненты шихты предварительно размалывают до остатка на сите № 0063 от 0,3% до 0,5 % и перед употреблением размешивают с водой в течение нескольких минут.

Приготовление глазури начинается с выбора и подготовки сырьевых материалов (п. 3.2.1). При этом особое внимание уделяется контролю химического состава всех сырьевых компонентов глазури. При составлении шихтовой рецептуры нужно использовать самые чистые и высококачественные материалы.

Необходимо также периодически проверять влажность исходных компонентов, так как у многих из них (сода, бура и др.) влажность во время хранения может сильно меняться, что приводит к нежелательным изменениям химического состава глазури.

При приготовлении сырьевой смеси для варки фритты необходимо использовать компоненты с размером частиц не более 0,2 мм. Смесь должна

быть хорошо гомогенизирована. Эти факторы имеют решающее значение для правильного и быстрого протекания процесса фриттования. Плавку фритты ведут преимущественно во вращающихся барабанных печах периодического действия (рисунок 8.1) и в ваннных печах непрерывного действия.

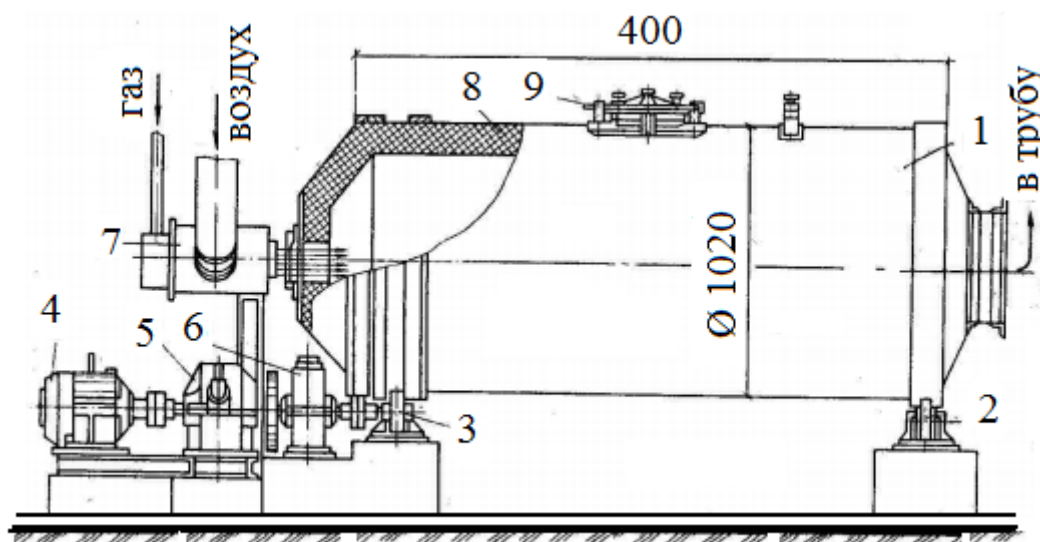


Рисунок 8.1 – Барабанная печь для варки фритты

Фриттоварочная вращающаяся печь периодического действия представляет собой металлический барабан 1, футерованный внутри высокоглиноземистым огнеупорным кирпичом 8. Горячие газы от горелки 7 подаются через отверстие в торцевой части внутрь барабана, нагревают и расплавляют находящуюся там глазурную шихту и через отверстие в противоположном днище отбираются в атмосферу. Шихту загружают из кубеля через люк 9. При нагреве и расплавлении шихты барабан на опорных роликах 2, 3 от электромотора 4 через редуктор 5 и синхронизатор 6 периодически (через 8 - 12 мин) поворачивают для гомогенизации расплава на 90 – 120 °. Готовая фритта через люк 9 по приставному охлаждаемому лотку сливается через решетку в наполненную водой емкость. В результате стекломасса распадается на гранулы, отвердевает от резкого охлаждения и затем направляется на склад или в бункер для хранения.

Большой недостаток такого типа печей — быстрый выход из строя огнеупорной футеровки (средний срок службы от 0,5 до 1,5 месяца). В НИИстройкерамике для увеличения срока службы разработан и успешно испытан новый способ обработки футеровки, который заключается в следующем. Специально приготовленную смесь на основе тонкомолотых глинозема, песка и периклаза после тщательного перемешивания загружают в нагретый фриттоварочный барабан. В течение 5 - 6 ч при температуре от 1540 °С до 1560 °С и периодическом вращении барабана расплавленная смесь равномерно покрывает ровным слоем всю футеровку барабана.

Такая «обмазка» футеровки позволяет увеличить в 2 - 3 раза межремонтный цикл вращающейся печи.

Для увеличения производительности барабанных печей проведены работы по интенсификации теплового процесса приготовления глазури: заменены горелки ГНП-7 на ГНП-9, установлены рекуператоры за печами для подогрева воздуха, подаваемого на горение, и экономайзеры в боровых для дымовых газов, увеличено разрежение в дымоходах барабанных печей. В результате время фриттования уменьшилось с 6 - 7 до 3 - 3,5 ч, была значительно снижена температура отходящих газов и на 30 – 40 % уменьшен удельный расход топлива.

Фриттоварочная ванная печь непрерывного действия - более современный тепловой агрегат для приготовления фритты как по качеству готового продукта вследствие более равномерного провара и большей однородности состава фритты, так и большей механизации вспомогательных процессов.

Приготовленная шихтовая смесь из бункера 2 толкающим питателем 1 через загрузочное окно 3 подается в варочное пространство 5 ванной печи (рисунок 8.2). Питатель сблокирован с уровнем, благодаря чему зеркало расплавленной массы поддерживается на постоянном уровне. За счет теплоты сжигания газа в горелках 4 шихта при температур от 1300 °С до 1450 °С плавится, перетекает в выработочную часть 6 и через окно 7

сливается в наполненный проточной водой металлический резервуар - гранулятор. Далее охлажденная и гранулированная шихта подается ковшевым элеватором в бункеры запаса. При площади зеркала стекломассы 12 м² суточная производительность печи в зависимости от состава глазури составляет от 8 до 10 т.

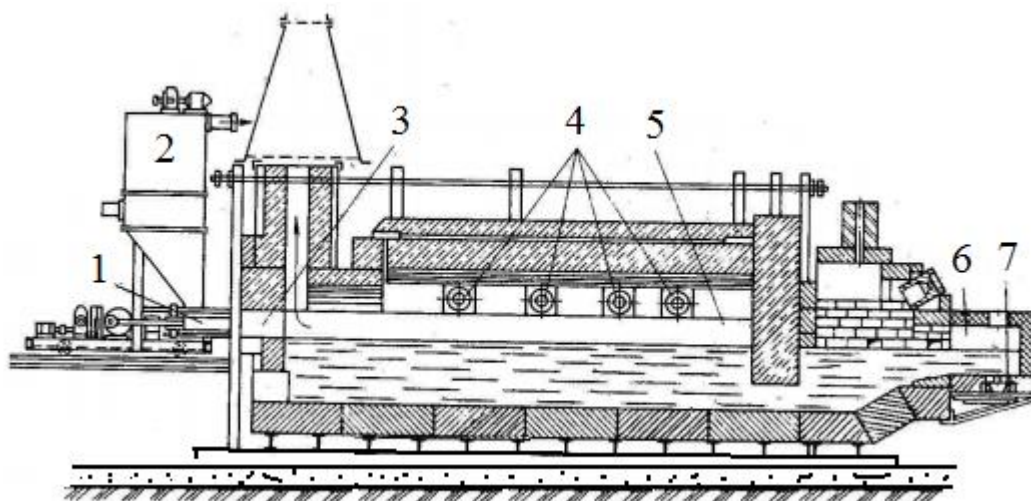


Рисунок 8.2 - Ванная печь непрерывного действия для варки фритты

Хорошо проваренная фритта должна представлять собой прозрачное стекло и не иметь узелков из непрореагировавших материалов на нитке расплава. Качество провара лучше определять с помощью поляризационного микроскопа и набора иммерсионных жидкостей. Фритта может считаться хорошо сваренной, если разница в светопреломлении отдельных ее зерен не превышает $\pm 0,003$ [31].

При помоле фритты в шаровую мельницу вместе с водой вводят от 3 % до 6 % высокосортной беложгущейся глины или каолина для суспендирования частиц глазури в воде и предупреждения отстаивания и осаждения частиц в шаровой мельнице во время ее остановки, а также в емкостях для хранения. В некоторых случаях частично или полностью глинистую добавку заменяют на 0,1 - 0,3 % натриевой соли карбоксилметилцеллюлозы (КМЦ). При этом КМЦ вводят в глазурь за 1 - 2 ч до окончания помола, так как при более длительном помоле полимерные цепи

КМЦ разрушаются и эффективность ее как связующего вещества снижается.

При приготовлении сырых глазурей в отличие от фриттованных, шихтовую смесь загружают непосредственно в шаровую мельницу мокрого помола и после достижения необходимой тонины помола (остаток на сите № 0063 от 0,1 % до 0,2 %) сливают в емкости-мешалки для хранения.

На некоторых заводах для лучшей стабилизации глазурных суспензий как мельничную добавку применяют хлорид натрия в количестве от 0,05 % до 1 %. Фирма «Кабот» (ФРГ) предлагает для этих целей пирогенный кремнезем «Каб-Осил» - чрезвычайно тонкий и легкий порошок (99,8 % SiO_2) с удельной поверхностью 200 м²/г .

8.2 Физико-химические свойства глазурей

Физико-химические свойства различных глазурей изучены как отечественными, так и зарубежными исследователями. Поэтому рассмотрим в краткой форме только те свойства, которые в производстве изделий строительной керамики имеют особое значение и в последние годы получили новое освещение в периодической литературе.

Как правило, в производстве керамических плиток для закрытия загрязненной или окрашенной массы используют глушеные (или «глухие») глазури.

Заглушенность или непрозрачность вызывается наличием в стекле глазури твердых или газообразных включений с коэффициентами преломления света больше или меньше коэффициента преломления самого стекла глазури, т.е. обладающих оптической плотностью, отличающейся от плотности стеклофазы [32]. Вследствие различных оптических свойств включений и основной стеклофазы падающий свет в глазури многократно преломляется, отражается и рассеивается, и глазурь становится непрозрачной. Чем большая доля отраженного и рассеянного света находится в видимой части спектра, тем более непрозрачной будет

выглядеть глазурь.

Для получения глухих белых глазурей при их приготовлении прозрачность ограничивают путем диспергирования кристаллических включений в стеклофазе в результате жидкофазового расслоения глазури (ликвации), а также путем искусственного получения в глазурном слое мельчайших газовых пузырьков [33]. На практике это осуществляют следующими основными способами:

- при помоле в сырую глазурь или фритту добавляют тонкодиспергированный глушитель, остающийся при обжиге нерастворенным в стеклообразной основе; глушитель полностью или частично растворяют при плавлении фритты, а при обжиге он снова выкристаллизовывается в первоначальном виде или в форме другого соединения;

- при высоких температурах обжига частично растворяют компоненты глазури друг в друге, при охлаждении происходит расслоение растворов и образование молокообразной эмульсии; при обжиге образуются многочисленные мелкие равномерно распределенные в глазури пузырьки газа, которые вызывают эффект глушения.

Степень глушения в первую очередь зависит от разницы коэффициентов преломления света диспергированных частиц и стеклообразной фазы глазури. Коэффициент преломления стеклообразной фазы обычно колеблется в пределах 1,5 - 1,6. Коэффициенты наиболее часто применяемых глушителей: TiO_2 - 2,6; ZrO_2 - 2,2; ZrSiO_4 - 2; SnO_2 - 2; CeO - 2,3. Фтористые соединения, имеющие показатель преломления света 1,32 - 1,43, используются как глушители только вместе с другими соединениями.

Из всех перечисленных глушителей по различным причинам (дефицитность, высокая стоимость, некоторые неудовлетворительные качественные показатели и др.) в промышленности строительной керамики применяется в качестве глушителя только циркон (ZrSiO_4), который вводится во фриттованную глазурь как при помоле фритты, так и при ее варке. При

этом необходимо учитывать, что в первом случае хорошее глушение можно получить только при условии применения предварительно тонко размолотого циркона до размера частиц от 0,5 до 3 мкм [34].

При введении циркона во фритту в процессе фриттования он растворяется в образующемся стекле и затем при обжиге глазурованных изделий выкристаллизовывается из расплава, создавая при этом эффект глушения.

Установлено также, что для повышения кристаллизационной способности глушителя полезно вводить в глазурь в качестве минерализаторов ZnO и MgO , это в ряде случаев обеспечивает выделение в кристаллическую фазу почти 100 % введенного ZrO_2 .

Для получения различных цветов лицевой поверхности изделия в глазури вводят специальные добавки - красители. Из большого числа различных красящих добавок наиболее широко распространены смеси оксидов металлов с другими соединениями, прокаленные при высоких температурах [35]. Эти красители (пигменты) представляют собой окрашенные минералы. Наиболее важные из них шпинели $RO - R_2O_3$ (где RO - оксид цинка, кобальта, марганца, магния и др., R_2O_3 - оксид алюминия, хрома или железа). При преобладании одного из компонентов образуются смешанные кристаллы шпинели и избыточного оксида, что дает различные оттенки цветовых тонов.

Цвет глазури зависит не только от красящего компонента, но и от его концентрации, состава глазури и условий обжига. При этом часто один и тот же ион окрашивает различные глазури неодинаково, кроме того, с повышением температуры обжига стойкость многих красителей (особенно красных - пинков) резко снижается. Поэтому для лучшего проявления цвета некоторых пигментов необходимо применять специальные составы глазурей.

Для получения цветных глазурных покрытий в промышленности, применяют пигменты Дулевского красочного завода и Воронежского завода фаянсовых изделий (шифр ВК), а также в небольших количествах пигменты

Ленинградского завода «Горн».

Блеск глазури в основном зависит от ее состава и режима обжига глазурованного изделия и измеряется с помощью блескомера ФБ-2. Блеск считается удовлетворительным, если в среднем из 10 замеров имеет значение более 60 единиц. Наибольший показатель блеска (75- 85) имеют свинцовые глазури. Однако из-за токсичности оксида свинца они в производстве изделий строительной керамики практически не применяются. Показатель блеска наиболее распространенных бессвинцовых глазурей после обжига 65 - 70 единиц.

При составлении рецептов глазурей необходимо учитывать, что более тонкий помол глазурной суспензии, а также введение в нее оксидов Na, K, Mg, Sr и Zn способствует улучшению блеска.

Резкое снижение блеска и появление матовости на отдельных участках глазурованной поверхности может происходить вследствие большого количества кратеров на поверхности глазурного покрытия (или наколов), а также кристаллизации на поверхности глазури различных новообразований: кристобалита, полевого шпата, волластонита, гипса, бората кальция и др.

Образование кратеров можно объяснить движением из глубины слоя глазури к ее поверхности мелких газовых пузырьков, многие из которых выходят на поверхность и лопаются. При этом глазурь не успевает «заплавить» образовавшиеся воронки, и при ее охлаждении они остаются в виде более или менее заметных кратеров или наколов. Склонность к наколам в основном зависит от сырьевой основы и условий обжига глазурного покрытия. Число наколов можно значительно снизить, если использовать для приготовления глазури такие сырьевые материалы, которые при высоких температурах не выделяют (или мало выделяют) газообразные продукты разложения, например прокаленный глинозем вместо каолина, тальк вместо доломита и т.д. [36].

Снижению количества наколов способствуют также качественная сушка изделий перед обжигом (до влажности от 0 % до 0,1 %), хорошая

очистка глазури, введение в состав глазури ВаО за счет снижения количества K_2O , Na_2O и ZnO , введение в глазурь от 0,2 % до 0,4 % (сверх 100 %) $NaNO_3$.

На плиточных заводах европейских фирм широко распространено производство облицовочных плиток с применением специальных матовых глазурей. Это глазури, у которых в зависимости от состава и режима обжига образуются кристаллы различных размеров, которые делают поверхность глазурного покрытия матовой. Некоторые исследователи для этой цели предлагают специальный «ступенчатый» обжиг, а также введение в состав глазури нерастворяющихся компонентов типа глинозема, жженого каолина и т.д.

Влияние на физико-химические свойства глазурей различных корректирующих, добавок, а также наиболее часто применяемых оксидов необходимо учитывать в практической деятельности заводских лабораторий, когда по производственным причинам возникает необходимость корректировки составов глазурей. В то же время, каждый компонент в глазури оказывает свое действие не строго пропорционально. Часто это действие снижается (иногда даже прекращается) в зависимости от общего химического состава глазури, температуры и длительности обжигового режима, охлаждения и т.д. [37].

8.3 Способы нанесения глазурей

Глазурование изделий строительной керамики осуществляется тремя основными способами — поливом изделия глазурной суспензией, окутанием в глазурную суспензию и нанесением тонко распыленной различными способами глазури на поверхность высушенного или обожженного изделия. Каждый способ глазурования имеет свои положительные и отрицательные стороны, поэтому при выборе наиболее оптимального способа для конкретного изделия необходимо тщательно анализировать все особенности каждого способа.

Способ окунания используется на заводах, где крупноразмерные изделия (например, трубы керамические) или изделия сложной конфигурации (например, санитарно-технические изделия) сушат на монорельсовых подвесках. Сухие изделия на специальной разгрузочной платформе, освобожденные от штанг с тарелями, пневматическими захватами снимаются с сушильных монорельсовых подвесок и транспортируются к баку с глазурной суспензией. С помощью электротельфера они опускаются в бак, через 10 - 15 с вынимаются и устанавливаются на специальную площадку для подсушки глазурного покрытия и последующей установки на обжиговые вагонетки.

Более совершенна установка для глазурования труб методом полива, смонтированная на участке цепного сушильного конвейера и работающая с ним синхронно. При этом способе полностью устраняются трудоемкие операции по подаче и отбору изделий на глазуровочной установке [38].

Глазурование керамических плиток производится методами полива и пульверизации на различных установках, встроенных в поточно-конвейерные линии скоростного обжига с щелевыми печами.

Нанесение глазури методом полива экономичнее и дает возможность получать после обжига более качественный разлив глазури. Однако этот способ требует установки сравнительно сложных устройств для перегруппировок плиток в поточно-конвейерных линиях перед и после глазурованием, а также механизмов по очистке боковых граней и тыльной стороны плитки от натеков глазури.

Поливочные устройства для глазурования керамических плиток на поточно-конвейерных линиях выполняются чаще всего по принципу «через щель» на 1—2 плитки, реже по принципу «через вал» и «колокол». Глазурная суспензия при этом методе нанесения должна быть плотностью не ниже $1,65 - 1,7 \text{ г/см}^3$ при сохранении необходимой текучести. Скорость прохождения плиток через струю глазури должна быть около $0,7 \text{ м/с}$.

Поливочное устройство с образованием сплошной струи - завесы

глазурной суспензии по принципу «через вал» позволяет глазуровать одно временно 4 - 6 рядов плитки без установки каких-либо дополнительных устройств и механизмов для перестройки рядов плитки до и после глазурования. Однако оно имеет и принципиальный недостаток - отсутствие возможности последующей зачистки боковых граней плиток от натеков глазури. В этом случае ликвидировать натеки (или значительно и уменьшить) можно только за счет увеличения плотности наносимой глазурной суспензии и увеличения скорости движения плиток. Принцип работы данного устройства показан на рисунке 8.3.

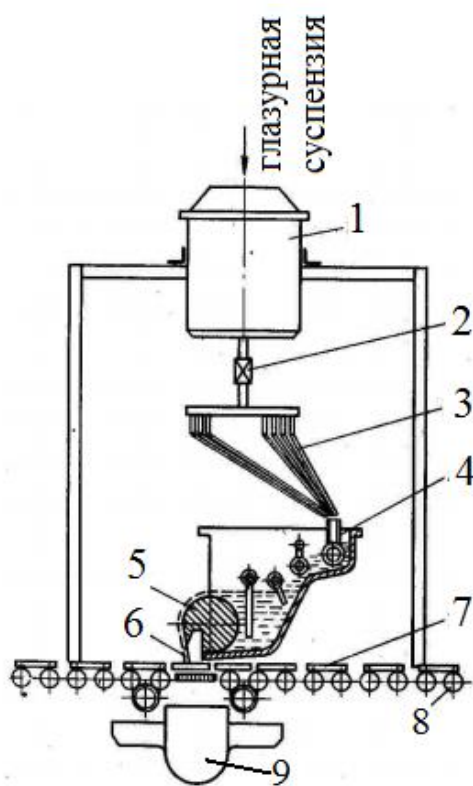
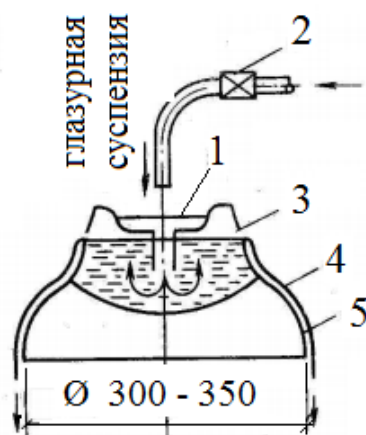


Рисунок 8.3 – Схема установки для глазурования методом полива по принципу «через вал»

Глазурная суспензия из емкости 1 через регулирующий кран 2 и систему подающих трубок 3 (для равномерности подачи суспензии по ширине глазурующего устройства) поступает в поливной короб 4, в котором строго горизонтально установлен глазуровочный вал 5. Благодаря специальной выемке в глазуровочном вале глазурная суспензия ровной струей 6 на всю длину вала выходит из поливного короба и стекает в приемный лоток 9, откуда самотеком направляется на обогащение и далее в приемную мешалку. Уфельная плитка 7 движется в 4 - 6 рядов по рольгангу 8 и, проходя через непрерывно льющуюся струю глазури 6, покрывается глазурью.

Принцип работы глазуровочного устройства «колокол» показан на рисунке 8.4. Следует отметить, что для качественного покрытия изделий глазурью необходимо соблюдать правильность установки вышеуказанных глазуровочных устройств и

высокую чистоту обработки глазуровочного вала и глазуровочного колокола (хромирование и полировка).



1 – сетка; 2 – регулировочный кран; 3 – щель для выхода глазурной суспензии; 4 – стекающая пленка глазури; 5 – металлический колокол

Рисунок 8.4 – Устройство для глазурирования методом полива по принципу «колокол»

Наиболее распространено на поточно-конвейерных линиях при нанесении глазурной суспензии методом полива глазуровочное устройство

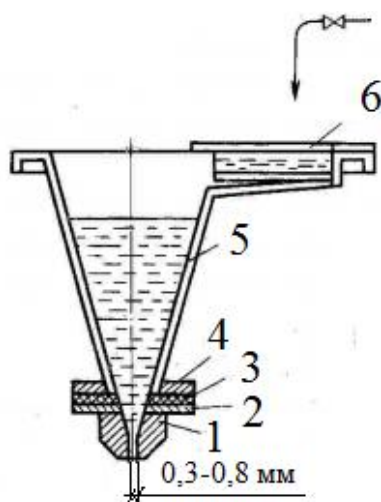


Рисунок 8.5 – Устройство для глазурирования методом полива по принципу «через щель»

типа «щель» (рисунок 8.6). Оно состоит из емкости 5 и фильеры 1, соединенных между собой фланцами 2 и 4 с прокладкой 3. Глазурная суспензия через сито 6 поступает в емкость 5, через фильтр 1 вытекает ровной струей и попадает на движущиеся на пятигранных ремнях утельные плитки. Недостатки такого способа: возможность попадания в струю глазури пузырьков воздуха, забивание щели фильеры случайно попавшими в глазурь посторонними частицами. Это каждый раз ведет к резкому снижению качества лицевой поверхности глазурированных плиток.

На некоторых заводах установлены глазуровочные машины, работающие по принципу распыления глазурной суспензии и принудительного нанесения капелек глазури на поверхность плитки. Нанесенный глазурный слой в этом случае состоит из отдельных частиц, которые в процессе обжига создают на поверхности плиток сильно развитый микрорельеф с резкими формами, затем по мере сплавления отдельных частиц глазури на изделии образуется ровная глазурная поверхность. Однако вязкая глазурь часто не успевает соединиться в сплошной слой расплава и образовать ровное покрытие, что предопределяет появление волнистости и рябизны на лицевой поверхности обожженной плитки [39].

При глазуровании керамических плиток методом распыления целесообразно использовать конструкции модернизированных глазуровочных устройств с механическим распылением глазури (рисунок 8.6).

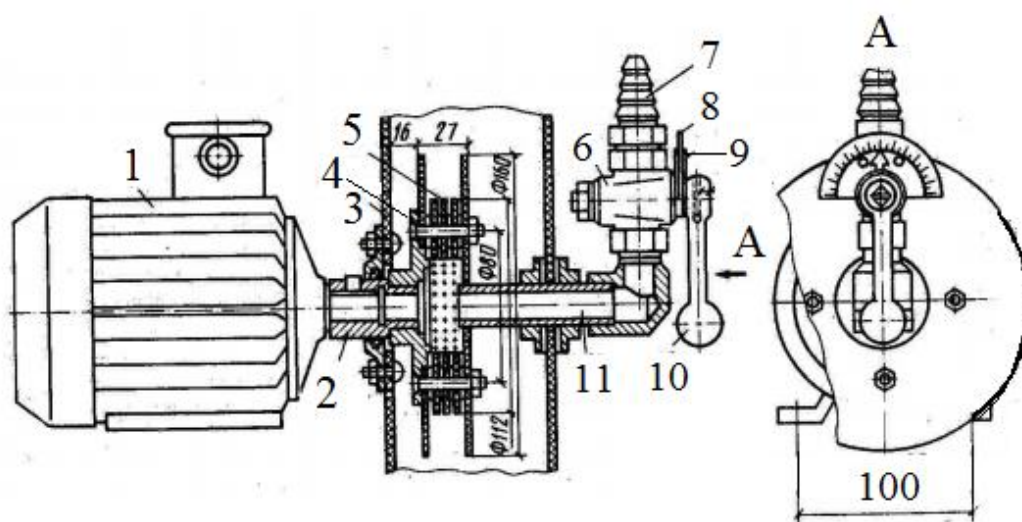


Рисунок 8.6 – Установка для механического (дискового) распыления глазурной суспензии

Распыление в таком устройстве происходит в результате вращения набора виниловых дисков 5, закрепленных на муфте 4, соединенной неподвижно через втулку 2 с валом электромотора 1. Глазурная суспензия от вибросита под небольшим избыточным давлением поступает по трубчатой насадке 7 через регулировочный кран 6 с рукояткой 10 и лимбом 8 и 9 в

трубу 11. Из трубы суспензия вытекает в полую часть муфты 4 и через отверстия на ее поверхности попадает на диски 5. Под действием центробежной силы глазурная суспензия в виде пленки перемещается с непрерывно возрастающей скоростью к периферии дисков и в распыленном виде заполняет пространство кожуха 3, выполненного из нержавеющей стали. В нижней части кожух открыт для прохождения утельной плитки на приводных клиновых ремнях. Частицы глазури, попадающие кроме плитки на всю внутреннюю поверхность кожуха, стекают вниз в специальный приемник и после ситового обогащения направляются в систему для повторного использования.

Итальянская фирма «Marazzi» запатентовала новый способ глазурования (Firestream), принцип которого состоит в напылении порошка глазури на горячие плитки в момент завершения спекания в роликовой печи и расплавления его под действием теплоты нагретой плитки. Получаемые плитки под фирменным названием «Enduro» характеризуются высокой прочностью и изнosoустойчивостью. Глазурное покрытие практически не имеет наколов и внутренних пузырей [40].

Все более широкое распространение получает производство облицовочных плиток с художественной отделкой лицевой глазурованной поверхности. В основном это достигается нанесением рисунка на свежий слой глазури методом сериографии специальными станками-автоматами, а также выполнением самых разнообразных рельефных и цветовых эффектов различными приспособлениями с применением специальных глазурей.

Декорирование плиток методом сериографии (часто называют – «метод шелкографии») производится на станках-автоматах СМ-155 или фирм «Сакми», «Чибек» и др. Сначала методом фотографии на капроновой или нейлоновой сетке № от 70 до 90 изготавливают трафарет с заданным рисунком (при многоцветном рисунке трафареты изготавливают для каждого цвета). Сетка-трафарет устанавливается в гнездо станка и механическим ракелем мастика с керамической краской (п. 3.2.2) продавливается и

наносится на прижатую к сетке плитку. После нанесения рисунка плитка в станке опускается на движущиеся клиновые ремни и транспортируется на дальнейшие операции, а в станок направляется следующая плитка. На современных станках время одного цикла составляет от 0,5 до 0,8 с.

При нанесении многоцветного рисунка мастику каждого цвета наносят на плитку через соответствующие сетки - трафареты, установленные на отдельных станках - автоматах. Рисунок можно наносить на утельную или высушенную плитку с последующим покрытием ее прозрачной глазурью (подглазурный рисунок), на сырую глухую глазурь (надглазурный рисунок) или комбинированным способом.

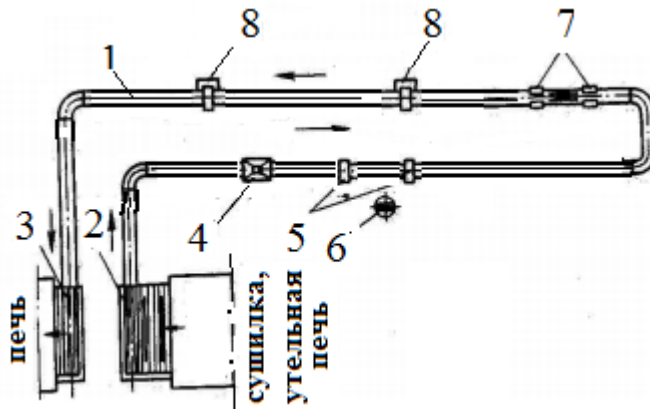
При сериографической печати качество рисунка в значительной степени зависит от натяжения сетки на шаблоне, отсутствия деформации плитки, отклонений от ее номинальных размеров, а также от состояния лицевой поверхности плитки. Для получения качественного рисунка на глазурованной плитке необходимо, чтобы слой глазури был ровным, сухим и хорошо впитывал краску. Станки для нанесения многоцветного рисунка устанавливают по ходу глазуровочного конвейера на расстоянии, обеспечивающем высыхание краски перед нанесением следующего цвета.

Для получения рельефного рисунка в глазурном слое применяют так называемые реакционные мастики, при приготовлении которых связующее вещество смешивают с оксидом ванадия в количестве от 5 % до 15 %.

Для получения самых различных видов художественной отделки лицевой поверхности глазурованных керамических плиток разработан целый ряд различных приспособлений, устанавливаемых на глазуровочных конвейерах, например, «Ротоколор».

Широко применяется способ декорирования путем набрызгивания на свежеглазурованную плитку глазурей другого цвета (иногда с другим значением поверхностного натяжения). Этим способом можно получить мраморовидное покрытие, покрытие с оплавленными каплями, с удлиненными полосками (рисунок «березка») и др.

Компоновка механизмов для нанесения глазури, а также необходимых устройств для декорирования и зачистки глазурованных плиток в поточно-конвейерных линиях для изготовления керамических плиток может быть различна. Одна из схем такой компоновки, наиболее распространенная на промышленных предприятиях, приведена на рисунке 8.7.



- 1 – конвейер; 2, 3 – раскладочные устройства; 4 – камера для увлажнения;
5 – установки для глазурования; 6 – емкость для глазурной суспензии;
7 – очистные устройства; 8 – станки для нанесения рисунка

Рисунок 8.7 – Схема компоновки глазуровочного конвейера в поточно-конвейерной линии для производства керамических плиток

Положительная сторона такой компоновки - возможность установки на глазуровочном конвейере для изменения ассортимента готовой продукции самых различных приспособлений и устройств. Недостатки такой схемы - сравнительная сложность раскладочных устройств после печи утельного обжига (или сушилки) и перед входом плитки в печь политого обжига, а также потребность в больших дополнительных площадях для установки всей системы [41].

8.4 Дефекты глазурования

Дефекты глазурного покрытия возникают в основном из-за некачественного приготовления глазури, нарушений технологических

параметров при нанесении глазури и при обжиге готовой продукции. Различают следующие виды дефектов глазурного покрытия:

- *засорка* — приплавление к поверхности глазури частиц шамота. Возникает при некачественной подготовке вагонеток перед садкой изделий, а также вследствие плохого состояния огнеупорной футеровки печного агрегата (особенно свода);

- *мушка* — темные точки и пятна на глазури. Возникают при наличии в глазури железистых и медных включений в результате плохого ситового обогащения глазурной суспензии, а также при наличии в топливной смеси железистых или иных примесей;

- *слипыш* — приплавление одно изделия к другому, часто встречается в производстве керамических плиток. Происходит в основном из-за неправильной ставки изделий на печные транспортирующие устройства и неудовлетворительного состояния транспортных средств печного агрегата;

- *сухость глазури* — тонкий слой глазури на отдельных участках поверхности изделия, реже — на целом изделии. Часто этот дефект сопровождается и слабым блеском глазури. Основные причины - недостаточный слой глазури в этих местах из-за неравномерности покрытия или стекания глазури с граней и кромок изделия;

- *натеки* — местные утолщения глазури в виде полос или пятен. Образуются из-за неравномерности нанесения глазури, большой текучести глазурной суспензии, неправильной траектории движения изделия при глазуровании методом окунания, попадания капель глазури на изделие со стенок глазуровочных устройств;

- *волнистость, плохой разлив глазури*. Причины этого дефекта — низкая температура обжига, недостаточное время выдержки при максимальной температуре обжига, недостаточно тонкий помол глазури, плохой провар фритты;

- *пузыри, прыщи* — местные выпуклости на поверхности глазури с образованием под ними пустот. Основная причина - значительное выделение

газов из массы изделия во время расплавления и начала охлаждения глазури;

- *массная засорка* — прилипшие к изделию посторонние частицы, покрытые глазурью. Возникает из-за плохой очистки и обдувки изделия перед глазурованием, а также попадания в глазурь кусочков сухого изделия (особенно при глазуровании методом окунания);

- *плешины* — небольшие участки поверхности изделия, непокрытые глазурью. Основная причина - наличие масляных или пыльных пятен на изделии перед его глазурованием;

- *отслаивание глазури* на отдельных участках, происходит вследствие недостаточного увлажнения поверхности изделия перед глазурованием и плохой очистки ее от пыли;

- *вскипание глазури*, в основном проявляется из-за местного повышения температуры при обжиге в результате неправильного регулирования горелок и неудовлетворительной конструкции транспортирующих устройств в печи (прямое попадание пламени горелки на глазурованное изделие).

9 Обжиг керамических изделий

9.1 Режимы обжига

Обжиг изделий, т.е. постепенный их нагрев до максимальной температуры, выдержка при этой температуре и постепенное охлаждение до температуры окружающей атмосферы, - основная технологическая операция при производстве всех видов керамических изделий. В результате физико-химических процессов, протекающих в керамической массе при обжиге, она спекается, т.е. керамическая масса уплотняется, отдельные зерна сливаются в монолит и обожженное изделие приобретает прочность и водостойкость.

При обжиге изделий строительной керамики спекание в основном происходит вследствие образования эвтектической жидкой фазы,

растворения в ней некоторых компонентов и цементации ею всех кристаллических и зерновых образований при охлаждении. В образовавшейся жидкой фазе за счет увеличивающихся сил поверхностного натяжения масса изделия значительно уплотняется.

Для обжига изделий строительной керамики применяются печи различных типов и конструкций, в основном туннельные и щелевые. Принцип конструкции печей туннельного типа заключается в непрерывном продвижении в обжиговом туннеле (канале) шириной от 1,6 до 6 м и длиной от 40 до 130 м обжиговых вагонеток с установленными на них изделиями. При движении в обжиговом канале вплоть до выхода из печи изделия последовательно проходят все зоны тепловой обработки по установленному температурному режиму. Такие печи позволяют создать поточность технологического процесса, значительно улучшить условия труда при загрузке и выгрузке продукции, а также уменьшить удельный расход топлива по сравнению с печами периодического действия.

В щелевых печах керамические изделия движутся в обжиговом канале по роликовому или иному конвейеру, преимущественно, в один ряд по высоте, что позволяет резко сократить время обжига и уменьшить расход топлива на единицу обожженной продукции. При эксплуатации таких печей сравнительно просто решаются вопросы механизации загрузочных и выгрузочных операций и автоматизации всего процесса обжига. Не требуется также большого количества теплоемкого огнеупорного припаса для транспортирования изделий в обжиговом канале печи.

Главная задача всего процесса тепловой обработки керамических изделий - правильный выбор теплового режима обжига. При расчете теплового режима необходимо учитывать возможные скорости протекания процесса спекания, технологические особенности отдельных компонентов исходной шихты керамической массы, а также конструктивные особенности печи, в которой будет проходить обжиг изделий.

Весь процесс обжига разделяется на три периода: нагрев до

максимальной температуры, выдержка при этой температуре и охлаждение. Для построения режимов обжига (т.е. зависимости между температурой и временем обжига) сначала расчетным путем определяют максимально допустимые скорости нагрева и охлаждения в различных интервалах температуры.

Важное значение для окончательного решения о режиме обжига для того или иного вида изделий строительной керамики имеют предполагаемые перепады температур по высоте обжигового канала туннельной печи в зонах подогрева, обжига и охлаждения, а также допустимый интервал обжига для данного вида изделий. Под допустимым интервалом обжига понимают разницу между температурой, при которой изделие приобретает свойства, регламентируемые нормативными документами на готовую продукцию, и температурой, при которой изделие размягчается до деформации под собственной массой.

Окончательная корректировка выбранного режима проводится на промышленной печи в производственных условиях с учетом всех факторов технологического процесса обжига.

Для измерения температур на туннельных печах в основном применяют термопары типов ТПП (до 1300 °С), ТХА (до 1000 °С) и ТХК (до 600 °С). Показания фиксируются на самопишущих потенциометрах типа КСП2 и КСП4 группы ХК (до 800 °С), ХА (до 1300 °С) и ПП (до 1600 °С).

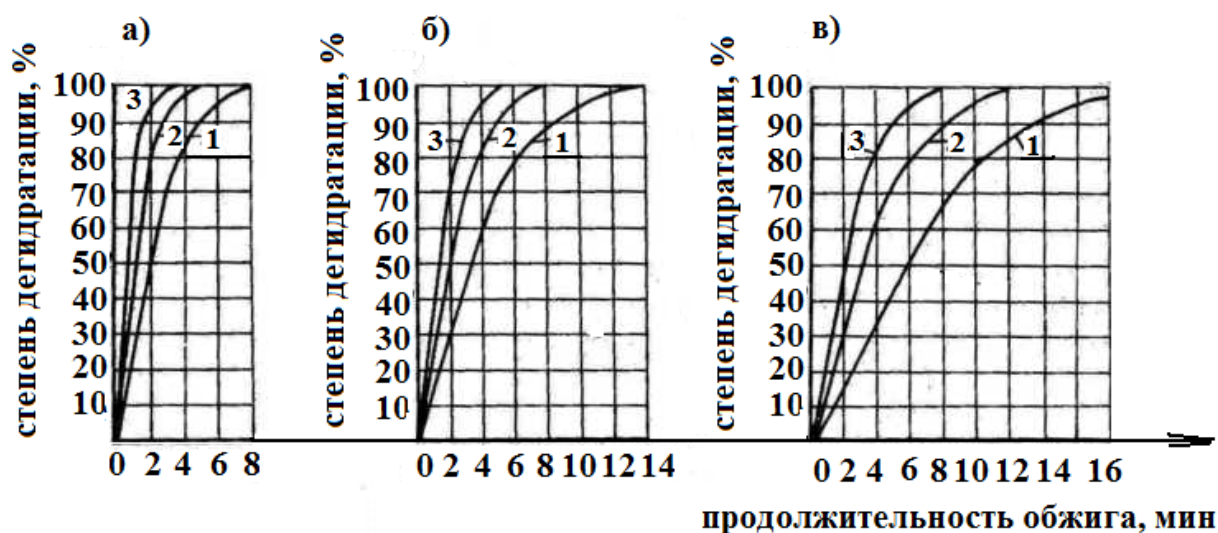
В НИИСтройкерамики под руководством Е.Л. Рохваргера разработаны скоростные режимы сушки и обжига керамических плиток, позволившие в 60 - 100 раз сократить сроки технологического процесса на переделе прессование полуфабриката - сортировка готовой продукции. Для новых режимов сушки и обжига были созданы и внедрены на промышленных предприятиях новые однорядные щелевые печи, вошедшие как основные агрегаты в поточно-автоматизированные конвейерные линии для производства керамических плиток различного назначения.

Основное положение новых режимов обжига заключается в том, что

при нагреве и охлаждении керамических плиток, движущихся по роликовому конвейеру в один ряд по высоте, допустимые скорости нагрева близки к теоретическим. Поэтому при расчете допустимых скоростей нагрева не нужно вводить поправочные коэффициенты на перепады температур по сечению печи, на прогрев больших масс обжиговых вагонеток и капселей, большую тепловую инерционность туннельной печи и т.д.

Отличительная особенность разработанного способа скоростного однорядного обжига керамических плиток - выбор режимов нагрева в процессе дегидратации, который в этих условиях оказывает решающее влияние на качество обожженных изделий. На основе проведенных исследований были получены математические уравнения для расчетов режимов нагрева, обеспечивающих окончание процесса дегидратации до начала плавления глазури и определены безопасные скорости нагрева и охлаждения, которые исключают брак по трещинообразованию при обжиге и охлаждению [29]. При этом учитывалось, что допустимая скорость дегидратации зависит как от толщины плиток, температуры и продолжительности обжига, так и от степени отошения масс. Чем толще плитка, тем длительнее процесс дегидратации, чем больше в составе масс отошающих материалов, чем выше температура обжига, тем интенсивнее проходит процесс дегидратации (рисунок 9.1).

Однако для некоторых температурных интервалов требуется снижение указанных в [29] скоростей для исключения образования «черной сердцевины» и обеспечения полного выхода водяного пара из массы плиток при их нагреве, а также исключения некоторых дефектов на глазурном покрытии из-за недостаточной выдержки при высоких температурах и т.д. Поэтому теоретический режим обжига требует также некоторой корректировки в промышленных условиях.

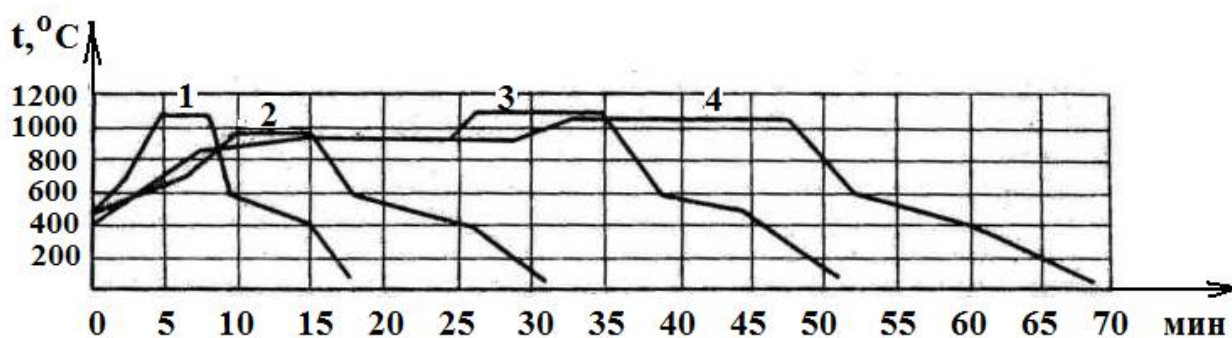


1 – 700 °C; 2 – 800 °C; 3 – 900 °C

а - плитки для внутренней облицовки стен размером 150×150×5,5 мм; б - плитки для полов размером 100×100×8 мм; в - плитки для полов размером 150×150×13 мм

Рисунок 9.1 - Зависимость степени дегидратации от продолжительности обжига и температуры

Типовые режимы скоростного обжига в щелевых печах, отработанные и проверенные в заводских условиях, для типовых масс приведены на рисунке 9.2.



1 – уфельный обжиг плиток размером 150×150×5,5 мм для внутренней облицовки стен; 2 – политой обжиг; 3 - уфельный обжиг плиток размером 150×150×11 мм; 4 – обжиг глазурованных фасадных плиток

Рисунок 9.2 – Типовые режимы обжига керамических плиток в щелевых роликовых печах

В случае значительного изменения рецептур масс и глазурей могут потребоваться дополнительные уточнения указанных режимов.

Для улучшения товарного вида глазурованной поверхности керамических плиток для внутренней облицовки стен исследователи РХТИ им. Д.И. Менделеева предложили режим термической обработки плиток при политем обжиге с радиационной полировкой в зоне максимальных температур, который отличается от типового режима 2 (рисунок 9.2) кратковременным повышением температуры в начале зоны охлаждения на 80 – 100 °С выше максимальной.

При разработке конструкции печей для однорядного безлещадочного обжига учитывалась температуростойкость материала роликового конвейера, проходящего через зону высоких температур. В связи с тем, что для этой цели были выбраны сплавы ХН78Т, ХНЧ5Ю и ХН70Ю с максимальной температурой службы около 1100 °С, в состав шихты вводились специальные плавни, снижающие температуру обжига до 1020 – 1080 °С (см. п. 3.1). В 80 гг. была разработана технология изготовления специальных керамических роликов, применение которых до настоящего времени дает возможность снять указанное температурное ограничение.

9.2 Щелевые печи

Щелевые конвейерные печи для скоростного обжига керамических плиток в Советском Союзе полностью заменили туннельные печи. Первые две промышленные роликовые печи в составе поточно-конвейерных линий мощностью 250 тыс. м²/год каждая эксплуатировались на Свердловском керамическом заводе с 1969 г. После успешного освоения первых двух поточно-конвейерных линий с 1970 г. началось массовое внедрение щелевых печей на плиточных заводах страны.

Итальянские фирмы, следовавшие за советскими специалистами по безлещадному обжигу керамических плиток в щелевых роликовых печах

(фирмы «Мараци», «Ирис» и др.), а также фирмы «Хеймсот» и «Ридхамер» (ФРГ) подтвердили, что такие печи наиболее экономичны, лучше поддаются автоматизации и при обжиге в таких печах можно получить продукцию самого высокого качества [42, 43, 44]. Во второй половине 70 годов принципиальные решения роликовых печей скоростного обжига нашли признание на заводах Европы, а в 80 годах и в США. Преобладающий вид топлива для таких печей - природный газ.

В настоящее время на плиточных заводах нашей страны эксплуатируется более 400 щелевых печей различных конструкций и производительности. Технические характеристики наиболее распространенных щелевых печей скоростного обжига приведены в таблице 9.1.

Газовые щелевые печи серийного производства производительностью 250 тыс. м²/год в Советском Союзе были установлены в 1971 г, в составе поточно-конвейерных линий 550 М (печи также имеют индекс 550 М) для производства керамических плиток для внутренней облицовки стен методом двукратного обжига. Печи собраны из секций длиной 3 м каждая. Удельная печь состоит из шести секций и участка для обдувки плиток на выходе, печь для политого обжига состоит из 13 секций и участка с вентиляционной системой для обдувки плиток после обжига. Конструкции секций различны по расположению горелочных устройств, материалам роликов, типам футеровки и некоторым другим конструктивным элементам. Принципиальные конструктивные решения секций щелевых печей подробно описаны в [30].

Для сжигания газа в рабочих каналах печей в стенах секций устанавливаются инжекционные горелки среднего давления полного предварительного смешивания типа В21, В24, В28 и В32 производительностью от 0,8 до 3 м³/ч. Горелки устанавливаются с двух сторон печи в шахматном порядке непосредственно над подом и под сводом печи.

Таблица 9.1 - Технические характеристики наиболее распространенных щелевых печей скоростного обжига.

Показатель	Проект № 550 М		Проект 1012 М		Проект 1012 М		Проект № 571	Проект СМК-158 А	Проект № 1030	Проект СМК-158 А
	Удельный обжиг	Политой обжиг	Удельный обжиг	Политой обжиг	Удельный обжиг	Политой обжиг	Однократный обжиг			
1	2	3	4	5	6	7	8			
Тип плитки	облицовочные						Для пола			фасадные
Размер плитки, мм	150×150×5		150×150×5		150×150×5		100× 100× 10	150× 150× 11	150× 150× 11	150× 150× 7
Производительность, тыс. м ² /год	250	250	700	700	1000	1000	200	400	800	350
Длина печи, м	24	42	27,7	40,5	33,9	55	42	62,4	64,7	62,4
Ширина канала в свету, м	0,9	0,9	1,22	2,57	1,22	2,53	0,9	1,15	1,15	1,15

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3	4	5	6	7	8			
Высота канала от пода до замка свода, м	0,62	0,62	0,6	0,77	0,6	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7
Объем печного канала, м ³	10	19	29,2	56	37,5	79,7	19	41	73,8	41
Число секций, шт.	7	14	9	20	11	22	15	20	18	20
Кол-во ярусов, шт.	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1
Транспорт- ный орган	ролики			сетка	ролики	сетка	ролики			
Материал сетки	-			ХН70Ю	-	ХН70Ю	-			

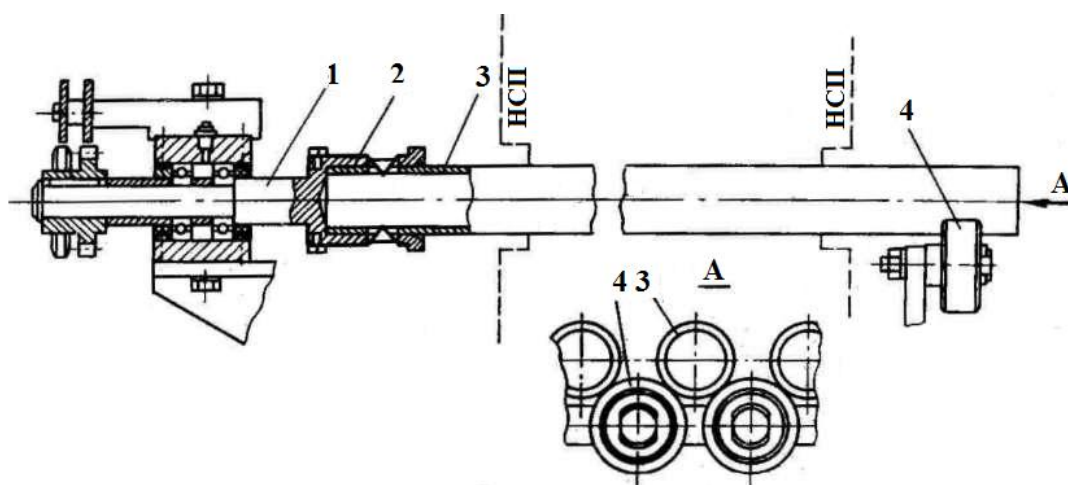
Продолжение таблицы 9.1

1	2	3	4	5	6	7	8			
Расход топлива, кг усл. топл/м ²	1,3	1,2	1,2	2	1,1	1,74	2,2	3,2	3	2,8
Расход эл. энергии, кВт. ч/ м ²	0,78		0,82		0,78		0,84	0,81	0,8	0,95
Габариты,м										
длина	21	42	28	40	35	60	42	62,4	73,2	62,4
ширина	2,2	2,2	2,3	3,5	2,3	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3
высота	2,5	2,5	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5	2,5	2,5

Для быстрого охлаждения обожженных плиток до температуры ниже 40 °С в концах печей устанавливаются обдувочные устройства в виде панелей из перфорированных труб. Длина участков обдувки 4,5 м. Принципиальная теплотехническая схема двух печей - утельной и политой (проект 550М) вместе с газовой системой представлены на рисунке 9.3.

154

В последних конструкциях печей однорядная приводная цепь ПР-12,7 заменена на двухрядную 2ПР-15-875-4540 (рисунок 9.4), железграфитовые втулки заменены на шарикоподшипники, что делает привод более надежным, а движение плиток по роликовому конвейеру более плавным. Ролики изготавливаются из стали 12Х17 при температуре обжига от 600 °С до 700 °С, из Х25Т - до 850 °С, из ОХ23Н18 - до 1000 °С и выше 1000 °С из стали ХН78Т или ХН70Ю.



1 –приводная цапфа; 2 – плоская стальная пружина; 3 – ролик (металлический или керамический); 4 –шарикоподшипник; НСП – наружная стенка печи

Рисунок 9.4 –Конструкция узла транспортного ролика щелевых печей

Широко распространена для изготовления керамических плиток для полов печь СМК-158 мощностью 400 тыс. м²/год неглазурованных плиток размером 100×100×10 мм. Транспортным органом печи и сушилки поточно-конвейерной линии служит единый роликовый конвейер, который состоит из 2040 приводных роликов диаметром 32 мм, установленных с шагом 50 мм. Для футеровки печи используют стандартные огнеупоры и некоторые фасонные изделия, как и в линии 550М. Во избежание зажима роликов из-за осадки, расширения или сдвига кладки во время работы на печи имеются устройства для регулирования положения секций печи по отношению к роликовому конвейеру. Положение роликов строго фиксировано для

сохранения прямолинейного движения плитки в обжиговом канале печи. Стены печи облицованы экранами из листового алюминия, на участке зоны обжига над сводом печи установлен дополнительный кожух с принудительной вентиляцией для предотвращения попадания дымовых газов через неплотности печи в атмосферу цеха. Все вращающиеся детали печи и линии ограждены, электродвигатели заземлены.

Для улучшения надежности и обеспечения более качественных условий эксплуатации роликового конвейера печи на многих предприятиях заменили корпуса подшипников на новые с шагом роликов 70 мм. В таких модернизированных печах можно обжигать плитку для полов только размером 150×150 мм и более.

Учитывая опыт эксплуатации печей СМК-158, разработана улучшенная конструкция печи СМК-158А. Печь отличается более экономичной теплотехнической схемой и увеличенной длиной за счет установки дополнительной секции сушилки для удаления влаги, вносимой в массу плитки при глазуровании. Дымовые газы от печи используются в сушилках. Шаг роликов увеличен до 70 мм, приводная цепь заменена на двухрядную. Изменен также и привод роликового конвейера. Вся система движения роликового конвейера печи и сушилки имеет пять однотипных приводов, что способствует более плавному движению обжигаемых плиток. Печь легко поддается регулировке и переналадке на различные режимы обжига, требуемые для обжига керамических плиток различного назначения (для полов, фасадных, глазурованных, декорированных и др.).

На заводах керамических плиток для внутренней облицовки стен для утельного и политого обжига устанавливают печи большой мощности 1012М и 1012А. Корпус печи для утельного обжига состоит из металлического каркаса и футеровки. Каркас собран из унифицированных секций, узлов и деталей. Ролики конвейера выполняют из жаропрочной стали различных марок в соответствии с тепловым режимом того или иного участка печи (ХН78Т, 10Х23Н18, 15Х25Т, ХН70Ю и др.). Длина роликов 2280 мм, диаметр

32 мм, шаг 70 мм. Ролики вращаются в железобетонных втулках, установленных в чугунных корпусах подшипников. Приводная цепь роликовых конвейеров двухрядная 2ПР-15,875.

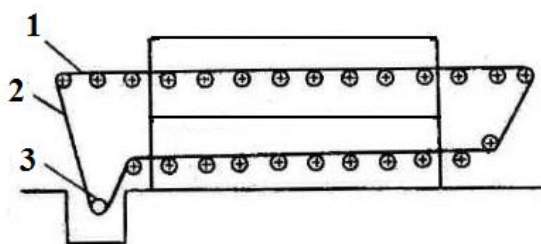
Туннель печи образован огнеупорной кладкой и перегороден горизонтальной стенкой на два одинаковых канала: верхний и нижний. Ширина каждого канала 1220 мм, высота 600 мм. Посредине каналы пересекаются роликовыми конвейерами, по которым перемещаются шестирядные потоки плиток. Футеровка выполнена из шамотного легковесного и диатомитового кирпича. Продолжительность обжига от 18 до 20 мин., максимальная температура 1080 °С.

Теплотехнической схемой предусмотрен забор дымовых газов центробежными вентиляторами в торцах печи. В печах последних выпусков дымовые газы направляются в двухъярусные роликовые сушилки (вместе с дымовыми газами от печи политого обжига). Охлаждение плиток при выходе из печи производится путем обдувки их на открытых участках роликовых конвейеров (секции 8 и 9) холодным воздухом от вентилятора. Вращение роликов каждого роликового конвейера осуществляется от двух самостоятельных приводов через клиноременную передачу, редуктор и систему цепных передач. Двухъярусное решение конструкции уфельной печи позволяет вдвое сократить длину обжигового агрегата и тем самым значительно увеличить производительность поточно-конвейерной линии, не занимая дополнительных производственных площадей.

Политой обжиг плиток производится в одноярусной печи с сетчатым конвейером, по ширине которого укладываются 12 плиток размером 150×150 мм. Система охлаждения плиток двусторонняя, состоит из воздушных конвективных рекуператоров и системы непосредственного обдува на конечном участке печи. Свод печи выполнен в виде съемных секций, что значительно облегчает обслуживание и ремонт печи. Использование сетки в качестве транспортного органа в политической печи позволяет в результате увеличения ширины печного канала до 2,6 м и сокращения зазора между

плитками более чем вдвое, уменьшить длину печи. Увеличение шага поддерживающих сетку роликов 3 (рисунок 9.5) и значительное сокращение их количества (80 роликов на 40,5 м длины печи) значительно уменьшило тепловыделение через стенки и улучшило условия обслуживания печи.

Плитка движется вследствие вращения от привода поддерживающих роликов диаметром 133 мм на несущей (в обжиговом канале) и холостой частях конвейера. Сетка и поддерживающие ее ролики изготовлены из



- 1 – приводной ролик;
2 – сетка; 3 – «плавающий»
натяжной ролик

Рисунок 9.5 – Схема транспортной системы печи 1012М для политого обжига плиток

высокопрочной стали соответственно марок ХН70Ю и 10Х23Н18. Сетка плетется из проволоки диаметром 3 мм, соединительные стержни из проволоки диаметром 5 мм.

Для компенсации удлинения сетки во время работы печи и регулирования ее натяжения устанавливается неприводной «плавающий» ролик, опирающийся на нижнюю ветвь сетки - петлю,

располагаемую в специальном приямке перед печью (рисунок 9.5).

Передача теплоты плиткам производится излучением от муфельных элементов, расположенных под сетчатым конвейером. Сжигание газовой смеси, подаваемой инжекционными горелками, происходит в муфельном канале. Для удобства ремонта и обслуживания свод печи составлен из съемных секций с теплоизоляцией разъемных швов асбестовым шнуром.

При температуре политого обжига до 1000 °С срок службы сетки от 6 до 8 месяцев. Для увеличения срока службы сетки большое значение имеет равномерная загрузка печи обжигаемой продукцией, особенно по ширине печного канала. Поэтому вариант устройства для глазурования плиток, в котором загрузка печи всегда производится по 12 плиток в ряду (вне зависимости от кратковременных остановок прессов на чистку штампов или

других причин) предпочтителен по сравнению с другими установками. Срок службы сетки также зависит от типа и качества ее плетения. Оптимальная конструкция сетки и описание конструкции механизма для ее плетения приводятся И.В. Бахталовским [38].

При всех технологических и эксплуатационных преимуществах печей с сетчатым конвейером необходимо отметить и их отрицательные показатели - дополнительный расход топлива (около 10 %) на нагрев сетки, а также большой расход дефицитной и дорогостоящей жаропрочной стали.

Электрические щелевые печи устанавливаются на предприятиях, где нет газового топлива или мелкогабаритная фасадная плитка выпускается в небольших объемах. В последнем случае устанавливаются электрические печи с сетчатым конвейером производительностью от 100 тыс. м² /год. Принципиальное конструктивное решение роликовой щелевой печи с электрообогревом для обжига облицовочных плиток производительностью 250 тыс. м²/год показано на рисунке 9.6 (проект 946).

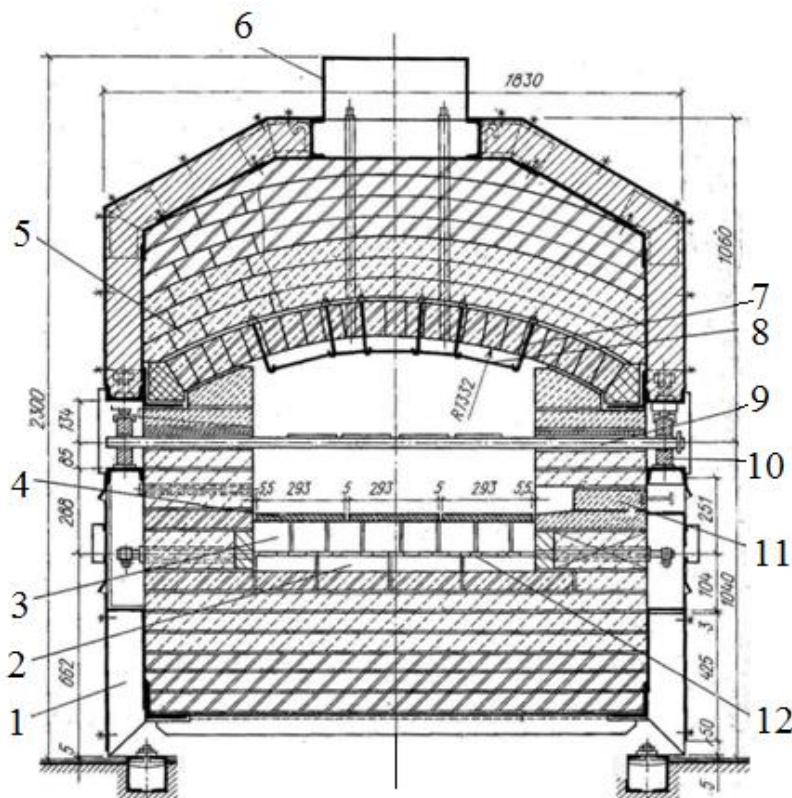


Рисунок 9.6 – Разрез роликовой печи (проект 946) мощностью 250 тыс. м²/год с электрообогревом

На нижний зафутерованный секционный каркас 1 с установленными в корпусах подшипников 10 роликами 9 укладывается и закрепляется съемный свод 5. В кладке съемного свода устанавливаются крючья 7 из жароупорной стали, на которые навешиваются проволочные зигзагообразные электронагреватели 8 из сплава ЭИ 595 (ОХ23Ю5А). Нижние электронагреватели 12 свободно укладываются на подставки 2 из шамотного кирпича, находящиеся в муфельном канале, образованном карборундовыми плитами 4 (в зоне подогрева - из жароупорного чугуна), уложенными на шамотные столбики 3.

Очистка муфельного свода производится через люки 11. Выводы от нижних электронагревателей проходят через футеровку стен нижних частей секций по обе стороны печи, от верхних нагревателей - через футеровку съемного свода и закрываются ограждением 6. В связи с отсутствием дымовых газов от сжигании топлива в канале печи изменена и вентиляционная система. Привод роликового конвейера, материал для футеровки отдельных секций и некоторые другие узлы печи выполняются аналогично печи линии 550 М.

Большой недостаток печей такой конструкции — необходимость ее остановки при выходе из строя верхних нагревателей. В этом случае необходимо погасить печь, снять верхние секции печи, заменить их запасными с новыми нагревателями, изолировать стыковочные швы и постепенно вывести печь на рабочий режим. При условии замены всех секций этот процесс занимает около 20 суток.

9.3 Поточно-конвейерные линии

Поточно-конвейерные линии для производства керамических плиток, созданные на базе роликовых сушилок и щелевых печей скоростного обжига, в нашей стране стали основной технологической единицей на промышленных предприятиях отрасли.

Новая технология и применение принципиально нового отечественного оборудования позволили увеличить производительность труда на предприятиях в 2 - 2,5 раза, уменьшить удельный расход топлива на 30 - 40 % и электроэнергии в 2 - 3 раза. Поточно-конвейерная технология создала условия для значительного расширения ассортимента выпускаемой продукции. Так, в 70 годы осуществлен переход на массовый выпуск крупноразмерных плиток для полов, что ранее при сушке в туннельных сушилках и обжиге в туннельных печах фактически было невозможно из-за резкого снижения выпуска продукции. Было также организовано производство декорированных различными способами керамических плиток, в том числе и плиток для полов.

В настоящее время производство керамических плиток на плиточных заводах практически полностью производится на поточно-конвейерных линиях различных конструкций мощностью от 100 до 1000 тыс. м² в год (таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Техничко - экономические характеристики основных поточно-конвейерных линий

Показатель	Проект 550М	Проект 1012М	Проект 1012А	СМК- 158	СМК- 158А	Проект 1030
Тип плитки	облицовочная			для полов	для полов, фасадная	для полов
Мощность, тыс. м ² /год	250	700	1000	325	400	800
Топливо	Газ					
Габариты, м						
: - длина	86 5,5	124 9,1	160 10	114 5,8	122 5,8	148 7,5
- ширина	3,5	4	4	2,9	2,9	4,2
- высота						

В состав поточно-конвейерных линий для производства керамических плиток включается комплекс технологического оборудования, соединенный единой транспортной системой: прессы для полусухого прессования полуфабриката, рапределительно-разгрузочные устройства плиток перед сушилками и печами, щелевая сушилка, глазуровочные и декорирующие устройства, щелевые печи (роликовые или с сетчатым подовым конвейером) и установка для сортировки и упаковки готовой продукции. Одна из первых серийных поточно-конвейерных линий, установленных на заводах строительной керамики, — линия (проект 550М) для производства керамических плиток размером 150x150x5,5 мм для внутренней облицовки стен производительностью 250 тыс. м²/год. В состав линии (рисунок 9.7) входят: прессы 1 К/РКп-125 или К/РУ-160 (один пресс запасной), отборочные конвейеры 10 с механизмами зачистки, приемо-раздаточный ленточный конвейер 2 со стрелочными раскладчиками 11 из двух потоков плиток в четыре, трехсекционная сушилка 3 с цепным или роликовым конвейерами 4, роликовая печь 5 для утельного обжига плиток (время обжига от 17 до 20 мин), глазуровочная установка 6 (обычно пульверизационная с механическим распылением глазури); роликовая печь 8 для политого обжига (время обжига 30-35 мин) с системой газооборудования 7, вентиляционная система 9 для резкого охлаждения обожженной плитки. Для производства керамических плиток для внутренней облицовки стен в последние годы большое распространение получили поточно-конвейерные линии большой мощности 1012М и 1012А (риснок 9.8) производительностью соответственно 700 и 1000 тыс. м²/год плиток размером 150×150×5,5 мм. Эти линии принципиально отличаются от первых серийных линий в основном по конструкции и тепловым схемам щелевых печей для утельного и политого обжига. Также изменены раскладочные устройства для загрузки с прессованных плиток в двухъярусные роликовые сушиллки.

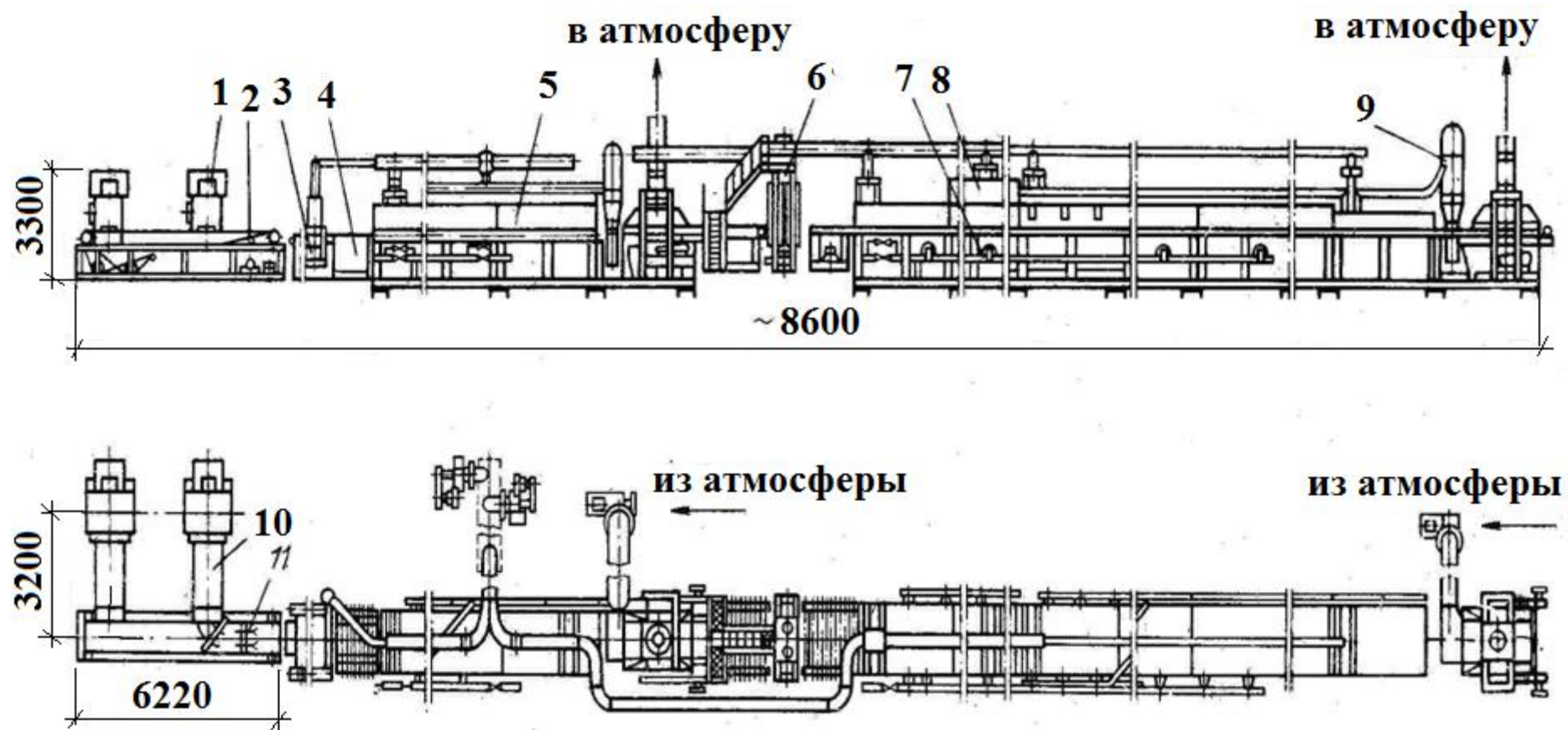
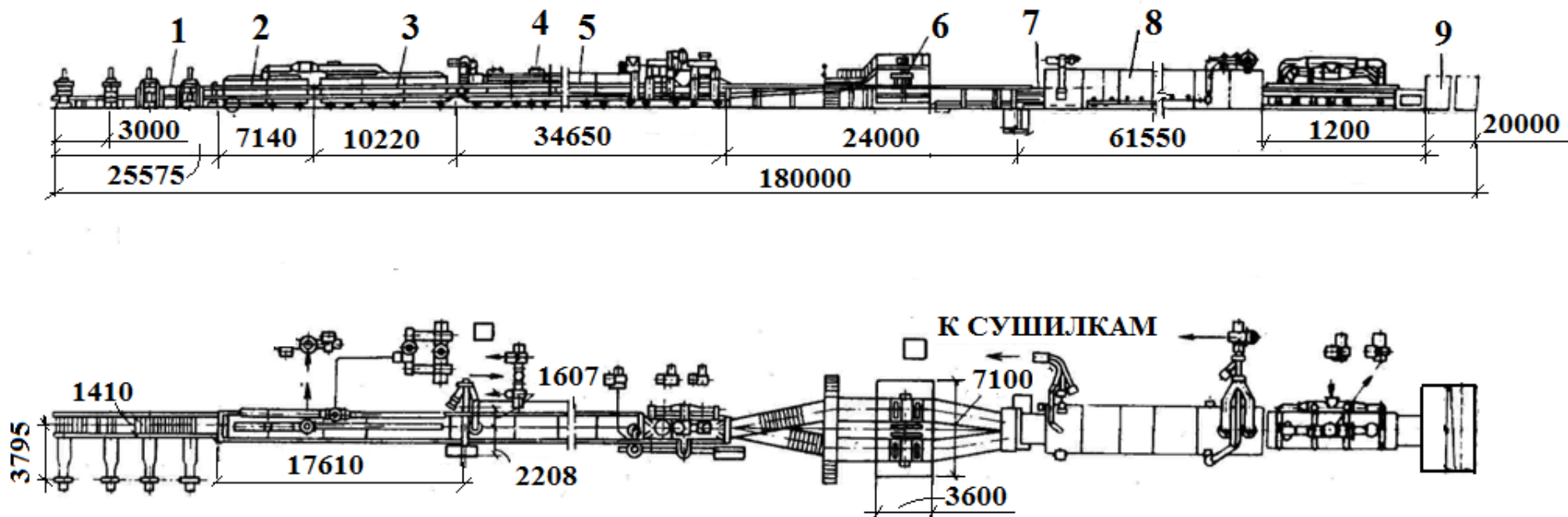


Рисунок 9.7 – Поточно-конвейерная линия 550М



1 пресс и раскладочное устройство; 2, 3 сушилка; 4 – газовая разводка; 5 – печь утельного обжига; 6 – глазуровочное устройство; 7 – сетчатый конвейер; 8 – печь политого обжига; 9 – сортировка и упаковка плиток

Рисунок 9.8 – Схема поточно-конвейерной линии 1012А

Раскладочные устройства для перегруппировки плиток после уфельной печи на глазуровочный конвейер выполняются в двух вариантах. Более прост в эксплуатации вариант перевода из шестирядной двухъярусной уфельной печи в два расположенных на одном уровне потока по шесть плиток в ряду и глазурование каждого потока двумя глазуровочными установками методом полива по принципу «через вал». После глазурования плиток эти два потока сводятся в один по 12 плиток в ряду и направляются в печь политого обжига с сетчатым конвейером (рисунок 9.8). При этом варианте не требуется дополнительной производственной площади (по ширине линии) и сложной системы автоматики.

Более перспективен, с точки зрения качества и возможности расширения ассортимента готовой продукции, второй вариант, при котором плитки, обожженные в двухъярусной печи уфельного обжига, раскладываются в один ряд, выводятся в сторону от печей, и на однорядном петлеобразном конвейере общей длиной около 70 м глазуруются методом полива «через щель», а также декорируются методом сериографии, набрызгивания и т.д. На этом же конвейере (на клиновых ремнях) производится зачистка боковых граней от натеков глазури.

После глазурования и осуществления всех необходимых отделочных операций плитки из одного ряда на специальном устройстве перестраиваются в 12 рядов и направляются в политую печь с сетчатым конвейером в обжиговом канале.

Для производства керамических плиток для полов размером $100 \times 100 \times 10$ мм и более используются поточно-конвейерные линии СМК-158 (рисунок 9.9). В линии устанавливаются прессы 1, приемо-раздаточное устройство 7, роликовая сушилка 2, вентиляционная система 3, система газооборудования 4, роликовая печь 5, а также электрооборудование, КИП и системы охлаждения 6. Плитки размером $100 \times 100 \times 10$ мм поступают на ленту устройства 7 девятью потоками и не подвергаются перегруппировке, а плитки размером 150×150 мм раскладываются стрелочными делителями на

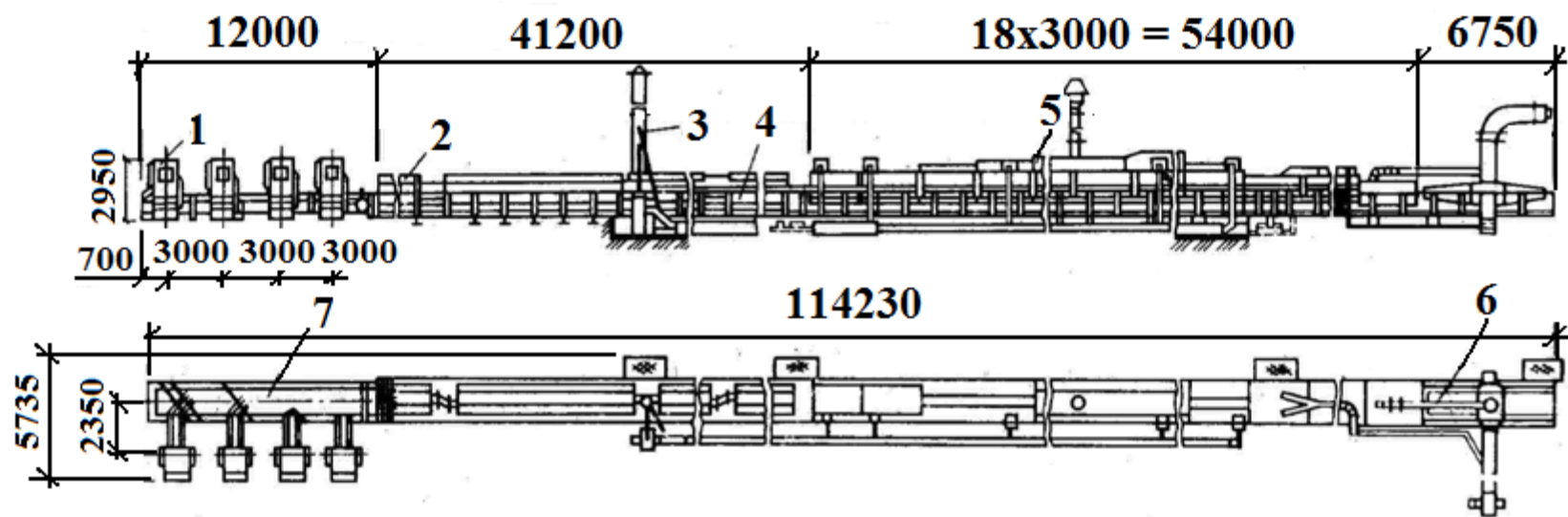


Рисунок 9.9 – Схема поточно-конвейерной линии СМК 158

шесть потоков. При производстве плиток более крупных размеров, количество потоков уменьшается.

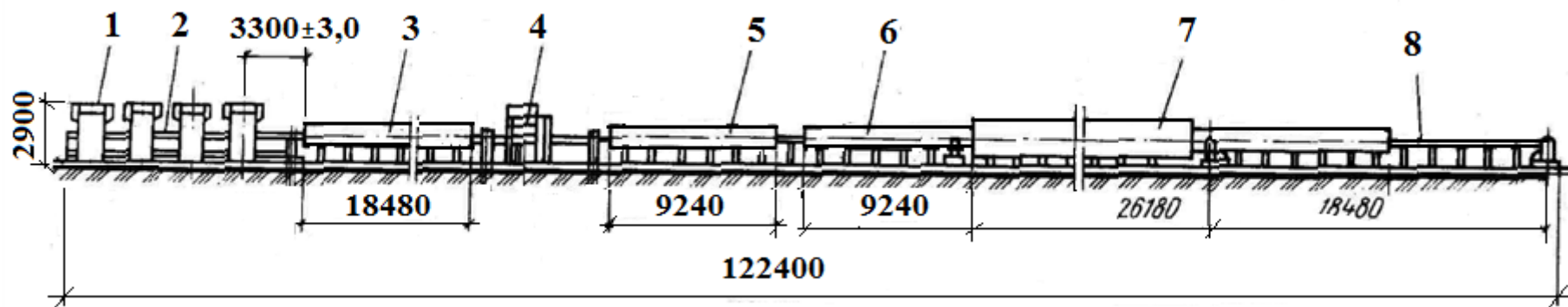
Производство неглазурованных и глазурованных плиток для полов, глазурованных плиток для облицовки фасадов может осуществляться на улучшенном варианте поточно-конвейерной линии – СМК 158А. Принципиальные отличия линии СМК 158А от СМК 158 заключаются в установке глазуровочного устройства (рисунок 9.10) в разрыве между секциями роликовых сушилок, а также удлинения роликовой печи в результате установки дополнительной секции сушилки 5 (для удаления влаги, внесенной в массу плитки при глазуровании) и установки специальной вентиляционной системы для использования дымовых газов в роликовых сушилках. Шаг роликов в печи увеличен до 70 мм, приводные цепи роликовых конвейеров печи и сушилок заменены на двухрядные.

Разработаны и используются поточно-конвейерные линии (проект 1030) производительностью 800 тыс. м²/год плиток для полов размером 150x150x11 мм. Спрессованные плитки в этой линии по шесть штук в ряду поступают в двухъярусные роликовые сушилки, а затем в двухъярусную роликовую печь длиной около 60 м.

Сушильный и печной роликовые конвейеры разбиты на четыре участка, каждый (по два на ярусе) со своими индивидуальными приводами, установленными на середине участков. Ролики приводятся во вращение двухрядными втулочно-роликовыми цепями.

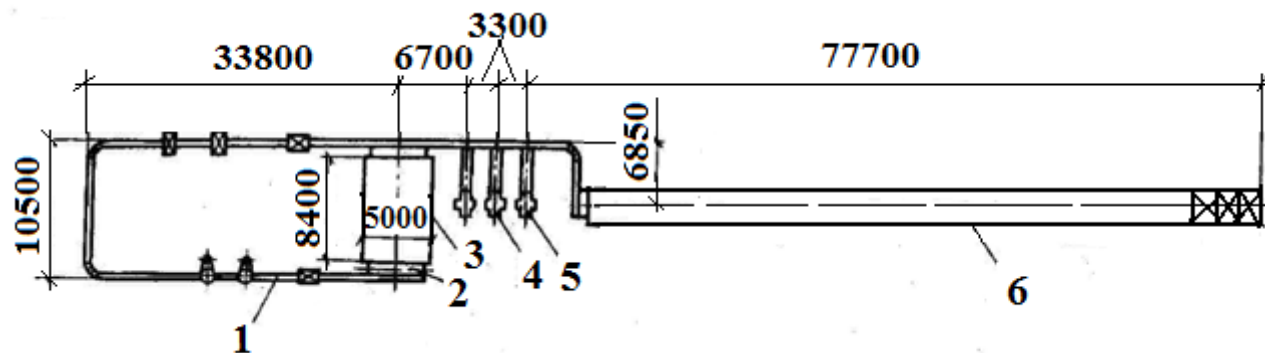
После обжига плитки поступают на конвейер, который перемещает их на единый рольганг, а затем в сортировочно-упаковочную машину. Оси роликов нижнего конвейера находятся на высоте 0,735 м от уровня пола цеха, верхнего — на высоте 1,47 м. Диаметр роликов 32 мм, длина 2300 мм.

В НИИСтройкерамике предложена компоновка поточно-конвейерных линий для производства глазуровочных плиток для полов и облицовки фасадов. Поточно-конвейерная линия (рисунок 9.11) при общей длине 132 м



1 – пресс; 2 – раскладочное устройство; 3, 5 – сушилки; 4 – глазуровочное устройство; 6 – сушильная часть печи;
7 – печь; 8 – охлаждающее устройство

Рисунок 9.10 – Схема поточно-конвейерной линии СМК 158А



1 – конвейер глазурования; 2 – разгрузочное устройство; 3 – сушилка; 4, 5 – прессы; 6 – роликовая печь с досушкой

Рисунок 9.11 – Схема поточно-конвейерной линии для производства глазурованных и декорированных плиток с сушилкой на 24 ряда плиток

имеет производительность от 500 до 600 тыс. м² глазурованных плиток размером 150x150x11 мм в год. Отличительные особенности этой линии — установка 18- и 24-рядной роликовой сушилки (гл. 7) и новой 8- или 12-рядной роликовой печи. В линии установлены мощные прессы РУ-250 или РУ-500 (один - запасной). При условии однократного обжига такая поточно-конвейерная линия может быть, универсальной для всех видов керамических плиток.

Мероприятия по экономии топливно-энергетических ресурсов на работающих тепловых агрегатах осуществляются в основном в трех направлениях: модернизация печей для перевода их на научно обоснованные рациональные режимы обжига, лучшая теплоизоляция агрегатов и рациональное использование вторичной теплоты, т.е. теплоты дымовых газов и горячего воздуха из зоны охлаждения печей [45].

10 Сортировка и упаковка готовой продукции

Операции сортировки готовой продукции после обжига, способы и методы упаковки, вид упаковочного материала, его количество, необходимое для упаковки изделий строительной керамики, имеют большое значение в общем производственном процессе. Конечные операции являются важной статьей расхода в общезаводской себестоимости продукции. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что многие изделия строительной керамики упаковываются в деревянные ящики различных конструкций или с применением деревянных щитов, расшивок и т.д., для чего требуется сотни тысяч кубометров древесины. Все это ставит проблему механизации и автоматизации процессов сортировки и упаковки изделий строительной керамики в экономичную и недефицитную тару в разряд первостепенных и экономически важных.

10.1 Сортировка и упаковка керамических плиток

Длительное время сортировка и упаковка керамических плиток для внутренней облицовки стен производилась вручную в деревянные ящики с перекладкой рабочими - сортировщиками по несколько тысяч плиток в смену. При этом себестоимость деревянного ящика, в который укладывались плитки, часто составляла от 30 % до 50 % от стоимости готовой продукции.

Керамические плитки для полов и для облицовки фасадов упаковывались вручную в оберточную бумагу (по 0,5 м в пачке) и перевязывались шпагатом. При дальних перевозках железнодорожным транспортом шпагат часто перетирался, и пачки плиток рассыпались.

В начале 80 годов для упаковки керамических плиток начал применяться металлический возвратный (оборотный) ящичный поддон ТМ III. Поддон складной, размеры его (внутренние) 1164×771×620 мм, масса 120 кг, масса с плиткой 1000 кг. Габариты поддона 1240×835×930 мм, в сложенном виде - 1240×835×337 мм.

Для механизации сортировки и упаковки керамических плиток в контейнер разработана поточно-конвейерная установка, благодаря которой все основные ручные операции на этом переделе технологического процесса были механизированы. Однако такая контейнерная упаковка имеет серьезные недостатки. Наиболее существенные из них - большой расход металла, необходимость привлечения дополнительных рабочих для ремонта парка оборотных поддонов - контейнеров, а также трудности у потребителя при растаривании поддонов и транспортировании плиток к месту укладки в нерасфасованном в мелкие пачки виде. Последнее заранее исключает применение такого вида упаковки в сети розничной торговли.

В НИИстройкерамики разработана конвейерная линия для механизированной сортировки и упаковки плиток для полов в пакеты различной емкости на металлическом поддоне.

В этой конвейерной линии для освобождения рабочих от работы в ночную смену предусмотрена также установка специального накопителя

готовой продукции на 8 ч работы (рисунок 10.1).

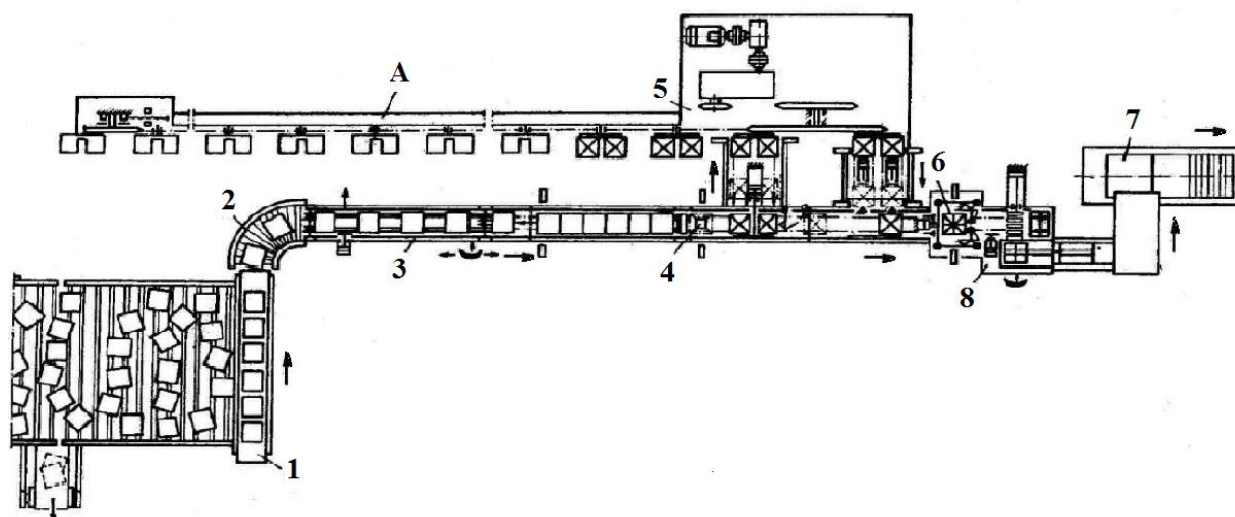


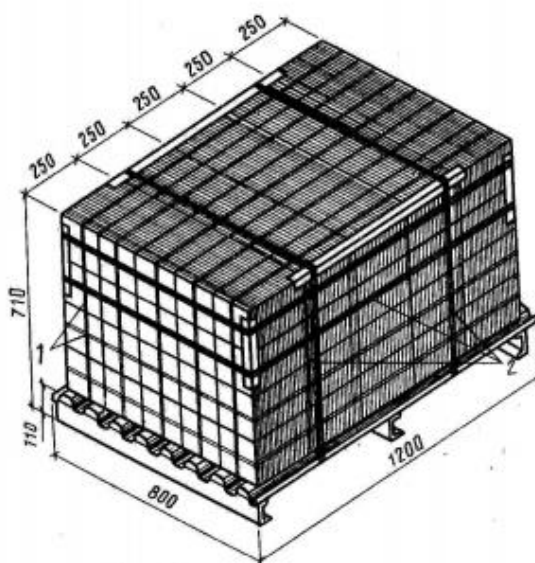
Рисунок 10.1 – Конвейерная линия для полов производительностью
400 тыс. м² в год

Обожженные плитки из щелевой печи по роликовому конвейеру подаются на раскладчик 1, где из шести рядов они группируются в один ряд и конвейером 2 направляются на пост 3. Специальным механизмом треснувшие плитки отбраковываются (разламываются), а плитки с другими дефектами (отбитости, выплавки и т.д.) после визуального осмотра вручную сдвигаются с конвейера.

Плитки, прошедшие разбраковку, механизмом 4 автоматически набираются в стопки из шести плиток по высоте. Эти стопки в ночную смену механизмом 5 отправляются в люлечный накопитель А. Емкость накопителя около 500 м² плитки размером 150×150×11 мм. В другие смены стопки по шесть плиток конвейером подаются на участок 6, где они автоматически стопируются по 3 шт. (т.е. 18 плиток по высоте общей стопки). В это же время в промежутки между шестиплиточными стопками, выходящими из стопкообразующего механизма 4, периодически подаются стопки из накопителя А. Далее специальным устройством восемнадцатиплиточные стопки подаются в полуавтоматический стопкообвязочный станок 8. Обвязка производится полипропиленовой лентой «крест накрест» путем натяга,

последующих электронагрева и сварки концов ленты.

Обвязанные пачки плиток по 18 шт. в каждой, направляются в роботизированный механизм 7, где они автоматически укладываются по заданной программе на установленный металлический поддон. После полного заполнения поддона полученный пакет при помощи ручных машинок (или на специальном автоматическом устройстве) стягивается металлической лентой (рисунок 10.2) и электропрогрузчиком отвозится на склад готовой продукции.



1 — полипропиленовая лента 12,5×0,5 мм; 2 - металлическая лента

Рисунок 10.2 - Транспортный пакет керамических плиток

Небольшой расход упаковочного материала, простота изготовления возвратного поддона, полная загрузка железнодорожного вагона при возвратном транспортировании поддонов, а также механизация и автоматизация операций по сортировке и упаковке керамических плиток, освобождение обслуживающего персонала от работы в ночные смены делают указанный способ пакетирования перспективным в производстве керамических плиток для полов на поточно-конвейерных линиях.

Применительно к поточно-конвейерным линиям 1012А и 1012М для механизированной сортировки (на 3 сорта) и упаковки в картонные коробки

керамических плиток для внутренней облицовки стен разработан комплекс, принципиальная схема которого показана на рисунок 10.3.

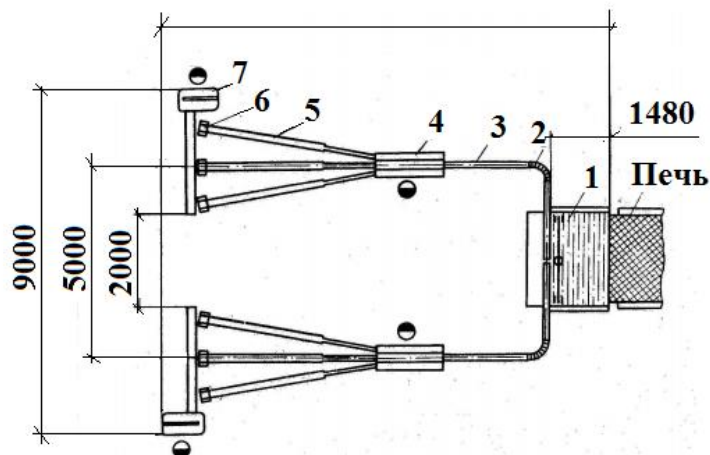


Рисунок 10.3 - Комплекс оборудования для механизированной сортировки и упаковки плиток для внутренней облицовки стен (производительность 1 млн м² в год)

На преобразователе 1 двенадцати рядный поток обожженных плиток из печи политого обжига перестраивается в два однорядных потока, затем плитки через поворотные роликовые механизмы 2 промежуточными конвейерами 3 транспортируются на два трехконвейерных участка 4. Здесь плитки сортируются на три сорта и шестью конвейерами 5 подаются на автоматы - стопировщики 6, где укладываются в стопки по 44 плитки, которые вталкиваются в раскрытые картонные коробки.

Заполненные картонные коробки со всех автоматов - стопировщиков поперечными конвейерами подаются на пакетообвязочные машины (автоматы или полуавтоматы) 7, откуда вручную или роботизированным механизмом, аналогичным изображенному на рисунке 10.1, укладываются на конвейерный поддон. Механизмы работают устойчиво, удобны в эксплуатации и в наладке.

В настоящее время также на плиточных заводах отрасли широко применяются конструкции устройств (отечественные и зарубежные) по упаковке керамических плиток в термоусадочную пленку и затем

формирования на возвратном поддоне пакета массой от 0,5 до 1 т, обтянутого термоусадочной пленкой. Такие установки работают устойчиво.

10.2 Складирование готовой продукции

Для складирования готовой продукции практикуются закрытые склады, открытые площадки, оборудованные необходимым подъемно-транспортным оборудованием. Продукция на складе хранится не более 15 суток. При проектировании закрытого склада для хранения продукции коэффициент использования площади склада принимается равным от 0,6 до 0,7. Также необходимо учесть способ упаковки изделий, нормы хранения [18], площади, занятые проходами для людей, разгрузочных мест, эстакад и т.д., которые обеспечивают фронт разгрузочно-погрузочных работ.

Список использованных источников

- 1 Мороз, И. И. Технология фарфора – фаянсовых изделий / И. И. Мороз – М.: Стройиздат, 1984. – 334 с. - ISBN 978-5-16-002990-0
- 2 Стрелов, К. К. Технология огнеупоров / К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин – М.: Металлургия, 1978. - 75 с.
- 3 Канаев, В. К. Новая технология строительной керамики / В. К. Канаев – М.: Стройиздат, 1990. – 264 с.
- 4 Балкевич, В. Л. Техническая керамика / В. Л. Балкевич – М.: Стройиздат, 1984. - 255 с.
- 5 Августиник, А. И. Керамика / А. И. Августиник – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.
- 6 Уорелл, У. Глины и керамическое сырье / У. Уорелл. Пер. с англ. под ред. В. П. Петрова. – М.: Мир, 1978. – 237 с.
- 7 Материалы X Международной научно-практической конференции «Развитие керамической промышленности России» // Строительные материалы. – М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2012. – № 8. - С. 4 - 9.
- 8 Боженков, П. И. Строительная керамика из побочных продуктов промышленности / П. И. Боженков, И. В. Глибина, Б. А. Григорьев – М.: Стройиздат, 1986. – 167 с.
- 9 Использование попутных продуктов обогащения железных руд в строительстве на Севере / В. В. Прокофьева [и др.] – Л.: Стройиздат, 1986. – 176 с.
- 10 Разработка составов и исследование свойств керамических изделий методом планирования эксперимента / В. В. Прокофьева, В. А. Гурьева // Развитие технологий и повышение качества строительных материалов: Сб. науч. тр. – Киев: Наук, 1987. – С. 17-20.
- 11 Урьев, Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н. Б. Урьев – М.: Химия, 1988. – 256 с.

12 Будников, П. П. Химическая технология керамики / П. П. Будников – М.: Стройиздат, 1972. – 453 с.

13 Chr. van Ginneken, C. M. Die Aufbereitung von Keramischen Massen / C. M. Chr. van Ginneken // TIZ – Fachberichte, 2003, V.107, № 7. – S. 495 – 501.

14 Stefanov, D. Keramische Glasuren – Stand des Wissens in Osteuropa. Teil I. Aufbau, Farbgebung, Dekortechnik und Rostoffen / D. Stefanov // Sprechsaal, 2003. Bd. 166, № 5. – S. 426 – 429.

15 Bowmann, D. Bed drying method cuts energy costs / D. Bowmann // Ceramic Industry, 2004, V.122, № 5. - P. 34-35.

16 Pellegnino, A. Über die technischen und ökonomischen Vorteile zwischen Trockenmahlung und Sprühtrocknung von Rohstoffen für die Fliesenherstellung / A. Pellegnino // Ceramic forum international Berichte DKG, 2003, № 1. – S. 29 – 35.

17 Павлов, В. Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики / В. Ф. Павлов – М.: Стройиздат, 1977. – 240 с.

18 ВНТП 19-96. Ведомственные нормы технологического проектирования керамической промышленности. Производство керамических плиток. – М.: Минстройматериалов, 1996. – 56 с.

19 Sulyok, T. Porlasztasi parameterek hatasa a csempepresporok szemczeszricezetere / T. Sulyok // Epitoanyag. 2001. Vol. 33. № 6. - P. 227-230.

20 Белопольский, М. С. Совершенствование сушильных установок керамической промышленности / М. С. Белопольский // Обзор, информ. Сер. 5. Керамическая пром-сть / ВНИИ'Х'М МПСМ СССР. 1985. - 66 с.

21 Тарасов, А. К. Автоматизация процессов сушки шликера в распылительных сушилках на базе управляющих вычислительных машин и элементов локальной автоматики / А. К. Тарасов, В. И. Кубанцев // Обзор, информ. Сер. 5. Керамическая пром-сть. Вып. 2 / ВНИИЭСМ МПСМ СССР, 1985. - 59 с.

22 Белопольский, М. С. Сушка керамических суспензий в распылительных сушилках / М. С. Белопольский - М.: Стройиздат, 1972. -

124 с.

23 Сильвестрович, Т. С., Совершенствование технологии получения пресс-порошков для керамических плиток / Т. С. Сильвестрович, И. Е. Нишанова // Стекло и керамика. 1986. № 12. - С. 24-26.

24 Gottschalk, A. Ceramic Granulates - Significance and Production Methods / A. Gottschalk // Interbrick. 2006. Vol. 2. № 3. - P. 36-37.

25 Попильский, Р. Я. Прессование керамических порошков / Р. Я. Попильский, Ф. В. Кондрашев - М.: Металлургия, 1968. — 271 с.

26 Bermann, M. New equipment for ceramic industry / M. Bermann // Silikat Journal. 2009. № 11/12. - P. 456-463.

27 Chronberg, M. S. Process and equipment for production of materials by electrophoresis Elephant / M. S. Chronberg // Interceram. 2008. Vol. 27. № 1. - P. 33-34.

28 Handle, F. Electrophoretische Formgebung / F. Handle // Handbuch fur die Ziegelindustrie. 2002. Kap. 9-10. - S. 272-282.

29 Строительная керамика: Справочник / под ред. Е. Л. Рохваргер [и др.] - М.: Стройиздат, 1976. - 493 с.

30 Новая технология керамических плиток / Е. Л. Рохваргер [и др.] — М.: Стройиздат, 1977. - 132 с.

31 Грум-Гржимайло, О. С. Светорассеивающая способность руффитбадделеитовых глазурей / О. С. Грум-Гржимайло // Стекло и керамика.- М.: Ладья, 1981. - № 8. - С. 23-24.

32 Носова, З. А. Циркониевые глазури / З. А. Носова - М.: Стройиздат, 1965. - 174 с.

33 Степанчук, А. А. Использование ликвационных явлений для синтеза глазури / А. А. Степанчук, С. А. Гайлевич // Стекло, ситаллы и силикаты. - Минск, Высшэйшая школа, 2003. Вып. 12. - С. 12-16.

34 Salge, H. Ober den Einsatz von ZrO_2 in Glasuren und Emails / H. Salge // Keramische Zeitschrift. 2004. Bd. 36. № 11. - S. 611-612.

35 Mettke, P. Uber das Farben von Glasuren. Wechselwirkung farbge-

benden Komponenten mit Glasurbestandteilen / P. Mettke // Keramische Zeitschrift. 2004. -Bd. 36. - № 10. - S. 538-542.

36 Freidank, S., Beitrag zur Klarung der Ursachen der Blasenbildung in Sanitarglasuren / S. Freidank, K. Schuller // Sprechsaal. 2004. - Bd. 117. - № 6. -S. 562-565.

37 Kolverkamp, L. Entwicklung einer Sanitarporzellanglasur zur Vermeidung von Fenlern, die durch den Einflur* von Sulfaten und anderen Masseverunreinigungen entstehen / L. Kolverkamp // Keramische Zeitschrift. 2001. Bd. 33. № 7.-S. 406-407.

38 Бахталовский, И. В. Механическое оборудование керамических заводов / И. В. Бахталовский, В. П. Барыбин, Н. С. Гаврилов - М.: Машиностроение, 1982. - 431 с.

39 Кошляк, Л. Л. Производство изделий строительной керамики / Л. Л. Кошляк, В. В. Калиновский - М.: Высшая школа, 1985. - 189 с.

40 Una ceramica da pavimento ad alta tecnologia // Ceramica Informazione. 1996. № 242. - P. 287-289.

41 Канаев, В. К. Автоматизированная поточно-конвейерная линия для производства облицовочных плиток широкого ассортимента / В. К. Канаев // Обзор, информ. Сер. 5. Керамическая промышленность. Вып. 5 / ВНИИЭСМ МПСМ СССР. 1982. - С. 3-7.

42 Freidank, S. Beitrag zur Klarung der Ursachen der Blasenbildung in Sanitarglasuren / S. Freidank, K. Schuller // Sprechsaal. 1994. Bd. 117. № 6. -S. 562-565.

43 Hoffmann, R. Firing ceramic tiles: when to use the roller kiln, when the fast single layer kiln, when the tunnel / R. Hoffmann // Ceramic Engineering and Science Proceedings. 2004. № 11-12.-P. 1033-1035.

44 Vocke, P. Der Schnellbrand - Wirtschaft-lichkeit und keramische Technologie / P. Vocke, H. W. Hennicke, L. Masch // Keramische Zeitschrift. 2005. Bd.37.N°3.-S. 121-123.

45 Канаев, В. К. Резервы экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов в промышленности строительной керамики / В. К. Канаев, А. В. Яковлева // Тр. НИИ-стройкерамики. 1986. Вып. 58. - С. 5—10