



Министерство образования  
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Технология и методика преподавания»

**Е.Е. Петюшик**  
**А.А. Дробыш**  
**В.И. Ярмолинский**

**НАРОДНЫЕ РЕМЕСЛА,  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО, УИРС**

**Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ**

**Часть 2**

**Минск**  
**БНТУ**  
2010

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Технология и методика преподавания»

Е.Е. Петюшик  
А.А. Дробыш  
В.И. Ярмолинский

## НАРОДНЫЕ РЕМЕСЛА, ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО, УИРС

Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-02 06 02 «Технология.  
Дополнительная специальность»

В 2 частях

Часть 2

Минск  
БНТУ  
2010

УДК 745/749 (076.5)

ББК 37.248я7

П 29

Рецензенты:

*В.Е. Романенков, А.А. Соловянчик*

**Петюшик, Е.Е.**

П Народные ремесла, техническое творчество, УИРС:  
29 методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-02 06 02 «Технология. Дополнительная специальность»:  
в 2 ч. / Е.Е. Петюшик, А.А. Дробыш, В.И. Ярмолинский. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч. 2. – 84 с.

ISBN 978-985-525-375-5 (Ч. 2).

В издании содержатся методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по разделу «Народные ремесла» дисциплины «Народные ремесла, техническое творчество, УИРС». Приведен минимальный объем технико-технологических сведений по темам лабораторных работ, указаны литературные источники, сформулированы цели работ, даны рекомендации по их выполнению, определены требования к содержанию и форме отчетов.

Методическое пособие предназначено для студентов 3 курса инженерно-педагогического факультета БНТУ.

Часть 1 вышла в БНТУ в 2010 г.

УДК 745/749 (076.5)

ББК 37.248я7

ISBN 978-985-525-375-5 (Ч. 2)

ISBN 978-985-525-243-7

© Петюшик Е.Е., Дробыш А.А.,  
Ярмолинский В.И., 2010

© БНТУ, 2010

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| <b>Раздел 4. РАБОТА С ГЛИНОЙ</b> .....  | 4  |
| <i>Лабораторная работа № 9</i><br>Изучение свойств песчано-глинистых смесей при подготовке к<br>ручному формованию<br>..... | 4  |
| <i>Лабораторная работа № 10</i><br>Сушка и обжиг изделий из смесей на основе<br>глины.....                                  | 18 |
| <i>Лабораторная работа № 11</i><br>Декорирование керамики .....   | 35 |
| <b>Раздел 5. РАБОТА С МЕТАЛЛОМ</b> .....  | 55 |
| <i>Лабораторная работа № 12</i><br>Определение марок стали в условиях мастерской .....                                      | 55 |
| <i>Лабораторная работа № 13</i><br>Определение температуры сталей по цветам побежалости и<br>каления .....                  | 67 |
| <i>Лабораторная работа № 14</i><br>Заточка инструмента .....  | 72 |
| <i>Лабораторная работа № 15</i><br>Защитно-декоративные покрытия на художественных изделиях из<br>металлов.....             | 74 |

## **Раздел 4. РАБОТА С ГЛИНОЙ**

### *Лабораторная работа № 9 (4 ч.)*

#### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РУЧНОМУ ФОРМОВАНИЮ**

**Цель.** Изучить качественный состав глины и глиняных смесей; способы оценки свойств и подготовки глиняной массы для формования керамических изделий; освоить приемы подготовки глиняной массы к ручному формованию.

**Оборудование, инструменты, материалы.** Весы лабораторные с разновесками или типа ВЭ-3 ТУ РБ 02071903.010-97, электрическая плитка, эмалированная посуда (ведра, кастрюли), мензурка, нож, мялка деревянная, скалка деревянная, строганные дощечки (весла), доска, покрытая пластиком, образцы глины известной пластичности, образцы глины для исследований, шамот, песок карьерный, песок кварцевый, древесный уголь, эталонный черепок, образцы черепков.

**Порядок выполнения работы.** Изучить теоретическую часть. Определить пористость образцов черепков. Определить пластичность образцов глины не менее чем двумя способами, сравнить результаты. Исправить глиняные смеси прибавками. Сделать выводы о пригодности смесей к ручному формованию.

#### ***Технико-технологические сведения***

Пластичность глин использовалась человеком ещё на заре его существования, и едва ли не первыми изделиями из глины стали скульптуры людей и животных, известные ещё в палеолите. К позднему палеолиту некоторые исследователи относят и первые попытки обжига глины. Но широко обжиг глиняных изделий с целью придать им твердость, водостойчивость и огнестойкость стал применяться только в неолите (около 5 тыс. лет до н.э.). Освоение производства керамики – одно из важнейших достижений первобытного человека в борьбе за существование: варка пищи в глиняных сосудах позволила намного расширить ассортимент съедобных продуктов. Как и другие подобные открытия (например, пользование огнем), керамика не является изобретением какого-либо одного лица или народа. Ее осваивали независимо друг от друга в разных частях земли, когда человеческое общество

достигало соответствующего уровня развития. Это не исключало в дальнейшем взаимовлияний, в результате которых лучшие достижения народов и отдельных мастеров становились общим достоянием. Способы обработки глины для получения керамики, как и самого производства изделий, изменялись и совершенствовались в соответствии с развитием производительных сил народов. Распространённость керамики и своеобразие её видов у различных народов в разные эпохи, наличие на керамике орнаментов, клейм, а нередко и надписей делают её важным историческим источником. Керамика играла большую роль в развитии письменности (клинопись), первые образцы которой сохранились на керамических плитках в Двуречье.

Все минералы, имеющие в своем составе полевой шпат, при выветривании дают глину. Полевой шпат состоит из кремнезема, глинозема, оксида калия или оксида натрия. При выветривании полевой шпат разлагается так, что калий или натрий дают растворимые в воде углекислые соли, кремнекислота выделяется в свободном состоянии, а остающийся кремнекислый алюминий или глинозем и представляет собою собственно *глину* – гидроалюмосиликаты с общей химической формулой  $nAl_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot zH_2O$ .

Глина вместе с кремнеземом в виде не подлежащего дальнейшему выветриванию остатка может остаться на месте образования, и в этом случае она носит название глины «первичной» или «каолина» ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). Однако чаще глину в местах образования размывает и уносит с собою та же вода, которая способствовала выветриванию горной породы. Затем глина, отмученная от всякого рода крупных частиц, снова из воды отлагается и образует залежи глины «вторичной». Часто такая отмученная и осевшая глина снова вымывается водой и уносится на новое место, попутно еще раз отмучиваясь, или загрязняясь теми или другими примесями.

*Глины* – это слои осадочных горных пород, способных образовывать с водой пластичную массу, которая сохраняет придаваемую ей форму, а после сушки и обжига становится твердой и прочной. Глиняные частицы имеют малый размер (0,01–10 мкм) и преимущественно пластинчатую форму. Они способны включать воду не только в свою химическую структуру

(химически связанная вода), но и удерживать ее вокруг частиц в виде тонких прослоек (физически связанная вода). При увеличении количества более крупных песчаных частиц глины постепенно переходят в пески.

По преобладанию того или иного глинистого минерала выделяют минералогические типы глин: *каолинитовые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые* и др.

Полевые шпаты бывают различного состава, во время выветривания к глинистому веществу примешиваются другие продукты того же процесса выветривания, поэтому каолины представляют собою продукты, крайне разнообразные, как по характеру глинистого вещества, так и по составу и количеству примесей. Слюда, кварц и неразложившийся полевой шпат – примеси, которые всегда содержатся в каолинах. В глинах вторичных количественное и качественное разнообразие примесей еще больше. Наиболее часто это песок, углекислые соли магния и кальция, окисные соединения железа, серный колчедан, гипс и в особенности растительный перегной и разного рода другие органические остатки.

С технической точки зрения указанное разнообразие в составе глин важно потому, что оно отражается на основных технологических свойствах глины. Сухая глина активно поглощает воду и удерживает ее между своими частицами. Намокшая до известной степени глина перестает через себя пропускать воду и делается водонепроницаемой и в то же время превращается в массу, которая, будучи хорошо перемята и перемешана, обладает **пластичностью** – *приобретает способность изменять свою форму под воздействием нагрузки и сохранять ее после снятия нагрузки*. В непосредственной связи с пластичностью находится и другое свойство глины: **связывающая способность**, которая заключается в том, что глина с различными порошкообразными, не пластичными телами, вроде песка и т.п., дает однородное тесто, обладающее также пластичностью, хотя и в меньшей степени.

В природе встречаются глины с самыми разнообразными степенями пластичности и связности, причем наиболее пластичные глины всегда способны удержать и большее количество воды, но замачиваются труднее и дольше, чем непластичные.

Различают глины:

\* **пластичные (жирные)** – даже в сухом состоянии блестящие с виду, скользкие на ощупь, в замоченном состоянии при осезании дают впечатление жирного вещества;

\* **умеренно пластичные (нормальные);**

\* **непластичные (тощие)** – в сухом состоянии имеют матовую поверхность, при трении пальцем легко отделяют мелкие земляные пылинки, на ощупь шероховаты.

Важным свойством глины является отношение к высокой температуре или обжиганию: **огнеупорность** – способность материала не изменяясь (не деформируясь) выдерживать высокие температуры. Показатель огнеупорности – температура, при которой глина переходит в стекловидное видоизменение. Замоченная глина на воздухе теряет воду, становится сухой и твердой, но в то же время хрупкой и легко истираемой в порошок. Изменение содержания воды при нормальной температуре изменяет физические свойства глины, но не затрагивает ее химического состава.

Если замоченную и отформованную глину подвергнуть весьма высокому нагреванию, то глина не только потеряет всю воду, но в ней произойдут и глубокие химические изменения. Обожженная не при слишком высокой температуре глина, не теряет своей пористости и способности впитывать влагу, но окаменеет и теряет способность размываться водою и давать с нею пластическую массу. Чем выше температура обжига, тем твердость полученного черепка выше; для каждой глины можно, наконец, достигнуть такой температуры обжига, при которой она, плавясь и принимая стекловидный вид, совершенно теряет свою пористость и приобретает высокую твердость.

Огнеупорность различна для различных сортов глины и зависит, преимущественно, от наличия тех или иных примесей. Температура плавления глинозема значительно выше, чем кремнезема. Однако смесь их плавится легче, чем наиболее легкоплавкая из частей, т.е. чем кремнезем (кварц, кремь, чистый песок состоят почти исключительно из кремнезема). Прибавляя кремнезем к глине, ее огнеупорность понижают до известного предела. При дальнейшем увеличении содержания кремнезема наблюдается увеличение огнеупорности. Увеличение содержания глинозема всегда сильно поднимает огнеупорность глины. Понижают огнеупорность глины, кроме кремнезема, также и естественные и искусственные примеси:

магнезия, закись и окись железа, известь, щелочи и т.д., причем при содержании даже в незначительных количествах (до 1%).

Имеет большое значение и **чувствительность к сушке** глины. При сушке могут появляться трещины, проявляется усадка, коробление. Для определения способности глины высыхать без разрушения и коробления лепят пласт 100×100×10 мм. Сушку производят под мокрой тряпкой. О пригодности глины для гончарного производства контролируют величину усадки, изменение формы, нарушение сплошности. Целесообразно сравнить величину этих показателей с эталонным образцом, изготовленным из заведомо пригодной глиняной смеси.

Важны также **обжиговые свойства** глины. Нужно найти два значения температуры: 1) при которой получается прочный и пористый черепок (для первого, утильного обжига) и 2) при которой получается плотный, но еще недеформированный черепок (для второго, глазурного обжига). Эти две температуры в идеале должны отличаться градусов на 200. Если они отличаются на считанные градусы, то глина не пригодна для работы.

Естественная **окраска глин разнообразна**. Бывает глина цветов чисто белого, серого, голубоватого, сероватого, зеленоватого, всевозможных оттенков желтая, красная, темно-синяя, коричневая и совершенно черная. После обжига цвет этот в зависимости от содержащихся в глине различных подмесей различным образом изменяется.

Все сорта глины, содержащие соединения железа, при обжиге в окислительном пламени приобретают кирпично-красный цвет, тем более темный, чем выше температура обжига. При очень высокой температуре цвет этот приобретает зеленый оттенок, и, наконец, глина может стать черной. Если железистая глина содержит и углекальцевую соль (мел), то она при слабом обжигании делается красной, а при начинающемся спекании становится мясокрасной с оттенками от беловатого до темно-желтого; при полном стекловании и тут, впрочем, получают оттенки от зеленоватого до черного. Глину различают не по ее натуральному цвету, а по тому, какой она становится после обжига. Например, если натуральная черная глина после обжига становится белой, ее так и называют – белой. Следует помнить, что сухая глина светлее сырой.

По составу, свойствам и практической ценности глины

подразделяют на четыре основные группы:

\* **грубокерамические** – железистые глины, распространенные почти повсеместно;

\* **огнеупорные** – каолиновые, обладающие высокой пластичностью;

\* **каолины** – менее пластичные, чем огнеупорные, глины; после обжига приобретают белый цвет; применяются в производстве фарфора и фаянса;

\* **монтмориллонитовые** – очень пластичные глины, обладающие высокой связующей способностью.

Основными на территории Беларуси являются следующие месторождения глин:

**Легкоплавкие глины.** Месторождение Гайдуковка (Минская обл.) – крупнейшее месторождение глин в Беларуси (70 млн.т.). Главная сырьевая база минских кирпичных заводов и предприятий местной промышленности. Глины пригодны для изготовления кирпича высоких марок, кровельной черепицы, майолики и др. Содержат до 10%  $Fe_2O_3$ . Весьма пластичны, огнеупорность 1000–1100°C. Месторождение Руржево II расположено вблизи Витебска. Общие запасы – 11500 тыс.м<sup>3</sup>. Глины пластичны. Огнеупорность 1150–1180°C. Содержат до 8%  $Fe_2O_3$ , 5–7% CaO, 2–3% MgO. Разрабатывается и используется Витебским комбинатом стройматериалов.

**Тугоплавкие и огнеупорные глины.** Городок (Гомельская обл.) наиболее крупное и хорошо изученное месторождение. Запасы составляют 27 млн.т. По содержанию глинозема глины относятся к кислым и полукислым. Содержание глинистых частиц менее 0,01мм колеблется от 18 до 53%. Огнеупорность глин 1380–1550°C. Содержание  $SiO_2$  – 78,1%;  $Al_2O_3$  – 14–25%;  $Fe_2O_3$  – 1–4,6%. Глины используются Речицким заводом канализационных и дренажных труб, а также для изготовления кирпича и черепицы. Месторождение Журавлево (Бресткая обл.). Суммарные запасы глин 10 млн.т. Содержание кремнезема 58,4–88,9%, глинозема 3,5–26,3;  $Fe_2O_3$  – 1,19–2,43%. Огнеупорность 1440–1570°C. Используется Горыньским керамическим заводом, выпускающим огнеупорные изделия и облицовочную керамику. Крупных месторождений огнеупорных глин в Беларуси не имеется. Такие глины встречаются вместе с тугоплавкими в единой глинистой

толще и четко выделяются более темной (до черной) окраской. Они более тонкодисперсные, содержание кремнезема в них обычно не превышает 50–55%, а глинозема значительно больше, чем в тугоплавких глинах. Огнеупорность выше 1580°C. Каолиновые породы в Беларуси открыты в 1957–1961г. в Житковичском районе. Позднее были выявлены залежи первичных и вторичных каолинов месторождений Ситница (Бресткая обл.), Дедовка, Березина и Люденевичи (Гомельская обл.). По внешнему виду каолины светло-серого цвета и белого, жирные на ощупь, слюдистые. Проведенные исследования показали, что каолины состоят в основном из каолинита с примесью гидрослюда и монтмориллонита. Самое крупное месторождение Ситница – 9 млн.т. Огнеупорность каолинов 1680–1750°C. Химический состав обогащенного каолина  $Al_2O_3$  – 28,3–34,2%;  $Fe_2O_3$  – 0,2-3%;  $TiO_2$  – 0,1–1,4%;  $CaO$  – 0–1,5%;  $SiO_2$  – 47,7–53,4%;  $MgO$  – 0,2–1,2%;  $Na_2O$  – 0,1–0,5%. В связи с большим количеством песчано-гравийной фракции (более 50%) и высоким содержанием красящих оксидов белорусские каолины не пригодны без специального обогащения для производства фарфоровой посуды, их можно использовать для изготовления санитарно-технических и огнеупорных изделий.

Глины делят еще на следующие четыре класса:

- 1) **огнеупорные глины** (белая пластическая и непластическая),
- 2) **плавкие глины** (обыкновенная гончарная и сукновальная),
- 3) **известковые глины** (мергель и обыкновенная кирпичная глина),
- 4) **охристые глины** (болус, охра).

Мергели и охры не используют в гончарном деле, хотя мергель и подмешивают иногда в глину, когда требуется повысить в ней содержание извести. Обыкновенная и кирпичная глина представляет собой смесь глины с кварцевым песком и с большим или меньшим количеством охры, а иногда и извести. Она окрашена в бурый или желтый цвет, сравнительно малопластична и не особенно огнеупорна. Сукновальная глина в воде распадается в тонкий порошок и образует совершенно непластичную кашицу. Вследствие способности в таком виде впитывать в себя жиры, глина эта применяется при валянии сукон, откуда и ее название. Иногда ее подмешивают к глине гончарной для снижения ее пластичности.

Для ручного формования наибольшее значение имеет

**обыкновенная гончарная** (или горшечная) **глина** – наиболее распространенный повсеместно материал. Состав глин колеблется даже в пределах одного месторождения; от примеси окислов железа они всегда окрашены в коричневый и ржавчинный цвет, которые при обжиге переходят в красноватый. В сухом состоянии эти глины представляют массу плотную, твердую и шероховатую. Обработанная водой, глина дает липкую и пластическую массу, издающую довольно сильный характерный для этих глин запах: глины эти почти всегда содержат от 5 до 15% кварцевого песка. Наиболее приемлемый материал для гончарного производства – глина, содержащая 5–8% кварцевого песка; содержание небольшого количества окиси железа и углекислой извести полезно для снижения температуры обжига. Содержание значительного количества извести, особенно в виде даже мелких кусочков – не допускается. Если в обыкновенной гончарной глине содержание песка превосходит 15–18%, то она мало пригодна для посуды, так как она получается очень непрочная. Такую глину исправляют прибавкою к ней пластической глины. Однако все прибавки, т.е. песка к жирной глине и глины – к тощей глине – обходятся обычно дорого, даже тогда, когда эти материалы легко и дешево достаются на месте. Бывает полезно подмешивать к глине растительные вещества: торфяной однородный порошок, древесные опилки, мелко рубленную солому, мякину, порошок древесного угля и др. Чем пластичнее глина, тем примесь этих материалов может быть большею, но не должна превышать 2/10 весовых частей.

Для определения пригодности глины для гончарного дела используют ее химический анализ и механические испытания в лабораторных условиях. Однако для большинства мелких производителей такие способы непригодны. Поэтому ими используются традиционные более или менее простые и доступные способы исследования глины на предмет определения пластичности и пористости при обжиге.

### ***Существует множество способов определения пластичности глины.***

1. В ведро (10 л) с глиной добавляют воду и перемешивают остроганной длинной дощечкой (веслом) до сметанообразного состояния (рис. 1). Если раствор покрыл весло тонким слоем (1 мм) – он тощий, малопластичный и требует добавления жирной глины.

Если слой глины на весле достиг 2 мм и она прилипла отдельными сгустками, то глина имеет нормальную пластичность. Толстый слой глины, налипший на весло, свидетельствует о её высокой пластичности и необходимости добавления песка. Песок следует добавлять небольшими порциями, сначала на ведро литровую банку, до тех пор, пока раствор не достигнет нормальной пластичности.



Рис. 1

2. Из глиняного, хорошо на воде замешенного, теста лепят брусок, затем дают ему на воздухе совершенно высохнуть. Затем такой высохший брусок погружают в воду и наблюдают, насколько быстро будет идти насыщение его водой, и насколько сильно при этом произойдет деформирование бруска. Тощие глины при этом весьма быстро рассыпаются в порошок, а чем глина жирнее, тем больше требуется для насыщения водой времени, и тем слабее выражается деформация первоначальной формы. Удобно иметь при этом эталонные образцы сильно жирных и тощих глин, а еще лучше – глин заведомо пригодных для изготавливаемого товара и производить пробы параллельно и в одинаковых условиях для эталонных образцов и испытуемых.

3. Очищенную от крупных частиц глину отмеряют одинаковыми порциями, например литровой банкой. Отбирают пять порций: первую оставляют в чистом виде, во вторую добавляют одну десятую часть банки песка, в третью – одну четвертую часть, в четвертую – три четвертых, в пятую – полную банку. Этот способ применяют для глины средней жирности. В жирную глину песок добавляют в следующем количестве: первая порция остается без добавок, во вторую порцию – 0,5 банки, в третью – полную банку, в четвертую – 1,5 банки, в пятую – 2 банки. Песок тщательно перемешивают с глиной и в полученную смесь добавляют воду до тех пор, пока при перемешивании не получится масса, хорошо разминаемая пальцами и не прилипающая к рукам. Из каждой порции массы скатывают по пять шариков диаметром до

5 см. Из двух шариков каждой порции делают лепешки толщиной по 2–3 см. Шарики и лепешки сушат в помещении без сквозняков 8 – 12 суток, лучше всего на полу. Пригодна для формования изделий такая смесь, из которой высохшие шарики и лепешки не растрескались, а шарики, падая с высоты 0,75–1 м, не рассыпаются на полу. Лепешки и шарики из жирного раствора растрескиваются по краям. На шариках из тощего, не образуется трещин, но, падая, они рассыпаются. При небольшом надавливании лепешки из такого раствора также рассыпаются на мелкие кусочки.

4. Проверить пригодность массы можно и так. Скатанные шарики по одному кладут между строгаными досками и надавливают на верхнюю из них. При небольшом нажатии шарик из тощей глины рассыпается на куски, причем это происходит, когда сжатие только начинается. На шарике из немного более пластичной глины при сжатии на  $1/5$ – $1/4$  диаметра образуются большие трещины (рис. 2, а), на шарике из нормальной глины такие же по форме, но более тонкие трещины появляются при сжатии на  $1/3$  диаметра (рис. 2, б). У шариков из жирной глины тонкие трещины возникают при сжатии их на  $1/2$  диаметра.

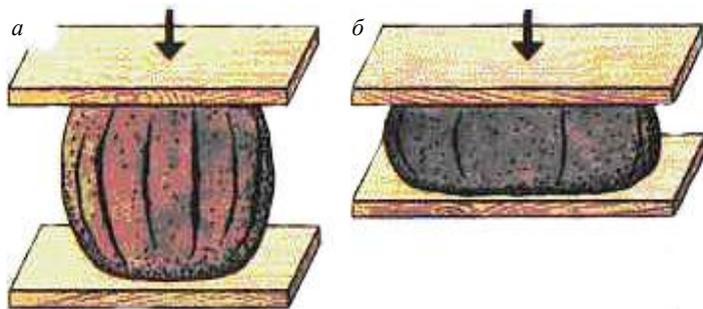


Рис. 2

5. Из такого же глиняного теста, что и шарики, раскатывают руками жгутики диаметром 1–1,5 см, длиной 15–20 см. Эти жгутики проверяют на растягивание или сгибание в форме кольца вокруг круглой деревянной скалки диаметром 4–5 см. Жгутики из жирной глины вытягиваются плавно и постепенно утоняются, образуя в месте разрыва острые концы (рис. 3, а). Жгутики из нормальной глины вытягиваются плавно и обрываются, когда толщина в месте разрыва достигает 15–20% начального диаметра (рис.3, б). Жгутик

из тощей глины мало растягивается или почти не растягивается и дает неровный разрыв (рис.3, в).

При сгибании вокруг скалок на жгутике из жирной глины не образуется трещин (рис. 4, а), на жгутике из нормальной возникают мелкие трещины (рис. 4, б), а на жгутике из тощей появляется много крупных трещин и разрывов (рис. 4, в).

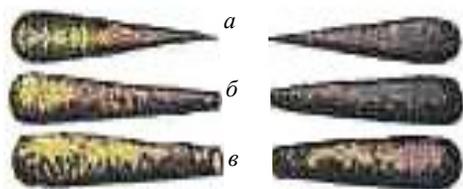


Рис. 3



Рис. 4

**Определение пористости** производят на обожженном черепке. Взвешенный предварительно черепок кипятят в воде, пока из черепка не перестанут выделяться пузырьки воздуха, затем вынимают из воды, дают остыть, вытирают снаружи слегка тряпкой и взвешивают снова. Привес покажет, сколько воды впитал в себя черепок. Чем больше это количество, тем больше пористость глины.

Пористость черепка определяют по формуле:

$$П = (m_{np} - m_0) / (\rho V),$$

где  $m_{np}$  – масса пропитанного черепка;

$m_0$  – масса исходного черепка;

$\rho$  – плотность воды;

$V$  – объем черепка.

### **Способы исправления глиняных масс**

Пластичность массы увеличивают примесью сильно жирной глины. Иногда (при подготовке массы для лепки) для повышения пластичности и водоудерживающей способности глины в нее добавляют растительное масло – до 20% от массы глины. Сравнительно новая технология в изготовлении керамических масс – «бумажная глина» (paperclay). Техника приготовления заключается во введении целлюлозной пульпы в распущенную глину, чем сильно повышается пластичность массы. Основной недостаток таких масс –

дым от сгорания целлюлозы во время обжига при температуре 400–600 °С, что требует улучшения вентиляции.

Снижение пластичности бывает необходимым для предотвращения прилипания глины к форме и орудиям производства, снижения усадки изделий при сушке, которая может приводить к их растрескиванию. Для снижения пластичности используют песок, размолотый в порошок камень, обожженную при температуре 1350°С и размолотую глину (шамот).

Чаще всего к глине примешивается песок, как материал наиболее дешевый и доступный. Лучшие результаты дает песок кварцевый, не содержащий никаких подмесей, однако часто приходится довольствоваться песком обыкновенным, предпочитая песок с острыми зернами, добываемый из карьеров, песку с зернами круглыми (речному или морскому). Песок сильно илистый для подмеси в глину не годится. Песок можно успешно заменить молотым кварцем и кремнем.

Подмесь песка всегда изменяет и огнеупорность глины: мелкий песок снижает, а крупный кварцевый песок поднимает огнеупорность глины. То же относится к молотому кварцу и кремню, причем последние способны сильно уменьшать усадку изделий.

Шамот снижает пластичность глины, увеличивает пористость изделий, уменьшает их усадку и поднимает огнеупорность. Известь также понижает пластичность глины, но является примесью нежелательной, а при содержании выше 18–20% и прямо вредной (за исключением производства каменного товара со сплавленным черепком).

Подмеси, снижающие пластичность, при их содержании до некоторого предела снижают и пористость глины. При увеличении содержания они повышают пористость. Для увеличения пористости изделий к глине прибавляют органические вещества, которые при обжиге выгорят и оставят вместо себя пустоты: угольный порошок, опилки, соломенная резка, полова, навоз, кострика, торф и т.п.

Понижают огнеупорность глины (это необходимо для производства изделий со сплавленным черепком) прибавкой специальных веществ – *флюсов* или *плавней*. В качестве плавней прежде всего применяют полевые шпаты в разнообразнейших сортах и даже комбинациях, вроде гранита, порфира и пегматита. Далее идет известь в виде мела или еще лучше мергеля или доломита, так называемый *фритт* – сплавленные и затем

размолотые смеси щелочей с песком или кварцем, стеклянный бой, доменные и каменноугольные шлаки, зола и т.п. дешевые материалы, содержащие легкоплавкие силикаты.

**Цель предварительной подготовки глины, добытой из земли, состоит в получении гомогенной смеси**, в которой все частички всех составных частей глины, непластических подмесей (естественных и искусственно введенных) и воды – были бы распределены равномерно в объеме смеси. Чем тоньше стенки изделия, тем сильнее всякая неравномерность смеси сказывается на деформации изделий при обжиге, их разрушении при обжиге и в процессе последующей эксплуатации.

Исходно глина неоднородна: содержит множество естественных подмесей: вредных и подлежащих удалению, либо не вредных, но неравномерно распределенных по толщине пласта, кроме того, обладает слоистостью и сохраняет способность разделяться и раскалываться в направлении слоев даже после обжига.

Наиболее употребительным предварительным приемом ликвидации слоистости (диспергирования) глины является **вымораживание (зимование)**: вырытую из земли глину сваливают в узкие и длинные гряды и поливают водой так, чтобы гряды промокли полностью до морозов. Зимой вода замерзает между частицами глины и, увеличиваясь в объеме, отрывает их друг от друга, делая глину более рассыпчатой. Рост количества циклов заморзания-оттаивания способствует более полной ликвидации слоистости глины. В моменты оттаивания рекомендуется глину перелопачивать. К весне, оттаяв и просохнув, глина распускается – распадается на мелкие хрупкие комочки, активно поглощающие воду при замачивании. При зимовании происходят некоторые химические процессы в подмесах. Например, железный колчедан переходит в это время в железный купорос и выщелачивается водой. Иногда зимование способно существенно повысить пластичность глины. Далее распущенная глина освобождается от крупных подмесей – камней, крупных не промерзших комков на грохоте либо, при изготовлении более дорогого товара, подвергается отмучиванию.

Измельченная и освобожденная от примесей глина замешивается с водой, с прибавлением тех или иных подмесей или плавней, если такое прибавление необходимо, в густое тесто, из

которого можно было бы формировать выделяемые изделия. Прибавку каких-либо веществ обычно производят сначала в сухом виде к сухой же глине, и перемешивают. Затем к смеси подливают воду и замешивают ее в тесто. Это замешивание в тесто может производиться ногами рабочих или лошадей, либо при помощи глиномяльных машин. Если замешивание теста производится ногами, то полученную таким образом массу затем скатывают в один большой ком, называемый «кабаном», отрезают от него изогнутыми ножами пласты, скатывают их каждый отдельно вручную, обрабатывают ударами деревянных колотушек и многократно перемешивают и перепластовывают один с другими. Значительно быстрее идет операция приготовления однородного годного для формования глиняного теста на глиномяльных машинах, работающих по принципу экструдера.

### **Форма отчета**

Таблица 1. Исследование пластичности глиняных смесей

| № образца | Цвет образца | Способ определения пластичности | Эскиз образца в испытании | Материал и количество подмесей | Техника и режим смешивания | Эскиз исправленных образцов при испытании | Чувствительность к сушке | Вывод о пригодности смеси к ручному формованию |
|-----------|--------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---|--------------------------|--|
|           |              |                                 |                           |                                |                            |   |                          |  |

Таблица 2. Определение пористости черепка

| № образца | Цвет образца | Масса исходного образца, г | Масса пропитанного образца, г | Пористость эталонного образца | Пористость испытанного образца | Вывод о степени пористости образца |
|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
|           |              |                            |                               |                               |                                |                                    |

### **Вопросы**

1. Как образовались залежи глины?
2. Каким может быть состав природной глины, чем он определяется?
3. Какие классификации глин Вам известны?
4. Каково назначение и материал искусственных прибавок к глине?

5. Какие свойства глиняных смесей особенно важны в гончарном производстве и почему?
6. Какие методы определения пластичности глиняных смесей используют в непроизводственных условиях?
7. Как определяют пористость глиняного черепка?
8. Каково назначение и способы изменения огнеупорности глины?
9. В чем заключается процесс зимования?
10. Какова последовательность подготовки глиняной смеси к ручному формованию?
11. Какое значение имеет способность глины к высыханию?

*Лабораторная работа № 10. (4 ч.)*

## **СУШКА И ОБЖИГ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ**

**Цель.** Изучить оборудование и освоить технологический процесс сушки и обжига керамических изделий из глиняных смесей (терракота).

**Оборудование, инструменты, материалы.** Отформованные из глиняной массы полуфабрикаты, электрическая печь сопротивления муфельная, линейка, штангенциркуль.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Разработать технологический процесс обжига, произвести сушку и обжиг терракотовых изделий. Оценить декоративные свойства полученных изделий и сравнительные качественные характеристики обожженных и необожженных изделий.

### ***Технико-технологические сведения.***

**Виды керамики.** Первые изделия из глины – фигурки людей, животных – появились еще в эпоху палеолита (древний каменный век). А уже в эпоху неолита (новый каменный век), по утверждению археологов и историков, человек умел лепить из глины посуду. И, наверное, как-то раз погасив костер, он случайно обнаружил, что нечаянно попавший в огонь глиняный сосуд стал твердым, как камень. Так был изобретен обжиг, чтобы придать изделию прочность, водо- и огнестойкость. Зародилось самое древнее ремесло – гончарное.

Первоначально изготовление посуды заключалось в обжиге сосуда, сплетенного из какого-нибудь гибкого материала, а затем обмазанного глиной, или выдолбленного в куске глины. Такие сосуды имели остроконечное, яйцевидное или круглое дно, толстые стенки и вдавленный орнамент.

Применив в гончарном деле одно из великих открытий человечества – огонь, мастера затем освоили и другое выдающееся изобретение – колесо. *Около III тысячелетия до н.э. на Древнем Востоке появился гончарный круг – станок для формовки глиняной посуды.* Сосуды, изготовленные на нем, получались равностенными, более прочными. Древнейший гончарный круг вращался рукой, более совершенный имел внизу маховое колесо, вращаемое ногами.

За изобретением гончарного круга последовал *гончарный горн – печь для обжига глиняных изделий.* Существовали одно-, двух- и трехъярусные горны. Обжиг осуществлялся горячими газами (700–900 °С), выделяющимися при сгорании топлива на первом ярусе.

*Керамикой (от греч. keramos – глина, keramike – гончарное искусство) стали называть поликристаллические неметаллические изделия и материалы, полученные спеканием компонентов из глин, минеральных добавок, окислов и других неорганических соединений.* Название – от наименования местности в Греции, славившейся обильным месторождением хорошей гончарной глины. Керамика – первый неорганический материал, структурно видоизмененный человеком.

Благодаря художественно-декоративным, физико-механическим качествам и экономичности производства керамика с давних пор широко применяется в архитектуре и строительстве. Керамические плитки встречались в скифских сооружениях и в русских храмах IX-X вв. Примерами настоящего керамического искусства являются облицовка «Теремка» над въездными воротами Крутицкого подворья Новоспасского монастыря (XVII в.) в Москве, декоративная отделка часовни-усыпальницы (XIX в.) в дворцово-парковом ансамбле Гомеля и многие другие сооружения.

*Основные виды керамики* – терракота, майолика, фаянс, фарфор и каменная масса.

*Терракота (от итал. terra cotta – обожженная земля) – неглазурованные керамические изделия с пористым черепком.*

После обжига они имеют цвет от светло-кремового до красно-коричневого и черного. Для изменения цвета черепка в терракотовые массы иногда вводят оксиды металлов: железа, хрома, марганца, кобальта и др., керамические пигменты, или изделия покрывают **ангобами** – *покрытиями из белой или цветной глины*. Чтобы получить цветное покрытие, в жидкие, высокодисперсные растворы беложгущихся глин добавляют окрашенные окислы металлов в порошках.

Фактура – от грубозернистой до гладкой полированной. Скульптурные фигурки, саркофаги, статуи, орнаментально-рельефные детали из терракоты были распространены почти во всех неолитических культурах Греции, Китая, Индии, Америки, Средней Азии. С XV в. терракота применялась при декоративной отделке зданий в Киевской Руси.

**Майолика** (от назв. о. Майорка) – *керамика из белой или цветной обожженной глины, с крупнопористым черепком*. Как правило, майоликовые изделия имеют рельефные украшения, покрытые приглушенными цветными глазуриями.

Существуют разные виды майолики, но собственно майоликой является изделие, которое покрывают росписью по сырой непрозрачной оловянной глазури. В дальнейшем, соединяясь при обжиге с красками, такая глазурь образует своеобразную цветную поверхность майоликового черепка. Производят и так называемую полумайолику, которую готовят, нанося рисунок на белую обмазку изделия, после чего покрывают свинцовой глазурью и обжигают.

**Глазурь** (от нем. *glas* – *стекло*) – *стекловидное тонкое защитно-декоративное покрытие на керамике (прозрачное или непрозрачное, бесцветное или окрашенное)*. Широкое распространение получила архитектурная майолика в России в XVII в. Наличники окон, порталы, фризy, изразцы, фигурки святых выпускал с монохромной росписью по белому фону завод Гребенщикова в Москве. В мастерских Гжели изготавливались изразцы с полихромным покрытием. Их называли поливами, зеленые поливы – «муравлеными». Кроме того, в Гжели выпускалось большое количество разнообразной майоликовой посуды. Гжельцы умели придавать глиняным изделиям вид металлических, например медных. Заглаженные галькой или костяной палочкой изделия

пропитывались дымом при малом доступе кислорода и становились серебристо-черными.

На рубеже XIX–XX вв. прекрасные работы в майолике были выполнены русскими художниками М.А. Врубелем, В.М. Васнецовым, А.Я. Головиным, С.В. Малютиным. Много работали в декоративной майолике французские живописцы Ф. Леже и П. Пикассо.

**Фаянс** (от назв. итальянского города Фаэнца, славившегося своими изделиями в XV в.) – керамические изделия, имеющие плотный мелкопористый черепок (обычно белый), покрытые прозрачной или непрозрачной глазурью. Место и время зарождения фаянсового производства точно не установлены. Известно, что похожие на фаянс изделия изготовлялись еще в Древнем Египте, Китае (IV–V вв.). В Европе производство фаянса началось в середине XVI в. во Франции, а самого большого подъема достигло после того, как английский гончар Астбери, добавив жженный молотый кремний к фаянсовой массе, добился окраски фаянса от желтой до «цвета сливок».

Фаянс всегда успешно конкурировал с позднее появившимся фарфором. Лучшие изделия европейского фаянса так и называли: непрозрачный фарфор. Собственно, для неопытного глаза в этом и заключалось единственное отличие фаянса от прозрачных фарфоровых изделий. Да еще мелодичный долгий звук при легком ударе о фарфор, которого нет у фаянса. Зато великолепная цветная роспись по фаянсу не знает себе равных.

Для фаянса, как правило, применяют прозрачную глазурь, которая по химическому составу близка к обычному стеклу. В основном это борные или борно-свинцовые глазури, а также глазури на основе полевого шпата. После нанесения глазури фаянсовое изделие украшают керамическими красками.

**Фарфор** (от тур. *farfur*) – керамика, получаемая из пластичной огнеупорной глины, каолина, полевого шпата, кварца. Изделия из фарфора (посуды, вазы, статуэтки, архитектурные детали и др.) имеют белый спекшийся, непроницаемый для воды, просвечивающий в тонком слое черепок без пор. При легком ударе по краю фарфоровые изделия издают мелодичный звук.

Фарфор появился в Китае в IV–VI вв. В Европе с XVI в. производился так называемый мягкий фарфор (без каолина). Твердый фарфор изобретен в начале XVIII в. алхимиком

И. Бетгером при содействии математика Э. Чирнгауза в Саксонии, где вскоре возникло производство знаменитого мейсенского фарфора (сервизы, вазы, скульптурные фигуры, бюсты), отличающегося необыкновенной пластичностью форм, изысканной росписью. Хорошо известны также художественные изделия Севрского фарфорового завода (близ Парижа), основанного во второй половине XVIII в. Это посуда с яркой, сочной росписью, скульптура (обычно бисквит, т. е. неглазурованная) в стиле рококо, с 1770-х гг. – в стиле классицизма (по моделям Э. М. Фальконе, Ф. Буше и др.). И в наши дни Севр остается центром производства французского фарфора.

В России состав фарфоровой массы разработал около 1747 г. Д. И. Виноградов. На Петербургском фарфоровом заводе (первом в России, ныне он носит имя М. В. Ломоносова) изготавливались изящные по форме сосуды, табакерки с декоративным изображением птиц, животных, пейзажей, портретов, гербов, монограмм, жанровых сцен. Русский фарфор не единожды получал призы на всемирных выставках в Париже, Реймсе, Льеже.

*Каменная масса – керамический материал, близкий к фарфору, но непрозрачный, имеющий плотный, почти без пор черепок (обычно серого или коричневого цвета).* Изделия из каменной массы покрывают прозрачной или матовой глазурью, украшают тонким рельефом. В Китае каменная масса появилась раньше фарфора. Сначала применялась в производстве посуды, сейчас используется в основном для декоративных целей.

Особое место среди изделий из глины занимают *игрушки* – одни из самых популярных современных сувениров. Их делали почти везде, где были залежи глины и занимались гончарством. Лепили для себя, забавы ради, к ярмаркам, веселым народным праздникам. Некоторое время изделиями кустарей-игрушечников не пренебрегала даже знать, пока в Россию не стали завозить дорогие игрушки из Франции и Германии. Но у простого народа глиняная игрушка была популярна во все времена. В XVIII–XIX вв. окончательно сложились основные центры по изготовлению игрушек на продажу, сохранившиеся и в наши дни.

Древнейшие образцы белорусской керамики относятся к эпохе неолита. Это грубая лепная глиняная посуда, украшенная орнаментом. В раннем железном веке на территории Беларуси

выделяют три главные группы керамики: «текстильная» керамика с отпечатками ткани на поверхности (север Беларуси), «штрихованная» керамика (центральные районы), черно-лощенная керамика (южные районы Беларуси). Во второй половине I тысячелетия н.э. гончарство делилось на сельское и городское (с более разнообразным ассортиментом изделий) и существовало в форме домашнего производства, а так же производства на заказ и на рынок. Начиная с X в. городские гончары пользуются гончарным кругом. К художественной керамике относятся кроме посуды керамическая скульптура и архитектурная керамика, игрушки. Наиболее распространенными видами керамики в Беларуси издревле были терракота и майолика. Фаянс начали производить на рубеже XIX в., а производство фарфора из привозного сырья стало развиваться на Минском фарфоровом заводе уже после второй мировой войны.

Все глиняные изделия, до обжига, *просушиваются*. *Сушка* – технологическая операция удаления влаги из изделия в естественных условиях или в процессе нагрева.

Сушка вначале ведется при комнатной температуре на полке или полатях, устроенных вдоль стен или под потолком, в той же мастерской; реже – в отдельном помещении, особенно, если есть возможность нагревать его от обжигательной печи. Летом сушку проводят на воздухе – на полках под навесами, устроенными так, чтобы просушиваемые изделия постоянно проветривались. Чтобы сушка шла равномерно и не сопровождалась образованием трещин и разрушением сформованных заготовок, ее необходимо в течение 1–2 суток производить при температуре 18–20 °С при хорошей вентиляции помещения (воздух в помещении должен быть достаточно сухим). Затем температуру сушильного помещения в течение суток надо поддерживать на уровне 22–25 °С при хорошей вентиляции. Если это невозможно, то просушивание приходится продлевать до 4–5 дней.

В 90% случаев изделия трещат еще на стадии сушки. Причина этого – неверно выбранный состав глиняной массы для конкретных изделий или неправильный режим сушки. При сушке глиняных предметов всегда происходит их *усадка*. И хотя усадка редко превышает 1%, все же ее приходится принимать во внимание при расчете величины форм и желаемой величины изделия. Усадка

происходит равномерно по всем направлениям только тогда, если, во-первых, масса, из которой формовалось изделие, была совершенно однородна и, во-вторых, сушка ее велась постепенно и медленно. Особенно осторожно надо вести сушку предметов из масс сильно жирных, дающих сильную усадку, и из которых обычно формуют тонкостенные изделия. Такие массы малопригодны для массивных изделий, с толстыми стенками. Чтобы уменьшить усадку и сделать ее более равномерной по толщине изделия, в массу вводят шамот, который, однако, снижает пластические характеристики массы.

При быстрой и неравномерной сушке возможно не только появление трещин (*треск*), но изделия искривляются, теряют форму. При сушке полых изделий (условно, горшков) желательно чтобы сначала высохло дно, а затем горловина. Поэтому сосуд ставят доньшком вверх. Если сырую формовку нельзя поставить на горлышко, то ее верхнюю часть обматывают влажной тряпкой и сушат в том положении, в котором формовали. Если появляется треск, нужно сушить изделия медленнее, например, под тряпкой, в прохладном месте и даже в закрытом ящике.

Изделие должно высохнуть до воздушно-сухого состояния. Если оно сырое, то при обжиге может лопнуть. Первый этап нагрева в печи тоже относится к сушке: никогда не следует спешить с нагревом в интервале от комнатной температуры до 150–250 °С.

Высушенные изделия иногда подвергаются *обточке*, для придания им более изящного вида; срезания излишков глины, выглаживания неровностей и придания стенкам нужной толщины, что особенно важно при выделке крупной посуды. Для обточки глиняной посуды используют простейший токарный станок, сходный с токарным по дереву. Отличия его в том, что многие стальные части заменены деревянными, например, на шпиндель вместо патрона навинчивается деревянная болванка той или иной формы, служащая для насаживания на нее обтачиваемого глиняной заготовки. Вспомогательными же орудиям, вместо долот, резцов и т.п., служат разной величины и формы пластинки требуемой формы, выделяемые гончарами из старых пил, серпов и т.п.

Самая ответственная стадия при изготовлении гончарных изделий – *обжиг* – основная технологическая операция, заключающаяся в высокотемпературной обработке заранее

*отформованного и высушенного полуфабриката. Во время обжига происходит спекание*

Для получения запланированных свойств изделий нужно иметь возможность контролировать параметры обжига и управлять ими, зная основные, самые общие, принципы.

Условно можно разделить все материалы на 4 группы:

- **фарфор** – много плавней, при нагревании в черепке образуется много жидкой фазы. Сюда же относят каменные массы;
- **фаянс** – жидкая фаза практически отсутствует;
- **майолика** – изделия из красной глины, в том числе гончарка, терракота и т.п.;
- **шамот** – по составу – любой из перечисленных материалов. Отличается содержанием зерен обожженного материала, связанных пластичной глиной.

Для каждой группы материалов условно выделяют некоторые объединяющие их моменты.

### **Фарфоровая схема обжига**

Сначала проводят **первый, утильный**, обжиг. То есть обжигают высушенные изделия без глазури. Температуру выбирают в интервале 800–1000 °С. После первого обжига изделия приобретают прочность, остаются пористыми. Если есть трещины, их легко выявить простукиванием деревянной палочкой по характерному дребезжанию. Изделия после этого обжига называют **утилем**. Обожженный неглазурованный фарфор называют еще **бисквитом**.

Затем проводят **второй, политой**, обжиг. Перед вторым обжигом, наносят подглазурную роспись и глазуруют изделие. Температуры обжига для разных видов фарфора различны. Настоящий фарфор требует 1380–1420 °С, рядовой столовый фарфор – 1300–1380 °С, санитарно-технический – 1250–1280 °С, а каменные массы – в зависимости от того, что используют в роли плавня. Второй обжиг окончательно формирует структуру керамики и определяет все ее физико-химические свойства. Не расписанные изделия после этого обжига называют **бельем**.

Традиционно фарфор имеет цветочную роспись, картинку, золотую или голубую каемочку. Украшения фарфор получает в **третьем, декорирующем**, обжиге. Обычные надглазурные краски вжигают при 800–830 °С, люстровые краски и препараты золота – при той же или чуть меньшей температуре. Сейчас распространился

и высокотемпературный декорирующий обжиг при 1000–1100 °С. Иногда проводят два и более декорирующих обжига. Все они, с точки зрения классификации, третьи.

### **Фаянсовая схема обжига**

**Первый обжиг** фаянса – высокий. В фаянсовых массах практически нет плавней, поэтому при обжиге образуется минимальное количество жидкой фазы, или не образуется вообще, а глины, входящие в его состав, имеют высокую тугоплавкость. Как правило, температура обжига 1200–1250 °С. В отличие от фарфора, черепок останется пористым.

**Второй обжиг**, политой, можно проводить при любой температуре, которая требуется для нормального растекания глазури: 1150–1250 °С, если это «фаянсовые» глазури, 900–1000 °С, если это свинцовые майолики; можно нанести белую эмаль и использовать технику росписи по сырой эмали. Во всех случаях, если глазури подобраны правильно, получают изделие с такой же прочностью, какой она была после первого обжига.

Третий обжиг, если он необходим, проводят так же, как и в фарфоровой схеме.

### **Обжиг майолики**

Здесь используются красножгущиеся глины с невысокой тугоплавкостью и узким интервалом обжига. Пережог приводит к вспучиванию и сильной деформации. Для майолики характерны низкие температуры обжига – 900–1100 °С. При этих температурах завершаются процессы разложения глинистых материалов, сопровождающиеся выделением газообразных веществ. Это затрудняет так называемый однократный обжиг – и черепка и глазури – за один раз. *Самая распространенная технология – первый, утильный, и второй, политой, обжиг.*

Режим первого обжига выбирают таким, чтобы в максимальной степени прошли все процессы превращения глинистых минералов. Температура утильного обжига может быть и выше, и ниже температуры политого обжига. Обычно ниже, на уровне 900–950 °С. Режим второго обжига выбирают исходя из характеристик глазури, но при этом нельзя превышать температуру начала деформации черепка.

**Терракоту обжигают один раз**, обычно до 1000 °С, не доводя черепок до спекания. Газовый и температурный режим обжига существенным образом влияют на цвет и чистоту тона

терракотовых изделий.

### Обжиг шамота

Основное отличие шамотных масс – наличие в массе жесткого каркаса из плотных, обожженных зерен. Размер зерен может варьироваться от 100 мкм до нескольких миллиметров, что определяется скорее требованиями фактуры материала, а не требованиями технологии. Жесткий каркас препятствует усадке массы в процессе обжига. (Кстати, при сушке усадка шамотных масс ненамного меньше, чем тонких пластичных масс). Это позволяет проводить обжиг при несколько более высоких температурах, не опасаясь серьезной деформации изделия. Часто материал зерен имеет другой состав, чем пластичная составляющая массы. Если тугоплавкость зерен выше, температуру обжига можно увеличить значительно.

Схема обжига шамота та же, что и для других типов масс: утильный, потом (если нужно) политой, потом (если нужно) декорирующий обжиги.

**Однократный обжиг** – когда на высушенное изделие наносят глазурь и обжигают все в один прием, объединяя утильный и политой обжиги. При этом сокращается расход энергии на нагрев; ставка изделий в печь и их выемка производится один раз; не нужен промежуточный склад утиля; повышается производительность изготовления изделий. Однако при этом приходится наносить и подглазурный рисунок и глазурь на просто высушенное изделие, которое, конечно, не имеет прочности утиля, что исключает машинную обработку; затруднено глазурирование методом окунания; глазури должны быть специфицированы на однократный обжиг; отсутствует промежуточный контроль качества, т.е. заранее закладывается более высокий процент брака.

При выборе технологии обжига решающим критерием для художника является конечный результат – осуществление художественного замысла.

Рассмотрим кратко процессы, происходящие в керамической массе при обжиге (табл. 1).

Таблица 1.

| Т, °С     | Процесс  |
|-----------|--|
| 20–100    | Удаление влаги из массы. Требуется равномерный и медленный нагрев. Чем толще стенки изделия, тем медленнее нагрев.   |
| 100–200   | Продолжается удаление влаги. Глазурное покрытие претерпевает усадку. Выделяющиеся пары воды могут привести к растрескиванию и отлету покрытия. Нагрев должен быть медленным. Из люстровых покрытий выделяются летучие органические соединения.   |
| 200–400   | Выгорание органических веществ. Если их много (люстры, связующее надглазурных красок, мастик), нужно обеспечить хороший приток воздуха.  |
| 550–600   | Фазовое превращение кварца. Редко проявляется на стадии нагрева, а на стадии охлаждения может привести к «холодному» треску.   |
| 400–900   | Разложение минералов глины. Выделяется химически связанная вода. Разлагаются азотнокислые и хлористые соли (если их использовали).   |
| 600–800   | Начало расплавления свинцовых и других легкоплавких флюсов, надглазурных красок. При 750–800 °С в третьем обжиге происходит размягчение поверхности глазури и впекание красок, золота и т.п. Выгорание сульфидов.  |
| 850–950   | Разложение мела, доломита. Начало взаимодействия карбонатов кальция и магния с кремнеземом. Процессы сопровождаются выделениями CO <sub>2</sub> . В целом завершены все превращения глинистых веществ. Наиболее мелкие частицы уже спеклись и обеспечили заметную прочность черепка. К концу интервала – полное расплавление майоликовых глазурей. |
| 1000–1100 | Интенсивное взаимодействие извести и кремнезема сопровождается появлением жидкой фазы, уплотнением и деформацией черепка. Начало размягчения полевых шпатов. Плавление нефелин-сиенита. Интенсивное разложение сульфатов с выделением сернистого газа.   |

Продолжение таблицы 1

| Т, °С     | Процесс  |
|-----------|--|
| 1200–1250 | Интервал спекания беложгущихся глин, фаянсовой массы. Растворение кремнезема и каолинита в расплаве полевого шпата.  |
| 1280–1350 | Процесс муллитообразования. Иглы муллита пронизывают фарфоровую массу, что в дальнейшем обеспечит ей высокую прочность и термостойкость. Превращение тонкодисперсного кварца в кристобаллит.   |
| 1200–1420 | Интервал характерен для фарфора. При соответствующих окислительно-восстановительных условия обжига происходят процессы восстановления рыжих оксидов железа в более благородные голубые. Очень быстро протекает диффузия: подглазурная роспись теряет четкость очертаний.                   |
| 1420–1000 | И глазурь, и масса находятся в достаточно пластичном состоянии, поэтому охлаждать можно настолько быстро, насколько это позволяет печь. Если используются глазури, склонные к кристаллизации, медленное охлаждение или выдержка 1–3 часа в этом интервале приводит к росту кристаллов.     |
| 1000–700  | Начинается окисление низших оксидов меди, марганца и др. металлов (если они использованы) в высшие. Недостаток кислорода в пространстве печи может дать поверхность с металлизацией. Если требуется восстановление – восстановительную среду следует поддерживать до температур 250–300°С. |
| 900–750   | И черепок, и глазурь перешли в хрупкое состояние и далее остывают как единое твердое тело. Если не согласованы КТР – возможен цек или отскок глазури и даже разрушение изделия.  |
| 600–550   | Обратное фазовое превращение кварца с резким объемным изменением. Скоростной проход этого интервала может вызвать «холодный» треск.  |
| 300–200   | Фазовое превращение кристобаллита, образовавшегося при 1250–1300°С из тонкодисперсного кремнезема. Не следует открывать дверцу печи.   |

| Т, °С   | Процесс   |
|---------|---|
| 250–100 | Продолжается охлаждение. В глубине ставки, в толстых частях изделий температура гораздо выше, чем в тонких кромках и чем показывает термомпара. |
| 100–30  | Следует дать изделиям остыть равномерно до 30°С.  |

*Обобщенно технология обжига, исходя из рассмотренных процессов, протекающих при обжиге, может быть представлена следующим образом.*

1. **Первый обжиг.** В печь ставят сырец. До 200–300 °С нагревают медленно, за 2–3 часа. Обеспечивают хорошую вентиляцию, чтобы выгорели все примеси. Конечная температура – 900–1000 °С. Если нет уверенности в температуре, делают выдержку 1–3 часа, давая возможность всей садке равномерно прогреться. Охлаждение ведут со скоростью остывания печи. Форсированное охлаждение ведут только после нескольких экспериментов: может иметь место холодный треск из-за кварца.

2. **Обжиг с глазурью после утиля.** В печь ставят глазурованные изделия. Если глазурь хорошо просушена, скорость на начальном участке нагрева может быть выше. Нагрев до конечной температуры проводят так быстро, как позволяет печь и скорость прогрева изделий. При конечной температуре делают выдержку от 15 минут до 1–2 часов с целью равномерного прогрева. При невысокой скорости подъема температуры в конце нагрева (менее 50 °С в час) выдержку не делают. Здесь имеет смысл пользоваться конусами Зегера. «Полочки» (выдержки при постоянной температуре) на стадии охлаждения – только для кристаллических глазурей и некоторых матовых. В остальном – как в п.1.

3. **Однократный обжиг с глазурью.** Принимают во внимание сказанное в п.п.1–2. Не форсируют подъем температуры в интервале 500–900 °С – до начала плавления глазури из черепка должны удалиться все газы.

4. **Обжиг деколей, люстровых красок, надглазурных красок.** Поднимают температуру очень медленно (за 2–4 часа) до 400 °С – чтобы выгорела вся органика. При этом среда должна быть окислительной (воздушной), а вентиляция – интенсивной. От 400 до 800°С – как угодно быстро. Выдержка 5–15 минут.

### **Термическое оборудование для обжига**

Обжиг керамики проводят в самых разных тепловых агрегатах, называемых печами. Если для нагрева используется тепло, выделяемое проводником при пропускании через него электрического тока, печи называют *электрическими*, если тепло от сгорания органического топлива – *топливными: газовыми, дровяными, мазутными* и т.д. Независимо от вида и конструкции, в печи присутствует:

- свободное пространство для ставки изделий – *камера*;
- огнеупорная и теплоизолирующая оболочка – *футеровка*;
- тепловой источник – *нагреватель, горелка* и т.д.
- устройство для контроля и регулирования степени нагрева – *регулятор*.

В зависимости от конструкции печи устройства могут различаться (табл. 2).

Таблица 2.

| ПАРАМЕТР               | ЗНАЧЕНИЕ             |                                    |
|------------------------|----------------------|------------------------------------|
|                        | Дровяная печь        | Электрическая печь сопротивления   |
| Камера                 | 10–1000 литров       | 200 литров                         |
| Футеровка              | слой земли           | шамотно-волокнистая плита ШВП-350  |
| Теплоизоляция          | слой земли           | ШВП-350, ШЛ-0,4                    |
| Нагреватель            | тепло сгорающих дров | электрический, проволока «фехраль» |
| Измеритель температуры | на глаз по свечению  | термопара платина-платинородий ТПП |
| Регулятор мощности     | подкидывание дров    | тиристорный блок                   |
| Управление             | собственный опыт     | программное, программатор КТП      |

*Объем камеры* определяет производительность печи периодического действия в одном обжиге. Объем камеры может составлять 1–2 литра; такие печи удобны для тестовых обжигов и изготовления небольших изделий. Объем камер печей в мастерских обычно составляет от 50–100 литров до 1–1,5 м<sup>3</sup>, на фабриках 3–20 м<sup>3</sup>. Для более полного заполнения камеры печи полуфабрикатами используют различные подставки (бомзы, лещадки, плиты, полки).

Максимальную температуру в печи определяют *футеровка и нагреватель*. Иногда камера отделена от нагревателя дополнительной футеровкой – *муфелем*.

Регулятор содержит устройство для измерения температуры, которым обычно является *термопара*, устройство регулирования мощности нагревателя и управляющее устройство, согласующее действие двух первых.

Используют электрические нагреватели проволочные и керамические. Проволока – нихром (предельная температура 1100 °С) или «фехраль» (1200–1350 °С в зависимости от диаметра проволоки). Керамические нагреватели – силиконовые или карбид-кремниевые (рабочая температура до 1450 °С), на основе дисилицида молибдена и хромит-лантановые нагреватели (рабочая температура до 1750 °С).

При нагреве газовыми горелками достигают температуру до 1700 °С, а с использованием обогащенного кислородом воздуха – до 2000 °С. Топливные печи изменением соотношения газ/воздух в камере позволяют вести обжиг не только в окислительной, но и в нейтральной, и в восстановительной среде. В современных газовых печах это делается автоматически. Дровяные печи сложнее автоматизируются, но просты в изготовлении, дешевы, обеспечивают температуру до 1200 °С.

Чем мощнее нагреватели, тем большую скорость нагрева они могут обеспечить. Плавный и равномерный разогрев проще всего получить, используя тиристорные силовые блоки. Если в распоряжении имеется только способ регулирования по принципу «включено» – «выключено», то на первом этапе задают невысокие температуры (сначала 100 °С, через полчаса – 200 °С, через час – 300 °С, и только потом – конечную температуру).

Следует иметь в виду, что приборы показывают температуру в зоне термопары, которая может отличаться от температуры в других зонах печи и от температуры нагреваемых изделий. Это дополнительно усложняет управление режимами нагрева. Кроме приборного контроля температуры существует и другой способ определения момента достижения требуемой точки обжига. Это – известный с конца 19 в. обжиг по пироскопам (конусам Зегера (Ортона)) (рис. 1).

Обжиг считается выполненным на данный конус, если конус, деформируясь в процессе обжига, коснулся подставки, на которую он установлен.

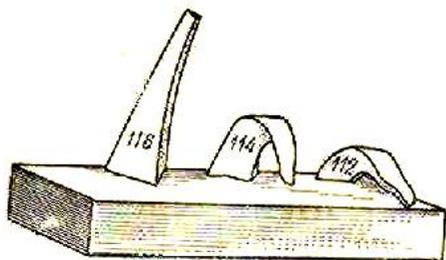


Рис. 1. Вид конусов Зегера

Конус изготовлен из масс, поведение которых схоже с поведением обжигаемого материала. Если на практике выяснено, что наилучший результат достигается при обжиге на конус, например, 110, то все обжиги надо проводить на этот

конус, не обращая внимания на показания термопары. В табл. 3 представлены температуры падения конусов Ортона и соответствующих им конусов по российской нумерации в зависимости от скорости подъема температуры в печи.

Таблица 3

| № конуса Ортона | № пироскопа | Температура падения конуса |            |
|-----------------|-------------|----------------------------|------------|
|                 |             | 60 °С/час                  | 150 °С/час |
| 020             | 63          | 625                        | 635        |
| 018             | 71          | 696                        | 717        |
| 016             | 76          | 764                        | 792        |
| 014             | 83          | 834                        | 838        |
| 012             | 85          | 866                        | 884        |
| 010             | 90          | 887                        | 894        |
| 08              | 93          | 945                        | 955        |
| 06              | 98          | 991                        | 999        |
| 04              | 104         | 1050                       | 1060       |
| 03              | 108         | 1086                       | 1101       |
| 02              | 110         | 1101                       | 1120       |
| 01              | 112         | 1117                       | 1137       |
| 1               | 114         | 1136                       | 1154       |
| 2               | 114         | 1142                       | 1162       |
| 3               | 116         | 1152                       | 1168       |
| 4               | 116         | 1168                       | 1186       |
| 5               | 118         | 1177                       | 1196       |
| 6               | 120         | 1201                       | 1222       |
| 7               | 123         | 1215                       | 1240       |
| 8               | 125         | 1236                       | 1263       |
| 9               | 128         | 1260                       | 1280       |
| 10              | 128         | 1285                       | 1305       |
| 11              | 130         | 1294                       | 1315       |
| 12              | 132         | 1306                       | 1326       |

Приблизительно температуру обжига можно определить по цвету накала. Когда изделие начинает краснеть – это 550–600 °С; становится темно-красным – 600–700; вишнево-красным с переходом в светло-вишневый – 800–900; ярко-вишневым – 900–1000; темно-оранжевым – 1100; начинается белое каление – 1300; становится белым – 1400 °С.

### **Форма отчета:**

1. Технологический процесс обжига полуфабриката.
2. Результаты реализации технологического процесса обжига (табл. 4).

Таблица 4

| № образца | Цвет полуфабриката | Эскиз образца | Технологический режим сушки | Величина воздушной усадки | Технологический режим обжига | Величина огневой усадки | Дефекты обожженного изделия | Дефективные свойства | Вывод о пригодности технологического процесса обжига |
|-----------|--------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|--|
|           |                    |               |                             |                           |                              |                         |                             |                      |  |

### **Вопросы**

1. Что понимают под термином «керамика»?
2. Какие различают основные виды керамики? Их особенности и различия.
3. В чем состоит назначение гончарного круга и горна?
4. Каково назначение глазури?
5. Что такое сушка глиняных изделий? Как она реализуется?
6. Что такое воздушная усадка? Чем определяется ее величина?
7. В чем состоит назначение обточка? Особенности оборудования и инструмента.
8. В чем заключается процесс обжига гончарных изделий? Схемы обжига.
9. Каковы назначение и различия утильного, поливного и декорирующего обжигов?

10. Что такое утиль? бельё?
11. Каковы особенности однократного обжига?
12. Какие процессы происходят в керамической массе при обжиге?
13. Какое оборудование используют при обжиге? Основные элементы печей.
14. В чем достоинства обжига по конусам Зегера?
15. Техника безопасности при обжиге.

*Лабораторная работа № 11. (6 ч.)*

## **ДЕКОРИРОВАНИЕ КЕРАМИКИ**

**Цель.** Изучить виды декорирования керамических изделий, технологический процесс подготовки красителей, покраски, приготовления простых глазурей, освоить порядок и приемы глазурирования керамических изделий из глиняных смесей.

**Оборудование, инструменты, материалы.** Терракотовый утиль и черепок. Глина пластичная, песок кварцевый; мел, бой оконного стекла, каолин, кобальт азотнокислый, перекись марганца, хрома окись, никеля окись, железа окись, кадмия окись, цинка окись, глет, сода кальцинированная, полевой шпат, бура, селитра калиевая, кислота борная, мрамор, сурик свинцовый, глицерин, турнетка, печь муфельная, весы с разновесками, посуда химическая, ступка с пестиком, посуда эмалированная, кисти, карандаш, игла, шило, ланцет-скребок, лопатка из стальной проволоки со слегка сплюснутым и заточенным концом, петлевидная стамеска с деревянной ручкой, штампики, гребешки, нож, мешковина, груша резиновая, пипетка, калька, гладилки деревянные, деколь.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Разработать технологию ангобирования и глазурирования терракотового утиля. Произвести подготовку ангоба одного из указанных составов. Оценить его текучесть. Произвести подготовку глазури одного из составов. Изготовить палитры из ангобов и из пигментов. Осуществить подготовку черепка к покрытию ангобом и глазурью. Нанести ангоб. Высушить и обжечь черепок. Оценить качество декорирования ангобом. Нанести глазурь. Высушить и обжечь черепок. Оценить качество глазурирования. Приготовить керамическую краску (подглазурную и

надглазурную). Нанести краску на изделие (утиль, глазурованный черепок) различными способами. Высушить и обжечь изделие. Оценить качество покраски. Сделать выводы об успешности всех выполненных операций и причинах неудовлетворительных результатов (если такие имели место). Сравнить качественные характеристики глазурованных и неглазурованных изделий.

### ***Технико-технологические сведения.***

Цвет изделий строительной и хозяйственно-бытовой керамики оказывает большое влияние на психологическое состояние человека. Теплый и спокойный естественный цвет глины, присущий гончарным, терракотовым изделиям, хорошо подходит для фасада зданий, домашней утвари, выполненной в «деревенском» стиле. В тоже время темный фон керамики, изготовленной из красножгущихся глин, не дает возможности использовать всю цветовую гамму для создания многоцветных рисунков. Поэтому так много работали древние мастера над совершенствованием майолики, покрывая изделие глухими глазурями или белым ангобом, расписывая цветными глазурями. В том числе и поэтому таким успехом пользовался белый китайский фарфор с многоцветными росписями. Проблема получения и нанесения керамических красок была настолько острой, что уже в XIX в. возникли отдельные производства, выпускающие краски и наносящие их на изделия.

Приемы художественной обработки керамических изделий в большой мере обусловлены особенностями материала, свойством глины. Кроме эстетической декорирование керамики преследует и другие цели. Так, покрытия на керамических изделиях выполняют множество функций: повышают декоративные свойства – придают изделию блеск и изменяют цвет, предохраняют от влаги, загрязнений, действия кислот и щелочей. Такие материалы, как терракота, майолика, отчасти, фаянс, имеют пористую структуру, что требует покрытия поверхности для обеспечения возможности использовать их, например, в качестве посуды.

Основными видами дальнейшей окончательной обработки керамических изделий после первого обжига являются ангобирование и глазурование, а после окончательного (политого) обжига – роспись.

**Ангобирование** – вид покрытия тонкорастертой жидкой глиной, белой или с примесью красителей, отличающийся непрозрачностью и отсутствием блеска; не образует стекловидного слоя – применяют для декоративной отделки изделия.

Толщина слоя покрытия зависит от состава и назначения и колеблется от 0,1 до 0,2 мм. Различают ангобы белые (из беложгущихся глин) и цветные (из глин с цветообразующими добавками).

**Некоторые составы ангобов** (в % по массе):

- 1) глина пластичная – 75; кварцевый песок – 20; мел – 5;
- 2) глина пластичная – 50; каолин – 25; бой оконного стекла – 7; кварцевый песок – 8; мел – 10;
- 3) глина пластичная – 70; кварцевый песок – 20; каолин – 5; мел – 5.

Каолин вводится в ангобный состав для белизны, высокопластичная глина – для пластичности, кварцевый песок и мел – для снижения усадки и термостойкости глазурного слоя.

Цветные ангобы готовят путем добавления в белый ангоб 5–20% пигментов или окислов металлов. Смешивая красные глины с белыми, можно получить теплые желтовато-розовые тона, перекись марганца даст коричневый цвет, азотнокислый кобальт – синий, окись хрома – зеленый, окись никеля – желтый, окись железа – красный, смесь окисей хрома, марганца и кобальта – черный цвет. Кобальт с красножгущейся глиной даст фиолетовый цвет.

Чтобы подобрать нужные цвета, предварительно делают *палитру*. На небольшие глиняные пластинки, когда они подсохнут, широкой кистью быстро, без задержки, наносят полосы разных цветов вдоль, а потом поперек. Одну палитру – толстым слоем, вторую – одним мазком, третью – растворами солей металлов поперек ангобных полос. После этого палитры обжигают, затем некоторые покрывают глазурью и опять обжигают при температуре 1000°C. Делают палитру и из пигментов – для подглазурной росписи.

Флюсные ангобы применяются в качестве грунта для подглазурной росписи или для покрытия поделок цветными поливами.

**Состав флюсного ангоба** (в % по массе):

глина пластичная – 25; кварцевый песок – 25; бой оконного стекла – 50.

Влажность ангобов должна быть не более 50–60%. Для понижения влажности в них вводят электролиты: 0,2–1% кальцинированной соды или жидкого стекла.

**Приготовление ангоба.** 50–100 г ангобной смеси кладут в фарфоровую ступку и каменным пестиком перетирают ее с красителем до тех пор, пока не прекратится жесткий хруст. Добавляют 45–50% воды, 0,2–1% кальцинированной соды или жидкого стекла и закрывают емкость плотной крышкой. Если в качестве красителей используются соли металлов (кобальта, железа, меди, марганца, хрома), их измельчают в порошок, растворяют в горячей воде и только затем вливают в ангоб. После тщательного перемешивания краситель следует осадить кальцинированной или двууглекислой содой или раствором сахара (1 кусочек или чайная ложка на 100–150 г ангоба).

Наносят ангобы перед обжигом на подвяленный (слегка просушенный) черепок. Из плотной бумаги или мягкого металла скручивают рожок, делают срез на конце (диаметром 10–12 мм), в него вставляют пробку с гусиным пером (стержнем от шариковой ручки или соломинкой), через которое потечет ангоб. Толщина линии регулируется скоростью движения рожка. Можно наносить ангоб также пипеткой или резиновой грушей каплю за каплей, которые растекаясь, образуют разноцветные концентрические кольца. Наклоняя и вращая изделие, получают очертания солнца, деревьев, цветов. Выполняя ангобную роспись беличьей кистью, краску лучше брать только боковой частью, чтобы получить красивый мазок. Через трафарет ангоб наносят поролоновой губкой или пульверизатором.

Плавень, способствующий спеканию, уплотнению, оплавлению ангоба, наносят на уже обожженное, но не глазурованное изделие.

Раскрашенные ангобом изделия небольших размеров из жирной глины просушивают при комнатной температуре в течение 5–6 дней. Керамику из тощей глины с добавками шамота сушат 2–3 дня при комнатной температуре или 8–12 часов – в сушильном шкафу.

Чтобы работа не погибла при обжиге (имеются в виду главным образом мелкие скульптурные фигурки), ее надо проткнуть булавкой в незаметных местах для выхода пузырьков воздуха.

**Обжиг керамики с ангобным покрытием.** Обжигают глиняные изделия в муфельной печи, хотя можно использовать и обычную отопительную печку. Первый обжиг (утильный) делается после того, как покрытое ангобами изделие подсохнет. Длится он от 2,5 до 7 часов. Затем печь выключают, изделие вынимают, когда оно остынет, иногда на следующий день. Таким образом получают *терракоту*, цвет которой зависит от глины, температуры и режима обжига. **После обжига** терракота легко обрабатывается шлифовальной шкуркой, острым стальным инструментом, рифлевками. Ее можно подкрашивать темперными красками или акварелью, разведенной на молоке. Однако чаще всего терракоту покрывают *глазурами*, которые затем закрепляют вторым обжигом.

**Глазурь** (от нем. *glas* – стекло) – стекловидное тонкое (0,1–0,3 мм) защитно-декоративное покрытие на керамике (прозрачное или непрозрачное, бесцветное или окрашенное). Представляет собой щелочные, щелочно-земельные, алюмосиликатные и алюмоборосиликатные стекла, закрепленные обжигом. В древних Египте, Вавилонии, Ассирии, Иране глазурь наносили на бусы, амулеты, предметы быта, придавая им излюбленный тогда цвет малахита, лазурита. Позднее появилась глазурь темно-синего цвета. В Средней Азии в X–XIII вв. поливным глазуrowанным кирпичом, преимущественно небесно-голубого цвета, украшали купола мавзолеев, мечетей. Изделия из глазуrowанной керамики используются и в декоре современных сооружений (жилые дома на Крещатике в г. Киеве, станция метро пл. Я. Коласа в г. Минске и др.).

Глазурь классифицируют по различным признакам: температуре обжига – легкоплавкие и тугоплавкие; по способу изготовления – сырые и фриттованные; по применению – фарфоровые, фаянсовые, майоликовые, гончарные; по составу – полевошпатовые, борные, борно-щелочные, борно-свинцовые, борно-свинцово-щелочные, солевые; по внешнему виду – блестящие, матовые, кристаллические, кракле, цветные, потечные, восстановительные; по просвечиванию – прозрачные и глухие (эмали).

В классификации глазурей непрозрачные («глухие», «кроющие») глазури, обычно белого цвета называют *эмалими*. Т.е. эмаль – это белая глазурь. Термин «эмаль» часто используют применительно к покрытиям по металлам: «ювелирные эмали», «эмалированная чугунная ванна» и т.д. По химическому составу для

эмалей характерно присутствие глушителя, в качестве которого используется циркон, оксид олова, оксид титана. Роль глушителя может выполнять и пигмент, введенный в прозрачную глазурь в большой концентрации. Тогда получается цветная эмаль.

Основными составляющими глазурей являются кварц, глины, полевой шпат, поташ, борная кислота, мел, сода, бура, углекислый барий. Готовят глазурь в виде водной суспензии путем смешивания и размола всех компонентов. Селитру, буру, соду и поташ вначале сплавляют – фриттуют.

**Некоторые составы декоративных глазурей** (температура плавления 960–1000 °С; содержание компонентов дано в % по массе):

**свинцовые:**

1) глет (техническое название окиси свинца  $PbO$ ) – 65; кварцевый песок – 30; глина – 5;

2) глет – 75; кварцевый песок – 15; глина – 10;

**свинцово-щелочные:**

1) глет – 40; кварцевый песок – 35; сода кальцинированная – 20; глина – 5;

2) глет – 55; кварцевый песок – 30; сода кальцинированная – 10; глина – 5;

**борно-свинцовые:**

1) песок – 30; глет – 25; полевой шпат (минерал группы силикатов, содержащих кроме  $Al_2O_3$  еще  $K_2O$ ,  $Na_2O$  и  $CaO$ ) – 25; борная кислота – 20;

2) глет – 15; бура кристаллическая (тетраборат натрия  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) – 30; кварцевый песок – 40; сода кальцинированная – 10; глина – 5.

Глазурь, подходящую к любому черепку, получают сплавлением следующей смеси (в частях по массе): калиевая селитра – 30; бура – 114,5; борная кислота – 49,5; мрамор – 40; каолин – 207,2; кварцевый песок – 228. Компоненты помещают в огнеупорный тигель и ставят в муфельную печь. Готовность сплава определяют с помощью длинного металлического прутка с загнутым концом: его опускают в тигель и быстро вынимают. Если за ним потянется стекловидная нить без узелков – значит, сплав готов; тигель вынимают щипцами и выливают его содержимое в металлический сосуд с холодной водой, где масса рассыплется на мелкие кусочки, которые затем размалывают. Наиболее простой из

многочисленных народных рецептов приготовления глазури: разогревают на огне бутылочное стекло и бросают его в воду: стекло покрывается мелкими трещинками и легко рассыплется. Перетирают его в ступке в порошок и добавляют клейстер. Изделие поливают этим составом, дают подсохнуть и помещают в печь, где выдерживают около 3 часов.

Важное эксплуатационное свойство глазури – ее химическая стойкость, влияющая на внешний вид и коррозионную устойчивость. При использовании глазурей, содержащих щелочные компоненты, а также токсичные соединения цинка, свинца, сурьмы, бария, кадмия и др., возможно вдыхание пылевидных фракций этих компонентов при глазуровании и загрязнение ими пищи при использовании посуды, глазурованной этими глазурями. Поэтому поверхность посуды-хозяйственных изделий должна быть покрыта бессвинцовыми глазурями.

Покрытие и роспись эмалями выполняют в тех случаях, когда необходимо получить яркие и светлые тона на темном черепке. Основными компонентами почти всех эмалей являются оксид кремния, борный ангидрид, оксиды алюминия, титана, окислы щелочных и щелочноземельных металлов, свинца, цинка.

#### **Составы некоторых эмалей (г):**

- *прозрачная эмаль*, так называемый фондон: кварцевый песок – 20; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70;
- *молочная эмаль*: кварцевый песок – 10; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 80; криолит – 20; окись цинка – 4; каолин – 10;
- *желтая эмаль*: кварцевый песок – 10; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70; двухромовокислый калий – 0,5;
- *красная эмаль*: кварцевый песок – 10; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70; окись кадмия – 0,5–2;
- *зеленая эмаль*: кварцевый песок – 10; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70; окись меди – 1; двухромовокислый калий – 0,2;
- *синяя эмаль*: кварцевый песок – 10; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70; окись кобальта – 0,5–2;
- *черная эмаль*: кварцевый песок – 4,5; борная кислота – 20; свинцовый сурик – 70; окись кобальта – 6–12.

**Приготовление эмали.** Тщательно перемешивают все компоненты, засыпают в фарфоровый тигель и помещают в муфельную печь. При 600°C смесь начнет плавиться. Когда расплав

превратится в однородную прозрачную массу, клещами вынимают тигель из печи и выливают расплавленную эмаль в металлический сосуд с холодной водой. При резком охлаждении эмаль сразу затвердеет и растрескается на мелкие кусочки, которые следует размолоть или растереть, домешивая воду, глину. Получится устойчивая суспензия эмалевого шликера.

*В зависимости от вида изделия глазурь наносят на изделия кистью, поливом, распылением, окунанием или аэрографом.* Иногда изделие покрывают глазурями нескольких цветов без рисунка – *метод потечных глазурей.* Цветные пятна на изделия наносят *кистью или аэрографом.* Глазуруют изделие и внутри. В сосуд наливают на 1/3 глазурной суспензии, наклоняют его над емкостью и вращают. Плоские тарелки опускают в глазурь ребром, объемное изделие – вертикально. Крупные изделия обычно глазуруют пульверизатором или поливом, держа над емкостью, или расписывают кистью – мягкой, широкой, колонковой. Толщину глазурного слоя проверяют следующим образом. По утильному черепку проводят карандашом несколько линий и окунают в глазурь: если линии слегка заметны, то толщина глазури нормальная.

В случае отставания глазури от черепка после обжига в ее состав следует ввести соду и поташ и уменьшить содержание мела и песка. Сетка трещин на изделии после обжига свидетельствует о том, что нужен более тонкий помол и более высокая температура обжига. Если такое изделие протереть любым красителем, пропитать растворами красящих солей и вновь обжечь – получится красивая узорная сетка. Можно также протереть изделие чернилами или раствором сахара, крепкого чая.

Покрыв изделие глазурью, его снова ставят в муфельную печь, но на более длительное время. После обжига с глазурью керамика приобретает красивый блеск.

Таким образом, гончарные изделия могут быть декорированы ангобами, неглазурованными и покрытыми глазурью, обжигаются при температуре от 700°C (неглазурованные) до 1000°C (в зависимости от температуры плавления глазури). После обжига на 1040–1050°C водопоглощение черепка составляет 14–15%. Обжиг может быть двукратным и, если позволяет глина – однократным. Терракоту обжигают один раз, обычно до 1000°C, не доводя

черепок до спекания. Газовый и температурный режим обжига существенным образом влияют на цвет и чистоту тона терракотовых изделий.

Декорирование изделий в производстве художественной керамики осуществляют в основном после высокотемпературного обжига, который окончательно формирует керамическое изделие.

Однако существует множество способов декорирования изделий в сыром виде после сушки и после первого обжига. Эти способы по их воздействию на поверхность изделия подразделяют на *текстурное (рельефное)* и *фактурное (гладкое)* декорирование.

**Текстурное (рельефное, скульптурное)** декорирование основано на пластических свойствах материала, благодаря которым готовое изделие отделяется различными рельефами, контррельефами или фигурными украшениями, ажурным вдавливанием или резьбой специальными штампиками, инкрустацией, сграффито.

*Рельеф* – любое выпуклое скульптурное изображение, возвышающееся над поверхностью черепка (*Выпуклые украшения поверхности изделий в виде рельефа и приставных деталей характерны для майолики, терракоты, гончарных изделий, фаянса и в меньшей степени для фарфора*), вогнутое – контррельеф. Барельеф – низкий рельеф, в котором выпуклая часть изображения выступает над поверхностью не более чем на половину своего объема. Горельеф – высокий рельеф, значительно выступающий над поверхностью.

Если приставить к вращающейся поверхности сосуда гребешок, можно сделать плавные линии, линии с острыми и тупыми вершинами, зигзагообразные. Штампиками с фигурными изображениями из гипса, дерева, металла (шестеренки, гайки) наносят орнамент. Чтобы масса не прилипла к штампику, его поверхность смачивают водой или смазывают маслом. Пальцами делают оборки, ножом – резьбу. На фарфоровых изделиях рельеф получают в результате оформления его в гипсовых формах, на внутренней стороне которых имеется контррельефное изображение (рис. 1).

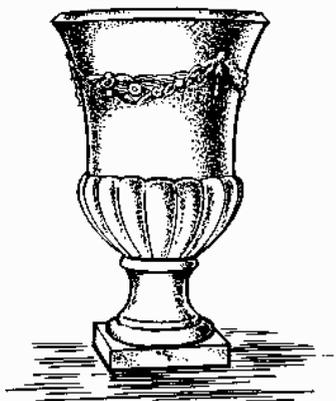


Рис. 1. Рельеф белого цвета на фарфоре

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. Существуют способы цветного рельефного декорирования с помощью жидких ангобов. Рельефный контур наносят рожком, пипеткой или резиновой грушей на поверхность кожетвердого или сырого изделия. Таким способом расписывают майолику, гончарные

изделия. После росписи изделие обжигают, затем покрывают глазурью и снова обжигают. Такой вид декорирования называется мейца-майоликой. Терракотовые изделия, украшенные рельефами, обычно не глазуруют.

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

*Молетаж* – способ нанесения на изделие ритмического орнаментального рисунка вдавливанием специального колесика или системой валиков в накатной машинке. Углубления заполняют цветным ангобом.

*Ажур* – рисунок наносят на изделия при формировании 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 (рис. 2). Декоративный ажур применяют в основном на фаянсовых изделиях или иногда на фарфоровых.

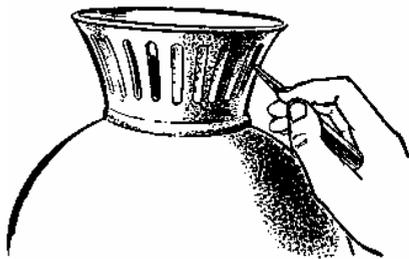


Рис. 2. Вырезание ажюра

*Инкрустация* – вырезают не сквозной рисунок, 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* (рис. 3) – процарапывание до нижнего, более темного слоя, глины слегка подсушенного изделия, покрытого слоем ангоба более светлого тона, чем само изделие. Ангоб подсушивают до полутвердого состояния (влажность (19–20%)). Чтобы смягчить ангобный слой и предотвратить его пересыхание, в ангоб добавляют несколько капель глицерина. Рисунок переносят на поверхность изделия припорошиванием. Инструментом для гравирования могут служить карандаш, игла, чертежный ланцетик-скребок, лопатка из стальной проволоки со слегка сплюснутым и заточенным концом, петлевидная стамеска с деревянной ручкой. Этот способ один из самых сложных в художественном декорировании керамики.

*Резьба* (рис. 4) 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

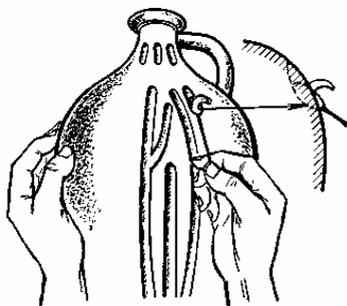


Рис. 3. Сграффито

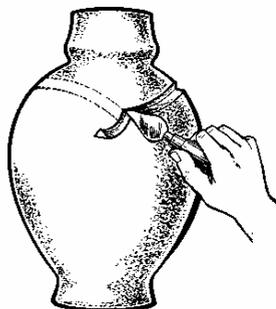


Рис. 4. Резьба

рисунок.

*Отпечатки* ткани (часто – мешковины) или сетки выполняют на сыром черепке. Интересный узор можно получить, если

положить раскаленное изделие в опилки, рубленую солому или окунуть в мучную болтушку.

**Фактурное (гладкое) декорирование** заключается в придании поверхности изделия особого вида и цвета. 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.

*Лощение* – способ декорирования керамических изделий полировкой поверхности полуфабриката до обжига (гладким предметом из дерева, кости, камня, металла и др.), при этом верхний слой глины уплотняется, начинает блестеть и становится влагоустойчивым. После обжига блеск керамики усиливается. 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. Красно-белым глиняным сосудам лощение придает плотность и блеск. К замечательным произведениям народного искусства относится *чернолощенная* керамика. Ее поверхность напоминает потемневшее серебро, а частичное лощение создает серебристые узоры на матовом глубоком черном фоне. Способ получения чернолощенной керамики называют *морением*. Чернолощеную керамику обжигают в горне при температуре 900–950°C. Окончательный процесс морения («томления») происходит без доступа кислорода, когда содержащийся в глине оксид железа  $Fe_2O_3$  переходит в  $FeO$ , который придает изделию черный цвет.

*Задымление (огневая патинировка* в окислительной и восстановительной среде) – в печь при обжиге добавляется дымящийся вар, нефть или пропитанное ими тряпье.

*Мраморизация («мрамор»)* – способ декорирования керамики, в основе которого лежит живописное растекание цветных ангобов в сплошном свеженанесенном на поверхность декорируемого изделия 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.

*Фляндровка* – разновидность мраморизации. Изделие, покрытое ангобом, приводят 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 проволоочки снизу вверх наносят вертикальные линии. В результате получается волнистый орнамент.

*Пастилаж* (рис. 5) – живописное 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



Рис. 5. Пастилаж

*Эстампаж* – способ, дающий многоцветный орнаментальный рисунок при большой толщине ангобного слоя. Способ применяют при изготовлении облицовочных плиток для пола. Для нанесения рисунка используют сухие ангобы или массу влажностью 4–6%. В одногнездную форму вставляют изготовленный по рисунку шаблон, накрывают трафаретом, вырезанным в соответствии с рисунком шаблона, и через отверстия трафарета засыпают ангобы или цветные массы. Когда шаблон будет заполнен цветными порошками, его осторожно вынимают из формы. Форму досыпают

порошком основной массы и прессуют гидравлическим прессом. Плитку обжигают однократно.

*Роспись* керамических изделий выполняют *керамическими красками* методом живописи, отводки, печати, аэрографии, деколи, рельефной декорировки накладными эмалями, гравировки, резьбы и т.д.

*Керамические краски* – образованные в результате взаимодействия при высоких температурах соединения окрашивающих (пигменты), стеклообразующих (флюсы) и оттеночных компонентов. В качестве флюсов используют фритты, глазури, полевые шпаты, в качестве оттеночных средств – прокаленный кварц, обожженный каолин, фарфоровый бой и некоторые оксиды (кремнезем, глинозем, оксид цинка).

К керамическим краскам предъявляют следующие основные требования:

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

*Пигменты* – высокодисперсные порошки различного цвета, не растворяющиеся в воде и связующих веществах. *Природные пигменты* получают механической обработкой (измельчением, отмучиванием) ярко окрашенных руд, цветных глин и других природных пород. *Искусственные неорганические пигменты* получают прокаливанием солей, оксидов или гидроксидов соответствующих металлов или совместным осаждением гидроксидов углекислых солей с последующим прокаливанием осадков, а также сплавлением солей и прокаливанием смеси. Окрашенных или способных окрашиваться при реакции с окрашенным оксидом кристаллических веществ не так уж много. Это тугоплавкие оксиды (алюминия, циркония), шпинели – так называемые «двойные» оксиды, гранаты – «тройные» оксиды, силикаты. В качестве окрашивающих оксидов, вступающих в соединение с основой (силикатом, оксидом и т.д.), применяют в основном соединения переходных металлов – железа, никеля, хрома, кобальта и др.

Синтез пигментов заключается в смешивании основных компонентов, их обжиге при температурах от 900 до 1400 °С, измельчении, промывке и помоле. Корректировку цветового оттенка и плавкости осуществляют введением оттеночных средств и флюсов. Смешивание основных компонентов керамических красок чаще всего производят совместным помолом, но возможны и химические методы (соосаждение из растворов) получения красок.

Для декорирования керамики применяют три типа керамических красок: **подглазурные**, **надглазурные**, **внутриглазурные (межглазурные)**. Для нанесения красок на изделие в порошок добавляют вязкую среду, представляющую собой масла или водорастворимые полимеры.

**Подглазурные краски** наносятся на сырое или предварительно обожженное изделие. Их цветовая палитра ограничена устойчивостью красок к действию высокой температуры и разной газовой среды. Различают 2 группы подглазурных керамических красок: для фаянса, майолики и каменной керамики с температурой второго обжига до 1250°С и для каменной керамики и фарфора с температурой второго обжига выше 1250°С. Это деление довольно условно. Для подглазурного декорирования используют также соли – растворы нитратов, хлоридов и сульфатов металлов с добавками вязких веществ (декстрин, сахар, глицерин и т.п.). «Соли» позволяют получать мягкие акварельные рисунки с расплывом контура. Смешиванием основных растворов солей составляют цветовую палитру, оттенки и яркость цветов регулируют концентрацией солей.

**Надглазурные краски** наносят на глазурованное изделие, прошедшее второй обжиг. Для их закрепления на поверхности глазури проводят третий обжиг, называемый декорирующим или муфельным. Его лучше проводить в муфельной газовой или электрической печи, где практически исключено негативное влияние восстановительной газовой среды на пигменты.

Надглазурные краски обладают широкой палитрой цветов, так как температура третьего обжига невысока относительно обжига подглазурных красок. В России различают 3 группы надглазурных красок с температурами обжига 775±15°С, 805±15°С и 815±10°С. В

Европе пользуются классификацией красок на 2 группы с температурами обжига 650–850 °С и выше 850 °С.

Так как краски закрепляются на поверхности глазури, то флюсы, применяемые в них, должны отвечать следующим требованиям. Флюс должен придавать хороший блеск краске, исключение составляют краски с матовым эффектом. Флюс должен обеспечивать необходимое сцепление с поверхностью глазури и не ухудшать окрашивающие свойства пигмента. В качестве флюсов для надглазурных красок применяют прозрачные бесцветные стекла.

К надглазурным краскам предъявляются жесткие гигиенические требования, так как именно они содержат наиболее вредные для организма вещества и часто непосредственно контактируют с пищей. Их безопасность характеризуют устойчивостью к действию кислот (обычно к раствору уксусной кислоты): после продолжительного действия кислоты измеряют концентрацию переходящих в раствор ионов (например, свинца, кадмия, селена), относя ее к площади рисунка, нанесенного на изделие. Измеренные значения выделения ионов металлов не должны превышать значений, установленных гигиеническими нормативами.

Краски содержат примерно 20% пигмента. Коллекция красок, подобранная по оттенкам и условиям нанесения (температуре и др.) составляет палитру – основу для работы декоратора-художника или дизайнера. Толщина слоя краски до обжига составляет 50–100 мкм, после обжига – 20 мкм.

С давних времен особой популярностью пользуются люстры. *Люстр* – тончайшая прозрачная, переливающаяся различными цветами в зависимости от вида оксидов металлов, составляющих основу красок. На глазурованное обожженное изделие наносят резинаты (смоляные мыла) металлов, которые получают сплавлением нитратов тяжелых металлов с канифолью и растворением в масле, скипидаре. В процессе обжига при температурах 700–750°С соединения металлов образуют тонкие блестящие пленки. Используют препараты драгоценных металлов – золота, платины, серебра, или других металлов. Например, чтобы получить пленку с золотым оттенком, применяют сернистую медь, сернистое серебро и окислы железа, а с красным оттенком – добавляют оксид олова и сажу.

Для надглазурного декорирования иногда применяют особые надглазурные эмали – смесь надглазурных красок с вязким флюсом, позволяющим сохранять при обжиге четкие контуры.

Особое значение имеют *внутриглазурные или межглазурные* керамические краски, которые в процессе третьего обжига вплавляются в глазурь. Они отличаются высокими температурами третьего обжига (поэтому их по-другому называют «красками высокого огня») и обладают повышенной стойкостью.

Различие между тремя типами керамических красок отражено в их характеристиках, приведенных в таблице 1.

Таблица 1.

| Хар-ка  | Тип керамических красок   |                          |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|   | подглазурные              | надглазурные             | внутриглазурные                |
| флюс:   | фритта, глазурь           | стекло                   | стекло                         |
| среда для нанесения:  | декстрин, глицерин, вода* | вязкие масла*            | вязкие масла*                  |
| поверхность изделия:  | высушенная или обожженная | глазурованная            | глазурованная                  |
| температура обжига:   | 1000-1400 °С              | 600-900 °С               | 1250-1280 °С или 1350-1400 °С  |
| печь:   | политого обжига           | муфельная, электрическая | Высокотемпературная скоростная |
| палитра:  | узкая                     | широкая                  | средняя                        |
| стойкость:  | высокая                   | средняя                  | высокая                        |
| Примечание: * разработаны экологически чистые водорастворимые среды |                           |                          |                                |

**Живописное декорирование** – декоративные растительные или тематические композиции на керамике, которые выполняют разноцветными жаропрочными красками (ангобом) вручную или механизированным способом.

Живописные способы декорирования до сих пор широко распространены и незаменимы при изготовлении уникальных художественных изделий или хозяйственно-бытовой керамики традиционных декоративных стилей и народных ремесел. Поэтому

это наименее механизированная стадия технологии, характеризующаяся большой долей ручного труда.

Наиболее древний вид декорирования керамики всеми видами красок – роспись. Расписывают керамическое изделие кистями, помещая порошок красок на палитру, растирая его и смешивая с разбавителем. Кисть подрезают для нанесения декора нужной ширины. Самые простые способы росписи края изделия – отводку края, усик, ленту выполняют, вращая изделие на турнетке. Очень тонкие рисунки наносят пером, нанося разбавленную больше чем обычно краску.

Так же выполняют *стаффаж* – подрисовку кистью свободным мазком. Применяют в основном для декорирования ручек, носиков и для выделения рельефа.

Полиграфические методы декорирования керамики (печать с металлической пластины, шелкография, декорирование штампом, декалькомания) стали широко применяться с развитием массового производства посуды.

Печать с металлической пластины (*глубокая печать*) осуществляется переносом рисунка, гравированного или травленного на стальной (медной) пластине или цилиндрическом валу на изделие. Рисунок заполняют краской, удаляют излишки и отпечатывают на эластичных штампах из мягкой резины, желатина и др. и производят печать на очищенную поверхность утильного или глазурованного изделия. В современном производстве керамических плиток печать может производиться непосредственно с металлических барабанов, рисунок на которые нанесен с помощью лазера.

При прямой *шелкографии* рисунок наносится непосредственно на изделие с помощью сетчатых трафаретов, через которые продавливают краску роликом, ракелем. Печать плоская, поэтому в основном она используется в плиточном производстве. Для получения трафарета на сетку наносят специальный состав, отверждающийся при облучении ультрафиолетовым светом. Облучение проводят через пленку с изображением требуемого рисунка. Незатвердевшие участки светочувствительного состава, соответствующие темным участкам изображения, удаляют струей воды. Интенсивность цвета рисунка определяется количеством открытых отверстий на единицу площади. Через один трафарет

можно наносить лишь одну краску. Для многоцветной печати применяют два, три и более трафаретов. Используют также термопластичные быстротвердеющие краски на основе воска и термопластичных смол, их наносят через обогреваемые трафареты. Краски затвердевают на холодной поверхности изделия, что позволяет наносить многоцветный рисунок на одном полуавтомате с использованием нескольких трафаретов.

При декорировании штампом одноцветный несложный рисунок переносят на поверхность изделия с помощью резинового штампа. Резиновый штамп изготавливают с гипсовой формы, моделью для которой служит рисунок, гравированный на деревянной или металлической пластине. Штамп периодически припудривают сухим порошком краски, усиливая цвет. Таким образом наносят обычно обрамляющие узоры, монограммы, марку завода.

При *декалькомании* используется деколь – бумага с клеевой основой и рисунком, нанесенным керамическими красками. После нанесения деколи на поверхность изделия и обильного смачивания водой клей растворяется, бумага удаляется, рисунок остается на поверхности изделия. Деколь готовят способом офсетной печати, перенося рисунок с печатной формы на резиновый цилиндр, с него на бумагу, или способом шелкографической печати.

Для декорирования используют также *аэрографию* (рис. 6) – напыление суспензии керамических красок на изделие, закрытое трафаретом. При нанесении декора краска распыляется сжатым воздухом (0,2–0,3 МПа) через сопло диаметром 0,4–0,6 мм. Расстояние между поверхностью изделия и соплом должно составлять 15–20 см. Автоматы для пульверизации оснащены вытяжкой и краскоуловителями, обеспечивают вращение и качание декорируемых изделий. При нанесении разноцветных рисунков используют несколько трафаретов. Трафареты могут быть изготовлены из тонкой (0,3 мм) жести, фольги, пленок. Между шаблонами зазор составляет 1 мм. Аэрографию выполняют для нанесения декора на большие поверхности. С помощью аэрографа можно выполнять покрытие люстрами.



Рис. 6. Вид установки для аэрографии

На поверхности керамических изделий можно получать фотоизображение (портреты и др.). Этот способ основан на свойствах некоторых клеевых веществ приобретать светочувствительность после обработки их солями хрома.

Дефекты рисунков нанесенных на поверхность изделия керамическими красками во многом подобны дефектам глазурного покрытия. Сборка, потеря цвета, наколы, вскипание и др. связаны с несоблюдением техники нанесения рисунков, режима обжига. Ряд специфических дефектов (скатывание глазури по краски, потеря тона, разрыв рисунка, нечеткость контуров и др.) связаны с неправильным нанесением рисунков на поверхность изделия и дефектностью самой краски.

Методы декорирования керамики, особенно полиграфические, получили в последнее время интенсивное развитие. Прогресс в дизайне таких видов изделий как посуда и керамическая плитка потребовал применения новых видов керамических красок и глазурей, с необычными эффектами и многообразием цветов. Качество наносимых рисунков, производительность их нанесения все более приближаются к требованиям полиграфии.

### ***Форма отчета***

Дать оценку виду подвергаемых декорированию черепков (изделий). Привести рецептуру подготавливаемых ангоба, глазури, керамической краски. Описать технологию их приготовления. Описать технологии нанесения защитно-декоративных покрытий. Описать технологии обжига при различных видах декорирования. Описать полученные результаты: изменение декоративных и эксплуатационных свойств керамики после реализации того или иного способа декорирования, причины неудовлетворительных результатов (если такие имели место). Сравнить свойства неглазурованных и глазурованных черепков.

## **Раздел 5. РАБОТА С МЕТАЛЛОМ**

### *Лабораторная работа № 12 (2 ч.)*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРОК СТАЛИ В УСЛОВИЯХ МАСТЕРСКОЙ**

**Цель.** Приобрести навыки приблизительного определения марок (химического состава) сталей «по искре».

**Оборудование, инструменты, материалы.** Маркированные образцы заведомо известных марок сталей; маркированные образцы заведомо неизвестных марок сталей; станок заточной; вода; лампа паяльная, подставка огнеупорная; клещи кузнечные, зубило, молоток; емкость с водой; очки защитные; кислота соляная; посуда химическая, купорос медный; кисточка; ветошь.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Произвести пробу на искру образцов из заведомо известных марок сталей. Сравнить полученный результат с предоставленной в разделе «технико-технологические сведения» информацией. Произвести пробу на искру образцов из заведомо неизвестных марок сталей. Сделать заключение об их принадлежности к той или иной марке или группе стали. Дать рекомендации по возможной обрасти применения сталей заведомо неизвестных марок. Дать оценку уровню содержания углерода в стали способом «по закаляемости». Провести пробу образцов на коррозионную стойкость сталей.

#### **Технико-технологические сведения**

**Сталь** – деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (до 2,14%) и другими элементами. При ее выплавке наряду с углеродом попадают также и такие постоянные примеси, как марганец, кремний, сера, фосфор, азот, водород и др.

Марганец и кремний вводят в сплав при выплавке с целью улучшения качества стали. Фосфор и сера отрицательно влияют на ее качество, но удалить их невозможно. Сера делает сталь красноломкой, а фосфор – хладноломкой (повышение хрупкости при низких температурах). В зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора *по качеству* стали подразделяют на:

- стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- качественные – до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- высококачественные – до 0,025% серы и фосфора.
- особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Нежелательными скрытыми примесями являются также кислород, азот и водород, которые могут находиться в виде химических соединений или газов.

В современной металлургии сталь получают главным образом из смеси чугуна со стальным ломом.

*По способу производства* сталь разделяют: на мартеновскую, выплавляемую в мартеновских печах; бессемеровскую, получаемую в конверторах, имеющую футеровку из кислых материалов; томасовскую, получаемую в конверторах с футеровкой из основных материалов, и электросталь, выплавляемую в дуговых или индукционных высокочастотных печах.

*По химическому составу* – на углеродистую и легированную.

*Углеродистые* стали могут быть:

- малоуглеродистыми, т.е. содержащими углерода менее 0,25%;
- среднеуглеродистыми, содержание углерода составляет 0,25–0,60%;
- высокоуглеродистыми, в которых содержание углерода превышает 0,60%.

Повышение содержания углерода в стали увеличивает ее твердость и закаливаемость, но снижает пластичность и ковкость.

*Легированная сталь* для обеспечения требуемых свойств, кроме обычных примесей, содержит элементы, специально вводимые в определенных количествах. В зависимости от содержания легирующих элементов такие стали подразделяют на низколегированные (2,5%), среднелегированные (2,5–10%) и высоколегированные (свыше 10%).

По назначению стали разделяют на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими свойствами (специальные). Конструкционную сталь применяют для изготовления строительных конструкций, деталей машин и механизмов судовых и вагонных корпусов паровых котлов и других изделий. Она может быть как углеродистой (до 0,7% С), так и легированной (основные легирующие элементы – хром и никель). Из инструментальной стали изготавливают резцы, фрезы, штампы, калибры, режущий, ударно-штамповый и мерительный инструмент.

К сталям с особыми химическими и физическими свойствами относят электротехническую сталь, коррозионностойкую, кислотостойкую, окислостойкую, жаропрочную, сталь для постоянных магнитов и др. Для них характерно низкое содержание углерода и высокая степень легирования.

По характеру застывания металла в изложнице различают спокойную, полуспокойную и кипящую сталь. Поведение металла при кристаллизации обусловлено степенью его раскисленности: чем полнее удален кислород, тем спокойнее протекает процесс затвердевания; при разливке малораскисленной стали в изложнице происходит бурное выделение пузырьков окиси углерода – сталь как бы кипит. Выбор технологии раскисления и разливки определяется назначением стали и технико-экономическими показателями производства.

### **Маркировка сталей**

Углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-94) в зависимости от назначения подразделяют на три группы: А – с гарантируемыми механическими свойствами; Б – с гарантируемым химическим составом; В – с гарантируемыми механическими свойствами и предельным содержанием отдельных элементов.

В зависимости от нормируемых показателей стали группы А классифицируются на три категории – А1, А2, А3; группы Б – на две – Б1, Б2; группы В – на шесть категорий – В1, В2, В3, В4, В5, В6. Сталь группы А маркируется буквами «Ст», за которыми идут цифры: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. В перечисленных марках стали содержание углерода находится в пределах от 0,2 до 0,6 %. По мере увеличения углерода сплав приобретает лучшую способность к закаливанию. Для стали группы Б установлены марки БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6, для стали группы

В – ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Последняя изготавливается мартеновским и конвенторным способами.

Буквы Ст обозначают сталь, цифры от 0 до 6 – условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств; буквы Б и В – группу (группа А в обозначении не указывается). Если сталь относится к кипящей, ставится индекс «кп», спокойной – «сп», полуспокойной – «пс»; например: 05кп, Ст3сп, Ст0пс.

*Конструкционные нелегированные качественные стали* (ГОСТ 1050-88) обозначают двузначным числом, указывающим на среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента (например, Сталь 10).

Качественная углеродистая конструкционная горячекатаная и кованая сталь подразделяется на две группы: I – сталь с нормальным содержанием марганца; II – с повышенным (0,7–1,2%). Сталь группы I маркируется двумя цифрами: 08кп, 10кп и далее до 85. Цифры в марке показывают содержание углерода в сотых долях процента. В стали группы II после чисел, оказывающих содержание углерода, ставят букву г, например: 15г, 20г и далее до 70г, что обозначает повышенное содержание марганца.

Углеродистая конструкционная специальная сталь, предназначенная для обработки на металлорежущих автоматах, маркируется буквой А впереди чисел, указывающих содержание углерода, например: А12, А20 и т. д.

*Легированная сталь* в отличие от углеродистой содержит помимо углерода и другие компоненты. В наименования этих марок стали введены дополнительные буквенные обозначения, которые определяют содержание входящего компонента: Ю – алюминий, Р – бор, В – вольфрам, К – кобальт, Н – никель, Д – медь, Х – хром, Г – марганец, М – молибден, А – азот, С – кремний, Т – титан и т. д.

*Конструкционные легированные стали* (ГОСТ 4543) маркируют цифрами, которые обозначают среднее содержание углерода в десятых долях процента, и буквами, обозначающими наличие легирующих элементов. Например, марка стали 13Н2ХА: в ее состав входит 1,3% углерода, 2% никеля, ~1% хрома (при содержании легирующего элемента менее 1,5% цифра после соответствующей буквы не ставится), буква А указывает на высококачественность стали.

*Литейные конструкционные стали* (ГОСТ 977) обозначаются как качественные и легированные, но в конце наименования ставят букву Л.

Для марок сталей специального назначения введены буквенные обозначения, которые ставят перед цифровым указателем углерода. Если перед цифровым указателем углерода стоит буква Я – сталь кислотоупорная, Ш – подшипниковая, Ж – жаростойкая, Е – электротехническая.

*Стали углеродистые инструментальные нелегированные* (ГОСТ 1435) делят на качественные, обозначаемые буквой У и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8, У10) и высококачественные, обозначаемые дополнительной буквой А в конце наименования (например, У8А) или дополнительной буквой Г, указывающей на дополнительное увеличение содержания марганца (например, У8ГА). Количество углерода в них колеблется от 0,6 до 1,4%.

*Стали инструментальные легированные* (ГОСТ 5950), обозначают также как и конструкционные легированные (например, 4Х2В5МФ и т. п.).

Состав сталей для изготовления инструмента зависит от назначения и характера выполняемых работ. Для ударного инструмента используют стали марок У7, У8; для режущего – У8, У12; для обработки холодного металла давлением – 9Х, ХВГ, 5ХВС.

Стали *быстрорежущие* в своем обозначении имеют букву Р, (с этого начинается обозначение стали), затем следует цифра, указывающая среднее содержание вольфрама в целых процентах, а затем буквы и цифры, определяющие массовое содержание элементов. Не указывают содержание хрома, т.к. оно составляет стабильно около 4% во всех быстрорежущих сталях и углерода, т.к. последнее всегда пропорционально содержанию ванадия. Следует заметить, что если содержание ванадия превышает 2,5%, буква Ф и цифра указываются, (например, стали Р6М5 и Р6М5Ф3).

Стали *высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные* (ГОСТ 5632) маркируют буквами и цифрами по принципу, принятому для конструкционных легированных сталей, (например, 08Х18Н10Т или 16Х18Н12С4ТЮЛ). Стали нестандартные опытных партий

обозначают буквами-индексами завода производителя (ЭИ, ЭП, ЭК, ЧС и др.) и порядковыми номерами.

По методам придания формы исходным заготовкам и по видам проката сталь бывает литая, ковкая, листовая, широкополосная, сортовая (полосная, круглая и др.), фасонная (швеллер, уголок, двутавр).

Приведенные обозначения марок сталей проставляют на штангах проката с массой более 20 кг. На штангах до 20 кг или связанных пучках проката марку стали проставляют на прикрепленных бирках (пластинах).

Для наглядности часто *маркировка стали производится несмываемыми красками* различных цветов независимо от группы стали и степени раскисления (по соглашению маркировка краской может не производиться):

***Сталь обыкновенного качества:***

- Ст0, ВСт0, БСт0 – Красный + зеленый;
- Ст1, ВСт1кп – Желтый + черный;
- Ст2, ВСт2кп – Желтый;
- Ст3, ВСт3кп, ВСт3, БСт3кп, БСт3 – Красный;
- Ст4, ВСт4кп, ВСт4, БСт4кп, БСт4 – Черный;
- Ст5, ВСт5 – Зеленый;
- Ст6 – Синий.

***Углеродистая качественная сталь:***

- 08, 10, 15, 20 – Белый;
- 25, 30, 35, 40 – Белый + желтый 45, 50, 55, 60 – Белый + коричневый.

***Углеродистая инструментальная сталь:***

- У7 – Синий + красный;
- У8 – Синий + желтый;
- У9 – Синий + розовый;
- У10 – Синий + черный;
- У12 – Синий + зеленый.

***Легированная конструкционная сталь:***

- Хромистая – Зеленый + желтый;
- Хромомолибденовая – Зеленый + фиолетовый;
- Хромованадиевая – Зеленый + черный;
- Марганцовистая – Коричневый + синий;
- Хромомарганцовая – Синий + черный;

- Хромокремнистая – Синий + красный;
- Хромокремнемарганцовая – Красный + фиолетовый;
- Никельмолибденовая – Желтый + фиолетовый;
- Хромоникелевая – Желтый + черный;
- Хромоникелемолибденовая – Фиолетовый + черный;
- Хромоалюминиевая – Алюминиевый.

***Коррозионностойкая сталь:***

- Хромистая – Алюминиевый + черный;
- Хромоникелевая – Алюминиевый + красный;
- Хромотитановая – Алюминиевый + желтый;
- Хромоникелекремнистая – Алюминиевый + зеленый;
- Хромоникелетитановая – Алюминиевый + синий;
- Хромоникелениобиевая – Алюминиевый + белый;
- Хромомарганценикелевая – Алюминиевый + коричневый;
- Хромоникелемолибденотитановая – Алюминиевый + фиолетовый.

***Быстрорежущая сталь:***

- P18 – Бронзовый + красный;
- P9 – Бронзовый.

***Твердые спеченные сплавы (информация для справки)***

- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| • BK2 – Черный с белой полосой   | • BK3-М – Черный с оранжевой полосой |
| • BK4 – Оранжевый                | • BK6 – Синий                        |
| • BK6-М – Синий с белой полосой  | • BK6-В – Фиолетовый                 |
| • BK8 – Красный                  | • BK8-В – Красный с синей полосой    |
| • BK10 – Красный с белой полосой | • BK15 – Белый                       |
| • T15K6 – Зеленый                | • T30K4 – Голубой                    |

При расхождении стали отрубается в первую очередь неокрашенный конец, клейменный конец расходуется в последнюю очередь. Из пучков, используя металл, сохраняют бирку, которая привязана к пучку.

При выполнении самых разнообразных работ в условиях непроизводственных мастерских (школьных, домашних и т.п.) используют металл, который уже был в изделиях, или заготовки с утраченными клеймами, поэтому часто приходится сталкиваться с

проблемой определения марки стали с целью определения его пригодности для изготовления того или иного изделия. При отсутствии возможности лабораторного исследования химического состава стали пользуются приближенными способами его определения. Таких способов существует несколько.

Наиболее распространенным является способ приближенного **определения марки стали по искре**, позволяющий определить содержание углерода в стали с точностью до 0,2% и обнаружить присутствие других элементов.

Способ основан на том, что мелкие частицы сплава, образующиеся при абразивной обработке, сгорая, дают сноп светящихся линий, заканчивающихся вспышками в виде искр, уникальный для каждого сплава.

Методика определения марки стали по искре такова. Кусок металла слегка и равномерно прижимают к вращающемуся наждачному кругу. Желательно применять карборундовый наждачный круг зернистостью 35–46 с окружной скоростью на рабочем диаметре около 25–30 м/с. *Цвет, длина светящихся линий и количество и вид искр* для сталей с различным химическим составом не одинаков. В качестве эталонных для сравнения используют набор клейменных образцов, изготовленных из сталей заведомо точно известных марок (при сформированных навыках образцы для сравнения, обычно, не используют). Пробу на искру желательно проводить в затемненном помещении или оградить наждачный круг темным футляром. Во время испытания необходимо так расположить образец по отношению к вращающемуся кругу, чтобы поток искр был длиной около 300 мм и был направлен перпендикулярно линии зрения. Для сохранения потока искр одной и той же длины нужно равномерно давить на круг, так как неравномерное давление образца на круг может дать неправильный результат.

По характерным особенностям искр определяют марку (как минимум – группу) стали. ***При определении марок стали на наждачном круге необходимо защищать глаза очками!***

Общие сведения об особенностях образования искр для различного химического состава сталей таковы.

При малом содержании углерода частицы стали сгорают медленнее, пучок линий длинный. Чем больше углерода

содержится в стали, тем пучок становится светлее и плотнее при уменьшении яркости, длины и толщины светящихся линий, появляется большее количество искр, разветвлений, и тем ближе они расположены к началу пучка. Цвета искр углеродистых сталей меняются в гамме оттенков соломенно-желтого и светло-желтого.

Низкоуглеродистая сталь (0,15–0,2% углерода) дает пучок искр продолговатой формы. Искры расходятся веером в виде слегка изогнутых длинных прямых линий желто-соломенного цвета с двумя утолщениями в середине и на конце: одно из них светлое, другое – темно-красное (рис. 1).

С повышением содержания углерода, основной рисунок искр остается прежним, хотя пучок искр светло-желтого цвета несколько более плотный, короче и шире, но вокруг веера возникает все больше ярких звездочек. Для среднеуглеродистой стали (0,45–0,50% углерода) от первого утолщения отделяются новые отдельно сверкающие искры в виде елочек (рис. 2).

Высокоуглеродистая сталь (1,1–1,3% углерода), в том числе и инструментальная, дает очень плотный пучок искр еще короче, шире и светлее, дает искры с обильными звездочками, а от первого утолщения отделяется сноп светло-желтых искр (рис. 3). По мере повышения содержания углерода в пучке искр увеличивается количество звездочек и их «разветвленность».

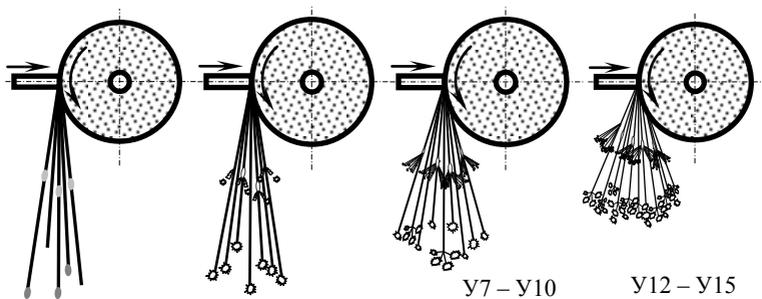


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3. Высокоуглеродистая сталь

У большинства легированных сталей искровые линии с красным оттенком. Легирующие элементы влияют на цвет и форму пучка.

Марганцовистая сталь (10–14% марганца) дает сноп искр, отличающийся большой яркостью и очень высокой температурой

(рис. 4), первые утолщения заканчиваются звездочками. Вид пучка зависит от содержания углерода.

Быстрорежущая сталь (9–18% вольфрама) дает пучок двойных искр в виде прерывистых тонких линий темно-красного цвета с утолщенными короткими концами округлой формы и длинных и толстых красных линий. В конце пучка можно заметить две-три очень мелкие звездочки углерода, возникновение тонких прямых и прерывистых линий объясняется влиянием вольфрама и хрома (рис. 5). Сталь быстрорежущая с кобальтом дает широкий пучок темно-желтых нитей искр без звездочек (рис. 6). Искры от стали с содержанием вольфрама около 1,3% похожи на искры от быстрорежущей стали. Пучок искр несколько длиннее, также со

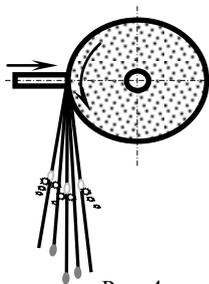


Рис. 4

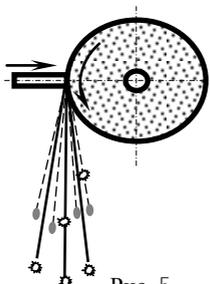


Рис. 5

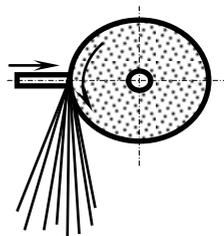


Рис. 6

скругленными светлыми утолщениями на конце. Линии темно-красные, звездочки желтые.

Кремнистая сталь (1–2% кремния) дает длинные утолщенные световые линии ярко-желтого цвета, а между ними отдельные искровые снопики (рис. 7), на концах небольшие более светлые звездочки.

Хромистая сталь (1–2% хрома) дает пучок искр от красного до желтого цвета в зависимости от содержания хрома. Световые линии длинные. От основной ветки в разных направлениях отлетают короткие тонкие веточки искр с отделяющимися звездочками на конце (рис. 8).

Хромоникелевая сталь (3% никеля и 1% хрома) имеет длинные световые линии с утолщенными концами в виде шарообразных выпяшек (рис. 9).

Подводя итог изложенному, сформулируем следующие общие признаки для различных групп сталей:

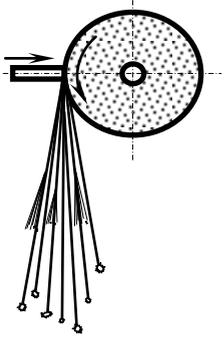


Рис. 7

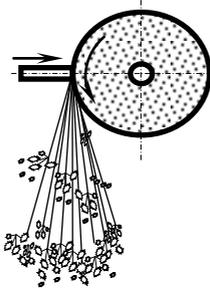


Рис. 8

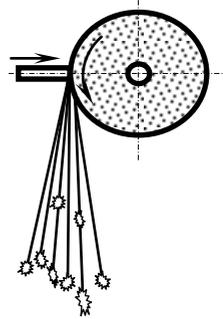


Рис. 9

1. Если содержание углерода около  $\sim 0,12\%$ , то искра оставляет след прямой линии, имеющей светлое и темно-красное утолщения. Пучок длинный и светлый.

2. Если содержание углерода  $\sim 0,5\%$ , пучок короче, также светлый, но от первого утолщения начинают отделяться звездочки.

3. Инструментальная сталь с содержанием  $\sim 1\%$  углерода дает короткий и широкий веер красноватых искр, а от первого утолщения отделяется сноп искр.

4. Характерным для марганцовых сталей является образование звездочек на концах первого утолщения. Вид пучка зависит от содержания углерода.

5. Характерным для хромистых сталей является длинный веер искр, иногда красноватый с разрывом и с отделяющимися звездочками.

6. Вольфрамовая сталь дает прерывистую темно-красную искру со светлым утолщением на конце.

7. Хромовольфрамовая сталь средней твердости дает двойную искру: красную толстую и длинную и темно-красную тонкую и короткую.

8. Быстрорежущая сталь дает такие же искры как и хромовольфрамовая, но с разрывом.

Используют и **другие способы** приблизительного определения химического состава и технологических свойств стали.

1. Известно, что не всякая сталь закаливается. Делают пробу на закалку: кусок стали неизвестной марки нагревают до светло-красного цвета каления и быстро охлаждают в воде.

Малоуглеродистая сталь не закалится и легко поддается напильнику.

2. Изготавливают из стали неизвестной марки небольшую тонкую пластинку. Делают попытку ее закалки: нагревают до светло-красного цвета каления и быстро охлаждают в воде. Пластинку закрепляют в тисках слесарных и проверяют на изгиб. Пластинка из стали с большим содержанием углерода легко ломается, с малым – слегка пружинит, а при содержании углерода меньше 0,2% – сгибается.

3. Отличить сталь с минимальным содержанием углерода от средне- и высокоуглеродистой можно с помощью концентрированной соляной кислоты. Зачищенный участок куска стали смазывают кислотой: на средне- и высокоуглеродистой стали должно появиться черно-серое пятно, на малоуглеродистой – зеленоватое.

4. Хромистую коррозионно-стойкую сталь от других можно отличить так. На зачищенную стальную поверхность наносят водный раствор медного купороса. Выдерживают 2–3 минуты и вытирают насухо. На коррозионно-стойкой стали следа не остается или остается слабо заметное серое пятно. На сталях, не содержащих хрома, на месте смачивания остается пятно характерного цвета меди.

Нужно отметить, что марки цветных металлов и их сплавов приведенными способами определить невозможно.

### **Форма отчета:**

Таблица. Результаты определения марок сталей по искре

| № эталонного образца, марка стали | Технический рисунок пучка искр | № исследуемого образца | Технический рисунок пучка искр | Вывод о марке стали исследуемого образца. |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|---|
|                                   |                                |                        |                                |   |

Изложить свои представления об основных технологических свойствах сталей исследуемых образцов, возможных технологических процессах их обработки, возможных областях применения сталей исследуемых образцов.

### **Вопросы**

1. Что такое сталь?
2. Каково влияние на свойства стали серы и фосфора?

3. Как классифицируются стали по качеству? По химическому составу? По назначению?
4. Назначение легирования. Обозначение легирующих элементов в маркировке сталей.
5. Принцип формирования обозначения сталей различных групп.
6. Расшифровать химический состав различных марок сталей по обозначению: 38ХНЗМФА, 18ХГТ, СтЗ, 40ХН, Сталь 45, 12Х18Н10Т, У12, 9ХС, Сталь 10, 65Г, ШХ15, Р6М5, 9ХС, ЭИ 361, Р18.
7. Назовите способы приблизительного определения состава сталей во внелабораторных условиях.
8. На чем основан способ определения марки стали по искре?
9. Перечислите различия в виде искры в зависимости от содержания углерода.
10. Как изменяют вид искры различные легирующие элементы?

*Лабораторная работа № 13. (2 ч.)*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТАЛЕЙ ПО ЦВЕТАМ ПОБЕЖАЛОСТИ И КАЛЕНИЯ**

**Цель.** Приобрести навыки приблизительного определения температуры нагретых металлов по цвету.

**Оборудование, инструменты, материалы.** Муфельная печь, кузнечный горн, уголь, клещи кузнечные, образцы металлов. Очки защитные.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Изучить предложенные образцы металлов и попытаться определить их сорта и марки. Загрузить образцы в горн. Контролировать процесс нагрева образцов. Определить температуры образцов по цветам побежалости и каления в контрольных точках, указанных преподавателем. Сделать выводы об успешности операций и причинах неудовлетворительных результатов (если такие имели место).

#### ***Технико-технологические сведения.***

*Цвет побежалости (каления) – радужная окраска, появляющаяся на чистой поверхности нагретой стали в результате образования на ней тончайшей окисной плёнки. Толщина плёнки зависит от температуры нагрева стали; плёнки*

разной толщины по-разному отражают световые лучи, чем и обусловлены те или иные цвета побежалости.

Термическая обработка стали разделяется на закаливание, отпуск и отжиг.

**Закаливание** стали применяется для повышения ее твердости. Мягкие малоуглеродистые стали не закаливаются, углеродистые и инструментальные стали увеличивают свою твердость при закалке в три-четыре раза.

Процесс закаливания состоит в нагревании стали примерно до температуры 820° С и быстром охлаждении в масле или воде.

Таблица 1. Термическая обработка инструмента

| Инструмент                 | Марка стали | Температура закалки, °С | Охлаждающая среда | Температура отпуска, °С | Примечание                        |
|----------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Резцы                      | У10А, У12А  | 760—810                 | Вода              | 200                     | Медленный нагрев                  |
| Сверла перовые             | ХГ          | 830                     | Масло             | 220                     | —                                 |
| Перки ложковые и центровые | У7А         | 780—830                 | Вода              | 280                     | —                                 |
| Метчики                    | У12А        | 760—810                 | “”                | 210                     | Квадрат отпустить до 260 °С       |
| Плашки                     | У12А        | 760—810                 | “”                | 210                     | Проемы плашек отпустить до 300° С |

Для определения температуры нагрева пользуются специальными приборами – *пирометрами*. При отсутствии пирометра степень нагрева определяют приблизительно по цвету каления.

Таблица 2. Цвета каления и соответствующие температуры для стали

| Цвет каления                         | Температура, □С |
|--------------------------------------|-----------------|
| Темно-коричневый (заметен в темноте) | 530–570         |

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Коричнево-красный     | 580–650 |
| Темно-красный         | 650–730 |
| Темно-вишнево-красный | 730–770 |

Окончание таблицы 2

| Цвет калиения             | Температура, °С |
|---------------------------|-----------------|
| Вишнево-красный           | 770–800         |
| Светло-вишнево-красный    | 800–830         |
| Светло-красный            | 830–900         |
| Оранжевый                 | 900–1050        |
| Темно-желтый              | 1050–1150       |
| Соломенно-желтый          | 1150–1200       |
| Лимонный                  | 1200–1400       |
| Белый (различной яркости) | 1400            |

В закаленном состоянии сталь обладает большой твердостью и вместе с тем хрупкостью.

Чтобы придать стали вязкость, производится так называемый *отпуск стали* после закалки. Для этого ее нагревают до 220-300° С и охлаждают в воде или масле. Твердость стали несколько уменьшается, так как структура ее изменяется и она становится более вязкой. Меняя температуру отпуска, можно получить разные механические свойства. При нагреве стали на воздухе ее поверхность окрашивается в различные цвета, называемые цветами побежалости. Каждый цвет побежалости соответствует вполне определенной температуре и может служить указателем для определения степени нагрева при отпуске стали.

Таблица 3. Температуры отпуска и цвета побежалости различного инструмента после закалки

| Инструмент   | Температура отпуска, °С | Цвет побежалости  |
|--|-------------------------|-------------------|
| Сверла перовые, плашки, зенковки, развертки, матрицы и пуансоны вырубные, цанги, чертилки, шаберы, фрезы | 200                     | Светло-соломенный |

|   |     |               |
|---|-----|---------------|
| Резцы (калить рабочую часть), метчики, угольники и линейки лекальные, кондукторные втулки, центры, полотна ножовок и лобзиков | 225 | Светло-желтый |
|---|-----|---------------|

Окончание таблицы 3

| Инструмент  | Температура отпуска, °С | Цвет побежалости  |
|---|-------------------------|-------------------|
| Клуппы и воротки, кусачки, стамески, ножницы по металлу, зубила, крейцмессели | 240                     | Соломенно-желтый  |
| Молотки слесарные и медницкие   | 255                     | Коричнево-желтый  |
| Матрицы и пуансоны вытяжные, бородки  | 265                     | Красно-коричневый |
| Ролик для накаток   | 275                     | Пурпурно-красный  |
| Перки столярные, железки рубаночные, отвертки, обжимки, натяжки               | 285                     | Фиолетовый        |
| Долота столярные, державки для резцов, призмы разметочные, ножи               | 295                     | Ярко-синий        |
| Ключи гаечные, пассатижи, плоскогубцы, круглогубцы                            | 310                     | Светло-синий      |
| Оправки для токарных и фрезерных станков, полотна пил по дереву               | 325                     | Серый             |

Отпуск выполняется следующим образом: закаленную деталь, покрытую слоем окалины, зачищают до блеска шкуркой и кладут на песок, насыпанный в металлическую плоскую коробку. Песок вместе с коробкой медленно нагревают и ждут появления на поверхности детали цвета побежалости, соответствующего определенной температуре отпуска. Сначала поверхность стали окрасится в бледножелтый цвет, который по мере нагревания песка перейдет в желтый, коричневый и т. д. Так, например, пружины отпускают до фиолетового цвета, инструмент, требующий по

сравнению с пружиной большей твердости, обычно отпускают до соломенно-желтого цвета.

Таблица 4. Цвета побежалости и соответствующие температуры для стали

| Цвет побежалости  | Температура, °С |
|-------------------|-----------------|
| Бледно-желтый     | 210             |
| Светло-желтый     | 220             |
| Желтый            | 230             |
| Темно-желтый      | 240             |
| Коричневый        | 255             |
| Коричнево-красный | 265             |
| Фиолетовый        | 285             |
| Темно-синий       | 300             |
| Светло-синий      | 325             |
| Серый             | 330             |

#### ***Форма отчета***

Таблица 5. Результаты определения температуры сталей по цветам побежалости и калиения.

| № образца | № контрольной точки | Температура нагрева | Цвет побежалости, калиения |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------------------|
|           |                     |                     |                            |

Сформулировать выводы по результатам наблюдения нагрева образцов.

#### ***Вопросы***

1. Что такое цвет побежалости?
2. Перечислите виды термической обработки стали.

3. Какая температура соответствует цвету побежалости светло-синий для стали.
4. Какая температура отпуска для резцов?
5. Какой цвет побежалости имеет сталь при температуре 265°С?
6. Какая операция проводится с сталью для придания ей вязкости?
7. Каким образом выполняется отпуск стали?

#### *Лабораторная работа № 14. (2 ч.)*

### **ЗАТОЧКА ИНСТРУМЕНТА**

**Цель.** Приобрести навыки по заточке различного столярного и слесарного инструмента.

**Оборудование, инструменты, материалы.** Электроточило, точильные бруски, оселки, наждачная бумага, полировальный войлочный круг. Очки защитные.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Изучить предложенные образцы инструмента. Определить параметры заточки инструмента и порядок работы. Выполнить заточку инструмента. Проверить качество заточки инструмента. Сделать выводы об успешности операций и причинах неудовлетворительных результатов (если такие имели место).

#### ***Технико-технологические сведения.***

**Затачивание** инструмента состоит из двух операций.

Задача первой операции – добиться ровной плоскости стачивания (она называется фаской) без заоваливания её на самой кромке и без пережога стали. При этой операции стачивают металл с одной стороны режущей части инструмента (как у стамесок) или с двух её сторон (как у ножа) с образованием требуемой для данного инструмента формы лезвия. Другая задача первой операции – поставить фаску под определенным углом по отношению ко второй плоскости (пласти или фаске) при жале лезвия, требуемым именно для данного инструмента. Этот угол, называемый углом заточки, бывает различным: 7–8° у ножа, 15–25° у стамесок, 37–42° у рубанков и 50–53° у специального рубанка – шлифтিকা и т.д. Первую операцию выполняют, как правило, на механическом

точиле – вращающемся абразивном круге. Заканчивают её вручную на большом плоском бруске.

Задача второй операции – *правки* – не испортить угол заточки и добиться острого жала лезвия, что связано со снятием с него неровностей, мелких зазубрин, заусенцев, с полировкой до блеска обеих поверхностей лезвия. Эту операцию выполняют на оселках. Заканчивают её на шлифовальной бумаге.

### ***Заточка столярного инструмента***

Угол заострения ножа строгального инструмента зависит от твердости обрабатываемой древесины. Для мягкой древесины он равен 20–25°, для твердой – 30–35°, для очень твердой 45°. Ножи затачивают до тех пор, пока на противоположной стороне не образуется незначительный тонкий «ровный валик заусенцев металла».

Долота и стамески затачивают так же, как и ножи строгального инструмента.

Заточка пил для продольного и поперечного пиления состоит из двух операций: разводка зубьев, фугование зубьев (выравнивание высоты) и собственно заточка. Величина развода зависит от размеров зубьев, но не более 0,5 толщины полотна. Для пил с мелкими зубьями делают развод 0,1–0,2 мм на одну сторону, для средних зубьев – 0,2–0,3 мм и для крупных – 0,3–0,6 мм. Для твердой древесины зуб отгибают на 0,25–0,5 мм, для мягкой – 0,5–0,6 мм.

Пилы для продольного пиления, зубья которых имеют форму косоугольного треугольника, затачивают с одной стороны перпендикулярно полотну пилы. Пилы для поперечного пиления, имеющие форму равнобедренного треугольника, затачивают, располагая напильник под углом 60–70° к полотну пилы. Зубья затачивают через один; заточив с одной стороны, поворачивают полотно другой стороной и затачивают пропущенные зубья.

### ***Заточка инструмента для резьбы по дереву.***

Угол заострения резцов для резьбы по дереву обычно составляет 20–35° (чем острее угол, тем качественней резьба). После заточки аналогично столярного инструмента резцы доводят на шлифовальной бумаге, а затем на войлочном круге с использованием полировальной пасты ГОИ.

### Форма отчета

Таблица. Данные для заточки инструмента.

| № п/п | Наименование инструмента | Угол заточки, ° |
|-------|--------------------------|-----------------|
|       |                          |                 |

Сформулировать вводы по результатам заточки образцов.

#### Вопросы

1. Назовите углы заточки ножей строгального инструмента в зависимости от плотности древесины?
2. Каково назначение второй операции затачивания?
3. Каково назначение первой операции затачивания?
4. Чему равен развод зубьев пил в зависимости от размера зуба?
5. Какой угол заточки резцов для резьбы по дереву?
6. Чему равен развод зубьев пил в зависимости твердости древесины?

#### Лабораторная работа № 15. (6 ч.)

### ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ МЕТАЛЛОВ

**Цель.** Приобрести навыки по нанесению защитно-декоративных покрытий на изделия из металлов.

**Оборудование, инструменты, материалы.** Краски, эмали, кисти. Очки защитные, паяльник, припой, флюсы, чеканы, медь листовая, сталь листовая (жесть), муфельная печь, растворы серной кислоты, калиевого хромпика, шаблоны (рисунки), карандаш, смола, электродрель, медная и алюминиевая проволоки, защитные очки, перчатки, пинцет, плоскогубцы, кусачки.

**Порядок выполнения работы.** Изучить технико-технологические сведения. Изучить предложенные образцы материалов. Определить параметры, режимы и условия нанесения требуемого покрытия. Выполнить нанесение покрытия на образец. Проверить качество нанесения покрытий. Сделать выводы об успешности операции и причинах неудовлетворительных результатов (если такие имели место). Получить задание и материалы для выполнения декоративного покрытия. Нанести

рисунок на полуфабрикат (изделие). Выполнить операцию согласно технико-технологическим сведениям. Сделать выводы об успешности операции и причинах неудовлетворительных результатов (если такие имели место).

### ***Технико-технологические сведения***

***Лакокрасочные покрытия*** являются простейшим способом отделки. Детали можно покрывать цапон-лаком различных цветов и масляно-смоляными лаками.

Окрашивать в различные цвета можно нитроэмалями по грунту, глифталевыми эмалями без грунта.

Масляными красками и эмалями можно покрывать без грунта, но предварительно окрашиваемую поверхность надо обезжирить бензином или ацетоном.

***Покрытие металлами*** производят химическим и гальваническим способом в специальных ваннах.

В практике применяют воронение, оксидирование, никелирование и хромирование деталей и узлов как матовое (отбел), так и глянцевое. Детали, которым надо придать белый цвет, серебрят; если требуется серебру придать серый цвет – патинируют в растворе серной печени.

### ***Воронение и оксидирование***

Покрытие стальной детали пленкой окислов, которая предотвращает коррозию металла. Вороненые детали имеют приятный цвет от синих до черных тонов.

При воронении деталь шлифуют и, если надо, полируют; затем тщательно обезжиривают промывкой в щелочах, прогревают до 60–70°C. Затем деталь нагревают в печи до температуры 220–325°C и протирают ветошью, смоченной конопляным маслом (другие растительные масла дают менее приятные цвета воронения). Ровная окраска поверхности получается только при равномерном прогреве детали.

После смазки деталь снова слегка прогревают и вытирают насухо.

Закаленные детали, у которых температура отпуска ниже 220–325°C, не воронятся во избежание потери ими механических свойств.

### ***«Синение» стали***

Стальным деталям можно придать красивый синий цвет. Для этого составляют два раствора: 140 гр гипосульфита на 1 литр воды

и 35 гр уксуснокислого свинца («свинцовый сахар») также на 1 литр воды.

Перед использованием растворы смешивают и нагревают до кипения. Изделия предварительно очищают, полируют до блеска, после чего погружают в кипящую жидкость и держат до тех пор, пока не получат желаемого цвета.

Затем деталь промывают в горячей воде и сушат, после чего слегка протирают тряпкой, смоченной касторовым или чистым машинным маслом. Детали, обработанные таким способом, меньше подвержены коррозии.

### ***Фосфатирование***

В процессе фосфатирования на поверхности стальной детали образуется защитная пленка, обладающая высокими антикоррозионными свойствами.

Зачищенная, отполированная, обезжиренная и декапированная (в течение 1 мин. в 5% растворе серной кислоты) стальная деталь погружается в горячий раствор (35 г/л) мажефа (фосфорно-кислые соли марганца и железа). Температура раствора должна быть 97–99°C.

Процесс проходит бурно, выделяется большое количество водорода. Через 1–1,5 часа выделение водорода прекращается, но деталь выдерживается в растворе еще 10–15 мин., после чего тщательно промывается горячей водой, сушится и смазывается маслом.

Лаки и краски очень хорошо ложатся на фосфатированные детали. Если по каким-либо причинам невозможно применить фосфатирование с подогревом, то используют процесс холодного фосфатирования. Фосфатные пленки при холодном фосфатировании менее качественны, однако хорошо идут как грунт под краску.

Существует масса растворов для холодного фосфатирования, например серия КФ (1, 2, 3, 12, 14), фосфатирование происходит при температуре 48–55°C.

### ***Пассивирование***

Процесс пассивирования позволяет создать на поверхности стальной детали защитную пленку, препятствующую коррозии металла. Углеродистые стали пассивируют при комнатной

температуре в 10% растворе калиевого хромпика в течение 60 минут.

Высокоэффективным является процесс пассивирования стальных деталей в 60–90% растворе нитрита натрия (температура 30–40°C, время обработки до 20 мин.). Обработанные таким образом детали могут храниться, не ржавея, до двух лет.

### *Травление*

Иногда возникает необходимость вытравить на стальной детали надпись. Вот несколько рецептов составов для травления.

Для углеродистых и низколегированных сталей применяют 15% раствор **серной** кислоты. Температура раствора должна быть 50–70°C, время обработки до 40 минут.

Высоколегированные стали травят в 20% растворе соляной кислоты при комнатной температуре. Время обработки до 15 минут. Поверхность детали покрывают горячим стеарином от свечи и по стеарину делают острым предметом необходимую надпись, после чего погружают в травильный раствор.

Для первого раствора можно применять вместо стеарина перхлорвиниловые краски или лаки с добавлением 5–8% талька. Можно поступить и наоборот – нанести на деталь надпись кислотоустойчивым лаком с помощью иглы от шприца подходящего диаметра, припаянной к обычному ученическому перу. Вокруг надписи нужно сделать что-то вроде валика из стеарина, внутрь которого налить травильный раствор. В этом случае надпись получится выпуклой.

Не стоит забывать, что нужно вливать кислоту в воду, а не наоборот, иначе вода моментально закипит и образовавшимися брызгами может обжечь вам кожу.

При попадании кислоты на кожу нужно немедленно присыпать место ожога содой и промыть в проточной воде.

Детали, которым надо придать белый цвет, серебрят; если требуется серебру придать серый цвет – патинируют в растворе серной печени.

Серную печень получают, расплавляя в железном сосуде одну весовую часть серы с двумя частями сухого измельченного поташа. При постоянном помешивании греют на электроплитке 15–20 мин. Хранят в стеклянной банке с притертой пробкой, разводят в теплой воде при температуре 30–40°C по мере надобности.

Медные и латунные детали для отделки под старую бронзу обрабатывают раствором односернистого аммония.

Сплавы на основе алюминия различных марок в необработанном виде подвержены на воздухе интенсивной коррозии, поверхность покрывается мучнистым налетом. Полировка хорошо предохраняет их и придает такой же красивый вид, как и при глянцевом хромировании.

Прочное покрытие получается анодированием, которое бывает различных оттенков от золотого до красного.

Особенно интенсивно корродируют сплавы на основе магния. Средствами защиты их поверхности является покрытие лаками, а в условиях завода – оксидирование.

Оксидирование стали производят в течение 30 мин при температуре 100°C в растворе: воды 1000 частей, азотно-кислого бария 4,5 части и ортофосфорной кислоты 0,4 части. В результате получается цвет от синего до черного.

**Чеканка** – способ обработки металлов давлением при помощи специальных инструментов (чеканы, молотки), в результате которого заготовка получает заданное рельефное или объемное изображение.

**Басма** – тиснение тонкого листа серебра на матрицах.

Басменная техника открыла возможность почти неограниченного применения штампа.

Материалы для чеканки: цветные и черные металлы, в ювелирном деле используются также сплавы золота и серебра.

Инструмент для чеканки:

**Чекан** – молоток, для которого характерно круглое завершение для выколочки металла; на другом конце молотка – плоская площадка для удара по прутку из стали 120–150 мм длиной и 2–20 мм в сечении.

Существует большое количество видов чеканов (Рис. 1): чекан с концом в виде слегка затупленного острия называют *канфарник*, в виде долота – *расходник*, в виде шарика – *пурошник*, с прямоугольной площадкой – *лощатник*, с вогнутой сферой – *трубочка*, для придания матовой поверхности – *матпуансон* и др.

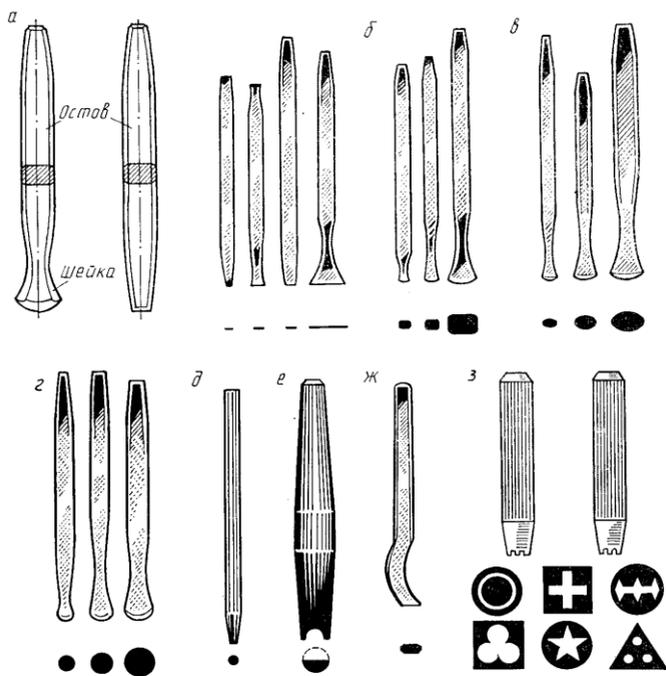


Рис. 1. Основные типы чеканов: *а* – расходник; *б* – лощатник; *в* – пурошник; *г* – бобошник; *д* – канфарник; *е* – трубочка; *ж* – специальные; *з* – фигурные

Чеканка листового металла с древних времен производится на специально приготовленной смоле (лист кладут на смолу, залитую в плоский ящик). Это смесь, приготовленная из 1/3 вара и 2/3 мельчайшей земляной пыли или мелко просеянной кирпичной муки. Их может заменять также земляная охра или литейная земля.

Для большой упругости можно прибавлять небольшое количество воска (5–10%) и канифоли (3–7%). В жаркое летнее время рекомендуется класть больший процент земли, в холодное – больше вара и воску.

Нанесение рисунка. Рисунок может быть переведен различными способами. Один из способов состоит в обводке рисунка через подложенную под него переводную бумагу. Для этого металл покрывают акварельными или гуашевыми белилами. Чтобы предупредить стирание рисунка в процессе чеканки, его закрепляют прозрачным спиртовым лаком или нитролаком.

Окончательно рисунок закрепляется на пластине пунктиром, который наносится ударами молотка по канфарнику. При определенном навыке рисунок может быть переведен с бумаги сразу же на металл. При этом лист с рисунком удобнее приклеить к металлу с изнанки в нескольких местах воском, пластилином или мыльным раствором.

Для мелкого рисунка подбирают острый канфарник, для крупного – тупой. Стремясь к точности передачи рисунка, не следует удары канфарника делать чрезмерно сильными, глубоко вминать металл и тем более прорывать его. При мелком рисунке удары наносят часто и слабо, при крупном – редко и достаточно сильно.

После нанесения рисунка канфарником контур обводят чеканами-расходниками. При этом контур на обратной стороне листа выступает на 0,5–1 мм.

Когда рисунок нанесен, можно чеканить рельеф. Это может быть достигнуто выколоткой рельефа с обратной стороны или же опусканием фона осадочными чеканами с лицевой стороны.

Для снятия наклепа после чеканки рельефа пластину отжигают (до красного каления). После отжига металл погружают в ванну отбела, где поверхность его, почерневшая при нагреве, очищается.

*Художественное гравирование* – сущность состоит в нанесении с помощью резца рисунка или рельефа.

Граверный инструмент состоит из не скольких видов резцов – штихелей (Рис. 2).

Штихель представляет собой стержень из инструментальной стали марки У12А, ХВГ, укрепленный в деревянной ручке в форме шляпки грибка со срезанным краем (чтобы штихель не катался и плотнее ложился на поверхность).

При гравировке штихель держат в кулаке правой руки, удерживая резец с боков большим и указательным пальцами перпендикулярно к плоскости. Локоть при этом находится на весу и опорой служит большой палец. Гравировка осуществляется за счет поворота заготовки.

В зависимости от гравированного материала штихель затачивают по-разному. Жесткий материал (сталь) требует тупого угла заточки (60–65°). При работе с мягкими материалами (дерево, кость) угол резания делают острее (45°). Тупой штихель, выскакивая из бороздки, может ранить левую руку и повредить работу. Заточка и правка штихелей

производится на тонких абразивных брусках, а доводка – на шлифовочной бумаге с графитом и замше с окисью хрома.

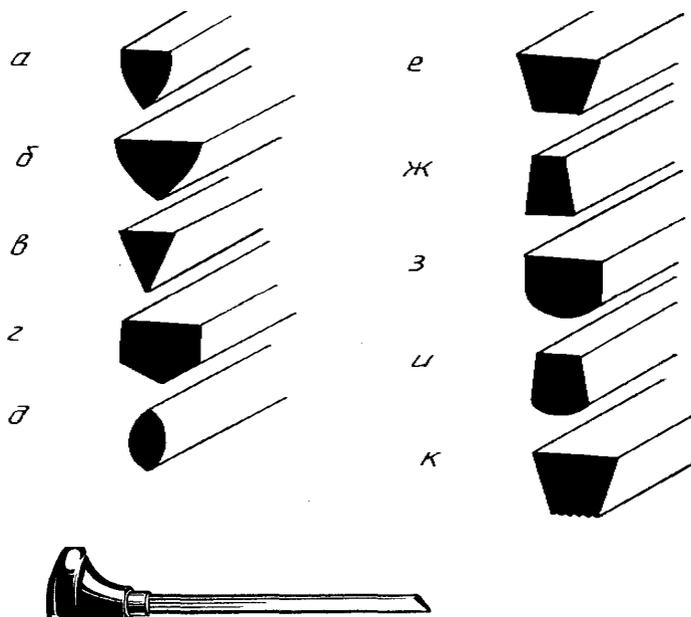


Рис. 2. Набор штихелей: а, б – шпицштихель; в – мессерштихель; г – фасетштихель; д – юстирштихель; е, ж – флашштихель; з, и – болштихель; к – рубштихель

*Наряду с гравировкой может быть применено травление. При травлении вещь покрывают лаком и стальной иглой процарапывают рисунок (только чтобы снять слой лака). Серебро травят разведенной азотной кислотой, золото – царской водкой, разбавленной водой. Лак удаляют скипидаром, уайт-спиритом или ацетоном.*

**Чернение** – создание на поверхности металлических изделий тонкой оксидной (сталь, чугун) или сульфидной (серебро) пленки.

Чернь содержит в себе компоненты серебра, меди, свинца и серы. Существует много способов ее приготовления, например: В одном случае вначале плавят серебро и медь, потом добавляют свинец и немного буры. В процессе последующей плавки снимают шлак и понемногу добавляют серу. Опять добавляют буру, снимают шлак и выливают в чугунную форму. Когда чернь станет твердой,

ее дробят на куски и снова плавят с добавлением серы и буры, повторяя эту операцию 2–4 раза. Перед применением чернь дробят в ступе и просеивают.

Прежде чем наложить чернь, шлифуют поверхность предмета, чтобы в оставшиеся углубления и царапины не попала чернь. Смазывают огнеупорной глиной те места, где черни не будет, – это исключит выгорание припоя и ограничит распространение черни.

Практикуются два способа раскладки черни.

*Сухой способ* состоит в том, что места для черни смачиваются водным раствором поташа, буры и поваренной соли, на которые затем насыпается порошок черни. После этого изделие просушивают и обжигают в муфеле при 400°.

При *мокрой способе* к черни добавляется крепкий раствор нашатыря или буры с поташом и накладывается на изделие. После просушки изделие обжигают и оплавливают чернь. Если чернь заполнила все углубления, обжиг считается законченным. Ненужную чернь соскабливают шабером или спиливают напильником. Следующая ступень обработки – шлифовка с последующей полировкой.

**Филигрань** – название филигрань происходит от двух латинских слов – «филюм» (нить) и «гранум» (зерно). Слово «скань» древнеславянское и означает свить, скрутить. Получается скань от скручивания двух проволок, образующих «веревочку». Дополняется скань зернью, т.е. маленькими шариками, делающими изделие еще более красивым.

Технологический процесс изготовления филиграни включает подготовительные операции (заготовка шаблонов, скани), набор скани, пайку, монтировку, отделку поверхности.

Разработка шаблонов состоит в том, что рисунок изделия разделяют на части, каждую из которых разворачивают на плоскости. Свивку (ссучивание) скани осуществляют на шпинделе электромотора, дрели или подвесив к концу проволоки вращающийся груз. Скрутку производят в два приема, между которыми проволоку отжигают, возвращая ей мягкость. Свитую скань пропускают через плоские вальцы, плющат и отжигают. Вальцовка может быть сильная, может быть почти незаметная – это зависит от замысла художника. Набор скани подразделяется на две операции: выгибание деталей рисунка и установка, подгонка, приклейка их на место. Скань приклеивают

столярным клеем, БФ-2 или нитролаком. Филигрань, собранную на столярном клее, при пайке необходимо привязать тонкой мягкой железной проволокой – биндрой, так как при сгорании столярный клей вспучивается и сдвигает не скрепленные между собой детали филигрании. Если филигрань набрана на нитролаке или клее БФ-2, привязывать ее не обязательно, так как эти вещества сгорают прежде, нежели сканинки успевают сдвинуться. Все же объемные вещи следует обвязывать биндрой так, чтобы каждая сканинка была прижата. Флюсом при пайке служит бура. Предварительно обожженную (чтобы не вспучивалась при пайке) и растолченную буру смешивают с припоем (1:1). Места пайки смачивают слабым раствором буры и посыпают изготовленной смесью, что предупреждает появление непропаянных мест и заливку припоем мелких деталей скани.

Задания для работы:

|         | Вариант        |                |           |
|---------|----------------|----------------|-----------|
|         | 1              | 2              | 3         |
| Задание | Пассивирование | Фосфатирование | Травление |
|         | Чеканка        | Филигрань      | Басма     |

### ***Форма отчета***

Наименование операции, назначение и описание операции (ход выполнения).

Сформулировать вводы по результатам выполнения операций.

### ***Вопросы***

1. Что такое чеканка?
2. Назовите виды чеканов?
3. Что такое басма?
4. Раствором какой кислоты осуществляют травление?
5. Какими клеями приклеивают скань?
6. Что такое чернение?
7. Перечислите виды штихтелей.
8. Что такое пассивирование?
9. Какие способы раскладки черни практикуются?
10. Что такое канфарник?
11. В чем состоит сущность процессе фосфатирования?

Учебное издание

ПЕТЮШИК Евгений Евгеньевич  
ДРОБЫШ Алексей Анатольевич  
ЯРМОЛИНСКИЙ Виктор Иосифович

НАРОДНЫЕ ремесла,  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО, УИРС

Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-02 06 02 «Технология.  
Дополнительная специальность»

В 2 частях

Часть 2

Ответственный за выпуск О.В. Дубовик  
Компьютерная верстка А.А. Дробыша

---

Подписано в печать 12.07.2010.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 3,82. Тираж 70. Заказ 302.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.