Курсовая работа

по дисциплине: "Материаловедение"

на тему: "Технология производства фарфоровой и фаянсовой посуды"

Содержание

Введение

Раздел 1. Материалы керамического производства и их влияние на качество изделий

1.1 Характеристика материалов для черепка и их влияние на качество изделий

1.2 Материалы, применяемые в производстве глазури

1.3 Материалы для декорирования фарфоровой и фаянсовой посуды

Раздел 2. Характеристика этапов производства фарфоровой и фаянсовой посуды

2.1 Расчет керамических масс по рациональным составам компонентов

2.2 Подготовка пластических масс и литейных шликеров

2.3 Характеристика основных способов формования фарфоровой и фаянсовой посуды

2.4 Влияние процессов сушки изделий на их качество

2.5 Обжиг изделий: режимы и сущность процессов

2.6 Характеристика процессов декорирования изделий

Заключение

Список использованной литературы

# Введение

Тема моей курсовой работы - "Технология производства фарфоровой и фаянсовой посуды". Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время методы производства фарфорофаянсовых изделий совершенствуются, проводится интенсификация производственных процессов на основе более широкого применения достижений физики и химии и специалисту необходимо следить за развитием современных технологий производства.

Цель данной работы – рассмотреть основные этапы производства фарфоровой и фаянсовой посуды.

Для решения поставленной цели в работе рассмотрены следующие задачи:

1. Охарактеризовать материалы, применяемые в производстве черепка, глазури и материалы для декорирования изделий и рассмотреть их влияние на качество готовых изделий;
2. Рассмотреть процессы подготовки пластических масс и литейных шликеров;
3. Дать характеристику основных способов формования, сушки, обжига и декорирования фарфоровой и фаянсовой посуды.

Курсовая работа логически разделена на две главы, в каждой из которых представлен определенный аспект исследуемой темы. В первой главе рассмотрены материалы керамического производства и их влияние на качество изделий. Вторая глава посвящена характеристике этапов производства фарфоровой и фаянсовой посуды.

# Раздел 1. Материалы керамического производства и их влияние на качество изделий

## 1.1 Характеристика материалов для черепка и их влияние на качество изделий

керамический глазурь шликер сушка

Сырьевые материалы, используемые для изготовления фарфоровых и фаянсовых изделий, подразделяются на пластичные и непластичные (отощающие и плавни).

К пластичным материалам относятся: глины, каолины и бентониты. Эти материалы в соединении с определенным количеством воды образуют пластичную массу, а после обжига приобретают прочность камня.

К отощающим материалам относятся: кварцевый песок, молотый кварц, молотый бой неглазурированных изделий, прошедших обжиг (шамот), дегидратированная глина (обоженная на температуру 600-750°С). Количество отощающих материалов влияет на пластичность масс и препятствует сокращению размеров изделий при сушке и обжиге.

К плавным относятся материалы, которые при максимальной температуре обжига или плавятся и переходят в расплав, или образуют с другими материалами массы силикаты (расплавы), способствующие образованию прочного материала. От количества образующегося расплава зависит степень спекания материала. Плавнями являются полевые шпаты (альбит, ортоклаз, анортит), кварц-полевошпатовое сырье, пегматиты, сиениты и др.

К глинистым материалам относятся глины, каолины и бентониты. Глины и каолины - природные материалы полиминерального состава, образовавшиеся в результате разрушения (выветривания) алюмосиликатных горных пород (полевых шпатов, пегматитов, гранитов и др.).

К важнейшим глинистым минералам относятся: каолинит - Аl2О3•2SiO2•2Н2О, монтмориллонит - (Са, Mg)O•Аl2О3•4 - 5SiO2•xН2О, гидрослюда (иллит) - К2О•MgO•4Аl2О3•7SiO2•2Н2О и др.

Глины, состоящие преимущественно из каолинита или минералов каолинитовой группы, называются каолинами. Они имеют ясно выраженное кристаллическое строение и включают крупные зерна кварца. От обычных глин каолин отличается высоким содержанием глинозема Аl2О3, меньшей пластичностью и обладает свойством повышать белизну обожженных керамических изделий. Глины по сравнению с каолинами имеют более сложный минералогический состав. В них в виде примесей присутствуют зерна кварца, полевых шпатов, слюды, оксиды и гидроксиды железа и марганца, известковые и гибсовые включения и другие минералы, а также органические примеси (растительные остатки - древесина, торф, угли и др.).

Содержание окиси кальция (в виде карбонатов и сульфатов кальция) в некоторых глинах достигает 25%. Эти соединения кальция сокращают период спекания глин, что ухудшает условия обжига керамических изделий. Такое же влияние на обжиг изделий оказывает и окись магния, находящаяся в глинах в виде карбоната MgCO3 и доломита MgCO3•CaCO3. В незначительных количествах в глинах встречается в виде примесей сернистый ангидрид SO3. Однако если он находится в соединениях с магнием или натрием, то он может вредно влиять на прочность изделий. Полезными примесями можно считать окись калия и окись натрия, которые служат плавнями, понижающими температуру обжига изделий и придающими им большую прочность. Окиси различных металлов, например марганца, титана и др., содержатся в очень небольших количествах и мало влияют на свойства глин. Вообще на свойства глин влияет не только количественное содержание тех или иных окислов, но и их соотношение.

Примеси оказывают большое влияние на свойства глин. Так, при повышенном содержании свободного кремнезема, не связанного с Аl2О3 в глинистые минералы, уменьшается связующая способность глин, повышается пористость обожженных изделий и понижается их прочность. Из глин, содержащих SiO2 более 80-85% и Аl2О3 менее 6-8%, керамические материалоы получить невозможно. Соединения железа, являясь сильными плавнями, понижают огнеупорность глины. Углекислый кальций СаСО3 понижает огнеупорность, уменьшает интервал спекания и увеличивает усадку при обжиге, увеличивает пористость и этим понижает прочность и морозостойкость изделий.

Вода содержится в глинах как в виде свободной, так и химически связанной, т. е. входящей в состав глинообразующих минералов. Наличие в глине тех или иных минералов дает возможность судить о количестве химически связанной воды и, следовательно, о отношении к сушке и обжигу. От содержания органических веществ, находящихся в глине в виде остатков растений и гумусовых веществ, также зависят потери глин при обжиге и, следовательно, усадка изделий. Кроме того, повышенное количество органики снижает огнеупорность глин.

Важнейшие свойства глин: пластичность, набухание усадка, спекаемость, огнеупорность, способность образовывать устойчивые суспензии.

Пластичность - способность глин образовывать с водой тестообразные массы, принимающие под давлением любую форму и сохраняющие ее после высыхания. Пластичность зависит от минералогического состава и дисперсности глин. С пластичностью связана способность глин образовывать с отощающими материалами (кварц, шамот и др.) прочную и твердую однородную массу.

По пластичности глины бывают связующие, пластичные, тощие и непластичные. Связующие глины, имеющие наибольшую пластичность, не снижают своей способности образовывать пластичное тесто при добавке более 50% непластичных материалов. В пластичные глины можно добавлять до 50% непластичных материалов, не снижая способности глины образовывать пластичное тесто, в тощие - только до 20%. Непластичные глины не образуют пластичного теста.

Набухание - способность глины увеличиваться в объеме при смешивании с водой. Это свойство зависит от минерального и зернового состава глин.

Воздушная усадка - это уменьшение объема глины и изделий из нее при сушке, а огневая усадка - при обжиге. Воздушная и огневая усадки зависят от минералогического состава глинистого вещества, дисперсности и шлажности изделий. Воздушная усадка тем больше, чем выше пластичность глин. Воздушная усадка колеблется от 1,5 до 13%, огневая - достигает 23% от объема сырого образца. Добавление отощающих материалов снижает усадку.

Спекаемость глин заключается в их способности при обжиге образовывать камнеподобное твердое тело (черепок), характеризующееся высокой механической прочностью и химической стойкостью. Степень спекания зависит от состава глинистой массы и режима обжига. Температура спекания у разных глин колеблется от 450 до 1400°С. По степени спекания при температуре обжига 1350°С глины делятся на сильноспекающиеся, способные при обжиге давать черепок с водопоглощением не более 2%, среднеспекающиеся - с водопоглощением не более 5% и неспекающиеся - с водопоглощением более 5%.

Огнеупорность - способность глин противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур. Огнеупорность зависит от химического состава глин, дисперсности, наличия примесей.

По огнеупорности глины делятся на высокоогнеупорные (температура плавления 1700°С и выше), огнеупорные (температура плавления от 1580 до 1700°С), тугоплавкие (температура плавления 1350-1580°С) и легкоплавкие (температура плавления менее 1350°С).

Адсорбционные свойства характеризуются способностью глин поглощать из окружающей среды и удерживать на поверхности частиц глинистых минералов те или иные ионы и молекулы. Адсорбционные свойства глин зависят от их состава и дисперсности. Глины, образованные за счет вулканических туфов, обладают наиболее активными адсорбционными свойствами.

Бентонитовые глины образовались в результате расстекловывания и химического превращения стекловидной фазы вулканического пепла или туфа. По своим свойствам они чрезвычайно неоднородны. Цвет бентонитов - от белого до темно-коричневого. Бентонит обладает способностью при затворении водой до 10 раз увеличиваться в объеме и находиться продолжительное время во взвешенном состоянии в шликере. Его вводят в массу как пластифицирующую добавку. Ввод в массу до 4% бентонита позволяет заменить пластичные глины каолинами и повысить белизну фарфора. Бентонит увеличивает прочность полуфабриката в высушенном состоянии. Его температура спекания 1100-1200°С, плавления 1250-1400°С, то есть бентонит является материалом (плавнем), интенсифицирующим процессы спекания изделий в обжиге. В состав бентонитов входят монтморрилонит (основной минерал) и примеси кварца, слюды, полевых шпатов, карбонатов и др.

Качество будущих изделий зависит от способа обогащения сырьевых материалов и от соблюдения технологии обогащения. Так, добавление в каолиновую суспензию коагулянтов приводит к укрупнению и осаждению глинистых частиц, но одновременно может вызвать нежелательные явления, отмечаемые в заводской практике, например, способствует образованию пробок в шликеропроводах и недоливу изделий при шликерном литье.

Плавнями в керамических массах называются вещества, которые способствуют спеканию черепка, образуют в нем стекловидную и кристаллическую фазу, уплотняя и упрочняя черепок.

Полевые шпаты - универсальный плавень в технологии тонкой керамики и в производстве глазурей. Земная кора состоит более чем на 50% из полевошпатовых пород, но месторождения полевых шпатов, пригодных для керамической промышленности весьма ограничены и в основном исчерпаны. Представляют собой алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов.

Флюсующее действие плавней обусловлено их низкой температурой плавления или способностью образовывать с другими компонентами массы легкоплавкие эвтектики.

Калиевые полевые шпаты (ортоклазы) отвечают формуле К20 • Аl2О3 • 6Si02, натриевые (альбиты)- Na2O • Аl2О3 • 6Si02, кальциевые (анортиты) - СаО • Аl2О3 • 6Si02. Менее известны и реже встречаются литиевый полевой шпат (сподумен) Li20 • Аl2О3 • 4Si02 и бариевые полевые шпаты (цельзианы)- ВаО • Аl2О3• 6Si02.

Эти минералы редко встречаются в чистом виде, обычно они смешаны друг с другом в твердых растворах. В керамические массы предпочитают вводить калиевый полевой шпат, как образующий при плавлении более вязкий расплав, и тем самым способствующий сохранению формы изделия в обжиге. Температура плавления чистого альбита - 1118°С, ортоклаза - 1170°С, анортита - 1550°С. Флюсующее действие полевых шпатов в керамической массе проявляется с 900°С, дальнейшее повышение температуры ведет к растворению в расплаве каолина и кварца.

Пегматиты в настоящее время являются основным заменителем полевых шпатов в производстве тонкой керамики. Пегматиты содержат в своем составе 60-70% полевых шпатов, 25-30% кварца, некоторое количество слюды и других минералов. Наличие слюды слюды в пегматитах нередко приводит к образованию "мушек", портящих внешний вид беложгущихся изделий. Твердые растворы альбита и анортита образуют группу плагиоклазов. Плагиоклазы могут частично заменить в составе фарфора ортоклаз, но сообщают фарфору меньший интервал спекания и способность легко деформироваться в обжиге.

Перлиты - порода вулканического происхождения, содержащая 70-75% SiO2; 0,5-2% Fе203; 1-2% CaO; 0,1-1,3% МgО, 50,8% щелочных оксидов. Перлит сравнительно недавно применяется в качестве заменителя полевых шпатов в тех случаях, когда не требуется высокая белизна керамических изделий.

Тальк – гидросиликат магния 3МgО•4Si02•Н2О с плотной структурой, называемый жировиком. Образование в природе связано с действием на доломит CaСO3•МgСO3 щелочных растворов, содержащих СО2 и Si02.Огнеупорностьталька 1490-1510°С. Применяют тальк в производстве огнеупорных и термостойких изделий.

Оксиды кальция и магния весьма огнеупорны 2600 и 2800°С соответственно, но находясь в тонко измельченном виде, при температуре выше 1000°С образуют легкоплавкие эвтектики с другими компонентами керамической массы и способствует спеканию черепка. Следует заметить, что такие массы обладают малым интервалом спекания, изделия из них легко деформируется в обжиге. Обожённые же до 1000°С известковые массы обладают пониженной механической прочностью.

Карбонаты кальция и магния используют как флюсующие добавки в каменных и фарфоровых массах, а также в глазурях. Введение их в состав керамических масс в виде доломита (СаСО3 • MgCO3) усиливает флюсующее действие.

Введение отощающих материлов в шихту фарфоровых и фаянсовых масс позволяет регулировать технологические свойства формовочных масс и литейных свойств шликера, а также получать изделия с заданными свойствами. Отощающие материалы снижают пластичность и усадку масс при сушке и обжиге. Их вводят в керамические массы для регулирования их структурно-механических и технологических свойств.

В качестве природных отощающих материалов используют кварц жильный молотый, кварцевый песок, кварцевые отходы обогащения каолинов, а искусственных – шамот и дегидратированную глину. Шамот – размолотый бой обожженных неглазурированных изделий или керамический материал, получаемый обжигом глин и каолинов при температуре не ниже 800°С. Дегидратированная глина – это глина, обоженная до температуры 700-750°С, при которой она теряет химически связанную воду.

Содержание отощающих материалов в массах доходит до 40%.

Кремнезем Si02,образующий кварцевые породы, при обжиге претерпевает полиморфные превращения, переходит из одной кристаллической формы в другую. Эти переходы сопровождаются изменением объема кварца, что необходимо учитывать при выборе режима обжига и охлаждения, так как это обратимые процессы.

Кремнеземистые материалы, используемые для производства фарфоровых и фаянсовых изделий, должны содержать не более 0,2% оксида железа и не менее 95% Si02 для 1 сорта.

## 1.2 Материалы, применяемые в производстве глазури

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

Глазури (эмали) предохраняют керамические изделия от загрязнения и действия кислот и щелочей, придают им декоративность, снижают влагопроницаемость. Правильно подобранная глазурь повышает прочность керамических изделий. Глазурь применяют в виде суспензии, содержащей тонкомолотые компоненты, нерастворимые в воде. Суспензию наносят на поверхность изделия, которое затем подвергают высокотемпературной обработке; при этом на поверхности изделия образуется тонкое стекловидное покрытие.

Глазурную суспензию готовят из сырья с минимальным содержанием примесей. Основные компоненты глазурной суспензии: кварц, полевой шпат, каолин, т. е. те же виды сырья, что и для приготовления керамических масс, только количество легкоплавких компонентов (полевой шпат и др.) в глазурях больше, чем в керамических массах.

Основной стеклообразующий оксид - кремнезем SiO2 - вводится в состав глазури в виде кварца, кварцевого песка, а также с пегматитом, каолином и глиной. Увеличение содержания кремнезема в глазури снижает температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) глазурного слоя, увеличивает механическую прочность, повышает температуру плавления и вязкость глазури.

Оксид алюминия Аl2О3 (глинозем) вводят в состав глазури с глиной, каолином, полевым шпатом и пегматитом. Введение глинозема в состав глазури повышает ее вязкость, эластичность, снижает склонность к микроскопическим трещинам ("цеку") и ТКЛР, улучшает упругость и химическую стойкость, увеличивает стойкость к действию высоких температур, но ухудшает розлив глазури, т. е. равномерное распределение глазури по поверхности изделия.

Оксид бора В2О3 вводится в состав глазури в виде буры Na2B4O7 · 10Н2О или борной кислоты Н3ВО3, которые придают глазури блеск, снижают кислотостойкость и склонность к "цеку", повышают термостойкость и уменьшают ТКЛР глазури.

Диоксид титана, вводимый в состав глазури в виде рутила ТiO2, содействует кристаллизации, понижает прозрачность глазури, повышает химическую стойкость. Диоксид титана хорошо взаимодействует с кремнеземом и щелочными оксидами, способствуя образованию стекловидной фазы.

Диоксид циркония, вводимый в состав глазури в виде цирконового концентрата ZrO2 · SiO2 с содержанием ZrO2 60%, снижает склонность глазури к "цеку", повышает ее термостойкость, при использовании в больших количествах понижает прозрачность глазури.

Оксид кальция СаО, вводимый в состав глазури с доломитом, мелом, мрамором, снижает склонность глазури к "цеку", образует с кремнеземом прочные соединения, придает глазурям блеск, эластичность; при введении более 15% СаО способствует кристаллизации глазури.

Оксид магния MgO, вводимый в состав глазури в виде доломита и магнезита, увеличивает блеск и белизну глазурей, снижает их склонность к "цеку".

Оксид натрия Na2O, вводимый в глазурь в виде полевого шпата, пегматита, соды, буры, - сильный плавень, который уменьшает вязкость расплава, снижает прочность, термостойкость, химическую стойкость, повышает ТКЛР глазури.

Оксид калия К2О, вводимый в состав глазури с калиевым пегматитом, поташом (углекислый калий), действует подобно оксиду натрия, но несколько слабее, повышает вязкость расплава, заметно улучшает блеск глазури.

Оксид лития Li2O, вводимый в состав глазури в виде сподумена Li2O · Аl2О3 · 4SiO2 или углекислого лития Li2CO3, снижает ТКЛР глазури, повышает ее термостойкость и улучшает розлив.

Оксид стронция SrO, вводимый в состав глазури в виде целестина SrSO4, действует как плавень, подобно оксиду кальция снижает склонность к "цеку", придает блеск, обеспечивает хороший розлив и повышает прочность глазури.

Оксид бериллия ВеО, вводимый в глазурь в виде бериллового концентрата 3ВеО · Аl2О3 · 6SiO2 с содержанием 12-14% оксида бериллия, повышает термостойкость, электрическое сопротивление, улучшает розлив и блеск глазури. Оксид бериллия токсичен.

Оксид свинца РЬО, вводимый в состав глазури в виде сурика РЬ3О4 и глета РЬО2 - сильный плавень, который содействует хорошему розливу глазури, но значительно снижает ее твердость, делает глазурь растворимой в кислотах. Оксид свинца токсичен.

Оксид бария ВаО, вводимый в глазурь в виде угле кислого бария ВаСО3, усиливает блеск и прочность глазури, повышает ее химическую стойкость, особенно к органическим кислотам, снижает температуру плавления и стойкость к "цеку". В соединениях оксид бария ядовит.

Оксид цинка ZnO, вводимый в состав глазури с содержанием ZnO 98,5%, придает глазури блеск, снижает ее химическую стойкость.

В качестве красящих компонентов в состав глазурей вводят: оксиды меди, хрома, никеля, марганца и кобальта, селенокадмиевые пигменты, оксид железа и другие вещества.

Оксид меди СuО, используемый для получения зеленого и сине-зеленого цветов, представляет собой порошок черного цвета, нерастворимый в воде. По своей легкоплавкости аналогичен оксиду свинца. В природе встречается в виде минерала телорита СuО. Оксид меди получают прокаливанием медных стружек.

Оксид хрома Сr2О3 - зеленый краситель. В природе Сr2О3 встречается в виде минерала - хромистого железняка FeO · Сr2О3, представляющего собой тугоплавкий кристаллический порошок зеленого цвета.

Оксид никеля NiO - порошок желто-зеленого цвета, нерастворимый в воде; его используют для получения коричневых тонов.

Оксид марганца МnО придает глазури коричневый, фиолетовый и розовый цвета; представляет собой черный порошок, получаемый нагреванием минерала пиролюзита МnО2 · nН2О.

Оксид кобальта СоО, придающий глазури синий цвет различных оттенков, представляет собой порошок черного цвета, который растворяется в соляной и азотной кислотах. СоО получают путем прокаливания азотнокислого кобальта Co(NO3)2. Селенокадмиевые пигменты придают глазурям цвет от оранжевого до алого. Получают их прокаливанием смеси углекислого кадмия, серы и селена при температуре 450°С. При этом получается твердый раствор сернистого и селенистого кадмия. Оксид железа Fe2O3 , придающий глазури цвет от желтого до коричневого, представляет собой красный порошок, нерастворимый в воде. В природе встречается в виде различных руд. Получают его путем нагревания отличных солей железа, обычно железного купороса FеSO4· 7Н2О.

1.3 Материалы для декорирования фарфоровой и фаянсовой посуды

Материалами для декорирования керамики являются керамические краски, препараты драгоценных металлов, люстры. Керамические краски - это окрашенные минеральные соединения металлов с кварцем, полевым шпатом, каолином или с керамическими массами и глазурями, образованныe в результате взаимодействия при высоких температурах. Интенсивность и цвет краски зависят от температуры обжига. Красящими веществами (красителями) в керамических красках являются пигменты.

Пигменты - высокодисперсные порошки различного цвета, не растворяющиеся в воде и связующих веществax.

По происхождению пигменты бывают природные и искусственные. Природные пигменты получают механической обработкой (измельчением, отмачиванием) ярко окрашенных руд, цветных глин и других природных пород. Искусственные неорганические пигменты получают прокаливанием солей, оксидов или гидрооксидов соответствующих металлов или совместным осаждением гидрооксидов углекислых солей с последующим прокаливанием осадков, а также сплавлением солей и прокаливанием смеси.

Кроме пигментов (красителей) керамические краски содержат флюсы. Флюсы - специальные легкоплавкие стекла - вводят в состав керамической краски для закрепления красителя в процессе обжига на поверхности глазури и для придания краске блеска.

Керамические краски должны отвечать следующим основным требованиям:

* быть устойчивыми к воздействию высоких температур в процессе обжига и к растворяющему действию флюсов и глазурей;
* обладать высокой стойкocтью к воздействию света и агрессивной среды;
* легко наноситься на керамические изделия, не проявлять токсичных свойств в процессе эксплуатации.

Керамические краски разделяют на две группы: надглазyрныe и подглазурные.

Надглазурные краски - это смесь пигментов с флюсами. Краски для надглазурного декорирования закрепляются на изделиях при температуре 720-860°С.

В состав флюсов входят кремнезем, глинозем, кварц, полевой шпат, пегматит, каолин, мел или мрамор и вещества, понижающие температуру плавления краски: сода, поташ, свинцовые соединения, борная кислота, бораты и др. Вещества, понижающие температуру плавления краски, за исключением свинцовых соединений, растворимы в воде, частично воспринимают влагу из воздуха. Поэтому такие шихты необходимо фриттовать, т. е. предварительно плавить. Состав флюса должен быть строго согласован с составом глазури так, чтобы совпадали их температурные коэффициенты линейного расширения. Иначе краски после обжига будут давать "цек" (мелкие трещины). Флюс не должен действовать разрушающе на краситель; для каждой краски подбирают свой флюс, который соответствует свойствам краски.

Синие пигменты получают из оксида кобальта Со2О, и углекислого кобальта СоСО3. Вводя в состав пигмента различное количество оксида цинка ZnO, глинозема А12О3 и других оксидов, получают различные цветовые оттенки. На чистоту цвета влияют посторонние примеси. Так, например, оксид никеля дает коричневый оттенок, оксид железа - зеленоватый, марганца - фиолетовый и т. д.

Зеленым пигментом служит трехвалентный хром Сг2О3. Различные оттенки получают при добавлении MgО, А12О3, CaO, ZnO и др. На получение зеленого окрашивания изделий влияет состояние газовой среды печи во время обжига. Восстановительная среда способствует образованию зеленого цвета, при окислительной среде Сr2О3 переходит в СrО3 и шестивалентный хром Cr+6 способствует оранжевому окрашиванию.

Основу желтых красок составляют оксиды сурьмы Sb2O3, титана ТiO2, урана UO2, хромовокислый свинец РbСrО4. Для придания различных оттенков этим краскам в них вводят оксиды железа, цинка, никеля, борные соединения и др.

Для придания красного цвета надглазурным краскам используют главным образом оксид железа Fe2O3, кроме того, может быть использован хромовокислый свинец РbСrО4 и селенокадмиевые соединения CdS, CdSe. Для получения различных оттенков (от оранжево-красного до фиолетово-красного) к Fe2O3 добавляют А12О3, ZnO, Сr2О3, Mn2O3, каолин и др. Изменения цвета и интенсивности оттенков зависят от температуры обжига и продолжительности прокаливания пигментов. Железосодержащие пигменты при воздействии температуры свыше 1000°С неустойчивы. При использовании селенокадмиевых соединений различные оттенки краски зависят от соотношения CdS и CdSe. При меньшем содержании CdSe получается желтый оттенок, при большем - красный.

Пурпуровые пигменты (пурпуры) представляют собой оксиды гидрооловянной кислоты, магния, алюминия и т. д., окрашенные частичками тонкодисперсного металлического золота или тонкодисперсного оксида золота Au2O (фиолетовый цвет) в присутствии оксида серебра Ag2O (темно-бурый цвет). С увеличением количества Ag2O краска приобретает карминовый цвет, а при его уменьшении - пурпуровый. Для получения пурпуровых красок к пигментам добавляют флюсы, содержащие много щелочей и сравнительно небольшое количество свинца.

Пурпуровые краски легко реагируют на изменение температуры. Важное свойство этих красок - их можно смешивать со всеми известными надглазурными красками.

Основу коричневых пигментов составляют оксиды железа Fe2O3, цинка ZnO, марганца Мn2О3, хрома Сr2О3. Добавлением оксидов кобальта Со2О3, никеля можно изменить оттенок коричневой краски. Смешивая коричневые пигменты со свинцовым флюсом, получают надглазурную коричневую краску.

Черные краски получают из смеси оксидов железа Fe2O3, кобальта Со2О3, хрома Сr2О3. В зависимости от количественного содержания в краске каждого из них меняется оттенок черной краски (коричневый, темно-синий, зеленоватый).

Серые краски содержат черные пигменты, осветленные глиноземом Аl2О3, окисью цинка или светлыми пигментами. Применение платины и оксида иридия позволяет получить краски с красивыми и устойчивыми серыми тонами.

Белые краски, применяемые для смягчения тона других красок, получают путем спекания свинцовоборосиликатных сплавов с оксидами олова, циркония, цинка или путем смешивания с мелкоразмолотым фарфоровым черепком, прошедшим высокотемпературный обжиг. Хорошей кроющей способностью обладают белые краски на основе оксидов олова и циркония.

Надглазурные краски наносят тонким слоем на предварительнo обожженные керамические изделия. Обжиг ведется при температуре 720-860°С. Некоторые краски обжигают при температуре 550-600°С. После обжига краски приобретают красивый блеск и яркие тона, но надглазурные краски менее устойчивы при механических действиях по сравнению с подглазурными. Их достоинство — обширная цветовая палитра.

Подглазурные краски - это смесь пигментов с глазурью. Пигменты в состав подглазурных красок вводят в виде смеси оксидов металлов с добавлением каолина, оксида алюминия и др., придающих краскам устойчивость. В качестве добавок, улучшающих соответствие ТКЛР краски и ТКЛР поверхности черепка или поверхности глазури, в краску вводят глину, фарфоровую массу, ценной шпат и другие компоненты, повышающие вязкость массы, оказывающие химическое воздействие на красители при высокой температуре.

Для изготовления подглазурных красок в качестве пигментов применяют следующие красящие оксиды металлов: кобальта Со2О3 - для получения синего и голубого цветов; никеля NiO - коричневого и фиолетового; железа Fe2O3 - красного, коричневого, желтого; меди CuO зеленого, сине-зеленого; марганца Мn2О3 - коричневого, фиолетового, розового; хрома Сr2О3 - зеленого, красного; вольфрама WO3 и урана UO3 - желтого.

Оксиды металлов, входящие в состав подглазурных красок, должны обладать огнестойкостью, т. е. сохранять красящие свойства при температуре розлива глазури, не разлагаться, не растворяться, не вызывать дефектов глазури.

Оксид кобальта Со2О3 в чистом виде подвержен воздействию восстановительной среды при обжиге в печи, поэтому его применяют в соединениях с каолином, глиноземом, полевым шпатом, кварцем, фарфоровой массой и глазурью. Содержание оксида кобальта в этих смесях колеблется от 5% и более в зависимости от заданного тона смеси.

Оксид хрома Сr2О3 не требует специальных добавок, так как не подвержен действию восстановительной среды при обжиге керамических изделий. Он не растворяется в расплавленной глазури, а образует с ней суспензию, сохраняя свою окраску. Смесь, состоящая из 3 масcовых частей оксида хрома и 1 массовой части оксида кобальта, дает сине-зеленые оттенки. Для осветления основного тона в состав красителя вводят глинозем и оксид цинка.

Черную и коричнево-черную краски получают, смешивая в различных соотношениях оксиды хрома Сr2О3, железа Fe2O3, кобальта Со2О3 и марганца Мn2О3.

Для получения розовой краски используют золото, серой - платину, черной - иридий.

Подглазурные краски закрепляют на изделии обжигом. В процессе обжига цвет краски изменяется под действием температуры и газовой среды в печи. Поэтому при декорировании подглазурными красками к режиму обжига предъявляют особо строгие требования.

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

В зависимости от температуры обжига подглазурные краски можно подразделить на две группы: краски с температурой обжига до 1300°С и краски с температурой обжига 1300-1450°С.

Подглазурные краски с температурой обжига до 1300°С применяют для декорирования керамических материалов, например фаянса, температура политого1 обжига которых не превышает 1300°С. Поэтому эта группа подглазурных красок носит название фаянсовых подглазурных пигментов и красок. Они отличаются большим разнообразием тонов и оттенков.

К подглазурным краскам с температурой обжига 1300-1450°С относятся Подглазурные краски для фарфора. По сравнению с фаянсовыми они имеют более бедную цветoвую палитру, так как многие из них не выдерживают воздействия высокой температуры и восстановительной среды обжига фарфоровых изделий.

Краски-растворы составляют особую группу подглазурных красок. От порошковых красок они отличаются тем, что их приготовляют из растворимых в воде солей. Для закрепления красок-растворов на черепке их переводят в нерастворимые в воде вещества - в безводные оксиды соответствующих металлов. Для этого декорированное изделие прокаливают при температуре 800°С. При этом цвет красок-растворов меняется. Затем изделие глазуруют и направляют на высокотемпературный обжиг. В процессе высокотемпературного обжига оксиды металлов, полученные при разложении солей во время прокаливания, взаимодействуют с составными частями черепка изделия и глазури и окрашивают их.

Люстры - это тончайшие прозрачные надглазурные пленки, переливающиеся различными цветами в зависимости от вида используемых оксидов металлов, составляющих основу люстровых красок, и благодаря интерференции лучей в тонком слое краски.

Люстры бывают бесцветные (висмутовые, глиноземные, свинцовые и цинковые), окрашенные (урановые, железные, хромовые, кобальтовые, никелевые, медные, кадмиевые), смешанные (полученные смешением бес цветных с окрашенными) и металлические (составленные с серебром, золотом и платиной).

До нанесения на черепок люстры представляют собой растворы металлов или оксидов металлов в эфирных маслах. После обжига они без последующей обработки приобретают блеск. Металлические люстры очень близки к блестящим металлам (глянц-металлам). Люстровый слой на глазури закрепляется при довольно низких температурах (800°С) за счет введения в состав соединений оксида висмута.

Препарат "жидкого" золота представляет собой раствор органического соединения золота, так называемого харца, со скипидаром, нитробензолом и хлороформом. Содержание металлического золота в препарате обычно колеблется от 10-12 до 56%. После обжига изделий с нанесенным на них препаратом "жидкого" золота образуется зеркально-блестящая золотая пленка. Оттенки пленки зависят от концентрации препарата и от добавок незначительного количества других металлов (родия, серебра, хрома). Разбавление препарата золота приводит к изменению его свойств после обжига и браку изделий.

Препараты "жидкого" золота должны отвечать следующим требованиям:

1. Содержание Аu в 10% препарата не менее 9,98%;
2. Контуры, выполняемые пером, не должны растекаться;
3. Препарат на изделии должен высыхать за 10-20 минут, составляя блестящую коричневую пленку;
4. Должен выдерживать температуру обжига в пределах 750-810°С без выгорания;
5. Пленка после обжига должна быть прочной и не сниматься пальцем;
6. Поверхность после обжига должна быть блестящей, без матовых налетов и пятен.

Ангобы - белые или цветные жидкие керамические массы, представляющие собой диспергированные в воде, окрашенные или неокрашенные частицы глиняной массы. Ангобы наносят на поверхность изделия до его обжига в виде сплошного или частичного покрытия для получения более гладкой поверхности, маскировки нежелательной окраски изделий, создания рельефного рисунка и т. п. Ангоб может быть покровным слоем, не требующим дополнительной обработки и придающим изделию законченную фактуру и цвет, или промежуточным покрытием между черепком и последующим слоем глазури.

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

Глинисто-песчаные ангобы состоят из глины и коалина; в небольшом количестве в их состав входят песок или молотый шамот, мел и окрашивающие оксиды металлов (дли цветных ангобов). Глинисто-песчаные ангобы, обладающие высоким водопоглощением, используют для сплошного покрытия и нанесения рисунка на керамические изделия преимущественно гончарного производства, терракоты, майолики. Такие ангобы наносят, как правило, на сырые изделия.

В состав флюсных ангобов кроме глин и песка входят плавни. Плавни вводят для приближения свойств ангоба и свойствам глазури и снижения температуры спекания материалов, входящих в состав ангоба, по сравнению с температурой спекания материала самого изделия. Для легкоплавких флюсных ангобов (температура обжига 1050°С) в качестве плавней применяют свинцовые соединения, для тугоплавких (температура обжига свыше 1050°С) - полевой шпат, мел, доломит, известь.

Флюсные ангобы, обладающие невысоким водопоглощением, создают на изделиях гладкую малопористую одноцветную или многоцветную поверхность и одновременно служат их защитным покрытием.

Флюсные ангобы применяют преимущественно в архитектурно-художественной керамике как покрытия, уменьшающие водопроницаемость, не требующие дальнейшей дополнительной обработки и отличающиеся высокими декоративными качествами.

"Античные лаки" - разновидность флюсных ангобов, представляющая собой тонкие глинистые покрытия, получаемые отстаиванием взмученной глинистой суспензии (с добавлением соды) в течение суток. Отстоявшийся верхний равномерно взмученный слой сливают. Шликеры, дающие красный цвет, можно получить, отстаивая взмученные, свободные от глины пески.

И состав "античных лаков" могут входить продукты местного сырья, кремнезем, красящие оксиды железа, меди, марганца, титана, кобальта, хрома. Обжигают лаковые покрытия при температуре 900-1000°С. При обжиге в окислительной среде отстой белой глины дает белый цвет, если глина содержит оксиды железа, то красный цвет. При восстановительном обжиге оба состава дают черный цвет.

Ангобы приготовляют следующим образом. Предварительно промытые и отсортированные твердые материалы (пегматит, мел, стекольный бой) размельчают при сухом помоле на бегунах или в шаровых мельницах. Затем исходные материалы дозируют согласно составу и загружают в шаровую мельницу, куда добавляют 40% воды и при необходимости тонкомолотые красящие пигменты, пропущенные через сито. Помол и смешивание составляющих ангоба производят в течение 20-25 ч, затем суспензию процеживают и сливают в емкости.

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

Основные условия качественного покрытия изделий ангобами: безукоризненно чистая поверхность изделия, соответствие воздушной и огневой усадки ангоба и ангобируемого материала, шероховатая поверхность изделия для о6еспечения спекания ангоба с основным материалом. Толщина наносимого слоя ангоба не должна превышать 0,2 мм, так как более толстое покрытие при высыхании и обжиге может отслоиться.

Раздел 2. Характеристика этапов производства фарфоровой и фаянсовой посуды

## 

## 2.1 Расчет керамических масс по рациональным составам компонентов

В расчетах керамических масс большинство из использующихся сложных соединений дается в виде составляющих их элементов, соединенных с кислородом - окислов. Например, формула, представляющая собой натриевую соль борной кислоты Na2B4O7 представляют как Na2O\*2B2O3

В химическом анализе, например, кремний (Si) дается в виде SiO2, алюминий (А1) как Al2O3, кальций (Са) как СаО и т.д. Для полной оценки неизвестной глины необходимо знать, какие в ней присутствуют минералы и в каких количественных соотношениях. Эти данные можно получить непосредственно из так называемого рационального анализа или пересчетом данных химического анализа на минеральные составляющие.

Соответствующими исследованиями (Зегер и др.) было установлено, что высокие сорта каолинов и огнеупорных белых глин состоят в основном из собственно глинистого вещества, кварца и полевого шпата. Пользуясь избирательной способностью кислот и щелочей растворять составляющие глину минералы, был разработан особый способ анализа - рациональный. Крепкая серная кислота (H2SO4) разлагает при нагреве глинистое вещество на глинозем и кремнезем. При этом глинозем (определяемый затем аналитически) растворяется в серной кислоте, а кремнезем переходит в такую модификацию, которая может быть растворена уже в щелочах. Кварц и полевой шпат практически не растворяются в серной кислоте. Их обрабатывают другими способами. Таким образом, путем рационального анализа можно получить данные минеральных составляющих глины или каолина.

Формула Зегера (молекулярная). В формулах сложных составов основные окислы типа R2O (К2О, Na2O, Li2O и т. п.) и типа RО (СаО, MgO, SrO и т. п.) принято писать в одной группе и приводить их сумму молей (грамм-молекул) всегда к единице, т.е. к одному молю, при этом число молекул типа R2O3 (AI2O3, Сr2О3 и т. п.) и число кислотных окислов типа RO2 (SiO2, TiO2) и некоторых других вычислять, т. е чтобы все силикаты можно было выражать единой молекулярной формулой.

По содержанию R2O и RО считают, что повышение содержания К2О за счет СаО в фарфоре способствует снижению температуры обжига такой массы. В фаянсовой массе увеличение содержания К2О за счет СаО содействует получению более прочного и твердого фаянса. В обоих случаях повышение содержания СаО содействует образованию стеклофазы в фарфоре повышенной хрупкости.

Химический анализ глин мало говорит об их технических особенностях. Учитывая рациональный и химический составы, можно предсказать не только технические и утилитарные свойства керамики, но даже художественные, как, например, просвечиваемость и "теплоту" черепка. Подчеркнем, однако, что химический анализ без других данных мало характеризует технические особенности глин и глинистых масс.

## 2.2 Подготовка пластических масс и литейных шликеров

Все сырьевые материалы, кроме обогащенного каолина, подвергаются сортировке, т.е. удалению из них примесей. Из глины отсортировывают куски, содержащие большое количество посторонних включений (корни растений, торф, уголь) или сильно запесоченные, из полевого шпата и кускового пегматита - куски с железистыми включениями, кварцем, слюдой. При сортировке боя (черепка) изделий удаляют черепки с железистыми выплавками и другими включениями.

Кварц, полевой шпат и пегматит поступают на заводы в крупных кусках. Эти каменистые материалы обладают высокой прочностью, что затрудняет их дробление и помол. Для облегчения дробления и последующей сортировки кварц и полевошпатовые материалы предварительно обжигают в камерных печах периодического действия при 850-900°С. Полевой шпат в больших количествах обжигают также во вращающихся печах. При обжиге и в особенности при последующем резком охлаждении куски камня растрескиваются, благодаря чему легко обнаруживаются вредные, содержащие железо включения - слюда, роговая обманка и другие, так как при обжиге кварц и полевошпатовые породы с примесями железистых соединений окрашиваются в желто-коричневый цвет. Обжиг и резкое охлаждение каменистых материалов облегчают не только их дробление на бегунах и помол в шаровых мельницах, но и снижают износ гранитных катков, футеровки мельниц, повышает производительность оборудования, благодаря чему частично компенсируются затраты на предварительный обжиг.

Обожженные, отсортированные и промытые каменистые материалы (полевой шпат, пегматит, кварц, гусевский камень и другие), а также кусковые (мрамор, доломит, фарфоровый и фаянсовый бой) измельчают на дробильно-помольных машинах. В процессе измельчения применяются дробление и помол.

Способы измельчения выбирают в зависимости от физических свойств материала, степени крупности кусков и степени измельчения. По степени крупности материал подразделяют на крупный (размеры кусков более 500 мм), средний (размеры кусков от 500 до 10 мм), мелкий (размеры кусков менее 10 мм).

Наиболее распространены следующие способы измельчения материалов: раздавливание, истирание, изгиб, удар, раздавливание и изгиб, удар и истирание и т.д.

Все сырьевые материалы проходят магнитную сортировку, так как при транспортировке и переработке они загрязняются металлическими включениями, которые в процессе обжига окрашивают изделия в неприемлемые цвета или образуют пятна.

Магнитная сепарация основана на способности железосодержащих материалов притягиваться к полюсам магнита. По магнитной восприимчивости материалы подразделяются на сильно магнитные (железо, магнетит и др.), слабомагнитные (сидерит, гематит, циркон, корунд и др.) и немагнитные (гранит, кварц, рутил, пирит, доломит и др.).

Мелкие металлические включения удалять из порошков очень трудно, так как слой порошка оказывает сильное сопротивление выходу из него магнитных частиц. Поэтому для магнитного обогащения порошков применяют подвесной электромагнитный сепаратор с вибратором. При вибрации тонкого слоя порошка (не более 100 мм) в магнитном поле создаются условия для свободного выхода магнитных частиц.

Измельченные, обогащенные и просеянные материалы хранятся в специальных ларях или бункерах, которые внутри обиты или выполнены из коррозионно-стойких материалов или дерева.

Глинистые материалы предварительно измельчают на глинорезных машинах, подвергают ручной сортировке и распускают в сборниках, снабженных лопастными мешалками.

Подготовленные глинистые материалы, а также сушье (засохшая масса, бой изделий, прошедших сушку) и обрезки, поступающие из формовочного цеха, распускают по отдельности в воде в резервуарах-сборниках, снабженных лопастными мешалками. Влажность полученных суспензий должна быть в пределах, %: глинистой 72-80, каолиновой 62-70, из сушья и обрезков - 62-68.

После распускания глинистые материалы подвергаются ситовому и магнитному обогащению.

Ситовое обогащение осуществляется при пропускании суспензии через сита разных номеров и конструкций, в результате чего суспензия освобождается от крупных включений, однако не освобождается от мельчайших частиц железа и железосодержащих магнитных материалов, присутствие которых в массе вызывает появление желтого цвета или "мушек".

Магнитная сепарация жидких керамических масс и глазурей осуществляется с помощью стальных магнитов, уложенных на дне лотков для транспортирования суспензий, переносных электромагнитов, электромагнитных сепараторов с сетчатыми полюсами, а также электромагнитных сепараторов с каскадным расположением магнитов на дне лотка.

После ситового и магнитного обогащения керамическая суспензия поступает в мешалки-сборники, где она хранится и перемешивается.

Глинистые материалы из сборников-хранилищ перекачивают в сборники-смесители, предварительно пропустив через вибросито. Затем в сборники-смесители подается суспензия отощающих материалов, прошедших тонкий помол.

Суспензию фарфоровой и фаянсовой массы, поступающую из сборников-смесителей, подвергают последовательно ситовому и магнитному обогащению на электромагнитных или ферромагнитных очистителях. Обогащенная фарфоровая суспензия должна иметь тонину помола, характеризующуюся остатком 0,5-1,0%, влажность в пределах 55-60%, а фаянсовая масса - остаток на сите не более 1,5-3% и влажность 62-68%.

Готовая суспензия подается в расходные сборники. Для облегчения и ускорения последующей фильтрации суспензию в сборниках подогревают острым паром до температуры не более 40 °С.

При производстве фарфоровых и фаянсовых изделий бытового назначения в основном используются способы формования из пластичной массы. Для формования фарфоровых изделий используют массу влажностью 22-25%, а для фаянсовых - влажностью 21-23%.

Процесс снижения влажности суспензий до получения пластичной массы основан на отделении и задержании твердых частиц пористыми материалами, пропускающими воду. Он включает следующие операции: транспортирование суспензий, удаление избытка воды, удаление и очистку фильтрата (ретурных вод).

Готовая суспензия из расходных сборников подается на обезвоживание насосами различных конструкций (плунжерные, поршневые, мембранные).

Скорость обезвоживания на фильтр-прессах зависит: от влажности массы, количества и состава вводимого электролита, вязкости суспензии, размеров частиц массы, температуры суспензии, состояния фильтровального полотна и давления.

Процесс фильтр-прессования ускоряют путем соответствующего корректирования влажности суспензии, поступающей в фильтр-пресс, до возможно минимального водосодержания (63-53%). Уменьшение водосодержания суспензии достигается вводом в него электролитов (жидкого стекла и соды).

Массы, полученные после фильтр-прессования, имеют неоднородное строение по толщине коржа (в центре содержится больше отощающих материалов, а на периферии - пластичных, а также неодинаковое распределение влаги (в центре коржа более влажная масса, чем по краям). Кроме того, при смешивании фильтр-прессных коржей в массе остаются значительные включения воздуха, которые, подобно зернам отощающего материала, снижают ее пластичность, увеличивают брак при сушке, уменьшают плотность и просвечиваемость фарфоровых тонкостенных изделий.

Процесс усреднения состава и влажности массы называется гомогенизацией, а процесс удаления из массы воздуха – вакуумированием (он идет внутри вакуум-камеры). Гомогенизация и вакуумирование фарфоровых и фаянсовых масс осуществляется в вакуум-мялках.

В результате хорошего промина и вакуумирования массы повышается механическая прочность отформованных из нее изделий, уменьшается их усадка, сокращается вероятность образования такого дефекта, как деформация изделий при сушке и обжиге.

После вакуумирования масса поступает на вылеживание в закрытые помещения с повышенной влажностью на срок не менее 7 суток. В процессе вылеживания в массе проходят биологические и физико-химические процессы, в результате которых увеличивается пластичность масс и механическая прочность высушенного полуфабриката.

Существует и другой метод приготовления тонкокерамических пластичных масс с использованием заранее молотых каменистых и глинистых компонентов. После дозирования из них приготовляют суспензию влажностью 35-50%, которую высушивают в распылительных сушилках до влажности 5-8%. Полученный порошок смешивают в быстроходных противоточных смесителях с водой или с суспензией и получают массу с влажностью 20-25%. Массу подвергают вакуумированию в вакуум-мялках. Этот метод не нашел широкого применения на заводах фарфорово-фаянсовой промышленности из-за больших энергозатрат.

## 2.3 Характеристика основных способов формования фарфоровой и фаянсовой посуды

Назначение формования – придать форму, размер, плотность и необходимую прочность полуфабрикату.

При изготовлении фарфоровой и фаянсовой посуды используют в основном два метода формования: формование из пластичной массы с использованием гибсовых или синтетических форм и метод литья из шликера в гибсовые формы.

Методом формования из пластичных масс изготовляется 95-97%, а методом литья из шликера в гибсовые формы – 3-5%. Метод прессования изделий из пресс-порошка в металлических пресс-формах применяется очень редко.

Процессы пластического формования основываются на способности тестообразных масс к пластическому течению, т.е. к изменению формы без разрывов сплошности под влиянием приложенных внешних сил (давления ролика или шаблона) и к ее сохранению после снятия этих усилий. При пластическом формовании изделий наиболее полно используются такие свойства керамических масс, как пластичность и формовочная способность, а также способность отдавать часть содержащейся в них воды пористым формам, давать усадку и легко отделяться от пористой поверхность форм.

Каждой группе формуемых изделий различной конфигурации соответствуют оптимальные формовочные свойства массы, регулируемые изменением ее влажности, которая колеблется от 19-27%, а также корректировкой состава. Введение в массу (до определенного предела) высокопластичных жирных глин или бентонита при одновременном уменьшении количества отощающих материалов (кварца, полевого шпата) приводит к улучшению условий формования. Чрезмерное количество пластичных материалов в массе снижает формовочную способность массы ввиду прилипаемости ее к поверхности форм. На прилипаемость массы к гибсовым формам влияют также состояние поверхности, влажность гибсовых форм и температура формующих органов полуавтомата (роликов, формующей головки). Высокая температура (более 140°С) шаблона может стать причиной рыхлости наружной поверхности изделия. Низкая температура (ниже 90°С) шаблона вызывает прилипание пласта к шаблону.

Такие изделия, как тарелки, чашки, чайники (имеющие форму тел вращения), изготовляются в гибсовых или пластмассовых формах с помощью роликов и профилированных шаблонов (головок) на автоматах, полуавтоматах, станках.

Заготовками служат главным образом цилиндрические пласты керамической массы разного диаметра и толщины в зависимости от ассортимента и размеров формуемого изделия.

Принцип формования основан на том, что положенный на форму или в форму пласт массы (заготовку) прижимают к ней шаблоном (роликом), придавая нужный профиль.

Наружная поверхность полых изделий формуется внутренней поверхностью формы, а шаблоном – внутренняя поверхность полуфабриката. При формовании же плоских изделий – наоборот.

Формование осуществляют с использованием плоских (тонких или утолщенных) и объемных шаблонов (роликов).

Достоинства метода формования изделий из пластичных масс с использованием плоских или объемных шаблонов заключаются в том, что можно формовать изделия различных размеров, имеющих форму тел вращения, на относительно несложном и производительном оборудовании. Кроме того, этот метод обеспечивает получение в процессе формования на одном изделии стенок различной толщины (у края, в середине, на дне и других местах), что позволяет снизить количество брака изделий от деформации при сушке и обжиге.

Существенным недостатком пластического формования является то, что масса, сжимаемая с двух сторон поверхностью формы и формующего ролика (шаблона), приобретает неоднородную текстуру, что приводит к их короблению при сушке.

Шликерное литье является одним из старейших методов формования фарфоровых и фаянсовых изделий.

Перед пластическим формованием отливка изделий имеет следующие преимущества: сокращение производственного цикла приготовления массы за счет устранения фильтрации и перемина, легкость транспортирования шликера на любые расстояния, устранение отходов и сокращение потерь массы, возможность изготовления тонкостенных изделий и другие. Существенные недостатки формования изделий методом литья – высокая трудоемкость, тяжелые условия труда, потребность электролита и значительных площадей, быстрый износ гибсовых форм.

Литье керамических изделий в пористые формы основано на способности шликера заполнять гибсовую форму и отдавать воду пористой форме с образованием на ее поверхности плотного слоя массы – формуемого изделия. Широко используются два способа литья: сливной и наливной. Существует еще доливной, или комбинированный , способ литья, который применяется редко, при изготовлении изделий сложной формы.

При сливном способе шликер заливается в пористую форму (гибсовую или пластмассовую) и заполняет всю ее внутреннюю полость. Через некоторое время в результате способности гибсовой пористой формы отсасывать воду из шликера на границе форма – шликер образуется уплотненный слой массы, толщина которого будет зависеть от свойств шликера и гибсовых форм. Избыток шликера сливается, а в форме остается уплотненный слой массы, т.е. формуемое изделие. Этот способ обеспечивает получение полуфабриката с постоянной толщиной стенки и применяется в основном для формования мелких тонкостенных полых изделий (чашек, сливочников и др.).

При наливном способе стенки изделия образуются между двумя стенками гибсовой формы. Шликер непрерывно доливают в форму до полного заполнения ее массой. Значительная убыль объема шликера за счет удаления воды компенсируется его переодической доливкой или непрерывным поступлением из заранее заполненной надставки к форме, так называемой литниковой прибыли. Этот способ пригоден для отливки изделий с большой толщиной стенок: овальные блюда, селедочницы, а также детали – ручки, носики и т.п. При наливном способе обеспечивается равная толщина стенок изделий, а влажность и расход шликера минимальны.

При доливном способе отливки отдельно отливают детали (ручки, носики и др.), а затем их собирают в общей форме и отливают совместно с корпусом изделия.

Метод прессования позволяет получать изделия строго заданного размера и формы, не требует изготовления большого количества гипсовых форм, что уменьшает затраты на отправку отформованных изделий.

Керамические порошки представляют собой трехфазную систему, состоящую из твердой минеральной части, жидкой фазы - воды и воздуха.

В зависимости от влажности пресс-порошка и от прилагаемого давления прессования различают сухой, полусухой и влажный способы прессования.

При сухом способе прессования, применяемом в производстве изделий бытового назначения, из пресс-порошка частично удаляется воздух, гранулы порошка пластически деформируются, увеличивается поверхность контактов, из увлажненного порошка выжимается влага, что способствует склеиванию гранул по контактным поверхностям. Минимальное содержание воздуха в пресс-порошке (обычно до 30%) обеспечивается правильным подбором его зернового состава. Основная масса пресс-порошка (более 80%) после распылительной сушилки имеет размер зерен 0,2-0,5 мм.

Режим прессования определяют: направление приложения нагрузки, цикличность, количество стадий, скорость увеличения давления, выдержку при максимальном давлении.

## 2.4 Влияние процессов сушки изделий на их качество

Сушкой называется процесс удаления влаги из материалов испарением. При сушке керамических изделий уменьшается их объем (воздушная усадка) за счет уменьшения толщины гидратных оболочек глинистых частиц, повышается прочность сырца.

Сушка изделий обычно разделяется на два периода. Первый - подвялка изделий. В этом периоде сушка осуществляется до кожетвердого состояния массы. Влажность изделия в результате подвялки составляет около 18%. После подвялки во многих случаях (в зависимости от характера керамического материала) непосредственно идет оправка изделия. Второй период - окончательная сушка до влажности 2-6%. Для создания рационального режима сушки в каждом конкретном случае необходимо учесть вид керамической массы, характер отформованного изделия, его размеры, толщину, конфигурацию.

Режимом сушки называется изменение интенсивности влагоотдачи изделия путем изменения температуры, относительной влажности и скорости движения теплоносителя. Изменение режима сушки вызывает изменение интенсивности влагоотдачи изделия, которая определяется количеством влаги, испаряемой с единицы поверхности высушиваемого изделия в единицу времени.

Режим сушки регулируют, изменяя температуру или количество теплоносителя, подаваемого в сушилку.

Процесс сушки можно разделить на несколько периодов:

1) прогрев, характеризующийся быстрым возрастанием скорости сушки до максимальной величины;

2) период постоянной скорости сушки, когда количество влаги, удаляемой с поверхности изделия, максимально и равно количеству влаги, поступающей из его внутренних слоев. Скорость сушки остается постоянной до тех пор, пока влажность не станет одинаковой по всему сечению изделия, т. е. до момента достижения средней влажности, называемой критической;

3) период падающей скорости сушки наступает после достижения критической влажности материала; в это время скорость сушки уменьшается и по достижении влажности, называемой равновесной, становится равной нулю.

Все материалы могут быть высушены только до равновесной влажности, которая зависит от относительной влажности и температуры теплоносителя. Таким образом, при сушке удаляется влага материала за вычетом равновесной.

В этот период температура материала повышается и в конце сушки, когда испарение прекращается, приближается к температуре теплоносителя.

Процесс сушки керамических изделий представляет собой превращение содержащейся в них воды из жидкого состояния в парообразное и последующее удаление ее в окружающую среду. При этом необходимым условием сушки является наличие внешнего источника тепла, нагревающего изделия. Находящаяся в керамических массах и изделиях вода делится на физическую и химически связанную. Физической называется та часть воды материала, которая не входит ни в какие соединения с ним. Физическая вода находится в изделии в жидком или парообразном состоянии и может быть удалена полностью при нагреве материала до 100-110°. При этом керамическая масса становится непластичной, но с добавлением воды пластические свойства массы восстанавливаются.

Химически связанной водой называется вода, находящаяся в химическом соединении с отдельными элементами керамической массы. Удаление химически связанной воды происходит при более высоких температурах - от 500°С и выше. При этом керамическая масса безвозвратно теряет свои пластические свойства.

Анализируя процессы, происходящие при сушке материалов, необходимо отметить следующее:

1) содержащаяся в материале вода при температуре 80-90°С испаряется. В этом случае имеет место поверхностное испарение или внешняя диффузия влаги;

2) при испарении влаги с поверхности материала в окружающую среду влага из внутренних слоев изделия перемещается к его поверхности. Происходит внутренняя диффузия влаги.

Процесс сушки можно рассматривать как комплекс параллельно протекающих явлений. К ним относятся:

а) испарение влаги с поверхности материала;

б) внутренние перемещения (диффузии) влаги в материале;

в) теплообмен между материалом и окружающей газообразной средой.

При испарении влаги с поверхности изделий влажность поверхностных слоев по сравнению с внутренними слоями уменьшается и возникает так называемый перепад (градиент) влажности.

Сушка изделий осуществляется преимущественно двумя способами передачи тепла: конвекцией и излучением.

При сушке конвекцией источником тепла служит нагретый воздух, направляемый центробежными вентиляторами из зоны охлаждения туннельных печей, а также пар, подаваемый в калориферы, устанавливаемые внутри или вне сушилки. При сушке конвекцией испарение влаги с поверхности полуфабриката менее интенсивно, чем при радиационой, но более интенсивно, чем при естественной сушке. При конвективной сушке передача тепла изделию осуществляется недостаточно эффективно из-за плохой теплопроводности воздуха, омывающего его поверхность. Но этот метод наиболее дешевый и потому широко используется в производстве тонкокерамических изделий.

При сушке излучением (радиацией) источником тепла является электроэнергия, посредством которой нагреваются металлические теплоизлучатели (обычно нехромовая проволока), или лампы накаливания, а также газ, сжигаемый в специальных горелках панельного типа. Использование радиационного обогрева электрическими и газовыми излучателями с направленным потоком лучистой энергии на каждое изделие в отдельности наиболее эффективно.

Широко внедряется в промышленность сушка инфракрасным излучением. Источником инфракрасных излучений служат все тела, нагретые выше 700°С. Особенно эффективны темные излучатели (98% оксида магния и 0,08% оксидов железа).

При нагреве сырого полуфабриката инфракрасными лучами происходит поглощение материалом лучистой энергии, которая, преобразуясь в тепловую, быстро проникает в тело изделий благодаря высокой теплопроводности влажного полуфабриката.

Небольшая глубина проникновения лучистой энергии и недостаточная теплопроводность керамики способствуют большим перепадам температур и влажности в полуфабрикате, что затрудняет сушку толстостенных изделий без трещин при непрерывном облучении. Поэтому более эффективна импульсная (прерывная) сушка, когда инфракрасное облучение чередуется с конвективной сушкой, что увеличивает скорость сушки на 20-30%. Рекомендуется следующий режим облучения изделий: длительность инфракрасного нагрева из поверхности 4-10 с, выдержка без облучения 20-80 с. За это время влага перемещается из внутренних слоев к поверхности. При таком режиме сушки изделия нагреваются незначительно при малом градиенте влажности, что исключает образование трещин при больших скоростях сушки.

При использовании инфракрасного излучения или комбинированной сушки необходимо обеспечить интенсивный отбор влажного воздуха, так как пары воды, образующиеся над поверхностью изделий, сильно поглощают инфракрасные лучи, снижая тем самым эффективность сушки.

При удалении влаги из глины или сформованного керамического изделия пластичной консистенции происходит уменьшение их первоначального размера, т.е. воздушная усадка, так как силы поверхностного натяжения сближают частицы глины. Величина усадки при сушке изделий, сформованных из определенной массы одной и той же влажности, изменяется в зависимости от условий и интенсивности сушки.

С увеличением скорости сушки остаточная влажность изделий, при которой прекращается усадка, имеет большую величину, чем при медленной сушке, но их воздушная усадка меньше. Это связано с тем, что при более интенсивной сушке увеличивается градиент влагосодержания внутри изделий. При этом поверхностные слои стремятся сократиться в размерах больше, чем внутренние, препятствующие усадке верхних слоев и не позволяющие им сократиться до размеров, которых они достигают при медленной сушке.

Образование трещин является основным дефектом при сушке и обусловливается неравномерными деформациями из-за неравномерных полей влагосодержания и температуры. Образование трещин может также вызываться избыточным давлением паров влаги внутри изделия при интенсивном внутреннем парообразовании. Наиболее опасными при этом являются напряжения, вызванные перепадами влагосодержания.

С точки зрения объемно-напряженного состояния и характера образующихся трещин процесс сушки керамических изделий пластического формования необходимо разбить на два периода:

* период активного нагружения и образования поверхностных трещин;
* период разгрузки с последующим нагружением обратного знака, вызывающим внутреннее трещинообразование.

На деформацию и образование трещин оказывают влияние не только форма, но также вес и размер изделий. С увеличением веса и размера изделий увеличивается продолжительность их сушки, особенно в первый период, когда при интенсивной сушке создаются условия для образования недопустимых перепадов влажности между центральными и поверхностными слоями.

## 2.5 Обжиг изделий: режимы и сущность процессов

Понятие обжиг включает в себя комплекс последовательно происходящих в обжигательной печи процессов: подогрев исходного материала, доведение температуры обжигаемого материала до установленного для него максимума со всеми регламентированными технологией температурными и газовыми выдержками (в окислительной, восстановительной или нейтральной газовой среде) и охлаждение готовой продукции. Время от начала подогрева исходного материала до окончания охлаждения готовой продукции называется циклом обжига.

Керамические изделия подвергают преимущественно двукратному обжигу, но существует и однократный обжиг изделий. На однократный обжиг поступают изделия, прошедшие сушку и глазурирование. При двукратном обжиге на первый (утельный) обжиг поступают высушенные неглазурированные изделия, на второй (политой) обжиг поступают изделия, прошедшие утельный обжиг и глазурирование, т.е. изделия, на обожженный материал которых нанесена глазурная суспензия.

Назначение утельного обжига заключается в том, чтобы придать черепку прочность, достаточную для глазурования и транспортирования изделий, а также обеспечить максимально возможную степень дегазации (дегидратации) массы. При этом фарфоровый полуфабрикат максимально освобождается от органических и других газообразующих составляющих массы, что положительно сказывается на качестве политого обжига и продукции в целом: резко снижаются отходы при политом обжиге, достигаются более высокие качественные показатели и эксплуатационные свойства готовой продукции.

Используют две схемы двукратного обжига изделий:

1. Утельный обжиг осуществляется при температуре значительно ниже температуры политого обжига;

2. Температура утельного обжига превышает температуру политого обжига.

По первой схеме обжигаются, например, фарфоровые изделия, т. е. первый обжиг осуществляется при температуре 850-1000°С, второй - при 1260-1450°С. При производстве же фаянсовых изделий используют вторую схему, когда температура первого обжига составляет 1280°С, а второго (после глазурования) - 1140-1160°С (фаянсовая схема).

В процессе первого обжига из изделий удаляется механически связанная и гигроскопическая вода (при температуре 110-130°С), происходит дегидратация глинистого вещества, и частичное удаление химически связанной гидратной воды (при температуре 500-600°С), выгорание органических веществ и частичная декарбонизация (термическое разложение) углекислых магния MgCO3 и кальция СаСО3. В результате этих физико-химических процессов керамический полуфабрикат приобретает механическую прочность и освобождается от газообразных составляющих массы. Степень освобождения зависит от температуры и продолжительности обжига. Чем выше температура и продолжительность обжига, тем меньше в массе полуфабриката остается газообразных продуктов, тем выше качество политого обжига и продукции в целом.

Однако температура первого низкотемпературного обжига может повышаться до определенного предела, после которого ее рост нежелателен, так как при этом резко снижается пористость черепка по водопоглощению и затрудняется процесс глазурования изделий.

Политой обжиг можно разделить на ряд периодов, каждый из которых протекает при определенном температурном режиме и газовой среде, что обеспечивает постепенное формирование черепка с необходимыми свойствами.

Первый период обжига фарфора (20-950°С) характеризуется различными физико-химическими реакциями, зависящими от предварительной подготовки изделий к политому обжигу, а также от сушки изделий после глазурования. Предварительная подготовка зависит от степени первого обжига и определяется наличием в составе изделий газообразных продуктов.

В первую очередь удаляется остаточная механически связанная и гигроскопическая вода. Оба вида воды испаряются при температуре 110-130°С.

После прогрева фарфоровых изделий осуществляется более интенсивный подъем температуры. В этом интервале температур происходит окончательная дегидратация глинистого вещества и полное удаление химически связанной гидратной воды, если этот процесс не получил завершения при первом обжиге. Наиболее активно пары гидратной воды выделяются в интервале температур 500-600 °С.

Поскольку при указанных температурах фарфор обладает еще достаточно большой пористостью, бурное выделение влаги в этот период не приводит к растрескиванию черепка изделий. Печная газовая среда не влияет на удаление гидратной воды.

Примерно с температуры 200 до 500°С изделия при обжиге поглощают (адсорбируют) сажистый углерод из дымовых газов. Выше 700°С начинается его постепенное выгорание, которое более активно происходит в окислительной среде. Одновременно осуществляется возгонка органических веществ, содержащихся в глинистых материалах, которая также сопровождается науглероживанием черепка. Чтобы уменьшить науглероживание изделия в этом интервале температур поддерживают окислительную газовую среду (α = 2-4).

Не выгоревший при достижении 1000°С углерод, как и остатки не удаленной влаги, на более поздних этапах обжига способствуют образованию вздутий в виде "прыщей" в результате закрытия жидкой фазой, которая начинает образовываться при температуре 950°С, некоторой части капилляров в обжигаемом черепке.

Не выгоревший к началу восстановительного периода адсорбированный черепком углерод может вызвать дефекты и в последующих периодах обжига фарфора, особенно в начальный период охлаждения, поскольку после периода восстановления, когда соотношение СО:СО2 станет меньше 0,1, возможно его выгорание с образованием газовых пузырьков, обусловливающих возникновение на фарфоре наколов и кратеровидных углублений.

Органические вещества так же, как и адсорбированный углерод, должны быть полностью удалены из черепка к началу восстановительного периода в резко окислительной газовой среде с избытком свободного кислорода (около 4-6%), поскольку при температуре свыше 1050°С обжиг уже ведется в восстановительной атмосфере.

Необходимость выжигания органических веществ до температуры 950°С обусловлена еще и тем, что при этой температуре фарфор обладает достаточно высокой пористостью (газопроницаемостью), способствующей беспрепятственному выходу газов, которые образуются при сгорании органических веществ. Продолжительность выжигания органических веществ из фарфора зависит от его толщины и содержания кислорода, а также от объема садки.

В этом периоде (при температуре 575°С) обжига происходит реакция превращения β-кварца в α-кварц, которая сопровождается увеличением объема изделий, что, однако, не вызывает появления дефектов. Объясняется это наличием большого количества пор в нагреваемой фарфоровой массе. Кроме того, при расширении в поверхностных слоях изделия возникают сжимающие усилия, которым материал хорошо сопротивляется.

До температуры 1000°С заканчивается декарбонизация (термическое разложение) углекислых магния MgCO3 и кальция СаСО3, присутствующих в фарфоровой массе. Карбонат магния MgCO3 начинает разлагаться при температуре 650°С, а карбонат кальция СаСО3 - при 920°С.

При таких относительно низких температурах материал имеет еще большую газопроницаемость, что способствует беспрепятственному выходу образующегося при разложении карбонатов углекислого газа СО2.

Второй период обжига протекает при температуре от 950 до 1050°С в резко окислительной среде. В этот период кроме завершения реакции декарбонизации и превращения β- в α-кварц происходит интенсивное выгорание углерода в черепке, полное освобождение материала от остатков гидратной воды, а также окисление соединений железа.

Нагрев изделий во второй период обжига носит почти изотермический характер, что способствует выравниванию температурного поля в объеме садки изделий.

Третий период обжига - восстановительный. Восстановительный период создается увеличением концентрации СО в продуктах горения топлива в температурном интервале 1050-1250°С. Оксид углерода СО восстанавливает оксид железа Fe2O3 до оксида FeO, а сульфаты кальция CaSO4 и натрия Na2SO4 - до сульфидов и сульфитов, что предотвращает вспучивание черепка и способствует созданию эффекта "отбеливания" фарфора. Кроме того, FeO благоприятствует образованию стекловидной (жидкой) фазы, расширяет интервал спекания. Стекловидная фаза, в свою очередь, способствует интенсивности протекания реакции муллитообразования (муллит - основная составляющая кристаллической фазы фарфора).

Реакции восстановления оксида железа Fe2O3 до FeO осуществляется по следующим схемам:

3Fe2O3 + СО = 2Fе3О4 + CO2

Fe3O4 + СО = 3FеО + CO2

O2 + 2СО = 2CO2

2FeO+ SiO2 = 2FеО•SiO2

Повышение температуры в этот период обжига и концентрации СО ускоряет реакции, но при слишком интенсивном или слишком позднем (по температуре) процессе восстановления скорость образования стекловидной фазы может превзойти скорость восстановительных реакций, и газы, не найдя выхода из черепка, вызовут образование в нем вздутий. Стекловидная фаза образуется в основном в интервале температур 1150-1170°С, хотя в небольшом количестве она образуется уже при температуре 950-1000°С. В фарфоровой массе присутствуют и другие компоненты, выделяющие газы при нагреве, поэтому эти газы должны быть также удалены до достижения температуры 1170°С, т. е. до плавления полевого шпата, когда фарфор обладает еще достаточной газопроницаемостью.

Реакции восстановления сульфатов кальция CaSO4 и натрия Na2SO4 протекают по следующим схемам:

CaSO4 + CO = CaSO3 + CO2

CaSO3 + СО = СаО + SO2 + CO2

Na2SO4 + CO = Na2SO3 + CO2

Na2SO3 + CO = Na2O + SO2 + CO2

Если восстановительную среду в этот период заменить окислительной, то разложение сульфатов закончится при температурах, превышающих точки плавления полевого шпата, что также приведет к образованию вздутий. Восстановительная среда значительно снижает температуру газовыделения компонентов массы, что способствует получению бездефектного (без вздутия) черепка.

В продуктах горения СО может содержаться в количестве от 3 до 8% в зависимости от типа печи. Увеличение содержания СО нежелательно, так как при этом в продуктах горения образуется сажа, которая осаждается на изделиях. При дальнейшем ее выгорании могут возникнуть дефекты на глазури - наколы.

Продолжительность восстановительного периода определяется в основном толщиной и формой обжигаемых изделий.

Рассматриваемый температурный интервал 1050-1250°С сопровождается интенсивной усадкой массы. При этом капилляры и поры в черепке постепенно закрываются, а диффузия газов затухает. Наиболее интенсивно усадка протекает в интервале температур 1000-1200°С. Наибольшая усадка соответствует и наибольшему уплотнению черепка.

Четвертый период обжига (1250-1410°С) - спекание фарфора - протекает в условиях нейтральной среды.

В этот период продолжается разложение алюмосиликатов, содержащихся в керамической массе, на свободные оксиды с последующим образованием муллита (3А12О3 • 2SiO2) и свободного кварца; завершается образование стекловидной и кристаллической фаз; происходит спекание фарфора, при котором он приобретает основные физико-механические свойства, а также химическую стойкость.

Этот период протекает от температуры 1250°С до конечной температуры обжига, величина которой в зависимости от состава фарфоровой массы может колебаться от 1280 (мягкий фарфор) до 1410°С (твердый фарфор). Чтобы получить требуемую микроструктуру, характеризующуюся закрытой пористостью от 2 до 4%, оптимальную температуру обжига устанавливают на 20-50°С выше температуры наибольшего уплотнения. Повышение температуры выше оптимальной вызовет пережог фарфора, при котором снижается белизна, увеличивается пористость, уменьшается прочность изделий.

Четвертый период обжига завершается выдержкой при максимальной температуре в течение времени, необходимого для завершения реакций спекания, а также более равномерного распределения кристаллической фазы в стекловидной. Длительность выдержки зависит от объема обжигаемых изделий. Чрезмерное увеличение выдержки вызывает пережог изделий. Отсутствие же выдержки при быстром подъеме температуры от 1250°С до максимальной создает недожог изделий.

Пятый период обжига - резкое охлаждение. При охлаждении фарфора большое значение имеет точка перехода стекловидной фазы из расплавленного в твердое упругое состояние и точка отверждения глазури.

Температуре перехода в твердое состояние соответствует точка отверждения глазури на фарфоре. У глазypeй твердых фарфоров эта точка находится около температуры 700°С, у глазурей мягких фарфоров - 550°С. Для того чтобы между черепком и глазурью не появились термические напряжения, рекомендуется снижать скорость охлаждения в этих интервалах температур. В противном случае может возникнуть растрескивание глазурного покрова. Чрезмерно замедленное охлаждение может привести к потере блеска глазури из-за ее кристаллизации.

На начальной стадии охлаждения (1410-1000°С) на фарфоровых изделиях могут возникнуть два вида дефектов: желтизна на поверхности и матовость глазури. Желтизна возникает в результате окисления железа: 4FeO + O2 = 2Fe2O3. Оксид железа Fe2O3 придает желтый оттенок поверхности изделий. Хотя желтый оттенок не ухудшает остальных свойств фарфора, но при этом портится внешний вид изделия. Желтизна может быть устранена при повторном обжиге, выполненном по нормальному режиму. Матовость глазури возникает из-за ее кристаллизации.

При быстром охлаждении от 1410 до 1000°С в воздушной (окислительной) среде в связи с большой интенсивностью начальной стадии охлаждения окисление FeO и кристаллизация глазури становятся невозможными, вследствие чего черепок сохраняет белизну и блеск глазури.

Шестой период обжига - охлаждение. При дальнейшем охлаждении в интервале температур 1000-700°С жидкая фаза окончательно затвердевает и фарфор переходит из вязкого состояния в хрупкое. В этот период в изделии возникают термические и механические напряжения. Термические напряжения, возникшие из-за разности температур в период упругого состояния, исчезают после выравнивания температуры по толщине изделий, поэтому их называют временными. Термические напряжения могут привести к разрушению изделий при охлаждении. При застывании жидкой фазы в изделии возникают механические напряжения вследствие неравномерности усадки массы по ее толщине. Такие напряжения могут также привести к разрушению изделий как в процессе охлаждения, так и у потребителя. Поэтому механические напряжения называются остаточными.

Временные и остаточные напряжения зависят от скорости охлаждения изделий в этот период. Допустимая скорость охлаждения зависит от свойств материала, размеров и формы изделий, а также от объема садки. Для уменьшения напряжений обоих видов скорость охлаждения в этот период несколько снижается. Дальнейшая скорость снижения температуры определяется термической стойкостью изделий и огнеприпаса.

## 2.6 Характеристика процессов декорирования изделий

Декорирование изделий в производстве керамики осуществляется в основном после высокотемпературного обжига, который окончательно формирует керамическое изделие. Существует множество способов декорирования изделий после сушки и первого обжига, которые по их воздействию на поверхность изделия подразделяются на текстурное (рельефное и фактурное) и гладкое декорирование.

К текстурному виду декорирования относятся выпуклые и заглубленные украшения поверхности изделий.

Выпуклые украшения поверхности изделий в виде рельефа и приставных деталей характерны для фаянса и в меньшей степени для фарфора.

Техника создания рельефов определяется пластичностью декорируемого материала. Украшения можно вылепить из пластичной массы и приклеить к поверхности изделия, находящегося в кожетвердом состоянии. Кожетвердое состояние черепка наиболее удобно для декорирования, так как размеры и конфигурация изделия при дальнейшей сушке значительно не изменяются и его механическая прочность достаточна для работы с изделием без его повреждений.

Перед приклейкой украшения на поверхности изделия в месте приклейки делают насечки, которые смазывают с помощью беличьей кисти густым шликером или, если декорируемая поверхность изделий выполнена из цветной массы, смачивают водой, затем приставляют деталь, прижимая ее к изделию, после чего места присоединения заглаживают кистью.

Таким образом можно приклеивать выпуклые украшения в виде рельефа, оформленные отдельно в гипсовых формах и подготовленные для приклейки (деталь подвяливают и оправляют - подрезают резачками и заглаживают мокрой губкой, поверхность выравнивают). Чтобы защитить изделия и детали украшения от пересыхания, их покрывают влажной тряпкой или закрывают полиэтиленом, стараясь не касаться их поверхности.

Иногда декорирование рельефом осуществляют штампиками с помощью отпечатков. Штампики изготовляют из обожженной массы, дерева или гипсового вяжущего. Чтобы масса не прилипала к штампику, его поверхность смачивают водой или смазывают маслом. Рельеф получают, надавливая штампиком на прикрепленный к поверхности изделия кусочек массы. Если необходимо, отпечаток рисунка подчищают стекой. На фарфоровых изделиях рельеф получают в результате оформления его в гипсовых формах, на внутренней стороне которых имеется контррельефное изображение.

Рельефные украшения могут быть выполнены из цветных масс, для окраски которых применяют керамические пигменты. Цветными рельефными украшениями декорируют гончарные и майоликовые изделия, после чего их покрывают глазурями. Рельефные рисунки, покрытые цветной или бесцветной глазурью, создают игру бликов и теней.

Заглубленные украшения изделий выполняют различными способами: молетажем, ажуром, инкрустацией, сграффито, резьбой.

Инструментом для текстурного декорирования в виде заглубленного украшения служит штампик. Надавливая штампиком в определенной последовательности на поверхность еще сырого изделия, создают орнаментальный рисунок. Штампиком, выполненным в виде ролика с осью и ручкой, можно накатывать углубленный орнамент.

Молетаж - это способ нанесения на изделие ритмического орнаментального рисунка вдавливанием специального колесика или системой валиков в накатной машинке. Углубления заполняют цветным ангобом. В керамическом производстве молетажем наносят преимущественно бордюры.

Ажур - разновидность заглубленного украшения изделий. Для выполнения этого вида декорирования рисунок наносят на изделия при формовании в гипсовой форме в виде тонкой вдавленной линии (на гипсовой форме - это выпуклая линия). По контуру рисунка в местах, которые должны быть вырезаны, ручным сверлом высверливают отверстия, затем специальным ножом вырезают сквозной орнамент. Декоративный ажур применяют в основном на фаянсовых изделиях или иногда на фарфоровых.

При инкрустации производят вырезание рисунка под определенным углом, не сквозное, аналогично тому, как при получении ажура. Затем в образованные углубления запрессовывают окрашенные массы, состав которых близок к составу массы черепка. Инкрустацию применяют на фаянсовых и других близких к фаянсу по свойствам керамических изделиях.

Сграффито по приемам работы аналогичен гравированию. Поверхность изделия, предназначенную для гравирования, покрывают тонким слоем ангоба более светлого тона, чем само изделие. Ангоб подсушивают до полутвердого состояния. Влажность сырого ангоба, при которой удобно выполнять работу, определяют опытным путем (19-20%). Чтобы смягчить ангобный слой и предотвратить его пересыхание, в ангоб добавляют несколько капель глицерина. Рисунок переносят на поверхность изделия припорашиванием через кальку, проколотую по контуру рисунка толстой иглой.

Способом сграффито можно выполнять силуэтные, орнаментальные рисунки. Иногда применяют трехслойное покрытие цветными ангобами. Штрихи в этом случае гравируют, снимая послойно ангоб и частично черепок изделия, комбинируя при этом три цвета.

Для декорирования фарфоровых изделий применяют резьбу.

Резьба отличается от сграффито более глубокими линиями, проведенными острием карандаша или острым инструментом в мягком цветовом слое ангоба или в неокрашенном черепке. Изделие, декорированное этим способом, покрывают цветными или бесцветными глазурями. Глазурь благодаря образовавшемуся в углублениях более толстому слою выделяет рисунок.

Фактурное декорирование выполняют окрашиванием материала керамическими красками, ангобами, и другими материалами, а также покрытием цветными глазурями, росписью и т. д. Фактурное декорирование производят следующими способами: лощением, мраморизацией, фляндровкой, пастилажем, резерважем, эстампажем, подглазурным декорированием, росписью растворами солей.

При лощении поверхность полупросохшего черепка заглаживают гладким камешком, куском дерева или кости для уплотнения верхнего слоя. Красно-белым глиняным сосудам лощение придает плотность и блеск. Иногда лощение производят по подсушенному слою ангоба. Изделие в кожетвердом состоянии заглаживают кожей, а затем полируют деревянным инструментом. После обжига поверхность становится гладкой и блестящей, равномерной и чистой окраски.

Декорирование цветными ангобами осуществляют способом мраморизации, или "мрамора". Получают "мрамор" несколькими способами, в основе которых лежит живописное растекание цветных ангобов в сплошном свеженанесенном на изделие слое одноцветного ангоба. Спиральные переплетающиеся линии образуются при свободном растекании цветных капель, полос, клякс, нанесенных на поверхность мокрого ангобного слоя, и вращении или встряхивании изделия. Разновидность мраморизации - фляндровка. Фляндровку выполняют с помощью деревянной палочки или стальной проволочки. Изделие, покрытое ангобом, устанавливают на турнетку, приводят ее во вращение и резиновой грушей наносят волнистые горизонтальные линии из контрастного ангоба. Затем в углублениях этих линий делают цветные точки или короткие штрихи, после чего быстрыми движениями с помощью деревянной палочки или тонкой проволочки снизу вверх наносят вертикальные линии. В результате получается волнистый орнамент.

Пастилаж - украшение ангобами, выполняемое путем их нанесения на изделия с помощью резиновой груши или пипетки. Нажимая на грушу или пипетку и изменяя расстояние от груши или пипетки до декорируемого изделия, мастер регулирует толщину и ширину наносимого слоя ангоба. Особенно эффективным получается рисунок по свеженанесенному на изделие ангобному слою.

Резерваж - способ, основанный на нанесении жирового или воскового слоя по намеченному на изделии рисунку перед его глазурованием. После глазурования жировой или восковой слой остается на изделии, в процессе же обжига он выгорает и рисунок сохраняет фактуру неглазурованного черепка. Возможно вторичное глазурование изделия любой глазурью, в том числе цветной, что обеспечивает после обжига цветной глазурованный рисунок. Таким способом выполняют силуэтные двухцветные рисунки

При подглазурном декорировании подглазурные краски наносят на неглазурованную поверхность керамического изделия после предварительного (утельного) обжига, а иногда по высушенному, но необожженному черепку, затем его глазуруют окунанием или с помощью аэрографа и подвергают окончательному высокотемпературному (политому) обжигу.

Защитой подглазурного декора от внешних воздействий служит слой глазури. Сила тона нанесенных на изделие подглазурных красок зависит от толщины их слоя. Цвет красок проявляется после политого обжига при температуре 1100-1400°С. Палитра тонов и оттенков порошковых подглазурных красок значительно беднее, чем надглазурных, причем для фаянса она гораздо богаче, чем для фарфора.

Важными показателями для подглазурного декорирования являются пористость утельного или высушенного черепка и его толщина. При высокой пористости проникновение краски в толщу черепка может дать пятна на внутренней поверхности изделия. При слишком плотном черепке краска впитывается его поверхностью очень тонким слоем.

Вновь созданные рисунки для подглазурного декорирования наносят на прокаленное изделие агатовым карандашом или заостренным металлическим стержнем из свинца. Для серийного исполнения рисунков изготовляют специальные кальки, повторяющие форму изделия, с нанесенным на них в виде мелких отверстий контуров рисунка. Кальку накладывают на изделие, и рисунок припудривают тампоном с синькой. После создания контура рисунка приступают к росписи его кистью. Для нанесения тонких линий контура используют большие кисти с тонким острием из нескольких выступающих волосков. Кисть должна вбирать и удерживать большое количество краски, чтобы можно было делать длинные, не обрывающиеся штрихи. Во время работы кисть быстро стачивается о шероховатую поверхность изделия. Ее подрезают резачком на фарфоровой пластине или тарелке. Для отводки усиков (тонких линий по окружности изделия) применяют кисть из коровьего волоса.

Для получения мягких бесконтурных рисунков краску наносят аэрографом, используя метод прочистки краски кистью и защитные покрытия их шликерной массы.

Декор, выполненный растворами солей, называют фарфоровой акварелью, так как по технике нанесения и по конечному результату этот вид росписи подобен акварели. Краски-растворы наносят на утельный или высушенный черепок. После нанесения красок на изделие их закрепляют, т. е. переводят путем прокаливания в муфеле при температуре 700-800°С в нерастворимое в воде вещество: в безводные оксиды соответствующих металлов.

После прокаливания расписанные изделия глазуруют и вновь обжигают при температуре политого обжига. Качество росписи растворами солей во многом зависит от строгого соблюдения технологического процесса изготовления самого изделия, температуры прокаливания, температуры и газовой среды политого обжига.

Чтобы получить контурный рисунок с помощью растворов солей, поверхность изделия перед росписью покрывают из аэрографа слоем клея, который препятствует глубокому проникновению соли в черепок.

Керамические изделия после утельного обжига и сушки декорируют также цветными глазурями и ангобами. Цветные глазури готовят, добавляя в основную глазурь красящее вещество. Наносят их аэрографом или окунанием изделий в глазурь. Иногда изделие покрывают глазурями нескольких цветов без рисунка - метод потечных глазурей.

Цветные пятна на изделия наносят кистью или аэрографом.

Ручная роспись – это, как правило, самостоятельные способы декорирования, применяющиеся при нанесении уникальных рисунков высокой сложности или при многократном повторении несложных рисунков массового характера. Кроме того, указанные способы можно рассматривать как часть работы при комбинированном декорировании (роспись к трафаретным рисункам, отделка декалькомании и др.).

Нанесение рисунка дополняется отводкой (усик, лента, полоска) - обрамлением борта, приставных деталей, выступающих конструктивных элементов. Отводка используется и как самостоятельный вид декорирования изделий. Отводку изделий, имеющих форму тел вращения, выполняют на турнетках с ручным или электрическим приводом. Для отводки лент или усиков используют кроме кистей различные приспособления.

Декорирование аэрографом (пульверизатором) применяют при выполнении одноцветных или многоцветных рисунков, однотонного и тонового (восходящего и нисходящего тона) или сплошного покрытия, лент и бортовых рисунков.

Краска распыляется специальными пульверизаторами-аэрографами при давлении воздуха 0,2-0,3 МПа. Диаметр сопла 0,4-0,6 мм. Для нанесения рисунка используют трафареты, представляющие собой тонкие пластинки, выгнутые по форме декорируемого изделия и имеющие вырезы, соответствующие контуру наносимого рисунка. Трафареты изготовляют из тонкого (0,3 мм) листового материала - свинцовой и бронзовой фольги, станиоли, пластмасс и др. Трафарет плотно прижимают к поверхности изделия, так как в противном случае краска может попасть под него и вызвать расплывчатость контура рисунка, и аэрографом распыляют краску. При нанесении этим способом многоцветных рисунков применяют несколько трафаретов (на каждый цвет свой трафарет), вырезы в которых делают таким образом, чтобы совокупность всех красок после задувки воспроизводила требуемое изображение. В процессе работы трафареты периодически промывают в воде.

Расстояние от сопла до изделия (трафарета) должно быть 15-20 см. Аэрографное декорирование осуществляется как вручную, так и при помощи полуавтоматов. Полуавтоматы для декорирования пульверизацией могут быть использованы при нанесении на изделие цветных глазурей, ангобов.

С помощью аэрографа осуществляют нанесение тоновых фонов на изделия в качестве вспомогательной раскраски, дополняющей ручную живопись. Интенсивность окрашивания регулируют длительностью пульверизации и изменением расстояния между соплом аэрографа и декорируемой поверхностью.

Все полиграфические способы декорирования изделий разделяют на три группы: печать глубокая (офсетная), высокая (типопечать) и плоская (литография).

Для непосредственного декорирования изделий наиболее широко используется глубокая печать. При этом способе декорирования рисунок находится ниже поверхности металлической формы, на которой он выгравирован или протравлен. Переносить рисунок с металлической гравюры непосредственно на керамические изделия нельзя, несмотря на возможность получить четкое изображение. В этих случаях, а также для многоцветной печати широко применяют перевод рисунка с металлической доски (формы) с помощью посредников - резины, желатина (в виде мембраны), грушевидных устройств, папиросной бумаги или покрытий на вальцах и роликах.

Декорирование изделий способом глубокой печати с использованием папиросной бумаги (офсетная печать) применяют при нанесении однотонного рисунка любой сложности как на пористый неглазурованный полуфабрикат, так и на обожженное глазурованное изделие (фарфор, фаянс). Такое декорирование выполняется в два этапа: получение оттисков рисунков на бумаге и перенесение рисунка с бумаги на поверхность изделия. Печатные формы для глубокой печати изготовляют в виде стальных или медных пластин толщиной 3-5 мм или цилиндрических валов ротационных печатных машин путем гравировки или травления рисунка на их поверхности. Углубленные контуры рисунка заполняют краской с помощью резинового ракеля (шпателя). Излишек краски удаляют и тщательно протирают поверхность пластин (валов) бумагой. На протертую пластину накладывают влажный лист папиросной бумаги, покрывают его бумагой и войлоком и пропускают через прижимные вальцы. В результате рисунок с пластин (валов) переходит на лист папиросной бумаги, который затем разрезают на отдельные рисунки. Влажный оттиск накладывают на очищенную от пыли поверхность изделия, слегка прижимают влажной губкой и прокатывают войлочным валиком. После нанесения рисунка изделие подсушивают и направляют на обжиг или дополнительную раскраску вручную отпечатанного контура рисунка, отводку.

Высокая печать осуществляется непосредственно на керамические изделия с использованием штампов, на которых рисунок-рельеф возвышается над плоскостью штампа. Этот способ применяют для нанесения на изделия обрамляющих узоров, арабесок, монограмм, марки завода. Самостоятельно его используют редко, чаще способ высокой печати применяется как дополнение к ручной росписи, отводке. Неглазурованные изделия декорируют после сушки (при однократном обжиге) или после первого обжига подглазурными красками, а глазурованные поверхности - надглазурными красками.

Плоская печать основана на способности некоторых материалов (например, известняка - литографский камень) по-разному воспринимать краску после соответствующей обработки поверхности жировым составом. Плоская поверхность камня становится восприимчивой к жирной краске в местах обработки, в то время как необработанные участки поверхности воспринимают воду. Этот способ непригоден для непосредственного переноса рисунка на керамические изделия и используется для изготовления деколей.

Декорирование через сетку (шелкография) - это один из наиболее прогрессивных и экономичных способов декорирования керамических изделий. С помощью шелкографии можно наносить как одноцветные, так и многоцветные рисунки любой сложности.

Декорирование способом шелкографии осуществляется в два этапа: изготовление трафарета на шелковой, капроновой или латунной сетке путем проклеивания специальными лаками (или фотохимическим способом) и последующее нанесение краски через сетчатый трафарет на изделие.

Декалькомания - способ декорирования изделий путем перевода деколи (переводные картинки на гуммированной бумаге) на поверхность изделия. Деколь готовят или полиграфическими способами, или шелкотрафаретным способом (сдвижная деколь).

Деколь, выполненную полиграфическим способом, переводят в такой последовательности. Изделие предварительно очищают от пыли в обдувочной камере. На место будущего рисунка через шаблон наносят тонким слоем мастику (канифоль 30-35% и красный скипидар 65-70 %) и подсушивают. Этой же мастикой смазывают лицевую сторону рисунка на бумаге и также слегка подсушивают. Затем отрезанные, предварительно смоченные в теплой воде рисунки накладывают рисунком вниз на смазанные мастикой места на изделии и обжимают влажной губкой. От смачивания в воде декстриновая пленка с рисунком переходит на изделие, а бумага легко снимается. Изделия с рисунком подсушивают при температуре 20-25°С, промывают 1,5-2%-ным раствором соды или аммиака, затем чистой водой, окончательно высушивают и направляют на обжиг.

Перевод деколи на поверхность пористого неглазурованного полуфабриката имеет свои особенности. Место рисунка на изделии смазывают 3-4%-ным раствором КМЦ, а лицевую сторону рисунка - мастикой (50% канифоли и 50% скипидара). Далее поступают так же, как и при надглазурном декорировании.

При нанесении слишком тонкого слоя мастики рисунок плохо пристает к изделиям, разрывается или искажается при переводе. Избыток мастики затрудняет снятие бумажной подкладки, способствует вскипанию красок и вызывает сморщивание или так называемую сборку деколи при обжиге.

Широкое применение находит сдвижная деколь, выполненная шелкотрафаретным способом. Рисунки замачивают в теплой воде в течение 1-2 мин, накладывают на поверхность изделия лицевой стороной вверх и осторожно извлекают из-под пленки подкладочную бумагу. Затем рисунок плотно прижимают к изделию, разглаживают, сушат при температуре 20- 40°С и направляют на обжиг. Использование сдвижной деколи выгодно, так как при этом значительно сокращается продолжительность процесса декорирования (исключаются необходимость покрывать изделия мастикой, промывать их в щелочном растворе и воде, промежуточная сушка) и повышается качество декорирования.

Заключение

Сырьевые материалы, используемые для изготовления фарфоровых и фаянсовых изделий, подразделяются на пластичные и непластичные (отощающие и плавни).

К пластичным материалам относятся: глины, каолины и бентониты. Эти материалы в соединении с определенным количеством воды образуют пластичную массу, а после обжига приобретают прочность камня.

К отощающим материалам относятся: кварцевый песок, молотый кварц, молотый бой неглазурированных изделий, прошедших обжиг (шамот), дегидратированная глина (обоженная на температуру 600-750°С). Количество отощающих материалов влияет на пластичность масс и препятствует сокращению размеров изделий при сушке и обжиге.

К плавным относятся материалы, которые при максимальной температуре обжига или плавятся и переходят в расплав, или образуют с другими материалами массы силикаты (расплавы), способствующие образованию прочного материала. От количества образующегося расплава зависит степень спекания материала. Плавнями являются полевые шпаты (альбит, ортоклаз, анортит), кварц-полевошпатовое сырье, пегматиты, сиениты и др.

К глинистым материалам относятся глины, каолины и бентониты. Глины и каолины - природные материалы полиминерального состава, образовавшиеся в результате разрушения (выветривания) алюмосиликатных горных пород (полевых шпатов, пегматитов, гранитов и др.).

Глазури (эмали) предохраняют керамические изделия от загрязнения и действия кислот и щелочей, придают им декоративность, снижают влагопроницаемость. Правильно подобранная глазурь повышает прочность керамических изделий. Глазурь применяют в виде суспензии, содержащей тонкомолотые компоненты, нерастворимые в воде.

Глазурную суспензию готовят из сырья с минимальным содержанием примесей. Основные компоненты глазурной суспензии: кварц, полевой шпат, каолин, т. е. те же виды сырья, что и для приготовления керамических масс, только количество легкоплавких компонентов (полевой шпат и др.) в глазурях больше, чем в керамических массах.

Материалами для декорирования керамики являются керамические краски, ангобы, люстры. Керамические краски - это окрашенные минеральные соединения металлов с кварцем, полевым шпатом, каолином или с керамическими массами и глазурями, образованныe в результате взаимодействия при высоких температурах.

Люстры - это тончайшие прозрачные надглазурные пленки, переливающиеся различными цветами в зависимости от вида используемых оксидов металлов, составляющих основу люстровых красок, и благодаря интерференции лучей в тонком слое краски.

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

Все сырьевые материалы, кроме обогащенного каолина, подвергаются сортировке, т.е. удалению из них примесей. Из глины отсортировывают куски, содержащие большое количество посторонних включений (корни растений, торф, уголь) или сильно запесоченные, из полевого шпата и кускового пегматита - куски с железистыми включениями, кварцем, слюдой. При сортировке боя (черепка) изделий удаляют черепки с железистыми выплавками и другими включениями.

При изготовлении фарфоровой и фаянсовой посуды используют в основном два метода формования: формование из пластичной массы с использованием гибсовых или синтетических форм и метод литья из шликера в гибсовые формы.

Методом формования из пластичных масс изготовляется 95-97%, а методом литья из шликера в гибсовые формы – 3-5%. Метод прессования изделий из пресс-порошка в металлических пресс-формах применяется очень редко.

Сушкой называется процесс удаления влаги из материалов испарением. При сушке керамических изделий уменьшается их объем (воздушная усадка) за счет уменьшения толщины гидратных оболочек глинистых частиц, повышается прочность сырца.

Сушка изделий обычно разделяется на два периода. Первый - подвялка изделий. В этом периоде сушка осуществляется до кожетвердого состояния массы. Влажность изделия в результате подвялки составляет около 18%. После подвялки во многих случаях (в зависимости от характера керамического материала) непосредственно идет оправка изделия. Второй период - окончательная сушка до влажности 2-6%. Для создания рационального режима сушки в каждом конкретном случае необходимо учесть вид керамической массы, характер отформованного изделия, его размеры, толщину, конфигурацию.

Керамические изделия подвергают преимущественно двукратному обжигу, но существует и однократный обжиг изделий. На однократный обжиг поступают изделия, прошедшие сушку и глазурирование. При двукратном обжиге на первый (утельный) обжиг поступают высушенные неглазурированные изделия, на второй (политой) обжиг поступают изделия, прошедшие утельный обжиг и глазурирование, т.е. изделия, на обожженный материал которых нанесена глазурная суспензия.

Декорирование изделий в производстве керамики осуществляется в основном после высокотемпературного обжига, который окончательно формирует керамическое изделие. Существует множество способов декорирования изделий после сушки и первого обжига, которые по их воздействию на поверхность изделия подразделяются на текстурное (рельефное и фактурное) и гладкое декорирование

Список использованной литературы

1. Французова И.Г. Общая технология производства фарфоровых и фаянсовых изделий бытового назначения. – М.: Высшая школа, 1991. – 192 с.
2. Мороз И.И. Фарфор, фаянс, майолика. – К.: Техніка, 1975. – 352 с.
3. Блех Р., Глейхманн А. и др. Технология тонкой керамики. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
4. Будников П.П., Геворкян Х.О. Обжиг фарфора. – М.: Стройиздат, 1972. – 130 с.
5. Визир В.А., Мартынов М.А. Керамические краски. – К.: Техніка, 1964. – 234 с.
6. Миклашевский А.И. Технология художественной керамики. – Л.: Стройиздат, 1981. – 323 с.
7. Гальперина М.К., Павлов В.Ф. Глины для производства керамических изделий. – Техническая информация ЦНИИТЭстрома. – М.: 1971. – 58 с.
8. Кингери У.Д. Введение в керамику. – М.: Стройиздат, 1967. – 243 с.
9. Магидович В.И. Полевошпатовое сырье, его генетические типы и принципы оценки. – М.: Наука, 1964. – 274 с.
10. Беркман А.С., Городов Н.Н., Маргулис С.Л. Декорирование фарфора и фаянса. – М.: Росгизместпром, 1957. – 342 с.
11. Колотій П.В. Декорування виробів з фарфору та фаянсу методом аерографії. – К.: Легка промисловість, 1972. – 67 с.
12. Мороз И.И., Олейник Л.Л., Порядкова З.Л. Выбор керамических материалов для бытовой посуды по прочным показателям. – М.: Стекло и керамика, 1972. – 45 с.
13. Орлов Е.И. Глазури, эмали, керамические краски и массы. – М.: Гизместпром, 1967. – 126 с.
14. Сень З.П., Мороз И.И. Скоростной обжиг фарфоровых изделий в конвейерных печах. – К.: УкрНИИНТИ, 1968. – 120 с.
15. Фадеева В.С. Формуемость пластичных дисперсных масс. – М.: Госстройиздат, 1961. – 382 с.
16. Милдс М., Лаушке Р. Роспись фарфора. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 139 с.
17. Грибовский П.О Горячее литье керамических изделий – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 400 с.
18. Лысин Б.С. Производство фарфора и фаянса. – К.: Феникс, 1989. – 413 с.
19. Пулиезо С.Г. Технология фарфорово-фаянсового производства. – М.: Гизместпром, 1940. – 523 с.
20. Августиник А.И. Керамика. – М.: Промстройиздат, 1957. – 488 с.