

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
«Новгородский Государственный Университет имени Ярослава
Мудрого»

Кафедра художественной и пластической обработки материалов

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ КЕРАМИКА

Автор – составитель

Доцент Ю.В. Новицкий

Новгород 1998

Предисловие

Учебное пособие по курсу «Художественная керамика» подготовлена и предназначена для студентов, специализирующихся на художественной и пластической обработке материалов. Составление этого пособия было связано с тем, что имеющиеся по данному вопросу учебники и учебные пособия давно не переиздаются, а старые стали библиографической редкостью. Новых учебников по данной тематике также давно не издается. Следует учесть так же то, что имеющиеся учебники в целом не подходят для подготовки студентов данной специальности в силу либо узкой специализации по технологии керамики для специалистов по промышленной керамики, либо, наоборот, большую часть материала посвящают художественному оформлению керамических изделий в ущерб конструированию и технологии. В результате студенты либо не усваивают технологии, либо не знакомы с художественным оформлением и конструированием. Кроме того, мы считаем, что незаслуженно упускается в большинстве учебников история традиций керамического производства в России и за рубежом.

Все выше сказанное побудило нас подготовить данное учебное пособие, где освещены большинство упомянутых вопросов. В подготовке пособия использовались современная российская и зарубежная литература, авторские свидетельства и патенты.

Введение

Процесс изготовления художественных изделий из керамической массы разного состава является сплавом искусства и технологии, специалист в этой области должен быть и инженером и художником, только в этом случае могут быть созданы шедевры керамического искусства. Недаром большинство известных российских художников, таких как Врубель, Коровин, Саврасов, Репин и другие профессионально занимались керамикой. Керамическое производство является одним из самых древних ремесел известных человеку. Керамика сопровождала и сопровождает человека в течении всех времен. В настоящее время керамика переживает новый подъем, связанный с открытием новых свойств у керамики, таких как: сверхпроводимость, электрические свойства. Из нее изготавливают детали ракет, автомобилей, электроники, медицинские протезы и в то же время великолепные изделия художественной ценности. Керамика позволила нам ознакомиться с утраченными живописными произведениями Древнего Рима и Греции, по их керамическим копиям. Керамические художественные изделия пережили века и по ним ученые воссоздают историю развития человеческой цивилизации, она является главным инструментом познания у археологов. По мере изучения керамики специалисты открывают новые художественные и технологические возможности керамики и не у многих отраслей техники можно насчитать такого большого числа изобретений и открытий.

Керамика универсальна в декоративно-прикладном плане. Она может использоваться при создании монументальных панно, например, работа Врубеля «Принцесса Грез» на фронте гостиницы «Метрополь» в Москве, для изготовления скульптур разного размера, мелкой пластики, различных бытовых предметов: шкатулки, статуэтки, вазы, бижутерии, а также в больших масштабах посуды разного назначения. Без керамических изделий сегодня не могут обойтись многие отрасли промышленности, например: подложки для интегральных схем, изоляторы, фарфоровые мельницы, насосы, двигатели, сопла ракет, фильеры для кабельной промышленности, санитарно-технические изделия и т.д.

1 Общие сведения о керамических изделиях

Термин «керамика» греческого происхождения и обозначает в переводе - глина. В общем смысле керамикой называют любое изделие из любой глины, прошедшее одинарный или многократный обжиг. Изделия из керамики отличаются по виду используемого первоначального сырья для керамической основы, а так же для глазурей и красок, их физико-химическому и механическому состоянию, структуре, способе изготовления и назначения. Керамика может быть по назначению: техническая, бытовая, художественная. К художественной керамике относятся изделия, имеющие художественную ценность, из фарфора, фаянса, майолики, терракоты и др. Керамические изделия можно также подразделить по производственно-отраслевому признаку: архитектурно-строительные, санитарные, электротехнические, химические, огнеупорные, бытовые и т.д.

К архитектурно-строительной керамике относят керамические панели, кирпичи, черепицу, различные виды керамических облицовочных плиток и изразцов, дренажные трубы и т.д.

К электротехнической керамике можно причислить различные типы изоляторов: от подложек для микросхем до высоковольтных изоляторов.

Химической керамикой считают такие изделия, как химические ступки, насосы, вентиляторы, различные типы химической футеровки, клапаны и т.д.

Бытовой керамикой считаются все изделия, используемые в бытовых целях - это посуда, декоративно-прикладные изделия (бижутерия, игрушки, статуэтки и т.д.).

Огнеупорной керамикой считаются изделия, предназначенные для эксплуатации при высоких температурах. Это различные виды тиглей для плавки металлов, термopарные трубки, облицовочные плитки в ракетной технике (двигателях), футеровочные материалы для печей, вспомогательные приспособления для обжига керамики (капселя и др.) и термообработке металлов.

Как правило, керамические заводы подразделяются в соответствии с этой производственной специализацией, т.е. заводы художественной керамики, строительной, санитарной, электротехнической и т.д.

По физико-химическим и механическим свойствам керамика подразделяется:

а) гончарные изделия - это изделия из светло-жгущихся и темно-жгущихся низкотемпературных глин с относительно большой пористостью (5-10%) с большим влагопоглощением, с грубым или тонким строением черепка, т.е. крупнозернистым строением. Изготавливается как ручным, так и машинным способом. Среди гончарных изделий преобладают изделия из темно-жгущихся глин;

б) фаянсовые изделия:

фаянс изобрели как заменитель фарфора, у некоторых сортов он по своему составу близок к фарфору. Основное его отличие в пористой структуре черепка, непрозрачности, большой толщине черепка, в неглазурованном виде впитывает и пропускает воду. Водопоглощение 12%, объёмная масса – 1950 кг/м³. Фаянс разделяют на: твёрдый, мягкий, глинистый, известковый. Наиболее близок к фарфору твёрдый фаянс, в состав которого входят: полевой шпат, каолин, кварц, белая глина.

Само название фаянс произошло от города Фаэнца (Италия). Хотя считают фаянс европейским изобретением, он был известен в Египте с ХУ века до нашей эры, заново открывался в Китае в 17 веке до нашей эры, на Руси и Ближнем Востоке (IX-X век), во Франции (XVI в.). Температура обжига фаянса выше, чем гончарных изделий (900-1000⁰ С), но ниже чем у фарфора (1300-1400⁰С).

Терракота. Терракотовые изделия - это изделия из цветных, темно-жгущихся глин, непокрытых глазурью и сохраняющих цвет обожжённой глины. Цвет терракоты: бледно-розовый, светло- и тёмно-коричневый, светло- и тёмно-красный. Терракота получалась из низкотемпературных глин, обжиг 950-1100⁰С.

Майолика. Она получила название по острову Майорка, где было развито керамическое производство. Её создание стало возможным только после изобретения глазури. Если терракотовое изделие покрыть глухой глазурью и расписать, то получим майолику. Глазурь не только украшает изделие, но и

придаёт ему водонепроницаемость. Глазурь от немецкого слова "глас" - стекло, т.е. стеклообразное покрытие керамики.

Фарфор. Это материал, получающийся после обжига смеси полевого шпата, кварца и каолиновой глины при температурах 1250-1450° С. Он может различаться по составу: костяной фарфор, известковый фарфор, полевошпатовый фарфор и т. д. В зависимости от температуры обжига различают: твёрдые фарфоры (обжиг 1320-1450° С), мягкие (1250-1300° С). Наиболее распространён твёрдый фарфор, состоявший из 40-60% глины, 20-30% полевого шпата, 20-30% кварца. Известен также полуфарфор, как промежуточный продукт между фарфором и фаянсом. Настоящий фарфор в черепке полупрозрачен, имеет стекловидный черепок с пористостью 2,5-7%, с объёмной массой 2,25-2,4 г/см³.

1.1 Исторический обзор развития керамики

Керамика сопутствует человеку с незапамятных времён, об этом говорят результаты археологических раскопок в разных странах. Начало развития керамики происходило во всех странах приблизительно одинаково, затем произошла дифференциация темпов развития в соответствии с культурным развитием стран.

Первые образцы керамики были обнаружены на стоянках пещерного человека. Уже в эпоху неолита человек был знаком с техникой обжига керамики.

Керамическое производство и специальность являются одними из самых древних в истории человечества. Простая необходимость в сосудах для хранения воды, зерна и для приготовления пищи вызвали к жизни труд гончара. Считается, что первобытные сосуды плелись из веток с обмазкой их для прочности и огнестойкости глиной. При обжиге таких сосудов они приобретали прочность. С появлением керамической посуды связывают век "неолита". В III-II тысячелетии до н.э. уже начали осваиваться простейшие технологические приёмы гончарства. Начали использовать различные добавки, изменяющие свойства глин: толченый гранит, песок, сажу, вулканическое стекло и т.д. Формование изделий проводили ручной лепкой сосудов из отдельных полос или жгутов, навиваемых спиралью с последующим выравниванием поверхности. Сосуды были с острым дном, что облегчало их установку в земле, увеличивало площадь нагрева сосуда.

В связи с этим же появилась и первая орнаментировка в виде углубленных ямок и полос, увеличивающих площадь нагрева сосуда. В дальнейшем эти ямки и борозды стали оформляться в художественном стиле.

В IV тысячелетии до нашей эры египтяне уже знали технологию изготовления глазурованной керамики, и в это же время шумеры создали гончарный круг. Древние изготавливали не только бытовую посуду и ритуальные предметы, но использовали керамику для украшения зданий, был создан глазурованный кирпич. Керамические рельефы широко использовались в Ассирии, Вавилоне и Персии. Это искусство позднее позаимствовали древние греки.

В период крито-микенской культуры (III-середина II тыс. до нашей эры) керамика получила дальнейшее развитие. В этот период уже были созданы шедевры керамики типа "Ваза с осьминогом" из Гурнии (II тыс. до нашей эры).

Широко привлекались для росписи сюжеты флоры и фауны.

К УШ в. до нашей эры критские вазы чаще украшаются более схематичным и симметричным рисунком. Период греческой классической керамики (У1-У в. до нашей эры) изделия отличаются четкостью конструкций, устойчивостью форм, функциональностью изделий и жизненностью сюжетов. Особенностью греческой керамики этого периода было изобретение чёрного огнеупорного лака. Попытки раскрыть секрет лака до настоящего времени не увенчались успехом. На базе лака создавались знаменитые черно- и красно-фигурные вазы, изготавливающиеся на протяжении столетий, как в самой Греции, так и в Этрурии (Италия). Большинство сюжетов на этих вазах заимствованы из мифологии. Традиции Греции в дальнейшем были заимствованы древними итальянскими племенами - этрусками.

В Этрурии не только продолжили старые греческие традиции, но и внесли свою лепту - они вновь изобрели известные ранее на Востоке люстровые покрытия ваз под благородные металлы. Увлечение люстровыми красками продолжалось около 200 лет и перешло по наследству в Древний Рим.

Большой вклад в развитие керамики внесла мусульманская культура. Особенно это связано с дальнейшим развитием люстровых покрытий. Это было связано с тем, что религия запрещала верующим использовать в быту сосуды из благородных металлов, в связи с чем, начали изготавливать керамические сосуды, покрытые люстром и имитирующие металлические сосуды из благородных металлов. Особенностью мусульманской керамики было то, что в них не изображались люди, это запрещалось религией, поэтому чаще роспись оформлялась орнаментально с вплетением арабских букв. Наибольшего расцвета мусульманская керамика получила на территории Испании в период её захвата маврами. Это было связано с изоляцией мусульман Испании от остального мусульманского мира и самостоятельным развитием культуры с лучшими древнеарабскими традициями. Мусульмане принесли в Испанию лучшие достижения арабов в науке, поэзии и технологии. Наиболее ярким сохранившимся образцом этой керамики является ваза "Фортуна" из Альгамбры, находившаяся в настоящее время в Эрмитаже. В дальнейшем традиции Испании в керамике проникли в европейские страны и, в первую очередь, в Италию. Испания дала миру майолику, а Италия - фаянс. В эпоху Возрождения в Италии возник своеобразный стиль, получивший название итальянской майолики (вазы, блюда, декоративные тарелки). В Италии произошло слияние традиций Греции и Испании, что дало толчок развитию керамики. Роспись итальянцы проводили по сырой глазури. Итальянскую майолику принято называть фаянсом. Наибольшего расцвета цветная майолика достигла в XV веке. Наиболее знаменит в этот период художник - керамист Лука де ла Робия. Из Италии традиции керамики распространились во Францию, а также в ряд славянских государств, в том числе и на Русь. С XVII века в мире получила популярность дельфтская фаянсовая керамика. Дельфтские мастера научились получать тонкостенные изделия близкие к китайским с заимствованием китайских сюжетов - морские пейзажи, растения, фантастические птицы и животные.

1.1.1 История развития художественной керамики в России. На территории России керамика начала развиваться в первую очередь в южных областях, где преобладала земледельческое направление. Керамика третьего тысячелетия до нашей эры была впервые обнаружена вблизи села Триполье под Киевом. Трипольская культура оставила множество керамических памятников

это: сосуды с росписью, лепные фигурки зверей и ритуальные фигуры людей.

Роспись осуществлялась природными красителями в виде лент и спиралей. Во II- начале I тысячелетия до нашей эры в этих областях получил распространение метод орнамента - оттиск шнура на керамике. На территории Сибири получил распространение метод гравировки орнамента в виде геометрических фигур. С течением времени остродонные сосуды были вытеснены (за тысячелетия) плоскодонными. Следующим шагом в керамике было изобретение гончарного круга, сначала с ручным приводом, а затем - с ножным. На территории Руси гончарный круг внедрился в период Киевской Руси (IX век). С появлением круга возникли и новые типы орнамента: зубчато-гребенчатого (характерного для Рязани), точечно-ямочный - для Ярославля, для Поволжья характерны формы низких широкогорлых сосудов похожих на миски. Складываются типы русской посуды: крупные корчаги для хранения зерна, плошки для еды, латки-противни, крынки. Кроме посуды изготавливались игрушки, грузила, светильники, украшения. В этот период был изобретен метод пастилажа, т.е. выливание (струями) из тигля расплавленной глазури на терракоту двумя линиями, которые при вращении горшка создавали систему переплетающегося узора.

В XIII-XV веках развитие русской керамики было приостановлено татаро-монгольским нашествием. В XVI веке начало возрождаться русская керамика - в Москве возникла Гончарная слобода.

XVI и особенно XVII в. характерны изобилием разнообразной по назначению керамики, выполняемой с применением сложных технических приёмов. В этот период складываются основные особенности русской керамики. Основным поставщиком светло-жгущихся глин для Москвы был район Гжели. Наличие качественных глин и топлива предопределило создание массы предприятий в этом регионе. Широкое распространение получила технология ангобирования и чернолошения. Получение чёрной керамики осуществлялось при обжиге керамики в герметично закрытых горнах при температурах 800-960°C с выдержкой нескольких часов. XVII век прославился чернолощенной посудой с простым геометрическим рисунком. Такую посуду делали во многих городах России. Большим достижением московских гончаров XVII века следует считать изготовление глазурованной ("муравлёной") посуды. Преобладающий её цвет - оттенки зелёного. Во второй половине XVII века распространение получили фляги и кувшины с цилиндрическим туловищем на четырёх коротких ножках. На плоские стороны наносили сложные рельефные украшения. К началу XVIII века формы сосудов усложняются. В XVIII веке возникает и развивается живописная майолика в Москве и Гжели. Первоначально майолика использовалась для изразцов, а затем для посуды. Первым производство майоликовых изразцов и посуды наладил в 1724 году на своём заводе Афанасий Гребенщиков. Он выпускал посуду из светлых гжельских глин, политую белой глазурью и украшенную синей росписью, наносимой на сырую глазурь. Корни современной керамики Гжели зародились на этом заводе, просуществовавшем 50 лет. Именно здесь зародился русский фарфор, а не на ИФЗ. К концу XVIII века майолика уступает место полуфаянсу - изделиям с грубым светлым пористым черепком и над глазурной росписью. Производство полуфаянса прекратилось к концу 80-л годов XIX века. Очень недолго просуществовало производство "бронзовых" изделий - роспись полуфаянса люстрами (20-30 годы XIX в.)

Со второй половины XVIII века Россия налаживает производство

фарфора. Изобретение русского фарфора приписывают Ивану Гребенщикову (1746г.) и Виноградову (1749г.). Основное производство фарфора развивается в Петербурге и Гжели.

В XIX- начале XX века крупные и мелкие гончарные мастерские существовали в сельской местности в каждой губернии. В Новгородской губернии было их шесть. В XVIII веке в России было создано всего восемь предприятий, в первой половине XIX века - 59, во второй - 52, последней трети - 28 и после 1900г. всего три. Мастерских занятых росписью всего было 16.

Несмотря на преобладание в производстве фаянсовых и фарфоровых изделий гончарное производство на Руси до настоящего времени сохранилось. Центрами гончарства были Ярославская область (с. Лазарцево), Рязанская область (п. Скопин). Скопин прославился производством фигурных гончарных изделий, в основном это были квасники и фигурные сосуды в виде сказочных птиц и животных.

Фигурные изделия выполнялись также в Пензенской, Ярославской, Воронежской, Нижегородской губерниях. Так, например, в Воронеже делали сосуды в виде львов, баранов. В Пензе также были львы и бараны, только более округлые; в Городецком уезде Нижегородской губернии изготавливали кувшины - "шутихи" с плоским или кольцевидным туловом и фигурной горловиной; в деревне Лазарцево Ярославской губернии был центр чернолощеной керамики. В деревне Коровине близ г. Меленки (Владимирской губернии) изготавливали сосуды из светлых глин с потечной росписью глазури. Широко распространился метод обработки керамики с помощью штампов. Тверская керамика славилась подглазурной росписью. Деревня Яблонцы Псковской губернии известна керамикой тепло-золистого тона с росписью похожей на Прибалтийскую. Гончары Вятской губ оплетали готовые сосуды лыком. Изделия часто украшали нанесением глазури на белый ангоб. Изредка в русском гончарстве использовали роспись ангобом по светлому фону без глазури. В целом гончарные изделия XIX-XX были скромнее, чем керамика XVIII-XVII вв. Художественными эталонами служили произведения русского народного искусства, а также эскизы профессионалов-художников. Особенно успешно работали мастерские в Абрамцево под Москвой, в Талашкине под Смоленском, керамическая артель "Мурава" (Москва), предприятие П. Ваулина под Петербургом и Строгоновское училище и др.

Однако изделия этих предприятий составляли лишь мизерную часть керамики этого периода и не могли конкурировать с фабричным производством. В России первыми энтузиастами возрождения народных промыслов были художники, что нашло отражение в попытках копирования живописных и лубочных произведений на первом этапе.

Как уже упоминалось особенностью русского декоративно-прикладного искусства конца XIX- начала XX века связано с работой в этой области художников-живописцев. Главную роль на формирование этого направления сыграла Абрамцевская группа художников, которая с помощью С.И. и А. С. Мамонтовых создала абрамцевскую керамическую мастерскую, во главе которой стоял художник В. Васнецов и приняли участие: Репин И., Polenov В., Антокольский М., Коровин К., Врубель М. Мастерская создана в 1890 году. Особенно большой вклад внес М. Врубель. Майолика Врубеля - это особое слово в русской художественной керамике, она продолжение его как художника и декоратора. Работы Врубеля в керамике - это скорее станковые скульптуры. Работы Врубеля в майолике можно разделить на три группы:

- 1) вещи бытового утилитарного назначения: вазы, блюда, конфетницы;
- 2) вещи архитектурно-декоративные: печи, камины, лежанки и т.д.;
- 3) станково-декоративные работы: живописные панно, сюиты скульптур и др.

Это деление условно. В Третьяковской галерее находится скульптура "Будда" Врубеля, ваза "Стрена". В последние годы жизни Врубель больше был керамистом, архитектором, скульптором, чем живописцем. Источником сюжетов и мотивов во многих керамических декоративных работах Врубеля служили народные сказания и легенды. Это, например, камин "Встреча Вольги с Микулой Селяниновичем"(1890г.), фриз для Метрополя "Принцесса Грёз" и др. Другим ведущим кустарным предприятием России были мастерские в Талашкине, созданные княгиней М.К. Тенишевой в своём поместье под Смоленском в 1900г. Однако в отличие от Абрамцево, в этих мастерских придерживались только славянских или русских тем и сюжетов, В работе этой мастерской принимал участие Н. Рерих, М. Врубель, И. Репин, А. Головин, В. Васнецов, М. Нестеров, С. Малютин и др. Многие изделия этой мастерской хранятся в Смоленском краеведческом музее. В этой мастерской много внимания уделялось воссозданию народного искусства и, в основном, изготавливались предметы мелкой пластики в связи с небольшими размерами мастерской.

Мастерская "Мурава" создана в 1904г. в Москве обществом керамистов: Н. Егоров, С. Малютин, Д. Митрохин. Здесь начал свою работу известный скульптор С. Коненков. Основное направление использования керамики в архитектуре, т.е. делали изразцы, панно, а также большие вазы.

Керамические мастерские училища. В 1902 г. создана мастерская в Строгановском центральном училище технического рисования, в 1903г. в училище барона Штиглица в Санкт-Петербурге и школе Общества поощрения художеств. В Строгановском училище керамику вёл гжельский мастер Г. Монахов, мастерская славилась своими глазурями, получившими мировое признание. Работы училища были отмечены на Международной выставке в Турине (1912г). Училище позаимствовало опыт Абрамцево в художественной майолике. Мастерская в Строгановском успешно работала до 1914г. Известен своими работами художник этого училища Н.А. Андреев. Это работы: "Голова мордовки", "Вакханка на козле" (1910г.), "Тульская крестьянка" (1912г.) и др.

Восстановление гончарных промыслов как художественных производств началось в России уже после войны в 1950г. В настоящее время работающими в традиционном стиле являются керамические центры Гжели и Скопина. Это: майолика цеха в д. Трошково; объединение "Гжель" и в г. Скопине; Невьяновский завод художественной керамики в уральской д. Нижние Таволги и Кунгурский завод художественных изделий (г. Кунгур, Урал); Орловская фабрика керамических изделий. Борисовская фабрика художественной керамики (Белгородская обл.), керамический цех Ромоньского промкомбината Воронежской обл., Спасский завод художественной керамики, керамический цех Уфимского горпромпкомбината. Нальчикский завод художественной керамики, Прионежский комбинат, Богашевский экспериментальный завод художественной керамики (Томская обл.), гончарный цех в селе Алеховщина (Ленинградская обл.), Майоликовый цех Псковского горпромпкомбината. Всего современных керамических предприятий около сорока, главную роль в работе этих предприятий играет ведущий художник: от него зависит во многом стиль и процветание завода или мастерских. Содружество с народными мастерами

формирует своеобразие производства.

2 Сырьевые материалы, применяемые в производстве керамики

2.1 Глинистые пластичные материалы

К ним относятся глины и каолины. Согласно ГОСТ 9169-59 к глинистым породам относят породы, состоящие в основном из глинистых минералов: каолинита, монтмориллонита, гидрослюда. Глинистые породы способны при затворении водой образовывать пластичное тесто, которое в высушенном состоянии кожеподобно, а после термической обработки приобретают камнеподобную структуру.

2.1.1 Классификация глин. Классификация глин проводится по: генезису, пластичности, температуре плавления, по химическому составу, по степени дисперсности.

1) Классификация глин по генезису (происхождению) По генезису глины подразделяются на: а) озёрно-ледниковые; б) моренные; в) аллювиальные среди угленосных отложений нижнего карбона (непостоянны по гранулометрическому и химическому составу); г) делювиальные - на склонах речных долин (легкоплавкие).

2) Классификация глин по пластичности: а) пластичные (размокающие в воде), число пластичности более 25; б) полупластичные, частично размокающие в воде, число пластичности 7-15; в) непластичные (сухарные), неразмокающие в воде, число пластичности не определяется; г) фарфоровый камень - камнеподобная порода, бытовое название - "кремневка".

3) Классификация глин по температуре плавления: а) огнеупорная температура плавления больше 1580°C; б) тугоплавкие температуры плавления от 1350-1560°C; в) легкоплавкие с температурой плавления менее 1350°C.

4) Классификация глин по основности, по сумме оксида алюминия и титана:

а) высокоосновные, сумма более 40%; б) полукислые - 15-30% в) кислые, сумма менее 15%.

5) Классификация глин по содержанию красителей оксидов железа и титана:

а) неокрашенные, содержание менее 1%; б) слабоокрашенные, сумма оксидов железа менее 1,5%, титана менее 1%; в) среднеокрашенные - железа от 1,5-3%, титана 1-2% г) сильноокрашенные - железа более 3%, титана более 2%.

6) Классификация глин по степени дисперсности (наличие частиц менее 1мкм):

а) тонкодисперсные - более 60% частиц в 1мкм; б) среднедисперсные - 20-60%; в) грубодисперсные - менее 20%.

7) Классификация глин по минеральному составу: а) монтмориллонитовые глины; б) каолинитовые; в) гидрослюдистые; г) палыргоскитовые.

2.1.2 Месторождение глин. Глины являются продуктом разрушения полевошпатовых горных пород (гранитов, гнейсов, пегматитов и др.). Глины подразделяются на: первичные и вторичные. Первичные глины залегают на месте разрушения горных пород, вторичные глины образуются при разрушении

и переносе (вторичном) продуктов разрушения. В соответствии с этим различают первичные и вторичные месторождения каолинов - мономинеральных глин каолинитового состава. Их образование происходит при разрушении минералов ортоклаз, альбит, микроклина.

Каолинит и каолин являются составной частью многих глин. Наиболее ценны мономинеральные каолины с малой пластичностью, первичного происхождения. Известны следующие месторождения первичных каолинов в России и странах СНГ: а) Украинские: Гдуховецкое (Сумская обл.), Дружковское (г. Дружков, Дон. обл.), Часов-ярское (п. Часов-Яр), Просяновское; б) Казахстан: Алексеевское (Центр, Казахстан) одно из самых крупных в СНГ, второе место по запасам после Просяновского и 1-ое по качеству, месторождения Южных Мугоджар, их более 100, но мелких; в) Дальний Восток - Чалганское; г) Узбекистан - Ангренское.

Наиболее изучены и широко используются каолины Украины, в их числе: Просяновский каолин - один из самых чистых с температурой плавления 1770-1790°C; усадка: при 900°C - 12,2%, при 1300°C - 14%. Текучесть просяновского каолина при влажности 45% и содержании жидкого стекла (1,9-18, 86) г-экв колеблется от 28,5-10,6 сек по вискозиметру с отверстием 6мм, с содой (1,89-5,66) гм-экв - текучесть 42-16 сек. Менее известны и меньше используются Еленский каолин (засорен кварцем). Кыштымский каолин содержит примеси железа (до 4%) и трудно разжижается. Невьянский каолин - засорен и неприменим в необогащённом виде.

Вторичные каолины. К вторичным, широко известным, каолиновым глинам можно отнести каолины Новгородской обл. (Боровичский, Любытинский, Окуловский районы). Месторождения Боровичско-Любытинского промышленного района разрабатываются уже почти 200 лет. Глубина залегания пластов глин от 12-15 до 60-70м. В этом районе известно 13 месторождений готовых к разработке, 15 выработанных месторождений и 4 перспективных площади. В настоящее время Боровичский комбинат эксплуатирует 3 месторождения: Окладневское, Усть-Брынкинское, Шиботовское. План добычи 320 тыс. т в год. В основном это на чистые каолины, их относят к огнеупорным глинам. Боровичские огнеупорные глины бывают пластичные (мыленки) и непластичные (сухарные или полусухарные), обычно они чередуются в виде пластов. Пластичные огнеупорные глины есть в Усть-Брынкино (2км от Боровичей), Райцкое (д. Районы) Хоромское, Большие Леса, Шереховичи у д.Зарубино, Трубецкое (ст. Комарове).

Тугоплавкие глины Новгородской области. Это месторождение Горки-Ратицкие (пос. Волот), Солецкий район д. Взляды, пос. Мяково (24км от Сольцов).

Известны и разрабатываются следующие месторождения тугоплавких глин: Просяновское (ст. Просянов, Украина), Глуховецкая (ст. Глуховцы, Украина), Волковахская глина (ст. Волковах, Украина), Часовярская (Часов-Яр, Украина), Дружковская глина (ст. Дружковка, Украина), Воронежская или латненская глина (ст. Латная), Трошковская (Иркутская обл.), Тихвинская, Любытинская, Пулковская (кембрийская глина), Гжельская глина (60 км от Москвы).

Зарубежные месторождения: Цетлинское (Карловы Вары, Чехия), Майсенское, Кемлитце (Германия), Корноэлл, Девоншир (Англия), Туанг-Сианг (Китай), Кентукки (США).

До образования СНГ большинство заводов Европейской части России

использовали часовярскую глину (Украина), которая позволяет получать фаянс без полевого шпата. Эта глина при 1075-1140°C даёт белый спекшийся черепок, огнеупорность глины 1650-1740°C. Эта глина имеет шесть марок (сортов) с содержанием окиси железа от 1,3-1,6%, т.е. содержание примеси железа является одним из важнейших показателей светло-жгущихся глин (допускается до 1,8%)

Легкоплавкие пластичные глины (монтмориллонитовые, бентонитовые, палыгорскитовые) - это обычно окрашенные глины.

Таблица 1 - Зависимость цвета черепка от содержания примеси окиси железа

Содержание Fe ₂ O ₃ в %	Цвет черепка
0,8	белый
1,3	бледно-жёлтый
2,7	светло-жёлтый
4,2	жёлтый
5,5	светло-красный
8,5	красный
10	тёмно-красный

При обжиге в восстановительной среде железо переходит в закисную форму с образованием сине-зелёного цвета. При содержании окислов железа более 10% можно получать при обжиге в восстановительных условиях черную керамику, так при *обжиге* в герметично закрытых капсулах получают черноруцную керамику.

2.1.3 Физические свойства глин.

1) Пластичность определяется по формуле:

$$P = w_1 - w_2,$$

где w_1 - влажность предела текучести;

w_2 - влажность предела пластичности.

Пластичность оценивается по числу пластичности, рассчитанное по формуле.

Выделяют пять групп пластичности (ГОСТ 9169-59):

а) высокопластичные глины (P больше 25); б) умеренно –пластичные ($P=15-25$); в) малопластичные ($P=7-15$); г) непластичные (P или менее 7).

Практически влажность предела текучести определяется по количеству воды (максимальное), при котором глина способна держать форму не расплываясь. Влажность предела пластичности - минимальное количество воды, обеспечивающее образование глиняного шнура диаметром 3 см без рассыпания его на отдельные части.

Формовочная влажность (влажность рабочего теста) - это максимальная влажность, при которой глина способна формоваться под действием рук, и в то же время не прилипать к рукам. Усилие рук человека 2кг.

К важнейшим свойствам глин относят: влагоёмкость, набухание, размокание.

Таблица 2 - Классификация глин по содержанию в прокаленном состоянии, $Al_2O_3 + TiO_2$

Группа глинистого сырья	$Al_2O_3 + TiO_2$	Обозначение
Высокоосновные	более 40	Во
Основные	от 30 до 40	Ос
Полукислые	от 15 до 30	Пк
Кислые	менее 15	К

2) Гранулометрические (зерновой) состав глин.

В керамике принята шестичленная классификация:

- а) 1000-250мкм;
- б) 250-50мкм;
- в) 50-10мкм;
- г) 10-5мкм;
- д) 5-1мкм;
- е) менее 1мкм.

В глинах могут быть включения, к которым относят зёрна более 2 мм, в том числе песчаные включения от 50мм до 2мм. Состав глин можно представить в виде трёхчленной классификации:

- 1) глинистые частицы размером менее 5мкм;
- 2) пылевидные частицы, размером 5-50мкм;
- 3) песок с частицами более 50мкм.

Таблица 3 - Классификация глин по содержанию тонкодисперсных фракций

Группа глинистого сырья	Содержание % частиц размером	
	10мк	1мк
Высокодисперсные	более 85	более 60
Дисперсная	40-95	20-60
Грубодисперсная	менее 40	менее 20

2.1.4 Химические свойства глин. Основными породообразующими окислами глин являются: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , обычно SiO_2 - 60-65%, а Al_2O_3 - в красных глинах 10-15%, а в белых - 30-55%. Одна из основных примесей в глинах - это окислы железа, которых может быть 10-15%. Они формируют окраску глин, а также влияют на температуру спекания, снижая её. Примесь рутила до 1,5% окрашивает черепок в зеленоватые тона. В глинах, используемых для получения фарфора, не допускается содержание окислов железа и титана более 0,5%. Примесь солей щелочных металлов до 5-6% в виде растворимых солей, понижают температуру спекания, а избыток образует на черепке белый налёт, устраняемый добавкой углекислого бария. В глинах обычно присутствует примесь карбонатов 1-2%, но может достичь 20-25%. В тонкодисперсном состоянии карбонаты не являются опасностью для керамики, их иногда специально добавляют для понижения окраски от примеси железа, но крупные куски карбонатов вызывают растрескивание черепка керамики. Часто в глинах наблюдаются примеси органики, которая способствует окрашиванию в чёрный цвет и появлению пузырей. Для гончарных работ пригодны глины с

отношением: $Al_2O_3/SiO_2 = 0,15-0,25$ и сумма оксидов кальция, магния, натрия, калия и железа равна 0,1-0,15.

2.1.5 Водные свойства глин. Вода в глинах находится в связанном состоянии. К водным свойствам глин относят: влагоемкость, влагоотдачу, набухание, размокаемость.

Влагоёмкостью называют количество влаги, поглощаемой материалом, у глин она достигает 30%

Влагоотдача - это способность отдавать свободным истечением поглощенную воду, у глин она составляет 3%.

Набухание - это способность глин увеличивать объём за счёт поглощенной влаги. Оценивается по ГОСТ 3594-62 в процентах увеличения объёма или приростом объёма поглощенной влаги по отношению к первоначальному весу глины. С увеличением дисперсности увеличивается набухание глин. Объём набухшей глины меньше суммы объёма воды и глины за счёт сжатия воды в порах глин.

Размокание - это распад глин на более мелкие частицы. Прогрев ускоряет процесс размокания, этому же способствует механическое перемешивание.

Тиксотропное упрочнение глины - это способность влажной глины самопроизвольно восстанавливать нарушенную структуру и упрочняться при постоянной влажности. Это свойство широко использовали китайские керамисты, которые выдерживали фарфоровую сырую массу до 25-35 лет, это позволяло им получать сырой фарфоровый черепок в 6-8 раз прочнее, чем аналогичные у европейцев. Так, сопротивление сдвигу теста из ленточной глины возросло через одни сутки после её переработки в 2-4 раза, через трое суток в 2-6 раза, через сто двадцать суток - в 5-4 раз и через двести сорок - в 7-9 раз. Выдержка отражается также и на литейных свойствах шликера, его также следует подвергать выдержке не менее суток, что и делают на заводах.

2.1.6 Механические свойства глин. Одним из главных свойств глин является способность их деформироваться без разрыва сплошности и сохранять форму после деформации. Это свойство и называется пластичностью. Точнее, это не свойство, а состояние. Согласно ГОСТ 5499-59 количественный характеристикой пластичности является число пластичности П.

Формовочная влажность определяется по формуле:

$$w = k A,$$

где А - содержание глинистых частиц менее 5 мкм в %;

к - опытный коэффициент.

Таблица 4

А	6-7	8-10	10-12	20-30	30-40	40-50	50-60
к	3,2	2,2	1,5	1	0,8	0,6	0,5

2.1.7 Технологические свойства глин. Сушильные свойства: воздушная усадка, чувствительность к сушке, теплопроводные свойства.

Воздушная сушка. Количественной мерой усадного процесса является величина относительной усадки:

$$J_0 = \frac{l_0 - l_1}{l_0} 100\% ,$$

где J_0 - относительная усадка;

l_1 - длина образца высушенного до постоянного размера;

l_0 - начальная длина образца

Величина изменяется от 2 до 8%. Примесь песка снижает усадку. Монтмориллонитовые глины имеют большую усадку по сравнению с каолинитовыми. На величину усадки влияет режим сушки. При медленной сушке (естественной) усадка наибольшая, искусственной быстрой - усадка меньше. Величина усадки зависит от исходной влажности. Усадка характеризуется коэффициентом усадки

$$k = tg\alpha = \frac{l_0 - l_{ку}}{w_0 - w_{ку}},$$

где $l_{ку}$ - длина и влажность образца в момент окончания усадки;

l_0, w_0 - длина и влажность первоначальная

Влагопроводные свойства отражают скорость перемещения влаги внутри массы. Характеризуется коэффициентом переноса влаги "а" $a = (0,66 - 2, 14) 10^{-4}$ м²/ч, а больше у каолинитовых глин»

2.1.7 Чувствительность глин к сушке. Характеризуется трещиностойкостью. Трещины возникают при различии величин усадки по сечению. Количественно оценивается коэффициентом чувствительности к сушке:

$$K = \frac{y}{y_0 \left(\frac{P_0 - P}{y_0 - y} - 1 \right)},$$

где y_0 и P_0 - соответственно объём и вес образца;

y и P - тоже для высушенного при 20⁰С образца

По величине К глины подразделяются на три класса:

- 1) малочувствительные - К меньше 1;
- 2) среднечувствительные - К от 1 до 1,5;
- 3) высокочувствительные - К больше 1,5.

У монтмориллонитовых глин стойкость к трещинам выше, чем у каолинитовых глин. С ростом К усадки снижается трещиностойкость. Линейная усушка глин в процентах выражается формулой:

$$a = \frac{L - L_1}{L \cdot 100\%},$$

где: L - начальная длина образца;

L_1 - длина образца после сушки.

Объёмную усушку в процентах определяют:

$$B = \frac{Y - Y_1}{Y \cdot 100\%},$$

Где: Y - начальный объём образца;

Y_1 - объём образца после сушки.

Для практических целей объёмную усадку можно определить, если линейную усадку умножить на три. Для различных глин усушка колеблется в пределах от 2,5 до 11%. Сырые глины сушат при температуре 110-120⁰С, при этом удаляется гигроскопическая влага, при дальнейшем нагреве выделяется конституционная вода. Масса воды, удалённой при 100⁰С, равна массе вода усушки плюс масса паровой воды. Следовательно, объём пор в см можно определить как разность объёма гигроскопической воды и воды усушки.

Усадка обжига - это окрашение объёма образца без изменений формы при обжиге. Линейная усадка обжига рассчитывается так же как линейная

усадка при сушке. Глины при нагреве выше температуры распада минералов (для каолина - это 900°C) ведёт к потере пластических свойств при замачивании.

2.1.8 Термические свойства глин. Огнеупорность глин - это способность глин к расплавлению, хотя глины, как полиминеральные вещества, плавятся в широком диапазоне температур.

Характеристикой огнеупорности глины является такая температура, при которой вершина образца в виде тетраэдра при нагреве, изгибаясь, касается подставки. Эти тетраэдры называют пироскопами или точнее коническими пироскопами (ПК). Стандартный конус представляет собой усечённую трёхгранную пирамиду со стороной нижнего основания 8мм, верхнего - 2мм и высотой 30мм. Температура падения конуса является условной, поэтому для определения условной огнеупорности данной глины используют стандартные пирометры, которые нумеруются в соответствии с их огнеупорностью, например: ПК 155(1550°C). В процессе нагрева происходит частичное плавление - спекание образца, при котором закрываются поры. В керамике считается спекшимся материал, который поглощает не более 2% воды от массы. Поэтому о спекании можно судить по величине водопоглощения материала после обжига. Начало спекания при поглощении порядка 5%. При небольшом интервале между температурами спекания и огнеупорности (интервал спекания) спекание может быть и недостигнуто, так как при этом происходит деформация образца. Примеси понижают температуру спекания, самой низкой температурой огнеупорности обладает масса состоявшая из 8% кремнезема и 19% каолинита.

3 Непластичные, отошающие и вспомогательные материалы

3.1 Непластичные материалы (отошающие)

Непластичные, отошающие материалы - это добавки к глинам, которые понижают её пластичность и усадку при сушке и обжиге. Эти материалы делятся на природные и искусственные. К природным непластическим материалам относятся в основном кварцевые материалы, которые бывают в кристаллическом аморфном или скрытокристаллическом виде.

Кристаллический кремнезём - кварц в виде обломков жильного кварца или кварцевого песка. Его введение уменьшает усадку. Чаще всего используют жильный кварц - 99,8 кремнезёма и без примеси окислов железа, либо среднезернистый кварцевый песок (но не пылевидный). Скрытокристаллический кварц в виде халцедонов и кремней чаще используется для глазурей и каменного товара. Температура плавления чистого кварца - 1710°C.

Путем нагрева кварца до 900°C и охлаждением в воде проводят дробление. Месторождения жильного кварца: Карелия, Украина, Урал, Башкирия. Месторождения кварцевых песков: Новгородская обл., Московская обл., Саблинское месторождение Ленинградская обл., а также в Воронежской обл., Саратовской обл.

Чистый кварцевый песок встречается редко, обычно с примесью глин и окислов железа и марганца. Источником кварца могут служить кварцевые песчаники: известковые и кремнистые (кварциты).

Из кремней для керамики годится такой, который после обжига

становится белым. Аморфный кремнезём - трепел, диатомит, опал, инфузорит - эти разновидности встречаются в западных областях России (Брянск).

Искусственные отошающие материалы

Наиболее широко применяем шамот - продукт, получаемый при обжиге огнеупорности глины с последующим дроблением до нужной фракции. Может быть высоко жженный (1250-1320°) и низко жженный шамот (550-900°). Недостатком низко жженого шамота является огневая усадка 12-16%.

Количество вводимого шамота составляет от 30-70% и даже до 93%.

Шамот не играет роль плавня при высоких температурах, в отличии от кварцевых он уменьшает усушку и усадку, но увеличивает пористость и термическую устойчивость, широко применяется при изготовлении крупных изделий. К искусственным материалам относится бой изделий после его измельчения на шаровых мельницах. Этот материал широко используется на заводах.

3.2 Плавни

Это вещества, дающие в смеси с глинами более легкоплавкие материалы. При нагреве плавни переходят в жидкое состояние и пропитывают матрицу. Плавни разделяются на собственно плавни и несобственно плавни.

3.2.1 Собственно плавни чаще всего используются в фарфоровой и фаянсовой керамике. К ним относятся полевые шпаты и породы, содержащие их.

Полевые шпаты подразделяют на три основные группы: калиевые, натриевые и кальциевые полевые шпаты. Калиевые полевые шпаты (ортоклаз) - непрозрачные, белые, серые, красные, либо жёлтые кристаллы, чаще всего в виде сростков с кварцем, являются составной частью пегматитов и фарфорового камня. Они чаще всего используются в производстве черепка фарфора, фаянса, в производстве майолики используются редко. Натриевые полевые шпаты (альбиты)-мелкозернистые массы белого, серого или зеленовато-голубого цвета, просвечиваются в тонких слоях, используется для приготовления глазури к фарфору. В производстве фарфора чаще всего используется концентрат - КПШ, получаемый из пегматитов. Заменителем КПШ является нефелиновый сиенит, при наличии лития температура спекания фарфора может быть понижена на 100-200°. Полевые шпаты плавятся при температуре 1100-1200° с образованием молочно-белого стекла. Месторождения КПШ - Карелия (Чупинское месторождение), Украина, Урал.

3.2.2 Несобственно плавни. Это вещества, плавящиеся при относительно высоких температурах, но в смеси с глинами, дающие легкоплавкие соединения. К ним относятся карбонатные породы и минералы: кальцит, доломит, магнезит. Чаще всего используется кальцит в виде мрамора и мела. Используются при производстве фарфора и фаянса. Карбонаты разлагаются при 910° с выделением углекислого газа. Они используются, как отошители и разрыхлители (до 910°). При температурах более 100°С окись кальция реагирует с компонентами керамической массы, создавая легкоплавкие соединения. На базе карбонатов изготавливают известковый фарфор. Этот фарфор имеет малый интервал спекания, что создаёт опасность деформации изделия при обжиге.

4 Технология художественной керамики

4.1 Технология подготовки пластичных глиняных масс

Основными задачами на первом этапе подготовки глиняных масс является выделение из массы посторонних каменистых включений, обеспечение однородности состава массы, её влажности и структуры, придание ей необходимых физико-механических свойств»

Исходное глиняное сырьё и материалы керамического производства поступают на завод в виде кусковых и порошкообразных веществ, перевозимых в вагонах навалом. Концентрат пегматита обычно перевозится в таре (мешки). Поступающее сырьё хранят на открытых площадках (низкосортные огнеупорные, тугоплавкие и легкоплавкие глины, кварцевые материалы); под навесом (высокосортные огнеупорные глины); в закрытых помещениях (каолины, бело-жгущиеся глины, белые кварцевые пески, обогащенный пегматит). На современных заводах большинство сырья хранят в закрытых помещениях, в бункерах.

Различают три основные группы методов обработки глинистого сырья: естественное, механическое и физико-химическое.

4.1.1 Естественная обработка глин.

4.1.1.1 Процессы вымораживания. Этот метод обладает большой технологической эффективностью. Сущность его заключается в том, что разрыхленную глину замачивают и в этом состоянии выдерживают под навесом на открытом воздухе в течении нескольких лет. За счёт нескольких циклов замораживания - размораживания увеличивается дисперсность глин, возрастает её удельная поверхность, улучшаются формовочные, механические и сушильные свойства глин. Китайские мастера, в старые времена, выдерживали керамическую массу в течении десятков лет. В современном производстве вылеживание глин практически не проводят. На мелких заводах и кустарных предприятиях иногда ещё проводят этот процесс. При этом глину укладывают в ряды с высотой, не превышающей глубину промерзания грунтов в данной местности, и при сухой погоде доливают её водой.

4.1.1.2 Зумпфование глин (выдержка дробленных, глин в замоченном состоянии). Проведение этого, процесса позволяет улучшить формовочные и сушильные свойства глин, снизить процент брака при формовке и сушке, обжиге. Вылеживание глины из карьера продолжается не менее 5-6 дней.

В процессе происходит набухание глины и релаксация остаточных напряжений после дробления.

На современных заводах глина практически не вылеживается и идёт сразу в производство. При поступлении глинистого сырья проводят предварительную сортировку с устарением посторонних камневидных включений и посторонних примесей. Дело в том, что глина в карьерах залегает линзообразно, пластами, часто с прослойками известкового и кварцевого материалов, а также органики. Вследствие механизированной выборки глин экскаватором происходит засорение глин нежелательными включениями. Этого можно избежать при ручной выборочной добыче глин, однако, это возможно для обеспечения кустарного и мелкосерийного производства. После сортировки глины транспортерами подаются на переработку в массозаготовительный цех. Поступающая с карьера глина или зумпфовка имеет влажность в пределах 15-30%. В таком виде глину нельзя пускать на дробильно-помольные агрегаты, её

необходимо подсушить. Сушка проводится при 110-120° в сушильных барабанах. Влажность подсушенной глины составляет 5-10%. Сушка глин проводится в режиме прямотока (совпадение направления движения глины и горячего воздуха). В режиме противотока можно пересушить глину. Температура сушильных газов должна быть 120-150° и не ниже 100° С во избежание конденсации влаги из газа в глину. Производительность заводских сушилок 30-50т/ч.

4.1.2 Механическая обработка глин. Механическую обработку глин производят для выделения каменистых включений, измельчения включений карбонатных пород, разрыхления тестуры, гомогенизации массы и придания ей пластических свойств.

4.2 Выделение каменистых включений

На крупных заводах каменистые включения извлекают с помощью дезинтегральных ребристых вальцов типа СМ-150А, глиноочистителей типа СМ-472 и др. Вальцы СМ-150А малоэффективны, при удалении камней более 10 мм, их чаще используют для глубокого дробления глин, а не выделения камней.

Гарантированное выделение камней из глин обеспечивается лишь водным обогащением при её распускании в воде до состояния шликера с последующим её пропусканием через сита. Обезвоживая такой шликер, получают глиняное тесто высокого качества.

Этот метод обогащения глиняного и керамического сырья чаще всего используют при производстве тонкой керамики. Повсеместному использованию этой технологии мешает отсутствие высокопроизводительных обезвоживающих установок. Для этих целей сейчас используют в основном фильтр-пресса и распылительные сушилки.

4.1.3 Измельчение сырьевых материалов керамического производства. Измельчение материалов является дорогостоящим процессом, связанным с большими энергозатратами и изнашиванием оборудования. Исходя из технологических позиций, дробильно-помольную аппаратуру условно подразделяют на три группы: машины для грубого предварительного измельчения (щековые дробилки, молотковые, стругачи для глин); машины среднего помола (вальцы, бегуны, молотковые дробилки); машины для тонкого помола (шаровые мельницы сухого и мокрого помола, струйные мельницы).

4.1.3.1 Грубое дробление глин. Грубое дробление глин. Необходимо при измельчении относительно крупных кусков глины, получаемых при экскаваторном методе добычи, и применяются в основном на заводах грубой керамики, куда глина поступает в необогащенном виде. На заводе фаянсового и фарфорового производства этого нет.

Грубое дробление осуществляется глинорыхлителями типа СМ-1031 с использованием дисковых фрез. Второй стадией дробления является измельчение глины до кусков величиной 10-15мм. Сухие и мерзлые глины без каменистых включений дробят на стругачах и валковозубчатых дробилках. Так обычно дробят огнеупорные и тугоплавкие глины. Вязкие пластичные глины дробят на гладких дифференциальных вальцах типа СМ-369А и СМ-416А.

4.1.3.2 Тонкое измельчение глин и керамических материалов. Тонкое измельчение глин и керамических материалов происходит в процессе многократного растирания. При этом происходит разрушение физически

адсорбированных водных оболочек на частицы глины с повышением её химической активности.

Сырьевые материалы -кварц, пегматиты часто поступают в несортированном виде, кусками. Поэтому их сначала обжигают с резким охлаждением. Предварительный обжиг ведется в окислительной среде при 700-1000°. Обжиг является энергоемким процессом и его, по возможности, следует избегать, пользуясь чистыми материалами. Прокаленные материалы промывают и направляют на дробление и просеивание. Специальное приготовление шамота экономически нецелесообразно, его заменяют боем керамики.

4.1.4 Краткая характеристика помольного оборудования для среднего и тонкого измельчения

1) Шековая дробилка. Принцип дробления заключается в раздавливании кусков породы между неподвижной и подвижной пластинами, находящимися под углом друг к другу. Ширина выпускной щели клиновидного пространства обуславливает необходимую степень измельчения. Дробилка проста по устройству, позволяет дробить большие куски большой твердости. Недостаток - малая производительность, периодичность действия.

2) Молотковая дробилка. Принцип действия похож на работу кофемолки. Вращающиеся на оси молотки ударами измельчают материал, который далее измельчается, ударяясь об стенки мельницы. Скорость измельчения регулируется скоростью вращения. Достоинство - возможность измельчать твердые и мягкие материалы. Недостаток - сильный износ бил, решёток и стенок мельницы.

3) Валковая мельница. Состоит из пары параллельных чугунных цилиндров, вращающихся навстречу друг другу. Материал подается в зазор между валками. Эта мельница подходит для дробления твердых материалов, для глины малоприспособна.

4) Бегунковая мельница. Дробильная машина, применяемая для мелкого и тонкого дробления. Основной частью мельницы являются два массивных вертикально - поставленных катка, установленных на горизонтальном днище чаши с закраинами. Масса одного катка достигает семи тонн. Катки каменные или чугунные. Производительность мельницы зависит от твердости материала, размеров кусков, массы катков, радиуса их вращения, количества подаваемого сырья.

Бегунковая мельница мокрого помола СМ-365 наиболее эффективная машина для тонкого измельчения пастообразных глиняных масс. После такой обработки глины повышается её пластическая прочность. Влажность глины при обработке должна быть близка к формовочной. Прочность сырых изделий из такой глины после обработки на бегунках возрастает более чем в два раза. Для обеспечения эффективности работы мельницы необходимо соблюдать условия

$$\frac{D_{кб}}{D_k} \geq 7 \quad h \geq \frac{20}{R},$$

где : $D_{кб}$ - диаметр катка;

D_k - диаметр кусков глины;

R - радиус круга катания.

С понижением влажности глины производительность резко падает.

5) Шаровая мельница. По устройству - это одна из простейших мельниц. Составляющими частями её являются - цилиндрический барабан из металла с футеровкой керамическими или природными материалами либо

фарфоровый барабан, стойкость барабана может быть различной от одного литра до нескольких тонн. Ось вращения мельницы параллельна горизонтальной плоскости. Внутри её помещают молющие тела - кремниевая галька, уралитовые и фарфоровые шары и цилиндрики. По характеру работы мельницы разделяются на: периодического и непрерывного действия, сухого и мокрого помола. Чаще всего в керамическом производстве применяют мельницы мокрого помола периодического действия.

Емкость шаровой мельницы заполняют шарами на 40-50% объёма. В процессе работы шары истираются, поэтому при поточном производстве и постоянной работе мельницы шары заменяются ежемесячно. Шары с размером менее 8мм отбраковываются и заменяются. В условиях кустарных и учебных мастерских одного комплекта шаров может хватить на год. Вращение шаровых мельниц большого объёма (500-1000л) обеспечивается с помощью зубчатой передачи, средних размеров - ременной передачи, а малые мельницы с помощью моторов-редукторов. Продолжительность помола в мельницах зависит от заданной тонины помола, материала (фритта, глина, пегматит и т. д.), от степени заполнения и скорости вращения.

В условиях учебных и кустарных мастерских обычно на одной шаровой мельнице (фарфоровой) типа Ш-50 проводят и распускание глин и помол (после промывки) глазури. Для приготовления цветных глазурей и помола керамических красок используют фарфоровые барабаны емкостью от 1 до 5л, вращение которых осуществляется одновременно на валках.

б) Глиномешалки. Используются в основном при поточном производстве керамики (гончарной), на фарфоровых заводах, как правило, не используются.

Глиномешалка состоит из резервуара (из стали, дерева или бетона), внутри которого вращается мешалка, состоящая из вертикальных и горизонтальных лопастей, вращающихся вокруг оси. Различают вертикальные и горизонтальные мешалки, а также пропеллерные. В горизонтальных мешалках глину распускают в резервуаре, снабженном мешалкой с горизонтально вращающимися лопастями. В пропеллерных - распускают глину с помощью трёхлопастного винта (аналог судового винта). Лопасты чаще всего делают из нержавеющей стали или латуни для избежания засорения глины железом. Для предотвращения кругового вращения раствора емкость изготавливается ребристой или многогранной (шести- и восьмигранная).

Глина, подаваемая в мешалки, предварительно проходит грубое дробление и обогащение. Вода, используемая для затворения глин, имеет температуру 40-60° и нейтральное значение pH.

7) Просеивание керамической массы. После помола и распускания глинистых масс шликер проходит просеивание для получения однородного гранулометрического состава массы. Просеивание осуществляется с помощью сит. Полотно сит из нержавеющей стали или латуни. Размеры ячеек 0,5-1мм в зависимости от требования к массе глины. В мастерских используют обычные встряхиваемые сита, на производстве используют сита-трясучки, барабанные сита, вибрационные сита.

Сита используют для просеивания порошкообразных масс, а также для процеживания глинистого спикера. Просеянные массы хранятся на заводах в специальных бункерах с трёхмесячным запасом сухих материалов либо в ёмкостях на 1-2 тонны шликера, который используется в течении 1-2 суток.

Гранулометрический состав полученных материалов осуществляется с

помощью сосуда Лисенко (по скорости осаждения частиц различного размера).

Приготовление глиняного теста. Глиняное тесто может быть получено несколькими способами в зависимости от метода обогащения: механического и гидравлического.

1) Механический способ обогащения. Приготовление теста после механической обработки и сепарации. В результате тонкого измельчения куски глины в виде лепешек и жгутов подаются на глиномялку для получения однородного теста с повышением: подвижности, прочности, однородности, либо горизонтальный ленточный пресс. При подборе технологической линии для механической обработки глины рекомендуется придерживаться соотношения:

$$K = 0,4 \leq u_1 + u_2 + u_3 + \dots u_n,$$

где: K - интенсивность обработки технологической глины;

n - число пластичности;

u - интенсивность обработки

Для гладких валцов $u=1$, глиномялки $u=1,5$, бегунки $-u=2,5$, ленточного пресса $u=3$. Это соотношение показывает, что применять типовой набор оборудования для обработки глины без учёта её пластичности нельзя.

При производстве строительной керамики глиняная масса после глиномялки подаётся в горизонтальный ленточный пресс.

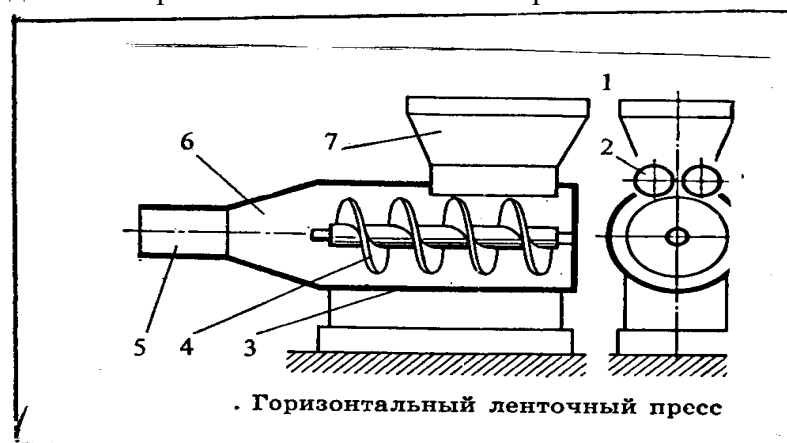


Рисунок 1 - Горизонтальный ленточный пресс

Ленточный пресс состоит из загрузочных воронок - 1,7 с вальцами - 2, цилиндра пресса - 3, шнека - 4, головки пресса - 6, мундштука - 5.

Масса подаётся в загрузочную воронку пресса, проминается вальцами, попадает на шнек, который перемещает её к головке пресса и затем к мундштуку, который формирует тесто. Выходящая из мундштука глиняная лента может иметь в сечении круг, квадрат, прямоугольник в зависимости от дальнейшего назначения. Сформованная лента при выходе из пресса разрезается на куски определённой длины (валюшки) и поступает в цех формования.

2) Гидравлический способ обогащения. Приготовление глиняного теста (керамической массы) после гидравлической обработки. При изготовлении тонкой керамики глина и керамическая масса (для фарфора, фаянса) проходит следующие этапы:

- а) приготовление шликера;
- б) обезвоживание шликера на фильтр-прессах;
- в) обработка на вакуум-прессе;
- г) формование.

Приготовление шликера для очищенной массы. Шликером называют водную суспензию из глины или керамического материала. Шликер можно использовать для получения керамического теста, для получения литейного шликера он не годится, т.к. содержит большое количество воды 50-60%.

Литейным шликером называют керамическое соединение с пониженным содержанием воды и содержащим электролиты. Обычно шликер для получения очищенного керамического теста получают с использованием шаровой мельницы мокрого помола, в которую загружают глину(керамическую массу) и воду. Роспуск глины продолжается в течении 6-7 часов в зависимости от сырья. Затем шликер сливают в сборный бассейн, откуда он подаётся насосом в фильтр-пресс, где происходит частичное обезвоживание массы. Фильтр-пресс (в соответствии с рисунком) состоит из 40-60-ти круглых или квадратных чугунных плит с углублениями и отверстиями. Платы с помощью боковых ручек закрепляются на двух параллельных штангах. Между плитами устанавливается фильтровальная ткань. В собранном виде фильтр-пресс - это ряд плоских камер с общим центральным каналом, по которому поступает шликер. Шликер подаётся мембранным насосом под давлением 8-10 атм., при этом вода проходит через полотно, а керамическая масса остаётся на нём. Продолжительность фильтрования фарфоровой керамической массы 1,5-2 часа, фаянса - 2,5-3 часа. Процесс фильтрования оканчивается после прекращения стока воды, затем плиты раздвигают, отжатую массу в виде дисков толщиной 25-30 мм и диаметром 100 см извлекают. Эти керамические диски называют "коржи", их влажность 25-30%.

Из полученных коржей можно далее получить как пластическое тесто, так и литевой шликер.

Для получения пластичного теста "коржи" поступают на вакуум-пресс. Вакуум-пресс почти аналогичен ленточному, но основное отличие в наличии вакуум-камеры, где из глиняного теста удаляется воздух. Наличие воздуха в глиняном тесте определяют, разрезая проволокой валяшку, при этом будет вскрываться воздушная полость или, растягивая глиняное тесто, при этом можно наблюдать схлопывание воздушных пузырей в глине. Удаление воздуха из теста позволяет значительно увеличить механические параметры глины.

Физико-химическая обработка глиняной массы. К этим методам относятся способы обработки, при которых меняется фазовый состав. К ним можно отнести воздействие давлением, температурой, химическими реагентами. Это реализуется путем увлажнения, подогрева, вакуумирования и введения химических добавок.

Увлажнение. Глиняную массу можно увлажнять водой либо паром, однократно или многократно. Лучшие результаты даёт увлажнение глины паром. Это повышает формовочные свойства массы, её сушильные способности (сокращение на 40% времени сушки).

Однократные увлажнения проводятся при механической обработке глины, вода в распыленном состоянии подаётся в глиномялку. Время обработки несколько минут и при этом воду спитывает лишь верхние слои частиц глины.

Двукратное увлажнение. Первое увлажнение до переработки, второе перед формованием. При этом улучшаются прочные и пластические свойства теста. Увлажнители по конструкции аналогичны смесителям, в которых параллельно валу проходит труба с отверстиями (2-2,5мм) по всей длине, из которых струйки воды подают вбок. Увлажнение глины подогретой до 50-60°C позволяет получать керамическое тесто повышенной пластичности.

Увлажнение паром. Пароувлажнение повышает пластические свойства массы, позволяет снизить время сушки изделий: повышается их прочность, для увлажнения глины используется пар при давлении 0,5-0,7 атм. Желательно использовать сухой пар. Практически используют перегретый до 20-30° пар. Это увеличивает производительность прессов и снижает на 15-20% расходы энергии. Количество необходимой влаги, добавляемой с паром в глину, зависит от её карьерной влажности. При этом следует учитывать, что при 70°С глины на ней практически перестает конденсироваться влага.

Подогрев. При равенстве карьерной и формовочной влажности исключается возможность её дополнительного увлажнения, в том числе и паром. В этом случае используют прогрев глины во время её подачи шнековым питателем, когда карьерная глина имеет влажность существенно выше формовочной, то её подогревают с одновременной подсушкой в сушильных барабанах.

Вакуумирование. Пластичное глиняное тесто является трёхфазной системой: твёрдая минеральная фаза, вода, воздух. Адсорбция воздуха зависит от его относительной влажности и прекращается при $\varphi = 80 \div 90\%$.

С ростом температуры воздуха адсорбция его понижается, что способствует более глубокому вакуумированию.

Максимальное количество воздуха адсорбирует монтмориллонитовые глины (красные), минимальное - бело-жгущиеся. Адсорбированный воздух трудноудаляем из тонкодисперсных глин. Полнота удаления воздуха из теста зависит от времени вакуумирования.

Условия эффективного удаления воздуха из глин определяется выражением:

$$\delta_{кр} = \frac{\Delta P r}{2R_p},$$

где: $\delta_{кр}$ - максимальная толщина глиняной пленки, которую может прорвать пузырек воздуха ;

ΔP - перепад давления в $кг/см^2$,

R_p - предел прочности глиняной плёнки на разрыв в $кг/см^2$;

r - внутренний радиус пузырька в см.

Из формулы видно, что с увеличением вакуума степень измельчения глины должна возрастать. Более прочные глины должны подвергаться большему измельчению. Подогрев глины способствует удалению воздуха из глины, однако, теоретически температура глины не должна превышать точки кипения воды при данном давлении воздуха. Это соотношение давления дается в таблице 5.

Таблица 5

ΔP вакуум. (мм рт. ст.)	Т° С (кипения воды)
-	100
570	65
722	33

Практически температура может быть на 15-20% выше указанной в

таблице.

Воздух в глиняном тесте понижает прочностные характеристики, снижает пластичность и связность. Этим можно объяснить ухудшение свойств пластичности недоувлажненной глины при механической обработке. Наличие воздуха в глине замедляет процесс её увлажнения, создаёт неравномерное её уплотнение во время формования, способствует образованию микротрещин. Воздух действует как отощитель. В связи с этим вакуумирование глиняного теста широко применяют с сороковых годов в Европе и в России с пятидесятих годов.

При вакуумировании прочность формованных изделий увеличивается в 2-3 раза, в полтора раза увеличивается прочность высушенных изделий, на 6-8% повышается его плотность, увеличивается связующая способность глины, после обжига такие изделия увеличивают прочность в два раза, уменьшают водопоглощение на 10-15%.

Наглядный пример изменения свойства материалов при вакуумировании резиновой емкости с песком, из неё можно лепить фигуры как из пластичного материала.

Отрицательным свойством процесса вакуумирования является понижение влагопроводности глины.

5 Приготовление литейных шликеров

На фарфорово-фаянсовых заводах основная масса изделий изготавливается методом формовки из пластичных керамических масс, технология получения которых описана в предыдущем разделе. В то же время, на заводах художественной керамики, большинство изделий изготавливают методом шликерного литья, что позволяет получать изделия сложной формы.

5.1 Свойства литейного шликера

Основные свойства литейных шликеров определяют качество отлитых керамических изделий. Вследствие этого литейный шликер должен отвечать следующим требованиям:

- иметь состав, соответствующий составу получаемой керамики;
- обладать максимальной текучестью при минимально возможной влажности;
- обладать минимальной загустеваемостью;
- обладать хорошими фильтрационными свойствами;
- быть устойчивым против расслаивания;
- обладать способностью формировать механически прочную отливку;
- обеспечивать лёгкое отделение отливки от гипсовой формы.

5.2 Состав литьевых шликеров

В состав литьевых шликеров входят следующие основные компоненты: вода; керамическая масса соответствующего состава для фаянса, фарфора, майолики и т.д.; электролиты. Соотношение составных частей определяется конкретно, экспериментально в каждом случае. На качество отливок будет влиять как химический состав, так и степень помола, т.е. дисперсность шликера.

При этом как недомол, так и перемол шликера ухудшает качество отливки.

5.3 Текучесть шликера

Текучесть шликера является важнейшей его характеристикой, определяющей не только технологические параметры, но и себестоимость продукции, т.к. повышенное содержание воды требует дополнительные энергетические затраты на сушку как самих отливок, так и сушку литевых гипсовых форм и сокращает время жизни последних. Текучесть - это обратная по отношению к вязкости величина, характеризует подвижность шликера, его способность заполнять мельчайшие детали формы. Текучесть определяется временем (в сек.) истечения 100 см^3 шликера через отверстие в 6мм в вискозиметрах Энглера и Коля. Она зависит от влажности, дисперсности твёрдой фазы, температуры. С увеличением влажности и температуры она увеличивается. На текучесть также влияет химический состав как твёрдой, так жидкой составляющей. Особое влияние оказывают карбонаты и растворимые соли.

Содержание воды в шликерах обычно 50-60%. Однако, вводя электролиты (0,2-0,5%), можно снизить влажность до 32-40%. В качестве электролитов используют соду или жидкое натриевое стекло с высоким модулем, а также пирофосфат и овсалат натрия. Чаще всего используют комбинацию натриевого растворимого стекла с модулем 2,5-3 в сочетании с содой (Na_2CO_3) в количестве 0,2-0,5%. Оптимальная вязкость шликера 1-2ПЗ со временем истечения на вискозиметре 7-10сек.

5.4 Загустеваемость шликера

Загустеваемость шликера является результатом его тиксопропного упрочнения и определяется отношением вязкости через 30 мин к вязкости через 30 сек после его приготовления

$$\tau = \frac{h_1}{h_2}$$

Загустеваемость зависит от количества электролита, рН воды, количества и состава каолинов. Наличие высокой концентрации катионов кальция, магния, аниона SO_4^{2-} вызывает быструю загустеваемость. Введение электролитов менее 0,2% и более 1% также ведёт к загустеванию.

Важное значение имеет величина рН воды. Оптимальным значением является рН от 2 до 6, т.е. кислая среда. В нейтральной (рН=7) и щелочной (рН=8) происходит загустевание даже при повышенной влажности.

Кислотные свойства шликера регулируют добавляя соляную кислоту в количестве 5-10 мл на 10л воды.

5.5 Фильтрационные свойства шликера

Фильтрационные свойства оказывают влияние на скорость водоотдачи шликера на контакте с гипсовой поверхностью, от них зависит скорость формирования черепка, т.е. производительность производства литьём. Интенсивность водоотдачи зависит от тонины помола керамических материалов, качества и количества составляющих компонентов, количества

воды.

5.6 Устойчивость шликера к расслаиванию

Коллоидная система, каковой является шликер, будет устойчивой, если между частицами существует достаточно сильное отталкивание, если оно слабое или наблюдается притяжение, то система оказывается неустойчивой и будет коагулировать.

Обычная глиняная суспензия имеет тенденцию расслаиваться со временем. Керамический литевой шликер также может расслаиваться, если не применять ряд мер. Устойчивость шликера зависит от количества минерального состава глин, от тонины помола, состава и концентрации электролита и других химических добавок. Если добавка соды и жидкого стекла в количествах 0,2% стабилизирует шликер, то увеличение их концентрации более 2% ведет к расслаиванию. Стабилизации шликера способствует добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ), растворимых в воде, например: сульфатно-спиртовая барда, другие соли лигнин-сульфоновых кислот, экстракт коры дуба и т.д.

5.7 Прочность и связность отливки

При литейном методе получения изделий для их упрочнения в шликер вводят органические добавки: сахарозу, растворимые мочевино-формальдегидные смолы, поливиниловый спирт, олеиновую кислоту, а также бентонитовую глину. Прочность и плотность отливок повышается при использовании в качестве электролита жидкое стекло, т.к. использование соды даёт рыхлые отливки.

Количество литевого шликера оценивают по следующим показателям: вязкость, загустеваемость, скорость набора черепка, остаточную влажность отливки, её прочность и плотность, усадка, отслаивание от формы, качество поверхности.

5.8 Расчёт и подготовка литейного шликера

При приготовлении литейного шликера основными технологическими параметрами, которые контролируются постоянно в процессе использования новой партии шликера, являются: плотность, тонина помола, pH.

Плотность шликера определяется с использованием мерных колб ёмкостью 100-500 см³. Сначала взвешивают пустую колбу, а затем - со шликером и, зная объём, определяют плотность.

Расчёт количества сухого вещества шликера:

$$G_1 = \frac{Gd}{d_1},$$

где: G - вес 100 см³ шликера, умноженный на 100;

d - удельный вес сухого материала (2,5-2,65);

d₁ - удельный вес сухого материала уменьшенный на единицу.

Знание количества сухого вещества необходимо для расчёта количества электролита.

Пример расчёта состава литейного шликера.

Необходим шликер с плотностью d = 1,65 г/см³. В ёмкость на 10л

заливают 5л воды и

$$\rho = \frac{5000 \cdot 65,5}{34,4} = 953 \text{ г сухой глины}$$

Если на 50 г сухой массы идёт 2см³ стандартного раствора (5% раствора) соды, то на 9535

$$\rho_1 = \frac{9535}{50} = 381 \text{ см}^3 \text{ раствора электролита}$$

Приготовление литейных шликеров производится в шаровых мельницах, куда помещаются все компоненты. В первую очередь размалывают отошающие и часть (10%) глинистых материалов. Их измельчают до остатка на сите 6400 отв/см² около 1% (5-6 часов). Затем в мельницу добавляют остальные глинистые материалы и электролиты и ещё 2 часа продолжают помол. Готовый раствор перекачивают в пропеллерную мешалку, в которой выдерживают 1-2 суток при постоянном перемешивании, а затем подают на заливку. Готовый шликер должен быть консистенции густых сливок.

6 Приготовление гипсовых моделей и форм

При массовом производстве керамики, а также при выполнении изделий сложной формы часто изготавливают гипсовые модели или гипсовые копии моделей из пластических материалов глины, пластилина. Изготовление моделей и форм для массового тиражирования является сложной, трудоёмкой работой, требующей специальной подготовки. Затраты на моделирование и изготовление форм составляет до 6-7% производственных затрат. Гипсовые формы в основном применяются при формовании керамических изделий методом шликерного литья. Качество моделей и форм во многом зависят от качества исходного гипса и его обработки.

6.1 Гипс и его основные свойства

Формовочный гипс, применяемый в модельном производстве, получают из природного гипсового материала $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ путём термической обработки при температуре 150-188°C, при этом происходит образование $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$. Формовочный гипс также можно получать при переработке отработанных гипсовых форм путём варки при этих же температурах размолотой гипсовой массы. В этих случаях восстановленный гипс (до 30%) добавляют к новому гипсу. При смешивании с водой формовочный (полуводный) гипс образует гипсовое тесто относительно быстро затвердевающее с выделением тепла. Для приготовления гипсового раствора берут 70-80 весовых частей воды на 100 весовых частей гипса. При этом всегда гипс засыпают в воду, а не наоборот. Затвердевание гипса происходит через 20-30 минут, при этом его температура поднимается на 20-30°C. Приготовление раствора желательно проводить в резиновых или пластмассовых ёмкостях, при приготовлении небольших порций это можно осуществлять в половинках резиновых мячей. Это необходимо для лёгкой зачистки емкости от остатков гипсового раствора, который при затвердевании становится хрупким и легко откалывается от эластичной формы. Согласно требованиям МРТУ 21-21-67 формовочный гипс должен отвечать

следующим условиям: начало схватывания не ранее 8 минут, окончание схватывания - 15 минут, помол по остатку на сите 09 - не более 0,15% водопоглощения не менее 30%, предел прочности на растяжение после одних суток не менее 13 кг/см², после семи суток - 23 кг/см². Вода для затворения гипса должна иметь температуру 35-40°C. Повышение температуры выше 45°C нежелательно, т. к. ухудшается качество отливок.

Понижение температуры воды снижает скорость твердения гипса. При твердении гипс увеличивает объём на 1-1,5%. Расширение гипса можно снизить, добавляя в раствор известковое молоко. Для замедления схватывания в раствор добавляют буру или сульфитно-спиртовую барду, казеин. Для ускорения схватывания вводят природный гипс или поваренную соль. В зависимости от назначения гипсового раствора соотношение вода - гипс может меняться: формы для литья-50:50%; формы для пластической формовки - 40:60%; модели и капы-35:65%. Для повышения прочности гипса для форм и капов в него вводят поливиниловый спирт, клей ПВА, столярный и т.п., однако, в формы для литья эти добавки вводить нельзя. Для улучшения качества гипсовых отливок проводят вакуумирование гипсового раствора при затворении, при этом прочность форм может повыситься на 10-15%. Для повышения пористости гипсовых форм добавляют до 0,5% извести пушенки. Вода, используемая для затворения гипса, не должна содержать хлоридов натрия, сульфитов магния и натрия. Для приготовления литьевых форм не пригоден свежеприготовленный гипс или пролежавший на воздухе более 1 месяца. Гипс - гигроскопичный материал, его следует хранить в сухом помещении в герметичной таре.

6.2 Изготовление моделей, форм, капов, рабочих форм

Одной из основных задач гипсомодельного участка является изготовление гипсовых моделей, вытачивая их на гипсомодельном станке (в соответствии с рисунком), либо изготавливая их по моделям выполненным в мягком материале (глине, пластилине).

Изготовление моделей производится в соответствии с чертежами, подготовленными художниками. На станке изготавливают модели в виде тел вращения. Станок для вытачивания гипсовых моделей представляет из себя модернизированный гончарный станок. В его состав дополнительно входят: 1 - гипсовая планшайба толщиной 30-40 мм, отлитая и закреплённая шпильками или болтами на верхнем гончарном диске. Диаметр гипсового круга соответствует металлическому кругу - 2. На столешнице гончарного станка устанавливается (в соответствии с рисунком) устройство, состоящее из боковых деревянных пластин с лестницеобразными вырезами, скреплёнными со столом либо между собой. На эти выступы устанавливается передвижная деревянная рейка 40х20 мм и длиной с ширину гончарного станка. Эта рейка для упора клюшек в процессе работы.

В работе используется набор клюшек для вытачивания из гипсовой болванки нужной модели. Клюшки представляют из себя инструмент в виде отвертки, на конце которой привариваются пластины разной формы - в виде кругов, овалов, квадратов, треугольников и т.д. Пластины изготавливаются из листового металла (желательно нержавеющей) толщиной 4-5 мм.

Порядок изготовления гипсовой модели на станке. На гипсовой болванке (шайбе) устанавливают центrovанный цилиндр из жести, рубероида или

другого влагостойкого материала (гибкого). Если планируемая модель по диаметру сопоставима с диаметром гипсовой шайбы, формирующий цилиндр закрепляется лентой или проводкой вокруг шайбы. Затем внутрь ограждения заливают гипсовый раствор, который при твердении образует с гипсовой шайбой единое целое. Таким образом, получают гипсовую заготовку (болванку) для точения гипсовой модели. Затем приступают к обработке болванки ключками в соответствии с чертежом. Часто при этом используют изготовленные по чертежам из плотного картона шаблоны внешней поверхности модели. На обрабатываемую гипсовую заготовку желательно перед обработкой наносить карандашом контур будущей модели. Контур переносится с чертежа. При составлении чертежа необходимо учитывать усадку усушки и огневую усадку изделия. Поэтому размеры модели на чертеже "Х" рассчитывают:

$$X=100a/100-b$$

Где: а - размер готового изделия, после обжига;

б- суммарная усадка (воздушная и огневая).

Например, размер модели можно получить графическим путём (в соответствии с рисунком). При графическом расчёте чертеж готового изделия (вид сбоку) вписывают в прямоугольник ABCD и проводят линию делящую изделие пополам в вертикальной плоскости. От точки -О- пересечения этой линии с АВ проводим две диагонали в левую и правую вершины прямоугольника С и D. На продолжении этих диагоналей от точек С и D откладываем отрезки равные величине усадки. Например, при усадке в 13% от точки С откладываем отрезок равный 13% от длины ОС и получаем точку С', из которой проводим линию параллельно АВ до пересечения со средней линией, точка Н, и с продолжением линии АВ. Такую же операцию проводим с левой половиной чертежа. В результате получаем прямоугольник, в который должна вписаться модель изделия. Для получения чертежа модели из точки О через все точки изделия проводим линии. Например, проводим линию ОК, где К - точка на поверхности модели, соединяем точку К с точкой Е линией КЕ и проводим параллельную ей линию из точки Н до пересечения с продолжением линии АК в точке М. Эта точка будет соответствовать точке К на изделий, Аналогичным образом можно получить все остальные точки модели. Графический способ чаще всего используется для получения линейных размеров модели, исходя из требуемых размеров изделия. Если модель изделия имеет форму тела вращения, то ее вытачивают из болванки на гипсомодельном станке с помощью ключек. Модель вытачивают либо целиком, либо их отдельных деталей, которые затем склеиваются в единую форму. При изготовлении модели не полностью соответствующей форме вращения, например, круглый чайник с двумя плоскими(параллельными) стенками, то вначале вытачивается тело вращения, а затем вручную, либо на станке снимают лишний гипс. Отдельные детали сложной конфигурации, например, фигурные ручки, носики, скульптурные детали изготавливаются либо резьбой по гипсу, либо предварительно изготавливают их из мягкого пластичного материала (пластилин, глина) с последующим переводом их в гипс по методике получения литьевых гипсовых моделей и форм.

При изготовлении моделей из пластичных материалов лучше использовать пластилин, а не глину, т.к. она требует дополнительной обработки гипсовым раствором для предотвращения прилипания к гипсу при изготовлении черновых форм. Если используется глина, то её перед покрытием гипсом

следует смочить для обеспечения хорошего растекания гипсового раствора. Качество нанесенного на глину гипса оценивают по характеру поверхности: если поверхность гипса глянцевая, то хорошо, если матовая - плохо.

Для получения черновых форм с мягких моделей их вначале разделяют на две половинки с помощью двух металлических тонких пластин размером с максимальный размер модели. На каждую из разделенных пластинами частей наносят гипсовый раствор. После затвердевания гипсовые половинки снимаются с мягкой модели. Обычно при этом мягкая модель утрачивается. В результате этой операции получают два гипсовых слепка с модели. Внешняя поверхность слепков покрывается специальной смазкой. Смазка варится на песочной бане, либо в емкости, погруженной в кипящую воду. Состав смазки: мыло - 20-25%, керосин - 5-8%, машинное масло светлое - 2-3%, вода - 60-65%. Мыло желательно использовать двух сортов: хозяйственное, детское - в соотношении 3:1. Масло чистое, без посторонних включений, и полученную; эмульсию наносят кистью на гипсовые модели. Две половинки слепка складывают (склеивают) и заливают гипсовым раствором. Получают гипсовую модель - копию уничтоженной глиняной модели.

Полученные гипсовые модели дорабатываются художникам и сушатся при температуре не более 50°. от 2-х до 6-ти часов в зависимости от размера. Высушенные модели покрывают шеллачным либо паркетным лаком и сушат.

6.2.1 Изготовление маточных форм, полукапов и рабочих форм. В условиях серийного производства технология моделирования предусматривает изготовление на базе моделей маточных форм, затем капов или полукапов и массовых рабочих форм. В условиях кустарных мастерских или учебных при изготовлении нескольких копий и при отсутствии необходимости воспроизведения данного изделия ограничиваются маточными формами, которые используются как рабочие. После получения гипсовой модели приступают к изготовлению маточной формы. Для этого подготавливают глиняную пластину толщиной на 3-4 см толще, чем радиус модели, в виде прямоугольника, в который вписывается модель. Модель предварительно размечается карандашом на две половинки. В центре глиняной пластины делается углубление, в котором должна погрузиться модель до середины отмеченной карандашом. Зазоры между моделью и пластиной промазываются глиной. Вокруг пластины устанавливается коробка, формируемая из пластин толщиной 15-20 мм из материала, к которому не пристает гипс. В качестве их можно использовать обрезки лакированных досок. Глиняная пластина с ограждением устанавливается на полированную мраморную или гранитную плиту. Верхний край ограждения (разборного ящика) должен быть на 3 - 4 см выше верхней точки модели. Противоположные стенки ограждения (ящика) прижимаются к глиняной плите проволочными пружинами из скалистой проволоки в виде полуколец. Между ограждающими пластинами не должно быть зазоров, через которые может пролиться гипсовый раствор. Собранная форма заливается гипсовым раствором до краев. После затвердения гипса и его остывания (1-1,5 часа) пружины снимаются, и форма разбирается. Глиняная плита убирается. Гипсовая отливка с моделью переворачивается вверх моделью, очищается от прилипшей глины. В отлитой гипсовой плите, в углах, вырезаются углубления глубиной 15-20 мм для формирования так называемых "замков". Поверхность гипсовой модели и отлитой пластины с замками смазывается смазкой, она вновь помещается в разборный ящик, описанный выше, и заливается гипсовым раствором. После затвердения две половины маточной

формы разнимаются, для чего предварительно необходимо зачистить ножом торцевые поверхности от натеков гипса и вскрыть шов между половинками. Введя нож в щель шва, и слегка постукивая, разнимают половинки маточной формы. Из маточной формы извлекают гипсовую модель, которую отправляют на хранение. Для получения нескольких отливок эту маточную форму используют для литья. При массовом производстве маточную форму очищают и покрывают лаком, смазывают смазкой. Каждую из половин маточной формы помещают в описанный выше ящик и заливают гипсом. В результате получают две пластины с барельефными половинами модели на каждой. Эти пластины называют капам в или полукапами и их соответственно называют левый и правый кап. После зачистки и лакирования каждый из капов помещают в формующий ящик и отливают по ним рабочие формы. По имеющимся капам можно отличить необходимое количество рабочих форм. Отлитые рабочие формы зачищаются, на них не должно быть посторонних включений и пустот, формы собираются и стягиваются кольцами или полосками из резины, которые нарезают из старых автокамер. Полученные рабочие формы просушивают и хранят в сухом помещении.

6.2.2 Кусковые формы и их изготовление. При изготовлении более сложных изделий, типа скульптур, обойтись только двумя половинками маточной формы невозможно. В этом случае готовят форму из нескольких частей (кусков) и такая форма называется кусковой. Их изготовление более трудоёмко и более сложно. Такие формы, как правило, получают с использованием моделей из гипса. Модель предварительно расчерчивается карандашом на части, с которых легко можно снять форму. Отливку таких форм начинают с участков, с которых форма будет сниматься последней. Желательно при этом также использовать тонкие разделительные пластины. В этом случае, на покрытую смазкой модель, наносится сметанообразный - гипс толщиной 3-4 см. Нанесение производится поочередно на каждую часть модели. Затвердевший кусок снимается с модели, зачищается, и внешней стороне куска придается пирамидальная форма с гранями. Сформированный кусок покрывается смазкой и устанавливается на прежнее место на модели и формируется соседний кусок. Таким образом, формируют все куски формы.

Далее отливают кожух формы, куда она вставляется, но в принципе можно использовать такую форму без кожуха, в таком случае её стягивают резиновыми полосами либо верёвками.

7 Способы формования керамических художественных изделий

В настоящее время существует несколько способов формования керамических изделий: свободная лепка, свободное формование на гончарном кругу, пластическое формование ручным оттиском в форме с помощью формующего шаблона или ролика, шликерного литья (сливной и заливной метод), формование способом штамповки в металлических или пластмассовых формах, формование с использованием одновременно нескольких способов формования. Последние четыре способа являются производственным с применением средств механизации и с большим тиражом. Применение того или иного способа формования зависит от типа изготавливаемых изделий.

7.1 Способ свободной лепки керамических изделий

Этот способ является одним из древнейших способов формования керамики, он возник ещё до появления гончарных изделий. Способ заключается в изготовлении раскатанного глиняного жгута, который укладывается по спирали с образованием крупногабаритных горшков, ваз, тиглей и т.д. Этот способ используется и сегодня для изготовления садово-парковых сосудов.

7.2 Способ формирования изделий на гончарном кругу ручным способом

Формирование производится на гончарном кругу с механическим или электрическим приводом. Формирование изделий обеспечивается руками гончара, воздействующими на заготовку из пластичного глиняного теста. При вытягивании основного объёма изделия гончар левой рукой поддерживает формируемую стенку сосуда изнутри, а с внешней стороны формирует изделия сначала правой рукой, а затем отделяет специальными инструментами, иногда протачивая изделия клюшкой. Вытянутое на кругу изделие дополняется последующей свободной лепкой и приставкой ручек, носика и декорируются штампами, резцами, рельефными деталями. Этим способом обычно формируют изделия, представляющие собой сочетание простых геометрических тел - форм вращения. Это могут быть сочетание усеченного шара и цилиндра, шаровая сфера, шаровой пояс, усеченный конус и т.д., но обязательно комбинации этих фигур должны быть открытыми сверху для введения формирующего приспособления или руки.

7.3 Способ пластического формования ручным оттиском в гипсовой форме

Этот способ на Руси широко использовался при изготовлении рельефных расписных изразцов (ХУ1-ХУ11вв). Они изготавливались из пластического теста в деревянных формах, причем, формообразование рельефной лицевой стороны изразца обеспечивалось, без доработки, за счёт контррельефной резьбы, выполненной на нижней доске формы, а тыльная сторона выполнялась свободной лепкой. В настоящее время формы готовят из гипса, они бывают открытыми для плоских изделий либо составные при изготовлении статуэток и других сложных изделий. Этот метод не ограничивает формообразование изделия. Сложность конфигурации изделия ограничиваются конструкцией кусковой формы и свойствами материала (глина или фарфор), рациональным решением разъёма и конструкции кожуха, обеспечивающего промин теста изнутри.

7.4 Способ формования во вращающейся гипсовой форме

Этот способ формования изделий осуществляется раскатыванием пластичного глиняного теста между неподвижными формирующими роликами или шаблонами и стенками вращающейся гипсовой формы. Толщина стенок изделия задаётся ограничителем движения ролика или шаблона, однако, получить тонкостенные изделия сложно. Этот метод является тем же гончарным, но механизированным методом. Формование протекает в

следующей последовательности. Форма, обычно состоящая из двух половинок, собирается и устанавливается во вращающуюся чашку станка, внутрь формы помещается кусок глины (теста) - на заводах это выполняет автомат. В полость формы помещается формующий шаблон, который постепенно перемещается от центра к поверхности формы. При достижении ограничителя движения шаблона, задающего толщину стенки изделия, шаблон автоматически выводится из формы. Изделие вместе с формой поступает на сушку. Затем форма раскрывается, изделие вынимается из формы и идет на дальнейшую обработку, а форма после сушки возвращается к формующему агрегату, и цикл формовки начинается заново. Специфика этого способа заключается в том, что отверстия во внутреннюю полость приходится делать большого диаметра с тем, чтобы можно было вывести формующий ролик или шаблон из полости изделия не повредив кромку. Этот метод формовки требует внесения в конструкцию изделий поправок, которые могут повлиять на эстетический вид и функциональные свойства изделия. Использование этого метода позволяют получать только формы вращения и дополнительные приставные детали (носик, ручки и т.д.) необходимо формовать другим методом. Художник обязан учитывать технологические возможности производства для реализации его проекта и налаживания массового тиража изделий.

7.5 Формование способом шликерного литья в гипсовые формы

Этот способ основан на применении глиняной массы жидкотекучей консистенции, называемой "шликером". Для шликерного литья приготавливают специальные полые гипсовые формы. При заливке формы шликером происходит "набор черепка", т.е. в результате поглощения жидкости гипсовыми стенками формы на этих стенках образуется слой глины. Образование слоя происходит равномерно, замедленно. Скорость роста толщины слоя уменьшается со временем в результате увлажнения гипсовой формы и при полном влагонасыщении формы прекращается. При использовании мокрых гипсовых форм отливку можно и не получить. Различают два метода шликерного литья:

- а) сливной метод;
- б) заливной метод.

В первом методе шликер заливается в форму и через некоторое время, обычно несколько минут, выливается. Таким методом получают полые изделия.

Второй метод используют при получении сплошных цельных отливок, при этом шликер заливается, выдерживается до загустевания и время выдержки уже составляет десятки минут и до нескольких часов. Скорость набора черепка зависит от состава шликера, его влажности, влажности формы. После слива шликера форма, с образовавшимся внутри нее отливкой, переворачивается для стекания остатков шликера и просеивается в естественных условиях от трёх до восьми часов, в зависимости от влажности и температуры в помещении, либо просушивается в специальных сушилках (около часа). В процессе сушки происходит усадка глиняной отливки, и она отделяется от стенок формы. При завершении подсушивания форма с отливкой раскрывается (она обычно состоит из нескольких разъёмных частей), из неё извлекается отливка. Пустая форма и отливка поступают на дальнейшую сушку каждый в своём режиме.

При использовании заливного метода для получения, например, ручек, обычно используют набор гипсовых форм, формируемых в виде кассеты, со

сквозным питающим каналом. В этот канал под давлением подается шликер.

Давление шликера необходимо для полного заполнения полости отливки, особенно сложной формы, и вытеснения из объёма воздуха. Формы для заливного способа обычно состоят из двух частей с каналом (отверстие посередине). Чаще всего так отливают мелкие приставные детали.

7.5.1 Формы изделий при шликерном литье. Этим способом можно получить практически любую форму изделий. Например, чайник можно отлить целиком с ручкой и носиком, можно отлить отдельно корпус, носик и ручку и затем их смонтировать вместе. Шликерное литье используется для сложных статуэток, посуды и т.д. Однако использование этого метода выдвигает ряд требований к форме:

а) формы корпуса, ручки и носика должны быть сделаны на "выход" с тем, чтобы можно было легко вынимать отливку из формы;

б) при отливке чайника целиком невозможно получить решетку на носик и любую внутреннюю деталь в любом изделии;

в) форма не должна иметь куполообразных полостей, где могут накапливаться пузыри воздуха, в этих местах не получится отливка;

г) при отливке сложных изделий изготавливают так называемые "кусковые формы", т.е. гипсовая форма состоит из ряда блоков, собираемых в единую форму с одним заливным отверстием.

7.5.2 Сочетание нескольких способов формования. В производственных условиях чаще всего используют несколько способов формования. Как правило, корпуса чайников, чашек и кружек и другие открытые формы формируют пластическим методом с помощью шаблонов или роликов, приставные детали - ручки, носики - шликерным литьём. Наиболее перспективно полное шликерное литье, т.к. приставка деталей требует много ручного труда.

7.6 Формообразование штамповкой порошка

Этот метод используется для получения плоских изделий, как, например, облицовочной плитки, изразцов. Сложность его заключается в необходимости получения сухого преспорошка, приготовление которого связано отдельным технологическим процессом переработки глины.

7.7 Роль материала и функциональных особенностей изделий на их формообразование

При формовании того или иного керамического изделия всегда необходимо учитывать как свойства используемого материала, так и требования применения данного изделия. Это основные два требования к керамике. Третьим требованием является оптимальность технологического процесса изготовления данного изделия. Классическим примером являются чашки. В большинстве стран Востока используют вместо чашек - пиалы, это своего рода глубокие блюдца без ручек. Эта форма существует многие века. Пиалы обеспечивают за счёт широкого горла охлаждение поверхностного слоя чая, а отсутствие ручки упрощает складирование и транспортировку, а также оптимизирует процесс изготовления, устраняя лишнюю деталь.

7.8 Физико-химические свойства материала, влияющие на формообразование керамики

Эти свойства характеризуют фазовое состояние материала, его структуру, химический состав керамики и глазури.

Структура готовой керамики определяется пористостью, количеством стеклообразной массы её раскристаллизацией, степенью спекания и др. Собственно говоря, керамика и, в особенности, фарфор представляет из себя композиционный материал, состоящий из каркаса, состоящего из игольчатого кристалла - муллита и кристаллов кварца, пропитанных полевошпатовым стеклом (кислым силикатным стеклом).

Современные керамические изделия разделяются на изделия с пористым, не спекшимся, черепком и изделия с полностью спекшимся черепком (фарфор). Содержание стекла в фарфоре колеблется - в мягком - до 85%, в твёрдом - до 60%. В фаянсе стеклофазы меньше - до 25%. Поэтому фарфор на изломе стеклообразный, а фаянс шероховатый. Размер кристаллов муллита влияет на механическую и термическую стойкость фарфора - чем меньше кристаллы муллита, тем выше механическая прочность. Кварц также повышает твёрдость изделий, но снижает термостойкость. Глазурь повышает прочность керамики на 30-60%, при одностороннем нанесении влияет на деформацию. Глазурь может тормозить усадку при обжиге (при высоком содержании окиси кальция, бария, стронция) или увеличивать ее (окись магния, полевой шпат и др.) от 0,8 до 1%.

Большое влияние на формообразование оказывает термостойкость изделий. Она зависит от модуля упругости, коэффициента линейного (КТР) и объёмного расширения его микроструктуры и пористости. Термостойкость снижается при повышении КТР, вводя магний и литий, снижают КТР. С повышением температуры КТР увеличивается. Изделия с высоким содержанием кварца и небольшим содержанием полевого шпата имеют наибольший КТР при температуре обжига 900°C. С увеличением температуры обжига КТР таких изделий уменьшается. Плотная керамика имеет максимальный КТР. Совпадает КТР у глазури и керамики, устраняет отслаивание и образование цека (трещин). Для уменьшения цека обычно повышают содержание кремнезёма и глинозёма, снижают содержание натрия и вводят борную кислоту в глазурь.

Ориентация глиняных частиц на поверхности изделий влияет на прочность соединения ручки с корпусом, поэтому взрыхляют поверхность соединения. Воздушная усадка также выставляет требования к формообразованию. С учётом этого необходимо, чтобы усушка отдельных частей изделия происходила с одинаковой скоростью. Поэтому сложные составные изделия сушат медленно под покрытием влажной ткани, устраняют сквозняки и неравномерный нагрев образцов при сушке.

Особенно часто различие в скорости сушки проявляется на краях сосудов, ведущее к растрескиванию краев. Ещё древние гончары придумали утолщение краев сосудов для избежания растрескивания, нередко для этих целей у края сосуда укрепляется жгут. Большую опасность в плане усушки представляет сочленение горла и тулова сосуда. Поэтому толщину стенок горловины следует делать больше, чем толщину стенок тулова на 10-20%. Также следует утолщать дно сосуда, для уменьшения возникновения напряжения между туловом и горловиной следует сглаживать переход от цилиндрической формы горловины к шарообразной форме тулова. Вообще следует делать сглаживание всех внешних и внутренних углов в изделии.

Общая усадка изделий складывается из воздушной и огневой. Для терракоты и майолики общая усадка составляет 10-12%. В том числе: 5-6% воздушная, 5-6% огневая. У фарфора усадка до 17%. Неравномерность нагрева и, следовательно, неравномерность усадки, особенно резко проявляются на выступающих деталях - ручки, носики, лепные украшения. С целью уменьшения напряжения ручку целесообразно делать изогнутой формы, а места сопряжения переходов делают плавными, т.е. обтекаемость керамических изделий вызвана требованиями усадки и усушки.

Вторым важным моментом формообразования является функциональные требования к керамическому изделию. Ярким примером решения этого вопроса является конструкция крынки для молока. История показывает, что в течении столетий сосуды для молока во всех районах имеет одинаковую, весьма характерную форму - яйцевидное тулово и очень широкую горловину. Внутренний диаметр горловины всегда составляет $11 \text{ см} \pm 1 \text{ см}$ и наружный диаметр $12 \text{ см} \pm 1 \text{ см}$ независимо от других размеров сосуда. Строгая закономерность формообразования сосудов для молока, т.е. широкая горловина, связана с тем, что во время мойки сосуда необходимо просунуть внутрь руку для устранения нерастворимого в воде осадка из молока, который простым полосканием не устранялся. Для других жидкостей, не дающих нерастворимых в воде осадков: вода, квас, пиво, мед, вино сосуды имеют самые разнообразные формы с единственным требованием, чтобы в них можно было наливать и выливать жидкости.

С внутренним размером у крынки (горловины) ясно - это для руки при мытье, а внешний размер связан с тем, что увеличение диаметра горловины сделал бы невозможным захват горловины рукой.

8 Технология сушки

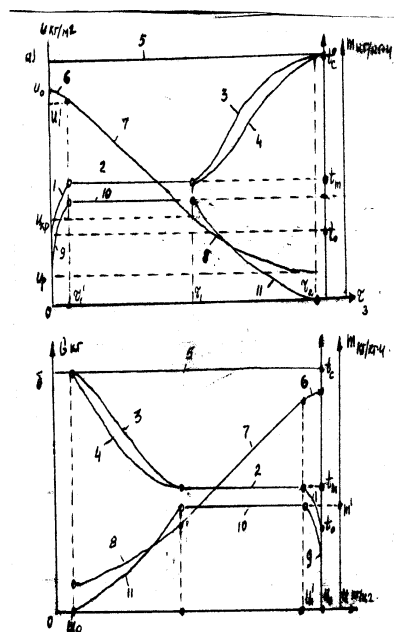
Процесс сушки используется во многих процессах керамического производства. Сушат исходное сырьё: глины, фильтр - прессы, коржи, валяшки, сформированные изделия, а также шликер при получении порошка.

Качественная сушка сформированных изделий обеспечивает качество готовой продукции. На этапе сушки возникают ряд дефектов, таких как трещины, деформации, напряжение. Экономические затраты на сушку могут составить от 10 до 20% себестоимости изделия. Это затраты энергетические, на оборудование. Во многих случаях производительность процесса сушки лимитирует общий выпуск продукции.

Сушильные установки занимают много производственных площадей.

8.1 Теоретические основы технологии сушки

При прохождении сушки меняются как физико-технические, так и технологические свойства. В процессе сушки изменяется влагосодержание и температура материала.



а- в координатах времени сушки
 б- в координатах влагосодержания
 1-5 температуры
 6-8 влагосодержания (а) вес материала
 (б) 9-11 скорость сушки

Рисунок - Диаграмма процесса сушки

Характер изменений этих показателей и их взаимосвязи удобнее всего рассматривать на совмещенной диаграмме. Вследствие того, что изменения влагосодержания пропорционально времени, то кривые сушки можно строить в координатах влагосодержания - вес материала, а кривые скорости сушки в координатах влагосодержания - скорость сушки. Для глин наблюдается приводимая ниже зависимость между кривыми сушки, скорости сушки и температуры материала.

В начальный период сушки τ_1' происходит прогрев материала (в соответствии с кривой 1) от начальной температуры t_0 до температуры насыщенного водой воздуха равной температуре t_m мокрого термометра - психрометра. Температура воздуха постоянна и фиксируется сухим, термометром психрометра t_c (в соответствии с линией 5). Влагосодержание изменяется в этот период от начального U_0 до U_1 (в соответствии с линией 6), а скорость сушки

$$m = \frac{dU}{d\tau}$$
 скачкообразно возрастает от нуля до m (в соответствии с кривой 9).

С момента τ_1 , при достижении температуры мокрого термометра, температура стабилизируется (в соответствии с кривой 2). Постоянной остаётся и скорость сушки (в соответствии с линией 10). Поэтому этот период длительностью $\tau_1' - \tau_1$, называется периодом постоянной скорости сушки. Влажность изменяется по прямой τ_1 (в соответствии с линией 7). Второй период

сушки ($\tau_2 - \tau_1$) начинается с перегиба на кривой скорости сушки. Влажность в районе перегиба на кривой называют критической. Затем скорость сушки падает (в соответствии с кривой 11), Влажность падает по кривой 8. Возрастает температура поверхности (в соответствии с кривой 3) и центра (в соответствии с кривой 4). Процесс сушки завершается при влажности U_p и температура становится t_c (сухого термометра). Скорость сушки к этому моменту падает до нуля. В связи с тем, что период прогрева мал, весь процесс делят на два периода: период постоянной скорости сушки (от $\tau_0 = 0$ до $\tau = \tau_1$) и период падающей скорости сушки (от $\tau = \tau_1$ до $\tau = \tau_2$)

Распределение воды по толщине образца

До начала сушки распределение воды равномерное. При испарении влаги с поверхности возникает поток влаги от центра к поверхности. Интенсивность потока влаги в материале описывается уравнением А.В. Дыкова:

$$q_{ин} = -\alpha' \gamma_0 (\nabla U \pm \delta \nabla t + D \nabla P),$$

где: α' - коэффициент потенциалопроводности воды, в $m^2 / ч$;

γ_0 - объемный вес сухого материала, в $кг/м^3$;

∇U - практическое влагосодержание, в $г/м$;

δ - термоградиентный коэффициент, в $1/град$;

∇t - градиент температуры, в $град/м$;

D - коэффициент молярного переноса, в $м^2/ч$;

∇P - градиент давления

Из уравнения видно, что движение влаги к поверхности может быть и при $\nabla U = 0$, а $t \neq 0$. Тогда движение влаги происходит только за счёт термодиффузии. Это наблюдается в случае, когда t в центре выше чем на поверхности (например, при сушке пароувлажнённого кирпича). Термодиффузия используется при сушке полых крупногабаритных изделий. В изделиях может возникнуть внутри избыточное давление паров уже при $70^\circ C$, что ведёт в разрушению материала при сушке.

Материал может быть высушен до равномерного влагосодержания, которое зависит от свойств материала, температуры среды. С увеличением глинистой фракции равновесная влажность возрастает.

У монтмориллонитовых глин она выше, чем у каолинитовых. Добавка отошителя понижает ее, также действует повышение температуры сушки. Однако пересушка материала до остаточной влажности ниже равновесной в цеху может вызвать брак (трещины).

Для характеристики сушильных свойств глин используется такое понятие как чувствительность к сушке. У глин с большой чувствительностью к сушке трещины возникают даже при небольших скоростях сушки.

Чувствительность глин к сушке оценивается коэффициентом чувствительности, введенный З.А. Ноговой. Он выражает отношение объемной усадки v_g общей пористости V_n .

$$K_n = \frac{V_g}{V_n} \quad \text{или} \quad K_n = \frac{V}{V_0 \left[\left(\frac{g_0 - g_1}{V_0 - 1} \right) - 1 \right]},$$

где: V_0 - объём свежего образца, $см^3$;

V - объём образца после сушки ($10-20^\circ C$);

g_0 - вес свежего образца;

g_1 - вес сухого образца.

По величине K глины подразделяются на:

- $K < 1$ - малочувствительные глины;

- $K = 1-1,5$ - средней чувствительности;

- $K > 1,5$ - высокочувствительные.

8.2 Дефекты, возникающие при сушке

Ранее было показано, что глинистым материалам свойственны усадочные деформации. Рассмотрим процесс сушки образца в форме параллелепипеда, толщиной S . Строим график в координатной системе: по оси ординат - влагосодержание U_0 , по оси абсцисс - толщина образца S . Начальное влагосодержание U_0 . В процессе сушки влажность на поверхности падает до значения U_n , длина образца с l_0 до l_1 . Если бы каждый слой образца изменял свои размеры независимо от соседнего, то прямоугольный образец принял бы криволинейную форму АБВ (в соответствии с рисунком б). Однако в действительности образец сохраняет свою прямоугольную форму, за счёт противодействия внутренних слоев. В результате внутренние слои как бы растягивают поверхностные слои и в них возникают растягивающие напряжения, а на внутренние слои действуют сжимающие напряжения. В итоге эпюра напряжений в образце будет иметь вид, приведённый в соответствии с рисунком . Если величина растягивающих напряжений выше предела прочности материала при разрыве, то на гранях периметра образца возникают трещины, называемые сушильными. Трещины могут возникать не только на гранях по периметру, но и внутри него, либо на его большей плоскости, не пересекая граней и ребер. Такие трещины называют внутренними. Эти трещины возникают вследствие того, что при достижении поверхностью изделия влажности $U_n < U_{ку}$ меньшей влажности критической усадки, сокращение общих размеров изделия прекратится при дальнейшей усадке, хотя влажность центральной части $U_c > U_{ку}$ и остаётся больше критической. Вследствие этого, внутренние слои, продолжая сохнуть, будут стремиться к сокращению, а так как это невозможно, то возникают растягивающие напряжения за счёт действия уже фиксированных внешних слоев. Эти напряжения возникают уже в центральных слоях изделия, либо видны на поверхности плоского изделия, не достигающего до его краев. Следствием этих напряжений могут быть не только трещины, но и искривления изделий, особенно плоских. Если верхняя плоскость плитки сохнет быстрее нижней, то края плитки загибаются вверх, если нижняя - то вниз. Если быстро сохнут правый и левый торец плитки, то верх.

В свою очередь сушки подразделяются на сушки периодического и непрерывного действия.

Сушки периодического действия заполняются время от времени партиями изделий.

Сушки с сушкой в естественных условиях относятся к периодическим, они представляют собой стеллажи, полки (хоры) устанавливаемые в отдельных помещениях или вблизи печей. Преимущество таких сушилок - это малые расходы тепловой энергии, простота устройства, высокое качество сушки и мало брака. Недостатками этих методов являются потребности в больших площадях, малая производительность, сложность поддержания стабильными температуру и влажность в помещении.

Более совершенными являются принудительные сушилки, периодического действия камерного типа. Камера герметична, с принудительной вентиляцией горячего воздуха. Они чаще всего используются в художественных керамических мастерских, либо на заводах для сушки малых партий изделий.

Сушилки непрерывного действия. На большинстве современных фарфоровых заводах используют сушилки непрерывного действия. В этих сушилках поддерживаются постоянная влажность и температура, а образцы поступают постоянным потоком с определённой скоростью. В этих сушилках размещение изделий может быть на вагонетках, конвейерных лентах, люлечно-конвейерных конструкциях.

Сушилки могут быть: туннельные длиной 20-45 м, высотой -1,5-1,7м и шириной - 1,1-1,2м. Изделия поступают в эту сушилку на вагонетках по рельсам. Навстречу им подаётся горячий воздух (до 120⁰С); люлечно - конвейерные, в которых изделия устанавливаются в люльках или полках конвейера. На Фарфоровых заводах этот тип сушилок применяется при сушке отформованных изделий совместно с гипсовой формой, размещенных на полках. Подсушенные изделия извлекаются, а гипсовые формы поступают на дальнейшую сушку. Сушка изделий этим способом продолжается от 1 до 4 часов.

Конвективно-радиационные конвейерные сушилки. Это разновидности туннельных сушилок с металлическим транспортёром-сеткой из нихрома. Длина сушилки 15-20м, ширина - 15 м, высотой - 0,25-1м, скоростью движения 3-5 м/с.

Сушка в течение 6-10 мин для облицовочной плитки.

9 Процесс обжига керамических изделий

9.1 Теоретические основы технологии обжига

Обжиг является одной из важнейших и завершающих стадий керамического производства, при котором формируются основные технические и художественные свойства изделия. В процессе обжига протекают сложные физико-химические процессы, вследствие которых керамическое изделие становится твердым и химически устойчивым. Обжиг является одним из энергоемких дорогостоящих процессов, затраты на которые составляют от 25 до 40% себестоимости изделия. В зависимости от назначения изделия и состава керамического материала обжиг проводится за один или несколько (3-4) циклов. Несмотря на общее количество циклов обжига, первый обжиг, так называемый утильный обжиг, предназначен для закрепления формы изделия. Его проходят все типы изделий: майолика, фаянс, фарфор. При изготовлении майолики при первом обжиге можно в отдельных случаях совмещать процесс закрепления формы с процессом глазурования. При таком совмещении глазурь необходимо наносить на подсушенное изделие методом напыления. Использовать метод облива или окунания при этом нельзя во избежание деформации изделия. Второй обжиг, который называют политой, производят для закрепления и расплавления нанесенной на изделие глазури. Третий обжиг, называемый также декоративным, проводят в один или несколько приёмов, в зависимости от температурных требований обжига каждой из красок. Весь процесс обжига

можно разделить на три этапа: период предварительного нагрева, период собственно обжига и период охлаждения. Для различных керамических материалов величина температурного интервала для каждого периода несколько отличается. Для майолики первый этап находится в диапазоне 100-800⁰С, второй- 800-1000⁰С, третий- от 1000 до 500⁰С с последующим снижением. Для фаянса первый этап 100-900⁰С второй - 900-1250⁰С, фарфора –900-1450⁰С. Третий этап - это плавное понижение совместно с печью до 100⁰С. На первом этапе обжига протекают следующие физико-химические процессы:

- удаляется гигроскопичная вода, содержание которой 2-4% при температуре 100-250⁰С. Скорость нарастания температуры 40-60⁰С в час;
- выгорание органических примесей происходит при температурах 300-800⁰С. В этом случае при недостатке кислорода в обжиговой камере (содержание кислорода до 5%) в толще керамического черепка могут возникнуть области восстановления с характерной окраской. Это отчётливо наблюдается на изломе керамических плиток при их быстром обжиге. Вода, освобождаемая при разложении минералов, способствует выгоранию углерода;
- происходит удаление химически связанной воды, входящей в состав минералов, например, каолина. Выделение этой воды протекает при температурах 500-800⁰С. Каолин теряет при этом около 14% такой воды и переходит в безводный метакраолин.
- происходит разложение карбонатов с образованием оксида кальция и углекислого газа;
- кристаллический кварц претерпевает фазовое превращение с увеличением объёма на 2-3% при температуре 573⁰С;
- происходит окрашивание терракоты за счёт выделения из глины в свободном виде оксидов железа. Это происходит при температуре 500⁰С и содержании железа не менее 2%. Наличие в глине сульфатов железа дает темную окраску черепка.

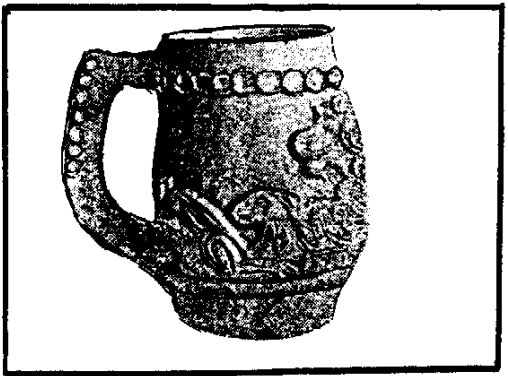
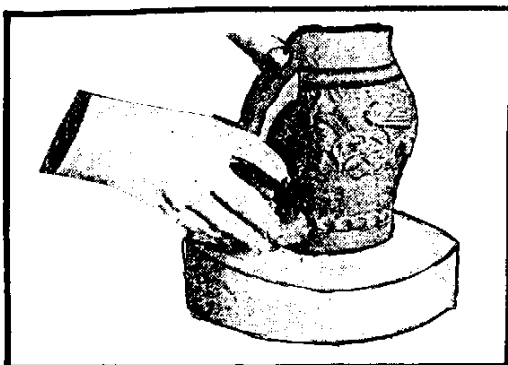
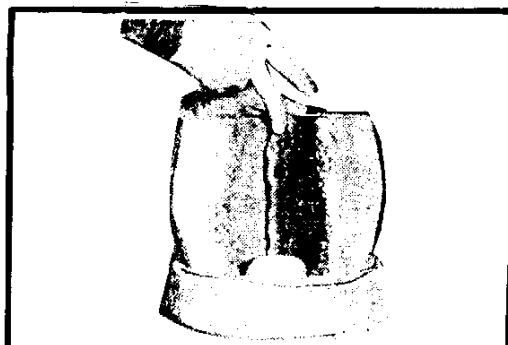
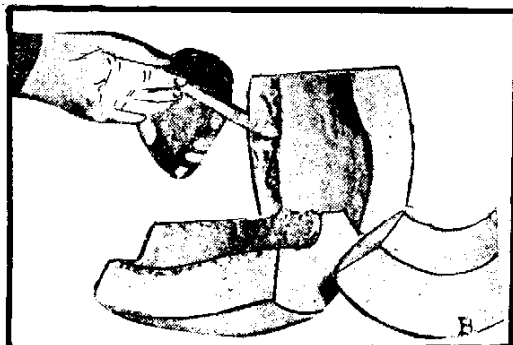
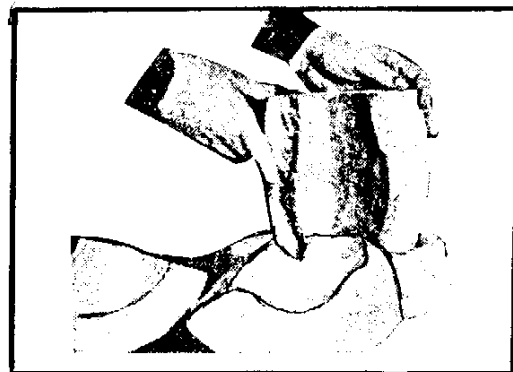
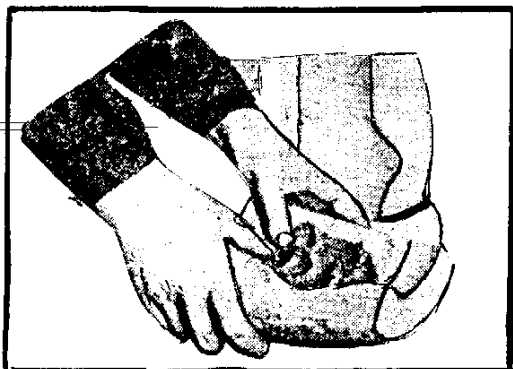
Первый этап обжига заканчивается для майолики при 850⁰С, фаянса-960⁰С, фарфора –1000⁰С.

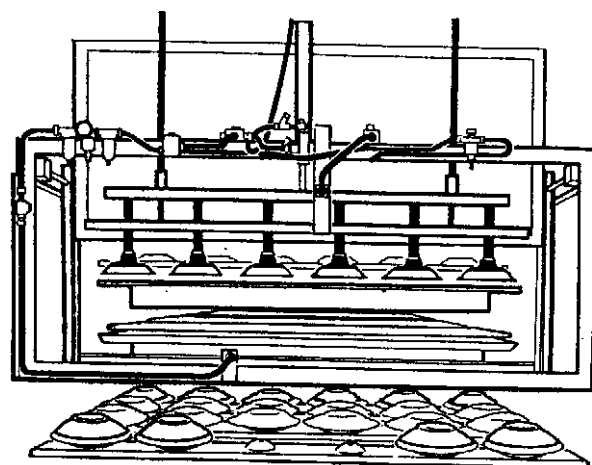
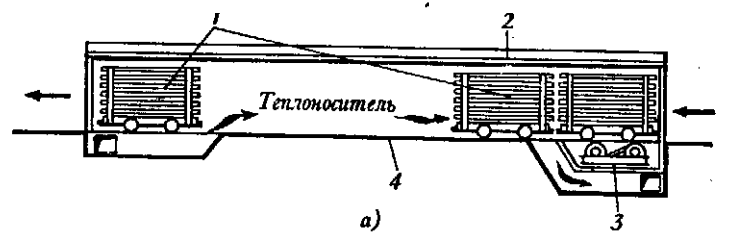
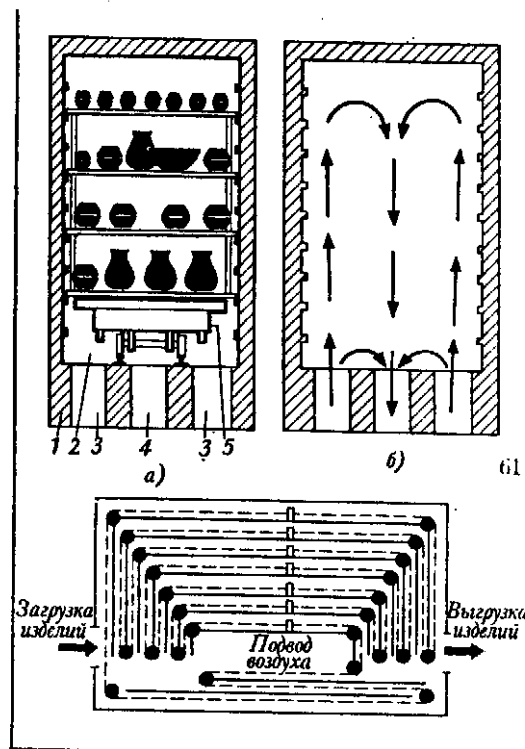
Второй этап, или собственно обжиг, обеспечивает образование легкоплавких соединений (эвтектик) в стеклообразном состоянии, которые, расплавляясь, заполняют поры в керамике. Количество стеклообразной массы зависит от количества плавней, вводимых в керамическую массу. Плавнями служат соединений с калием, натрием и фосфором. Чаще всего вводят концентрат полевого шпата или нефелиновый сиенит, содержащие до 20% окиси натрия и калия. Мулитовые кристаллы образуют в структуре фарфора жесткий каркас, который пропитывается полевошпатовым стеклом. При этом образуется плотная, с пористостью 3-4% структура, обеспечивающая механическую прочность фарфора и фаянса. Пористость фаянса несколько большая 5-8% из-за меньшего содержания плавней. Добавка соединений фосфора в виде костяной муки (обоженной) позволяет получать фосфатное стекло и соответственно костяной фарфор повышенной прозрачностью. Наличие большой доли плавней в фарфоре вызывает более сильную усадку (до 17%) фарфора по отношению к терракоте или майолике, а также большую чувствительность фарфора к деформации в процессе обжига. Обжиг майолики, как правило, проводят в окислительной атмосфере и только в случае получения чёрной керамики - в восстановительной. Фарфор обжигают в окислительной, нейтральной и восстановительной атмосфере на разных этапах обжига.

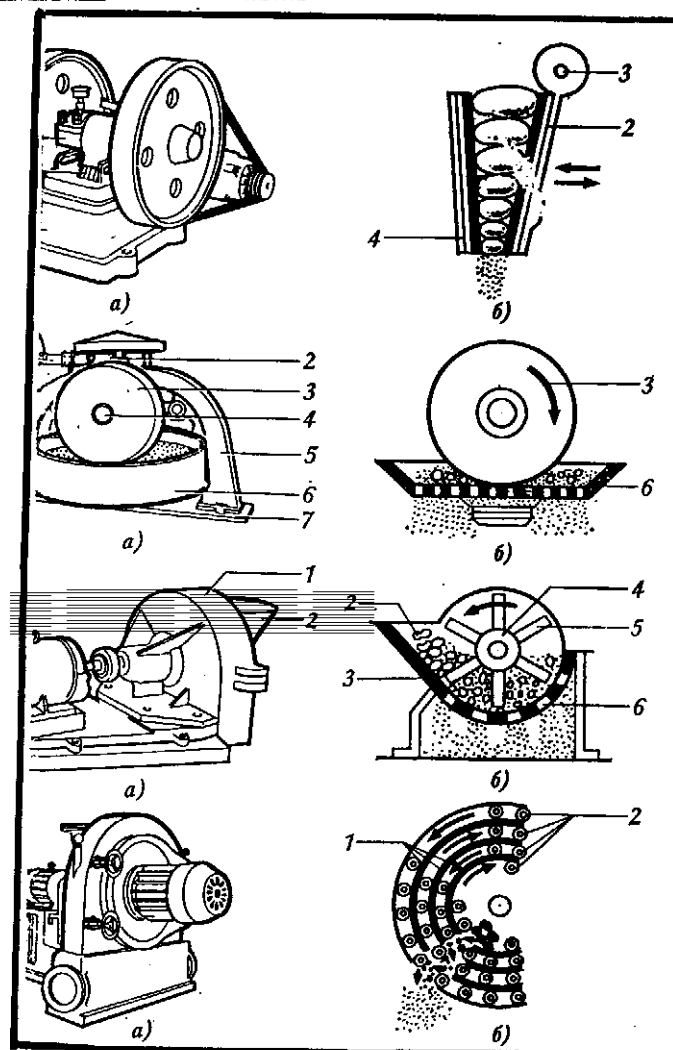
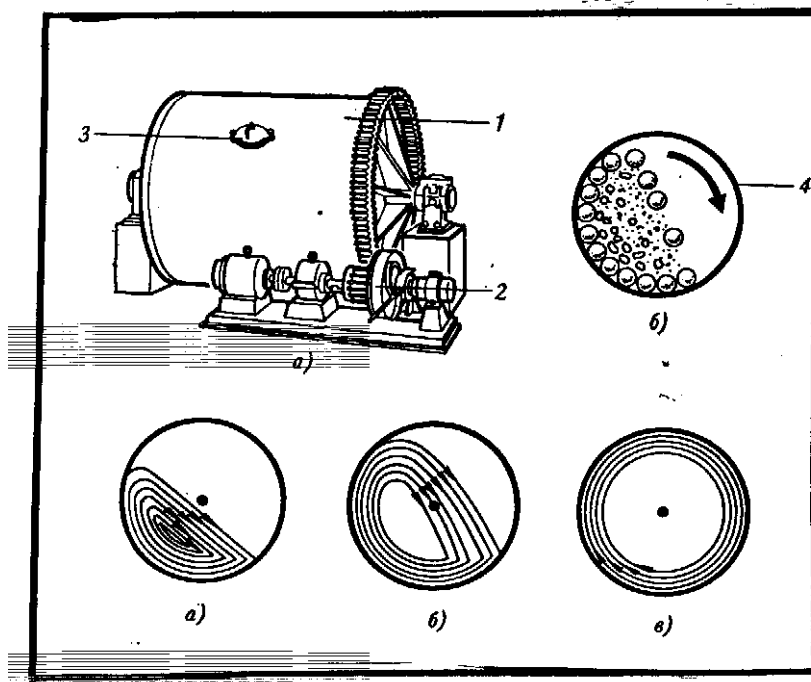
Восстановительный обжиг фарфора обычно проводят на заключительной стадии с целью улучшения цвета (обесцвечивание) за счет перевода окислов железа в соединение с кремнием, имеющим светлую окраску (типа фаялита). При кустарном производстве это достигается герметизацией камеры и добавлением в неё углекислого газа, а китайские мастера использовали для этого топливо из смолистых древесных пород.

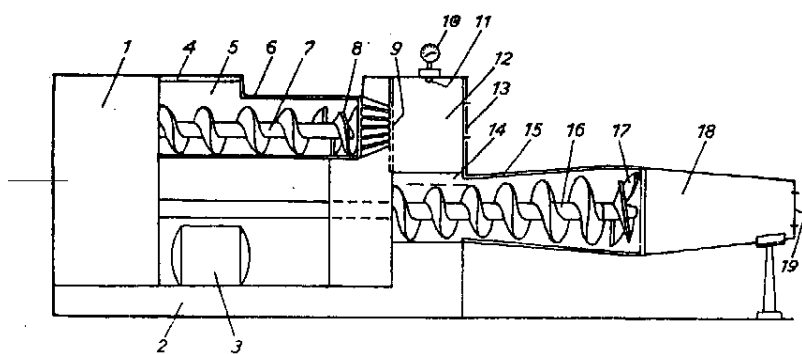
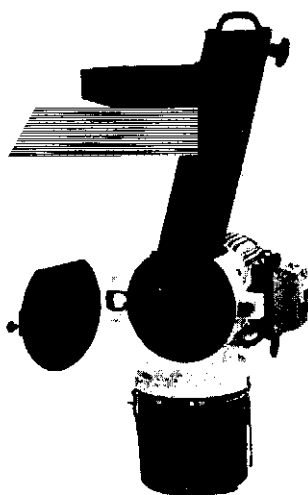
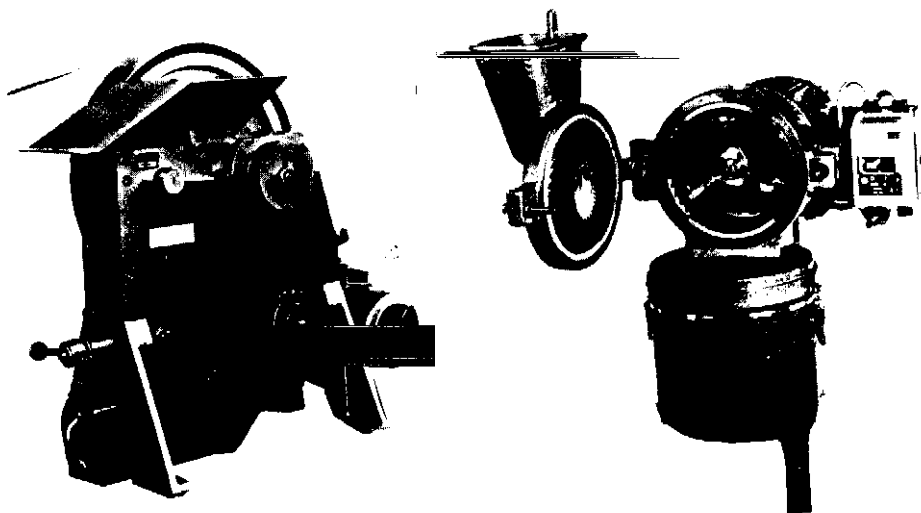
Список рекомендуемой литературы

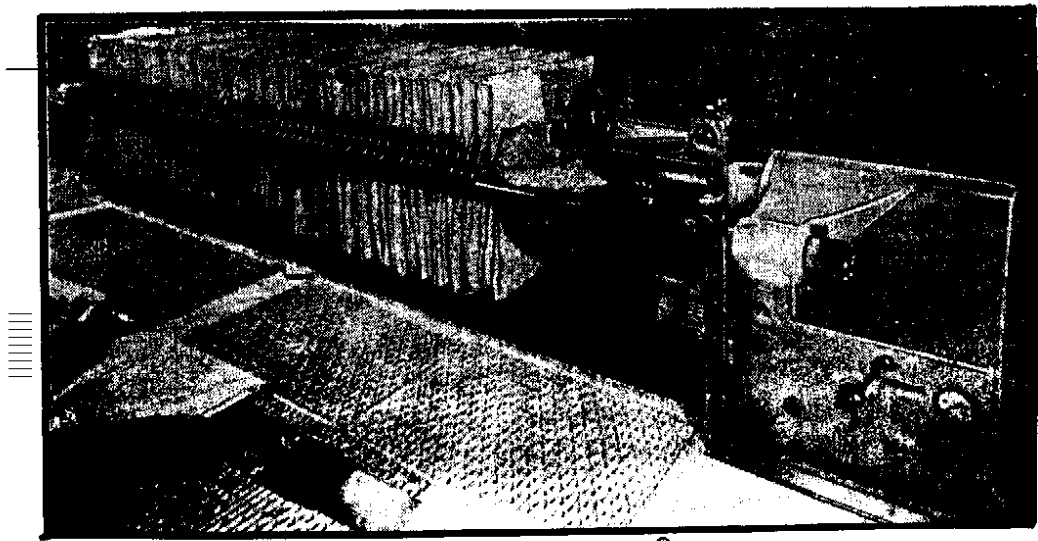
- 1 Иманов Г.М. Производство художественной керамики, 1985
- 2 Миклашевский А.П. Технология художественной керамики, 1980
- 3 Булавин И.А. Технология фарфорового и фаянсового производства, 1975
- 4 Хохлов Е.Н. Современная керамика и народное творчество, 1969
- 5 Беркман А.С. Декорирование фарфора и фаянса, 1949
- 6 Дудеров Г.Н. Практикум по технологии керамики, 1953
- 7 Полубояринова Д.М. Практикум по технологии керамики.- М.: 1972
- 8 Французова И.Г. Общая технология производства фарфоровых и фаянсовых изделий бытового назначения, 1991
- 9 Визир В.А. Керамические краски.- Киев, 1964
- 10 Хладек И. Декорирование фарфоровой посуды.- М.: Легпромиздат, 1990
- 11 Черток М.Ю. Повесть о глине, 1968
- 12 Дудеров Г.Н. Обжиг спекающихся керамических масс, 1957
- 13 Туманов С.Г. Пороки в производстве фарфора и фаянса, их причины и устранения.- М.: Гостхимтехиздат, 1934
- 14 Методы исследования и контроля в производстве фарфора и фаянса. Под ред. Августиника А.И., 1972
- 15 Юшкевич М.О. Технология керамики, 1969
- 16 Городов Н.Н. Новая техника в производстве фарфора и фаянса - М.: Детский мир,
- 17 Хорьков П.Н. Разработка математической модели образования отливки в форме при шликерном литье. Труды Ин-та НИИстройкерамика.
- 18 Шевченко С.И. Расчет состава шихты на персональном ЭВМ.//Строительные материалы и конструкции .- 1991.- N4.- С.17
- 19 Носов З.А. Чувствительность глины к сушке, 1946
- 20 Августиник А.И. Керамика, 1957
- 21 Кингери В.Д. Введение в керамику, 1967
- 22 Будников П.П. Технология керамики и огнеупоров, 1962
- 23 Тихи О. Обжиг керамики.- М.: Мир, 1988
- 24 Милдс М. Роспись Фарфора. - М.: Легкая индустрия, 1971
- 25 Пыжова А.П. Устранение дефектов тонкометрических изделий, 1991











a

