**Дополнительный материал для учителя**

**по теме «Тайна фарфора»**

**История открытия фарфора**

**Фарфор** (персидское« fagfur») − разновидность керамики, изделия из тонкой белой глины со спекшимся, «остеклованным» черепком. Другие названия: итальянское «porcellana», по сходству с porcellino − морская раковина «поросёнок» с белоснежной блестящей поверхностью; английское «china» («китайский»). Изделия тонкого фарфора из совершенной белой массы относятся к периоду Тан (618–907). Фарфор не случайно долгое время оставался для европейцев «китайским секретом». Для его производства необходимы три основных условия, которые свойственны характеру китайцев: абсолютная чистота и тщательность технологии, великое терпение и необыкновенная любовь к материалу. Основным компонентом изделий из фарфоровой массы является тонкая белая глина, свободная от примесей железа (которые привносят коричневатый или зеленоватый цвет) и органических веществ (продуктов перегноя растений). Залежи белой глины находились неподалёку от Пекина, в местности под названием «Высокие холмы», по-китайски: **каолин**. Однако даже столь подходящую глину мастера средневекового Китая «отмучивали» и «вылёживали» в глубоких земляных ямах без доступа воздуха около 20 лет. Только после этого, когда из глины выйдут все органические примеси, её сушили, просеивали и добавляли кварц и полевой шпат. После обжига около 900 градусов частички кварца образовывали остеклованную массу, которая вместе с белой глиной давала белоснежный, звонкий и слегка просвечивающий в тонких слоях черепок. Таким образом, фарфор с технологической точки зрения представляет собой переходный материал от керамики к стеклу. Неглазурованный фарфор называют бисквитом; покрытый прозрачной глазурью, он сверкает, как драгоценность. Для фарфора применяют не обычную свинцовую глазурь (она слишком легкоплавкая), а прозрачную глазурь на основе полевого шпата. Однородность массы и глазури (глазуровочный обжиг проводят при температуре 1300−1500°С) составляет вторую часть «китайского секрета». Не имея каолина и не зная секрета, европейцы пытались подражать дорогостоящему китайскому фарфору, используя кремнезём, квасцы, гипс, селитру и легкоплавкую свинцовую глазурь. В 1470 году будто бы открыли «китайский секрет» в [Венеции](http://www.dpholding.ru/dosie/?action=dosie&id=98&pid=31), но позднее выяснилось, что это было молочное (окрашенное в массе) стекло.

Через восемь веков фарфор был изобретён второй раз, теперь уже в Европе, в Саксонии. Король Саксонский Август Сильный не менее ревностно охранял заветную тайну. Разглашение её квалифицировали как государственное преступление. Тонкими, прозрачными сосудами, сделанными в Альбрехтсбурге − замке в Мейсене, где в 1710 году была открыта первая в Европе фарфоровая мануфактура, могли любоваться лишь короли и вельможная знать.

В первой половине XVIII века своего фарфора в России не было. За привозной фарфор платили огромные деньги. Секрет производства фарфора был большой тайной, а мастера, связанного с производством фарфора, называли «арканистом», от латинского «arcanum», что значит «тайна».

В 1713 году Петр I поручил русскому министру при прусском дворе А. Головкину подыскать за границей хорошего мастера-керамиста для работы в России. Головкин завёл переговоры с голландцем Эггебрехтом, проживавшим в Дрездене и получившим королевскую привилегию на владение фаянсовой фабрикой. Осенью этого же года Эггебрехт, оформленный на службу «его царского величества ... яко надворный порцелинный мастер», прибыл в Петербург и сразу же «был к делу употреблён», как значится в архивных документах. К сожалению, на этом всякие сведения о нём обрываются.

В 30-е годы XVIII века появилась мысль заимствовать секрет фарфорового производства в самом Китае через специальных людей, которых тайный кабинет включал в состав торговых караванов, отправлявшихся в Пекин. Однако, несмотря на огромные затраты, и эти попытки успехом не увенчались.

В 1724 году Мануфактур-коллегия издаёт указ, гарантирующий всевозможные привилегии тем, кто пожелает заняться изготовлением керамической, или, как тогда говорили, ценинной посуды, которая из белой глины делается. Об этом коллегия «приказали в Москве публиковать с барабанным боем и в пристойных местах выставлять билеты». В результате в России появилось несколько «ценинных» фабрик. Об одной из них, принадлежащей московскому купцу А.К. Гребенщикову, сохранились довольно подробные сведения. Фабрика начала выпускать майолику − сравнительно тонкую глазурованную керамическую посуду − крупную, разнообразную по форме, сочно расписанную кобальтом. Ею пользовались не только в московских и подмосковных дворцах; майоликовые сервизы присылались в Петербург в царский дворец. Честь открытия этого нового вида керамики принадлежит Ивану Гребенщикову − сыну основателя фабрики, талантливому изобретателю, блестяще овладевшему гончарным народным ремеслом.

Первая фарфоровая фабрика в России была организована лишь при Елизавете Петровне, в сороковые годы XVIII столетия.

Порцелиновую мануфактуру решили устроить на левом берегу Невы, в 12 верстах от С.-Петербурга на месте кирпичных и черепичных заводов: на первых порах можно было использовать, хотя бы частично, готовые помещения, оборудование, людей, знакомых с обработкой глины, и запас имеющегося топлива.

Надзор за будущей фарфоровой фабрикой Елизавета Петровна поручила барону И. Черкасову, управлявшему в то время «Кабинетом её величества» − личной канцелярией императрицы, в ведении которой находились казённые заводы.

Приглашённый специалист, некогда работавший в Мейсене, совсем не торопился налаживать производство. Тогда решили приставить к иностранцу «для присмотру дела порцелина» своего русского человека. Выбор пал на Дмитрия Ивановича Виноградова, молодого бергмейстера (горного инженера), друга и сподвижника М.В. Ломоносова. Через два года иностранец-шарлатан был отставлен, и «дело получения порцелина» целиком перешло в руки Д.И. Виноградова.

Перед молодым учёным встала задача создания в России совершенно нового производства. Виноградову предстояло определить химический состав фарфоровой массы. Нужно было найти сырьё, наладить его добычу и доставку. Требовалось также найти способы приготовления массы, состав глазури и способы глазурования. Совершенно особую тему изысканий представляли керамические краски, их изготовление и применение. Следовало создать специальные горны. Нелегко было подобрать и наиболее подходящее топливо, которое обеспечило бы оптимальный тепловой и газовый режим обжига.

Казалось, решить такое множество теоретических и практических задач под силу только большому и слаженному коллективу специалистов, а Виноградов был один. У него не было ни приборов, ни сколько-нибудь оборудованной лаборатории.

Кипучая энергия и нечеловеческие усилия Дмитрия Ивановича сделали невозможное. В конце 1746 года в России появляются первые «виноградовские» фарфоровые изделия. Д.И. Виноградов на основе гжельских беложгущихся глин изготовил в 1748 году первое русское фарфоровое изделие на Императорском заводе в Санкт-Петербурге.

Раскрытие многовековой тайны стоило учёному жизни. Перенапряжение физических и духовных сил, постоянные подстёгивания, угрозы и наказания со стороны барона Черкасова, который всячески стремился угодить императрице, надломили здоровье Виноградова.

Больной, лишённый средств к существованию, Дмитрий Иванович писал Черкасову: «За что я ни примусь, то почти всё у меня из рук вон валится, и в мыслях моих всё странное вселяется: то какого рассуждения там ожидать, где только беспокойство жилище своё имеет. Команда у меня вся взята, я объявлен всем арестантом, я должен работать и показывать, а работные люди слушать и повиноваться должны другому. Меня грозят вязать и бить без всякой причины».

Виноградов умер, когда ему было всего 38 лет. В отличие от своих предшественников Виноградов вёл подробные дневники всех экспериментальных работ. Ему принадлежит первая и единственная в истории керамики научная монография «Обстоятельное описание чистого порцелина как оной в России при Санкт-Петербурге делается купно с показанием всех к тому принадлежащих работ». Монография сохранилась фрагментарно. Её изучением занялся советский учёный М.А. Безбородов. И в 1950 году рукопись Д.И. Виноградова была впервые напечатана, что дало возможность проследить весь ход мыслей и рассуждений Виноградова, ознакомиться с его многочисленными опытами и их результатами. В трудах Виноградова впервые научно обоснован и описан не только состав фарфора, но и вся связанная с его получением сложнейшая технология.

В виноградовском фарфоре было три компонента − каолин, кварц и алебастр. Предварительно обработанные и измельчённые, взятые в определённом процентном соотношении, они тщательно смешивались в однородную массу, которая затем подвергалась «вылёживанию». Длительность «вылёживания» влияет на качество изделий. В древние времена в Китае мастера заготовляли керамические материалы для своих правнуков, а сами работали на материалах предков. После «вылёживания» процент брака снижается почти в десять раз. В дневниках Виноградова неоднократно повторяются записи: «Приготовленные поныне чрез мои руки массы, и всё для лучшего их созревания и получения твердейшей плотности, в погреб поставлены». Отформованные из массы изделия после просушки помещались в капсулы и подвергались первому обжигу, или откаливанию, как его называл Виноградов, в специальных фарфорообжигательных печах. Не случайно Виноградов придавал особенно большое значение устройству этих печей. Обжиг − это последний, завершающий этап всего технологического процесса. Только после обжига фиксируется форма, и изделие становится прочным, а черепок его непроницаемым. Полученный после откаливания «бисквит» глазуровали. Много сил и времени потратил Виноградов, чтобы найти оптимальную толщину глазурного слоя. По его мнению, нужно, «чтобы она (глазурь) толщиною в два бумажных листочка на посуде пристала».

Советские учёные, исследовавшие толщину глазури современного фарфора, были чрезвычайно удивлены, узнав, насколько правильным оказалось определение Виноградова. Результаты современных исследований специалистов абсолютно совпали с данными Дмитрия Ивановича Виноградова.

Чтобы коэффициент расширения глазури и массы был одинаков, Виноградов приготовлял глазурь из той же «материи», что и фарфоровую массу, только вместо алебастра брал ещё более легкоплавкий мел. Глазурованные изделия подвергались второму большому обжигу. При этом бисквитная масса становится очень плотной, а глазурь, расплавляясь, соединяется с черепком. Сплавляясь в стекло, она растекается ровным блестящим покровом по всей поверхности изделия. Виноградов очень образно пишет об этом втором обжиге: «Тихий огонь, как только возможно, в течение двадцати четырёх часов всё усиливается и наконец так жесток станет, что всё будет журчать и шуметь. Сей огонь должно держать в равномерии ещё шесть часов. То порцелин чрез себя в себе стеклом становица будет, и огустеет в прозрачной камень, из которого огонь рубить можно». Через час все отверстия в нижней части печи перекрывались, и топка прекращалась. Трое-четверо суток раскалённая печь остывала. Затем входные её проёмы разбирали и капсулы с посудой выносили.

Теперь изделия предстояло расписать. «Краски и малевание придают фарфору что ни лучшую красоту и приятство, особливо когда они хороши и в надлежащем месте употреблены будут». В журнале лабораторных работ Виноградова перечислено около ста рецептов надглазурных красок. Дмитрий Иванович приготавливал краски на скипидаре и называл их «финифтяными». Чтобы краски прочно закрепились на поверхности, расписанный фарфор Дмитрий Иванович обжигал третий раз в особой муфельной печи. Стекло, входящее в состав краски, расплавлялось, и она, по меткому выражению Виноградова, «вжигалась» в глазурь.

В предисловии к своей монографии Виноградов писал: «...**дело порцелина химию за основание и за своего главнейшего предводителя имеет...**» Здесь же он изложил мотивы, которые побудили его вести записи. «Главная причина сего моего предприятия есть, чтоб я и будущие по мне, кому сие дело поручено будет, из сего описания, точно могли ведать, каким образом в деле порцелина прежде работы производились с упехом или недостатком, также в чём какая погрешность была и чрез какой способ оная исправлена, и сие того ради дабы впредь опять в чём какой-нибудь погрешности не учинить, и вновь бы того в поте лица не искать, что уже прежде с великим трудом искано и найдено и верными опытами засвидетельствовано ...и последняя причина наивяще в том состоит, чтобы обманщики и волочаги впредь нас так легко обмануть не могли».

Изделия самого Виноградова − эти первые образцы отечественного фарфора составляют украшение музейных коллекций. Некоторые из них имеют марку «**W**», указывающую, что они были сделаны самим создателем русского фарфора.

Самые ранние вещи «виноградовского» периода (в силу технического несовершенства производства) были мелкими. Это камзольные и кафтанные пуговицы, черенки для ножей и вилок, пасхальные яйца, шпажные эфесы, колокольчики, набалдашники для тростей, переплётные наборы. Их легче было формовать и обжигать в маленьких ручных горнах. Затем стали выпускать чайную посуду, фигурки, табакерки, а с 1756 года − фарфор «большой руки»: столовые сервизы, вазы-ароматницы и др. столовое оборудование. Виноградовская посуда имеет свои особенности. Во-первых, она чрезмерно громоздка и массивна. Таково было требование барона Черкасова − «делать вещи, что толще, то лучше». Во-вторых, буквально каждая вещь исполнена самостоятельно и заново (даже если это сервизные приборы). Поэтому все изделия 40−60-х годов XVIII века уникальны.

С изобретением русского фарфора перестала существовать пресловутая тайна, веками занимавшая умы человечества. Если «Порцелиновая мануфактура», как записал в своём дневнике Д.И. Виноградов, была создана «к высочайшему её императорского величества удовольствию», то к концу XVIII века в России насчитывалось уже несколько частных фарфоровых мануфактур, а к середине XIX века − около сотни.

**Отличия фарфора от фаянса**

По составу фарфор отличается от фаянса меньшим наличием глины и большим количеством различных составляющих: каолина, кварца и т. д. Это увеличивает его стекловидность перед глиняными изделиями. Существует ещё несколько секретов, которые помогают отличить фарфоровые изделия от фаянсовых:

1) Посмотрите изделие на свет: если фарфоровое изделие высокого качества (тонкое и лёгкое), то оно будут просвечивать, а фаянсовое − нет.

2) Если изделие объёмное (статуэтка), то обратите внимание на донышко: у фарфора не должно быть снизу глазури. Её счищают перед вторым обжигом, чтобы изделие не прилипло к подставке, так как обжиг осуществляется при высоких температурах.

3) Постучите по чашке или тарелке. Фарфор даже при лёгких касаниях начинает звенеть чистым и ясным тоном. Фаянс имеет более глухой звук и никогда не звучит как фарфор.

4) Со временем фаянс стареет − его поверхность покрывается мелкими трещинами, как бы сеточкой. Это не дефект, а естественный процесс. У фарфора этого никогда не бывает!

5) Взвесьте кружку или чашку в руках: если она окажется тяжелее, чем кажется на первый взгляд из-за толщины стенок, значит это фаянс. Фарфор − лёгкий.

6) В состав фарфора входят тонкие смеси каолина, полевого шпата, кварца и прочих алюмосиликатов. У фарфора нет пор (в отличие от простой керамики), он обладает высокой механической прочностью, термической стойкостью, белизной и другими свойствами, которые делают его одним из ценных материалов для изготовления высококачественной посуды. И фарфор всегда звучит − тонко и красиво!

***ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА***

**Производство фарфора.**

1) Подготовка сырьевых материалов.

2) Формование изделий.

3) Сушка.

4) Первый утильный обжиг.

5) Декорирование изделий.

6) Второй обжиг.

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 определённым 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 (обожжённая 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 сырьё, 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 зёрна кварца. От обычных глин каолин отличается высоким содержанием глинозёма Аl2О3, меньшей пластичностью и обладает свойством повышать белизну обожжённых керамических изделий. Глины по сравнению с каолинами имеют более сложный минералогический состав. В них в виде примесей присутствуют зёрна кварца, полевых шпатов, слюды, оксиды и гидроксиды железа и марганца, известковые и гипсовые 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 глины. Так, при повышенном содержании свободного кремнезёма, не связанного с Аl2О3 в глинистые минералы, уменьшается связующая способность глины, повышается пористость обожжённых изделий и понижается их прочность. Из глин, содержащих SiO2 более 80−85% и Аl2О3 менее 6−8%, керамические материалы 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 глине как в виде свободной, так и химически связанной, т. е. входящей в состав глинообразующих минералов. Наличие в глине тех или иных минералов даёт возможность судить о количестве химически связанной воды и, следовательно, об отношении к сушке и обжигу. От содержания органических веществ, находящихся в глине в виде остатков растений и гумусовых веществ, также зависят потери глины при обжиге и, следовательно, усадка изделий. Кроме того, повышенное количество органики снижает огнеупорность глин.

Важнейшие свойства глины − пластичность, набухание усадка, спекаемость, огнеупорность, способность образовывать устойчивые суспензии.

Пластичность − способность глины образовывать с водой тестообразные массы, принимающие под давлением любую форму и сохраняющие её после высыхания. Пластичность зависит от минералогического состава и дисперсности глин. С пластичностью связана способность глины образовывать с отощающими материалами (кварц, шамот и др.) прочную и твёрдую 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 объёме при смешивании с водой. Это свойство зависит от минерального и зернового состава глин.

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

Спекаемость глины заключается в её способности при обжиге образовывать камнеподобное твёрдое тело (черепок), характеризующееся высокой механической прочностью и химической стойкостью. Степень спекания зависит от состава глинистой массы и режима обжига. Температура спекания у разных сортов глины колеблется от 450 до 1400°С. По степени спекания при температуре обжига 1350°С глина делится на сильноспекающуюся, способную при обжиге давать черепок с водопоглощением не более 2%, среднеспекающуюся – с водопоглощением не более 5% и неспекающуюся − с водопоглощением более 5%.

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

По огнеупорности глина делится на высокоогнеупорную (температура плавления 1700°С и выше), огнеупорную (температура плавления от 1580 до 1700°С), тугоплавкую (температура плавления 1350−1580°С) и легкоплавкую (температура плавления менее 1350°С).

Адсорбционные свойства характеризуются способностью глины поглощать из окружающей среды и удерживать на поверхности частиц глинистых минералов те или иные ионы и молекулы. Адсорбционные свойства глины зависят от её состава и дисперсности. Глина, образованная за счёт вулканических туфов, обладает наиболее активными адсорбционными свойствами.

Бентонитовая глина образовалась в результате расстекловывания и химического превращения стекловидной фазы вулканического пепла или туфа. По своим свойствам они чрезвычайно неоднородны. Цвет бентонитов − от белого до тёмно-коричневого. Бентонит обладает способностью при затворении водой до 10 раз увеличиваться в объёме 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.

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 ограниченны и в основном исчерпаны. Представляют собой алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов.

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 твёрдых растворах. В керамические массы предпочитают вводить калиевый полевой шпат как образующий при плавлении более вязкий расплав, 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 ведёт к растворению в расплаве каолина и кварца.

Пегматиты в настоящее время являются основным заменителем полевых шпатов в производстве тонкой керамики. Пегматиты содержат в своём составе 60−70% полевых шпатов, 25−30% кварца, некоторое количество слюды и других минералов. Наличие слюды в пегматитах нередко приводит к образованию «мушек», портящих внешний вид беложгущихся изделий. Твёрдые 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.

**Материалы, применяемые в производстве глазури**

Глазурью называется тонкий (0,1−0,3 мм) стекловидный слой, нанесённый на поверхность керамического изделия и закреплённый 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 − кремнезём SiO2 − вводится в состав глазури в виде кварца, кварцевого песка, а также с пегматитом, каолином и глиной. Увеличение содержания кремнезёма в глазури снижает температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) глазурного слоя, увеличивает механическую прочность, повышает температуру плавления и вязкость глазури.

Оксид алюминия Аl2О3 (глинозём) вводят в состав глазури с глиной, каолином, полевым шпатом и пегматитом. Введение глинозёма в состав глазури повышает её 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 кремнезёмом 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 её 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 кремнезёмом прочные соединения, придаёт 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 её 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», придаёт 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 её твёрдость, делает глазурь растворимой в кислотах. Оксид свинца токсичен.

Оксид бария ВаО, вводимый в глазурь в виде углекислого бария ВаСО3, усиливает блеск и прочность глазури, повышает её 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%, придаёт глазури блеск, снижает её 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 зелёного и сине-зелёного цветов, представляет собой порошок чёрного 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 − зелёный краситель. В природе Сr2О3 встречается в виде минерала − хромистого железняка FeO Сr2О3, представляющего собой тугоплавкий кристаллический порошок зелёного цвета.

Оксид никеля NiO − порошок жёлто-зелёного цвета, нерастворимый в воде; его используют для получения коричневых тонов.

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

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

**Подготовка пластических масс.**

Все сырьевые материалы, кроме обогащённого 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 жёлто-коричневый цвет. Обжиг и резкое охлаждение каменистых материалов не только облегчают их дробление на бегунах и помол в шаровых мельницах, но и снижают износ гранитных катков, футеровки мельниц, повышают производительность оборудования, благодаря чему частично компенсируются затраты на предварительный обжиг.

Обожжённые, 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

**Основные способы 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 гипсовых или синтетических форм и метод литья из шликера в гипсовые формы.

Каждой группе формуемых изделий различной конфигурации соответствуют оптимальные формовочные свойства массы, регулируемые изменением её влажности, которая колеблется от 19 до 27%, а также корректировкой состава. Введение в массу (до определённого 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 её к поверхности форм. На прилипаемость массы к гипсовым формам влияют также состояние поверхности, влажность гипсовых 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.

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 утолщённых) и объёмных шаблонов (роликов).

**Влияние процессов сушки изделий на их качество**

Сушкой называется процесс удаления влаги из материалов испарением. При сушке керамических изделий уменьшается их объём (воздушная усадка) за счёт 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 кожетвёрдого состояния массы. Влажность изделия в результате подвялки составляет около 18%. После подвялки во многих случаях (в зависимости от характера керамического материала) непосредственно идёт 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 путём 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.

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 слоёв. Скорость сушки остаётся 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.

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 радиационной, 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 дешёвый и потому широко используется в производстве тонкокерамических изделий.

При сушке излучением (радиацией) источником тепла является электроэнергия, посредством которой нагреваются металлические теплоизлучатели (обычно нихромовая 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 тёмные излучатели (98% оксида магния и 0,08% оксидов железа).

**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 (утильный) обжиг поступают высушенные неглазурированные изделия, на второй (политой) обжиг поступают изделия, прошедшие утильный обжиг и глазурирование, т. е. изделия, на обожжённый материал которых нанесена глазурная суспензия.

Назначение утильного 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. Утильный обжиг осуществляется при температуре значительно ниже температуры политого обжига;

2. Температура утильного 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 остаётся газообразных продуктов, тем выше качество политого обжига и продукции в целом.

*Политой* обжиг можно разделить на ряд периодов, каждый из которых протекает при определённом 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.

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

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 ведётся в восстановительной атмосфере.

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.

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 объёме садки изделий.

Третий период обжига − восстановительный. Восстановительный период создаётся 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 нём 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 ещё 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 приведёт к образованию вздутий. Восстановительная среда значительно снижает температуру газовыделения компонентов массы, что способствует получению бездефектного (без вздутия) черепка.

Четвёртый 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 (твёрдый 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.

Четвёртый 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 объёма обжигаемых изделий. Чрезмерное увеличение выдержки вызывает пережог изделий. Отсутствие же выдержки при быстром подъёме температуры от 1250°С до максимальной создаёт недожог изделий.

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

Температуре перехода в твёрдое состояние соответствует точка отверждения глазури на фарфоре. У глазypeй твёрдых 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 её 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 придаёт жёлтый оттенок поверхности изделий. Хотя жёлтый оттенок не ухудшает остальных свойств фарфора, при этом портится внешний вид изделия. Желтизна может быть устранена при повторном обжиге, выполненном по нормальному режиму. Матовость глазури возникает из-за её 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 её 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 объёма садки. Для уменьшения напряжений обоих видов скорость охлаждения в этот период несколько снижается. Дальнейшая скорость снижения температуры определяется термической стойкостью изделий и огнеприпаса.

**Процесс 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.

Техника создания рельефов определяется пластичностью декорируемого материала. Украшения можно вылепить из пластичной массы и приклеить к поверхности изделия, находящегося в кожетвёрдом состоянии. Кожетвёрдое 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.

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.