

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Министерство образования и науки Украины

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова
Одесская Государственная Академия строительства и
архитектуры

Кудерин М.К., Кулибаев А.А., Нурбатуров К.А.,
Менейлюк А.И., Лукашенко Л.Э., Олейник Н.В.,
Дё И.М.

ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ

Монография

Павлодар – Одесса

Кереку

2015

УДК 693.6 (075.8) УДК 553.521
ББК 38.639я73 ББК 26-31
В 60 К 88

Внутренняя отделка зданий. Исследование казахстанского сырья. Кудерин М.К., Кулибаев А.А., Нурбатуров К.А., Менейлюк А.И., Лукашенко Л.Э., Олейник Н.В., Дё И.М.

ISBN 978-601-238-527-4

Монография «ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ» содержит два раздела.

В первом разделе монографии обобщен мировой опыт использования современных материалов и технологий для внутренней отделки зданий и сооружений, представлена классификация современных отделочных покрытий, описание новых технологий отделки.

Второй раздел посвящен результатам исследований казахстанского сырья с целью его использования для производства керамогранита, представлены результаты анализа сырьевой база Казахстана.

Монография может быть полезна студентам всех форм обучения и образовательно-квалификационных уровней по направлениям подготовки: «Производство строительных материалов и конструкций», «Строительство» и «Архитектура», «Экономика предприятия», слушателям курсов повышения квалификации и переквалификации специалистов, аспирантам и преподавателям, специалистам проектных и строительных организаций.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ

1.1. Классификация современных отделочных покрытий

1.2. Подготовка поверхностей к финишной отделке

1.2.1. Подготовка поверхностей с помощью листовых и плитных материалов

1.2.2. Особенности современной технологии оштукатуривания поверхностей

1.2.3. Применение армирующих материалов

1.2.4. Технология шпатлевания поверхностей

1.3. Технологии устройства современных декоративных монолитных покрытий

1.3.1. Классификация современных штукатурок

1.3.2. Особенности устройства современных декоративных штукатурок

1.3.3. Технология покрытия «жидкими» обоями

1.3.4. Технология флоковых покрытий

1.3.5. Особенности устройства современных «венецианских штукатурок»

1.4. Покрытия из отдельных элементов

1.4.1. Технологии облицовки панелями

1.4.2. Особенности облицовки современной плиткой

1.4.3. Технология отделки пробкой и особенности таких покрытий

1.4.4. Устройство мозаичных покрытий

1.5. Покрытия рулонными материалами

1.5.1. Технологии оклеивания обоями

1.5.2. Устройство бесшовных текстильных покрытий

1.5.3. Покрытие самоклеящимися пленками

1.6. Использование современных окрасочных материалов

1.7. Особенности современных потолочных систем

1.7.1. Характеристики и требования, предъявляемые к потолочным системам

1.7.2. Устройство подвесных систем

1.7.3. Технология устройства натяжных потолков

1.7.4. Современные клеевые потолки

1.7.5. Особенности современных подшивных потолков

1.8. Элементы современного декора

1.8.1. Рельефные элементы декора

1.8.2. Фрески

2. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ

2.1. Научно-производственный опыт в керамической промышленности

2.1.1. Традиционная керамика

2.1.2. Керамический гранит

2.2. Местные сырьевые материалы для производства керамогранита

2.2.1. Характеристика сырьевых материалов

2.2.2. Изменения характеристик сырьевых компонентов керамической смеси при нагревании

2.2.3. Местные сырьевые материалы и основные методы исследования

2.2.4. Получение керамогранитных образцов в лабораторных условиях

2.3. Процессы сушки керамогранита

2.3.1. Общие положения, основные требования к сушке

2.3.2. Термодинамика процессов переноса в керамике

2.3.3. Механизм и кинетика сушки модельных образцов из керамогранитных смесей

2.3.4. Кинетика физико-химической сушки модельных образцов из местных глин

- 2.3.5. Моделирование и получение обобщенных данных по кинетике сушки керамогранитных материалов
- 2.3.6. Техника и технология сушки керамогранитных материалов
- 2.4. Обжиг керамогранита**
- 2.4.1. Общие положения и основные требования к обжигу
- 2.4.2. Кинетика обжига модельных образцов из глиняных компонентов керамогранитных смесей
- 2.4.3. Кинетика обжига керамогранитных образцов-пластин
- 2.4.4. Моделирование и получение обобщенных кинетических данных для первого периода обжига керамогранитных материалов
- 2.4.5. Техника и технология обжига керамогранитных материалов
- 2.5. Процессы структурообразования керамогранита**
- 2.5.1. Исходные факторы формирования физических и структурных свойств керамических материалов
- 2.5.2. Кинетика усадки и уплотнения глинистых и непластичных компонентов керамогранитных смесей.
- 2.5.4. Физико-химические процессы обжига в системе «глина-полевой шпат - кварц»
- 2.5.5. Механизм спекания и структурообразования керамогранитных материалов при обжиге

ВВЕДЕНИЕ

Представленная монография содержит два раздела «ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ» и «ИССЛЕДОВАНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ».

В написании первого раздела принимали участие Мейнлюк А.И., д.т.н., профессор и Лукашенко Л.Э., доцент кафедры строительного производства Одесской Государственной Академии строительства и архитектуры (Украина).

В первом разделе монографии обобщен мировой опыт использования современных материалов и технологий для внутренней отделки зданий и сооружений. В нем приведены краткие, но системные сведения об инновациях в строительных технологиях при выполнении внутренней отделки зданий, включая их анализ и классификацию.

Приведенные сведения отражают современную практику выполнения работ на объектах в нашей стране и за рубежом и содержат большое количество иллюстраций.

Второй раздел посвящен результатам исследований казахстанского сырья с целью его использования для производства керамогранита. Исследования проводились в Павлодарском Государственном университете имени С. Торайгырова (Казахстан). В разработке раздела принимали участие Куделин М.К., д.т.н., профессором, Дё И.М., к.т.н., доцент кафедры «Промышленное, гражданское и транспортное строительство» под научным руководством академиком Кулибаева А.А. и Нурбатурова К.А.

В разделе представлены результаты анализа сырьевой база Казахстана, подобраны оптимальные составы сырьевой смеси для получения высокопрочного и морозостойкого керамогранита и разработана научно обоснованная технология получения керамогранитных плит, которая апробирована в опытно-производственных условиях. Дано тех-

нико-экономическое обоснование производства керамогранита.

Монография может быть полезна студентам всех форм обучения и образовательно-квалификационных уровней по направлениям подготовки: «Строительство» и «Архитектура», «Экономика предприятия», «Производство строительных материалов и конструкций», слушателям курсов повышения квалификации и переквалификации специалистов, аспирантам и преподавателям, специалистам проектных и строительных организаций.

1. ВНУТРЕННЯЯ ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Данный раздел посвящен современным технологиям внутренней отделки и материалам для их реализации. Их многообразие поражает воображение. Это и хорошо известные и достаточно новые, такие как бесшовные текстильные покрытия для стен, натяжные потолки и многое другое. Необходимо отметить, что даже «старые», давно известные материалы благодаря внедрению современных технологий приобретают новые черты, совершенствуется технология их устройства.

Например, традиционные покрытия из бумажных обоев, но изготовленные с рельефной фактурой, сейчас окрашивают и получают великолепную имитацию декоративной рельефной штукатурки с самой различной фактурой. Внешне хорошо всем знакомая «венецианская штукатурка» раньше была делом избранных специалистов. Делать ее учились всю жизнь. Благодаря новым материалам, такую штукатурку можно сделать в домашних условиях, без особой подготовки.

Интерьерные материалы не подвергаются таким жестким воздействиям, как материалы внешней отделки, - дождям и ветрам, холоду и палящему солнцу. Но все же при выборе материалов для интерьеров необходимо учитывать условия их эксплуатации. Они накладывают определенные требования к отделочным материалам: влагостойкость, износостойкость, огнестойкость, акустические характеристики, требования по легкости уборки, и т.д.

Анализ современных особенностей традиционных технологий и материалов для внутренней отделки, а также инновационных решений в этой области позволил составить классификацию отделочных покрытий. Она представлена на рис. 1.1.

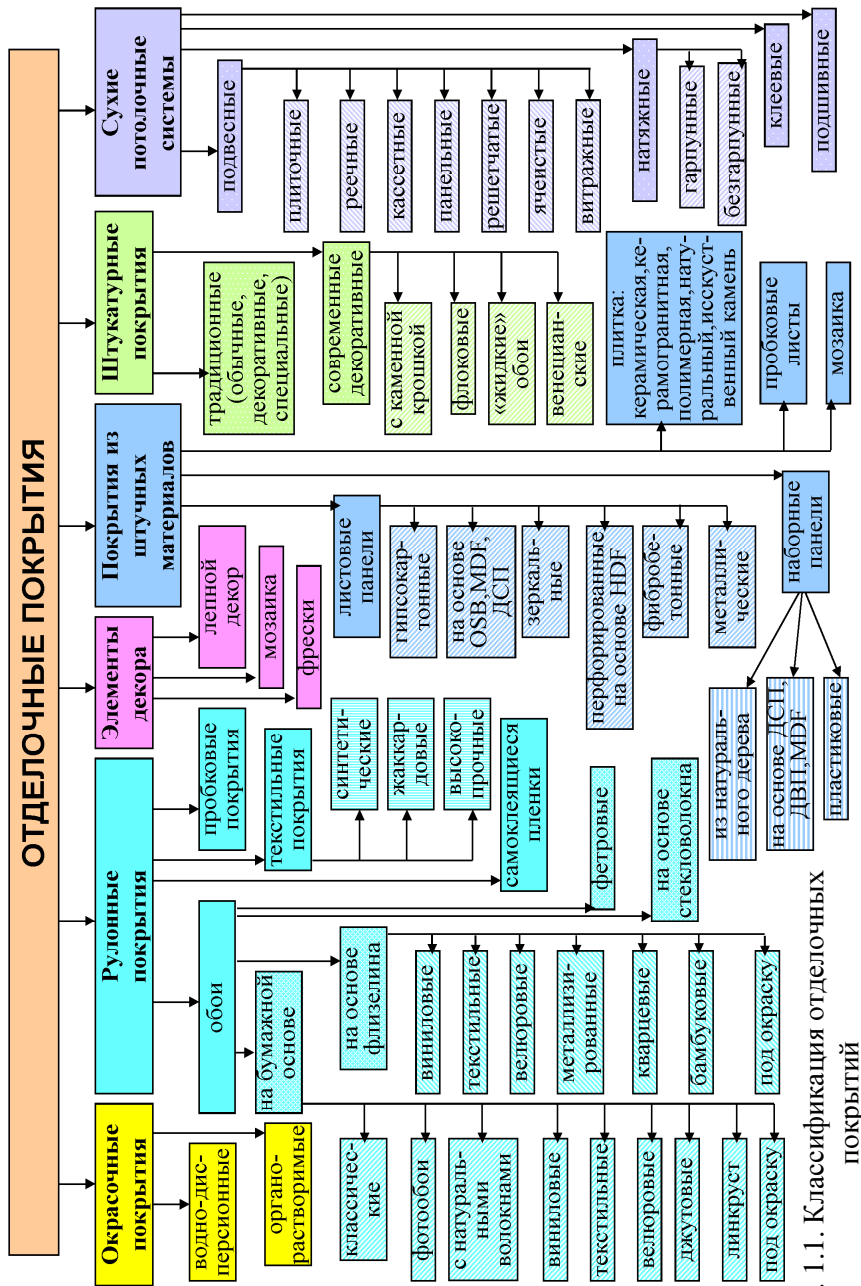


Рис. 1.1. Классификация отделочных покрытий

1.2. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ К ФИНИШНОЙ ОТДЕЛКЕ

При новом строительстве или ремонте помещений возникает необходимость декорировать поверхности какими-либо отделочными материалами: обоями, керамической плиткой, декоративной штукатуркой, и т.д. Такие поверхности необходимо предварительно подготовить к финишной отделке. Способы выравнивания поверхности путем оштукатуривания растворами различных составов являются в этом случае традиционными технологиями. Они достаточно подробно описаны в учебной и др. литературе (см., например, [1, 2]). Современные технологии и материалы позволяют выравнивать отделываемые поверхности не только традиционной штукатуркой, но и уже готовыми, листовыми или плитными материалами, которые получили широкое распространение в строительстве.

Применение таких материалов наиболее целесообразно в следующих случаях: когда поверхность стены имеет значительные неровности, когда нужно ускорить проведение отделочных работ, когда необходимо исключить из технологического процесса мокрые процессы, и т.д. Большинство листовых и плитных материалов широко используются в качестве основания для различных отделочных материалов, однако есть и такие, которые имеют более узкую область применения.

Наиболее распространенными среди листовых материалов являются гипсокартонные листы.

1.2.1. Подготовка поверхностей с помощью листовых и плитных материалов

Технология использования гипсокартонных листов. В Украине продукция из гипсокартона представлена

отечественными производителями, а также поставляется известными мировыми фирмами: Knauf (Германия), Rigips (Австрия), British Plaster Board (Великобритания), Lafarge Gyps (Франция), и др.

Продукция каждой из этих фирм отличается от других некоторыми особенностями предлагаемых материалов, крепежных систем и т. п. Поэтому при работе с тем или иным материалом необходимо пользоваться **только** инструкцией по монтажу изделий соответствующей фирмы. Такие инструкции Вы можете получить у региональных представителей или на сайтах: www.knauf.com, www.rigips.com, www.bpb.com, www.lafarge.com.

Подготовка стен с использованием гипсокартонных листов настолько прочно вошла в строительную практику, что уже никого не нужно убеждать в целесообразности и экономической выгоде данной технологии. Однако часто встречающиеся в практике строительства ошибки в технологии приводят к появлению трещин на чистовой поверхности отделочных материалов (обоях, декоративной штукатурке и даже керамической плитке) или другим дефектам.

Прежде всего приведем краткие сведения о том, что такое гипсокартонные листы и их номенклатуру.

Гипсокартонный лист представляет собой материал, изготовленный из строительного гипса и оклеенный с двух сторон специальным картоном. Он может быть армирован стекловолокном и стеклосеткой. Тогда он приобретает огнеупорные свойства. Для придания большей ударной прочности такие листы могут быть армированы полимерными волокнами или сеткой. В составе гипса могут быть специальные гидрофобизирующие добавки, например, силикон. Тогда такие листы приобретают влагостойкие свойства. Специальные виды гипсокартона маркируют цветным картоном.

В производстве гипсокартона применяют целый ряд специальных добавок - регуляторы схватывания; пенообразователи (вещества, способствующие уменьшению массы листов); клеящие вещества, и т.д. Картон выполняет две функции. Он является частью армирующего каркаса и одновременно прекрасной основой для нанесения финишных отделочных материалов (декоративной штукатурки, обоев, краски, и т.д.).

Наибольшее распространение получили листы длиной 2500 мм, шириной 1200 мм, толщиной 12,5 мм (выпускаются и других размеров).

В зависимости от назначения гипсокартонные листы выпускаются с готовыми продольными кромками – фасками. Уменьшения толщины – «фаски» – предназначено для создания прочного и незаметного шва на стыках листов путем шпатлевания. Кроме того, полукруглая кромка позволяет производить заделку швов стыков листов без армирующей ленты.

Два торца листов во всех случаях имеют прямоугольную форму и при устройстве швов с них необходимо снимать фаску вручную (на 1/3 толщины листа под углом 45°).

Кроме стандартных изделий выпускаются также другие виды гипсокартонных листов:

- для устройства криволинейных поверхностей. Они имеют меньшую толщину (6,5 мм) и армирование;
- влагостойкие - для помещений с повышенной влажностью. Картонная облицовка этих листов проходит специальную обработку, а гипс имеет гидрофобные добавки. Все это снижает вероятность образования плесени, грибка и повышает влагостойкость. Однако, при этом влагостойкость таких листов – условная;
- огнестойкие - для конструкций и помещений, к которым предъявляются повышенные требования по огнестойкости. В гипсокартонные листы повышенной огне-

стойкости при изготовлении добавляют стекловолокно. Оно армирует гипсовый сердечник и замедляет процесс разрушения листа при огневом воздействии.

Специальные виды гипсокартона маркируют цветным картоном.

Как и все строительные материалы на основе гипса, гипсокартонные листы имеют высокие пожарно-технические характеристики:

- группа горючести - Г1;
- группа воспламеняемости - В2;
- группа дымообразующей способности - Д1;
- группа токсичности - Т1.

Они допускаются для применения в строительстве зданий I и II степеней огнестойкости. С их помощью не только повышается предел огнестойкости стальных и прочих строительных конструкций, но и обеспечивается огнезащита всякого рода коммуникационных шахт и воздуховодов, устраиваются противопожарные преграды. Эффективными в качестве преграды для огня гипсокартонные листы делает химически связанная кристаллизационная вода в гипсовом «сердечнике».

В зависимости от свойств гипсокартонные листы различных видов применяют в помещениях с разным влажностным режимом. Обычные и огнестойкие листы применяют в зданиях с сухим и нормальным влажностными режимами; влагостойкие и влагостойко-огнестойкие - с сухим, нормальным, влажным и мокрым влажностными режимами в соответствии с действующими нормами по строительной теплотехнике. При применении влагостойких листов в помещениях с влажным и мокрым режимами (в том числе в санузлах, ваннах, кухнях) их следует защищать с лицевой стороны водостойкими грунтовками, шпатлевками, красками, керамической плиткой или покрытиями из ПВХ. В этих помещениях следует предусматривать вытяжную вен-

тиляцию, обеспечивающую необходимый воздухообмен в соответствии с действующими строительными нормами. В местах прямого попадания воды на стены поверхность гипсокартонных листов рекомендуется гидроизолировать.

Наиболее широкое применение гипсокартонные листы нашли в работах по устройству интерьеров, прежде всего как простой и надёжный способ подготовки поверхностей. Поверхность же листов обязательно предполагает последующую отделку декоративными материалами, например, окраску, оклейку обоями, тканью и т. п.

Существуют два способа подготовки поверхности стен с помощью гипсокартонных листов - *бескаркасный* и *каркасный*. При первом способе листы приклеиваются к стенам с помощью специальных клеев (допустимая высота облицовываемого помещения равна высоте листа), а при втором - монтируют на каркас (допустимая высота до 10 м). В обоих случаях монтаж должен производиться в период отделочных работ, до устройства чистых полов, когда все «мокрые» процессы закончены и выполнены разводки электрических и сантехнических систем, в условиях сухого и нормального влажностных режимов и температуре не ниже +15 °С.

При *бескаркасном способе монтажа* гипсокартонные листы приклеиваются непосредственно на стену. Этот способ применяют в двух случаях. Первый – когда стена достаточно ровная, и ее не нужно выровнять профилем. Но на практике такое качество встречается очень редко. Второй – когда нет возможности поставить профиль (стена получается толще, чем она должна быть). Если в этом случае необходимо еще и выровнять стену, то выставляются «маяки» из гипса, гипсокартонных полос или дюбелей. Они выровняются под леску, создавая необходимую плоскость. Только после этого приклеивают гипсокартонный лист, дожимая его во время приклейки до «маяков». В

этом случае значительно увеличивается трудоемкость работ. Поэтому такая технология применяется, как правило, тогда, когда невозможно использовать каркасный способ.

При бескаркасной технологии стены должны быть предварительно очищены от грязи, пыли, масляных пятен или остатков опалубочной смазки, а затем обработаны грунтовкой. Выбор типа грунтовки осуществляется в зависимости от гигроскопичности стен.

После полного отверждения клея (время этого процесса указано на упаковках предприятий-изготовителей клеев) производят заделку стыков с помощью шпатлевочного состава и армирующей ленты. Ширина армирующей ленты не должна быть менее 5 см. После того как швы полностью высохнут, их шлифуют с помощью ручного шлифовального приспособления до получения единой плоскости с листами. Перед окраской или оклейкой обоями вся поверхность листов обрабатывается грунтовкой.

Каркасный способ подготовки поверхности. В том случае, когда гипсокартонные листы нельзя наклеивать на стены, их монтируют на металлический каркас, установленный вдоль стены. Каркас обычно собирают из специальных профилей с обязательным креплением кронштейнами (прямыми подвесами) к стене. Гипсокартонные листы монтируются на каркас в один или два слоя. При длине облицовки более 10 м следует предусматривать температурные (деформационные) швы.

При любом способе гипсокартонные листы следует наклеивать так, чтобы они отстояли от поверхности пола на 10-20 мм. Зазоры у пола и потолка заделываются полосами изоляционного материала (минеральная вата) и герметиком.

Особенности применения «аквапанелей». Цементная плита – аквапанель внутренняя представляет собой листовой материал прямоугольной формы (ширина 900/1200 мм;

длина 1200/2400/2800 мм; толщина 12,5 мм), который состоит из сердечника на цементной основе с легким минеральным наполнителем, армированного с обеих сторон стеклотканной сеткой. Края обрезаны, а кромки усилены – дополнительно армированы стекловолокном (рис. 1.2).

Благодаря армирующей стеклосетке, цементная плита – аквапанель может гнуться в сухом виде (без предварительного увлажнения) с радиусом кривизны от одного метра. Это позволяет применять ее на криволинейных поверхностях.

Вес м² плиты около 15 кг.



Рис 1.2. Кромка плит аквапанелей

Аквапанели являются влагостойким материалом, обеспечивающим прочное и надежное основание для облицовки плиткой, применяются в каркасно-обшивных конструкциях — перегородках, облицовках стен и подвесных потолках в помещениях с влажным и мокрым режимом эксплуатации.

Преимуществами аквапанелей являются: высокая влагостойкость без разбухания и крошения; высокая устойчивость к поражению грибком и плесенью; отсутствие вредных примесей; легкость и быстрота монтажа; возможностью создания криволинейных поверхностей с радиусом изгиба до 1 метра; технологичность в обработке; исключение трудоемких процессов обработки поверхностей; техника сухого строительства исключает длительное время сушки; не требуется применение специального инструмента; быстрота монтажа уменьшает сроки и стоимость строительных работ; ударопрочность и долговечность.

КНАУФ-аквапанель очень удобна в монтаже. Для ее раскрытия достаточно надрезать ножом стеклотканную сетку, а затем просто отломить панель по месту надреза. В итоге, для устройства панельной ограждающей конструкции или перегородки требуется гораздо меньше времени, чем, например, для их возведения из кирпича. Значительно упрощает процедуру монтажа прямая кромка панели. На швы наносится специальный клей для швов, после чего панели при помощи шурупов крепятся к металлическим или деревянным каркасам. При этом полностью исключается процесс шпатлевания швов, и ровная поверхность готова уже на следующий день.

Аквапанели рекомендуется хранить под навесом для защиты от прямого попадания влаги. Влажные панели перед монтажом должны быть просушены, «акклиматизироваться». Температура материала и окружающей среды не должна быть ниже +5° С. Стоечные профили устанавливаются с шагом 600 мм. Плиты должны монтироваться горизонтально. Места крепления шурупов обозначены крестиками. Для подготовки под покраску необходимо выполнить тонкослойное шпатлевание всей поверхности. На чистое основание наносится слой финишной смеси толщиной не

менее 4 мм. В свеженанесенный слой утапливается армирующая сетка с нахлестом не менее 100 мм.

Аквапанели могут монтироваться на стальной или на деревянный каркас. Сначала выполняется разметка мест расположения стоечных профилей (брусков) и стоек по сторонам дверных проемов на полу и перенос разметки на стены или потолок. На направляющие профили (бруски), примыкающие к полу и потолку и стоечные профили (бруски), примыкающие к стенам, наклеивается уплотнительная лента или наносится герметик двумя полосками. В соответствии с разметкой крепление направляющих профилей (брусков) к полу и потолку и крайних стоечных профилей (брусков) к стенам осуществляют при помощи дюбелей с шагом не более 1000 мм, но не менее трех креплений на один профиль (брусок). Стоечные профили устанавливаются в направляющие с шагом 600 мм. Деревянные стойки устанавливаются на направляющие бруски и крепятся гвоздями или шурупами.

Плиты крепятся горизонтально. Первая плита выравнивается по профилям. Следует следить при помощи уровня, чтобы плита была выровнена по горизонтали и вертикали. Расстояние между шурупами должно быть не более 250 мм. Расстояние от кромки до шурупа не должно быть менее 15 мм. Шурупы не должны проворачиваться. Для удобства монтажа на плитах имеется вспомогательная разметка. Места крепления шурупов обозначены крестиками.

Для того, чтобы обеспечить наилучшее сцепление клея для швов, края плит следует очистить от пыли влажной кистью.

Клей для швов наносится на очищенную кромку плит. Клей должен быть нанесен до установки следующей плиты.

Для улучшения адгезии плиточного клея или шпатлевочного слоя поверхность из плит рекомендуется обрабо-

тать грунтовкой, которая наносится валиком или кистью. Плиты могут применяться для создания криволинейных поверхностей. С помощью металлических ножниц необходимо сделать параллельные надрезы одной полки и стенки направляющего профиля. Надрезанный направляющий профиль изгибается по необходимому криволинейному очертанию и крепится к полу и потолку. Стоечный профиль устанавливается в направляющий с шагом не более 300 мм и крепится просекателем. Перед закреплением плит рекомендуется предварительно согнуть плиту по необходимому радиусу. Возникающие при этом волосяные трещины не приводят к потере прочности и эксплуатационных свойств плит. При радиусе обшивки более 3 м применяются плиты размером 120/1250/2400/2500 × 900 мм. При радиусе обшивки от 1 до 3 м применяются полосы размером 1200/1250/2400/2500 × 300 мм, которые предварительно нарезаются из плит.

Монтируемая плита плотно прижимается к уже закрепленной через нанесенную полоску клея, после чего крепится к каркасу при помощи шурупов. Клеевое соединение плит исключает необходимость последующего шпатлевания стыка с применением армирующей ленты.

Клей для швов наносится непрерывной полоской по всей кромке плит. Необходимо следить, чтобы края плит были очищены от пыли с помощью влажной кисти.

При креплении плит необходимо следить, чтобы плита была выровнена по горизонтали и вертикали. Торцевые стыки должны быть смещены друг относительно друга на 600 мм.

После твердения (обычно на следующий день) излишки клея для швов удаляются.

Места примыкания обшивки из плит к стенам, полу и потолку должны заполняться нетвердеющими герметика-

ми. Деформационные швы устраиваются при длине перегородки более 7,5 м.

При радиусе обшивки от 1 до 3 м применяются полосы размером 1200/1250/2400/2500 × 300 мм, которые предварительно нарезаются из плит. Облицовочная плитка должна иметь размеры не более 300 × 300 мм.

Для приклеивания применяются клеи, соответствующие используемой плитке, на цементной основе.

Для подготовки под окраску необходимо выполнить тонкослойное шпатлевание всей поверхности. На чистое основание наносится слой шпатлевочной смеси толщиной не менее 4 мм, в который с помощью кельмы утапливается армирующая сетка с нахлестом соседних полотен не менее 100 мм. Для получения гладкой поверхности на свеженанесенный армирующий слой наносится заключительный тонкий слой шпатлевки, который после высыхания шлифуется [3, 4].

Подготовка поверхностей с помощью плит из отходов древесины (ДСП, ДВП, OSB, МДФ и т. п.).

Панели из отходов древесины по разновидностям применяемых основ и эксплуатационным характеристикам различаются:

ДСП (древесностружечная плита) — отличается привлекательно низкой ценой, но при обработке крошится и в процессе эксплуатации разрушается. Обычно отделяется текстилем, бумажными или виниловыми обоями. К достоинствам можно отнести хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики.

ДВП (древесноволокнистая плита) — чаще всего применяется в качестве основы при производстве панелей с глянцево-й поверхностью.

МДФ — на сегодняшний день самый современный и широко используемый материал. Производится из спрессованной древесной пыли, обладает большой прочностью,

поэтому не крошится и не ломается, легко шлифуется и обладает влагостойкими характеристиками.

Еще недавно ДСП и ДВП производились с использованием синтетических смол, выделяющих формальдегид, который наносит вред организму человека. Однако сейчас в качестве сырья применяют древесные щепы, связывающиеся между собой прессованием и собственным клеящим веществом — лигнином. Таким образом, эти материалы можно назвать экологически чистыми.

Применяются ДВП и ДСП в помещениях практически любого назначения, за исключением влажных и неотапливаемых.

Ориентировано-стружечные плиты (*ОСП* или *OSB*) – это достаточно новый высокотехнологичный строительный материал, обладающий однородной структурой, более высокой прочностью, чем ДСП, влагостойкостью, универсальностью в применении и легкостью в обработке.

Технология изготовления плит OSB включает в себя нарезание тонкомерной древесины, когда исключаются сучки и иные дефекты. Затем проводится склейка слоев стружки водоотталкивающими смолами с воздействием высокой температуры и давления. OSB имеет класс E1 по содержанию формальдегида, что говорит о допустимом для здоровья человека содержании в ней вредных веществ.

Разнонаправленность волокон в слоях и обеспечивает исключительно высокую механическую прочность плит OSB - она выше, чем у фанеры или ДСП. При этом гибкость у ОСП, свойственная древесным материалам, сохраняется.

Одинаковые крупные размеры щепы и современный метод прессования обеспечивают однородность материала по всей плите OSB, отсутствие пустот и трещин в его толще и сколов по краям. Мелкие отходы стружки при производстве удаляются, за счет этого достигнуто значительное

уменьшение количества соединяющих клеящих веществ в составе плит ОСП - всего 2-3%. Поэтому плита OSB содержит свыше 90% древесины.

В то же время, плиты OSB лишены недостатков чистой древесины - они неподвержены гниению, поражению грибком, не горючи. Важнейшее свойство плит ОСП - плиты имеют очень низкую гигроскопичность.

Особенностью плиты OSB является то, что древесная стружка в слоях плиты ориентирована. Как правило, стружка в наружных слоях ориентируется продольно, в то время как стружка внутреннего слоя - поперечно. Чаще всего OSB имеет три слоя - два наружных и один внутренний. Именно разнонаправленность волокон в слоях и обеспечивает исключительно высокую механическую прочность плит ОСП при этом гибкость, свойственная древесным материалам, сохраняется.

Все три слоя OSB-3 плит пропитаны водостойкими восками и смолами и спрессованы в единое целое под действием высоких давления и температуры.

Плита OSB отличается однородной внутренней структурой, а обе поверхности имеют одинаковое качество.

- * ОСП (OSB) - ориентированно стружечная плита;
- * ОСП 2 (OSB2) - обычная ориентированно-стружечная плита;
- * ОСП 3 (OSB3) - влагостойкая ориентированно-стружечная плита;
- * ОСП 4 (OSB 4) - плита конструкционная для применения в несущих конструкциях при повышенных механических нагрузках и повышенной влажности, как внутри, так и снаружи

Есть три вида плит OSB (ОСП) в зависимости от формы торцов:

- * плита OSB (ОСП) с прямыми краями;
- * плита OSB (ОСП) с краями двусторонне фрезеро-

ванными «гребень-паз»;

* плита OSB (ОСП) с краями четырехсторонне фрезерованными «гребень-паз».

Технология устройства стен при помощи OSB-3.

Плиты OSB на стенах могут быть монтированы в горизонтальном и вертикальном положении. Между плитами и вокруг дверных и оконных проемов обязательно нужно оставить зазор (минимум 3 мм). Рекомендованная толщина плиты для обшивки стен 12 мм при расстоянии между стеновыми опорами (стойками) 400 мм и 600 мм. Для дополнительной тепло- и звукоизоляции стен рекомендуется применение минеральной ваты между стойками. Окончательную облицовку поверхности выполняют в виде минеральной или сухой штукатурки.

Для крепления стеновых плит применяются саморезы от 45 мм до 75 мм. Их закручивают каждые 30 см на промежуточных стойках и каждые 15 см на соединениях плит. На наружных краях стен саморезы устанавливаются каждые 10 см. Расстояние от него до края плиты не должно быть меньше, чем 1 см.

Наиболее известные производители плит ОСП: Norbord/Норборд (США, Канада, Бельгия); Glunz/Глюнц (Германия); Egger/ЭГГЕР (Австрия); Krono (Швейцария); Arbec, Grant, Ainsworth (Канада); Louisiana Pacific Corporation, Georgia Pacific (США).

Высококачественные OSB панели используются в качестве оснований под облицовку стен, полов, потолков, сплошного настила под кровельные материалы и для других строительных целей [5, 6].

1.2.2. Особенности современной технологии оштукатуривания поверхностей

Для осуществления правильной технологии и организации производства отделочных работ (они начинаются со

штукатурных работ), обеспечения нормальных условий, в которых будут выполняться штукатурные работы, строительная готовность объекта должна отвечать определенным требованиям, перечисленным ниже [7].

Должны быть закончены следующие работы:

устройство всех видов оснований под чистые полы;
установка перегородок с заделкой щелей по периметру;

ру;

установка оконных и дверных блоков с заделкой зазоров за коробками;

установка встроенных шкафов и подоконников,

оштукатуривание ниш стен за приборами отопления и борозд для скрытой проводки отопления,

оштукатуривание за трубами и ниш электрощитков;

установка конструкций и каркасов для натягивания металлической сетки в необходимых местах;

заделка всех временных отверстий в стенах, перегородках в перекрытиях;

установка вентиляционных коробов, прочистка вентиляционных каналов;

установка шкафов электроосветительных и слаботоковых устройств;

основные санитарно-технические работы (монтаж и опрессовка систем отопления, водопровода, канализации и газопровода);

прокладка скрытой электропроводки для силовых, осветительных и слабых токов;

установка лестничных ограждений;

установка стояков электрооборудования (электроосвещения, телефонизации, радиофикации, телевидения);

очистка помещений от строительного мусора.

Деревянные рубленые брусчатые стены допускается оштукатуривать не ранее чем через 1 год после возведения здания (после окончания осадки конструкции). Деревянные

каркасные и щитовые стены, собранные из стандартных деталей и установленные на жесткое основание, допускаются оштукатуривать вслед за окончанием сборки здания.

Требования к поверхностям, подлежащим оштукатуриванию. Во избежание дополнительного намета штукатурки отклонения поверхностей конструкций из кирпича, бетона, сборного железобетона и дерева не должны превышать указанных ниже допускаемых величин.

Отклонения поверхностей и углов кладки стен и столбов от вертикали:

на один этаж - не более 10 мм;

на все здание - не более 30 мм.

Неровности вертикальной поверхности кладки, обнаруживаемые при наложении рейки длиной 2 м:

для стен - 10 мм;

для столбов - 5 мм.

Отклонения плоскостей панелей стен и перегородок от вертикали (в верхнем сечении) для сборных железобетонных конструкций ± 5 мм.

Отклонения деревянных стен и перегородок от вертикали на этаж:

каркасных домов - 10 мм;

щитовых домов - 5 мм.

На поверхностях железобетонных конструкций должны быть срезаны и очищены бугры и наплывы.

Дополнительные требования при производстве работ в зимнее время: помещения следует отапливать, температура в них не должна быть ниже 10°C, а относительная влажность не выше 70%. Температуру внутри здания измеряют около наружных стен на высоте 0,5 м от пола. Входные тамбуры должны быть утеплены, все проемы, и отверстия в неотапливаемую часть здания заделаны. Влажность кирпичных или каменных стен не должна превышать 8%.

Монолитная штукатурка - это отделочный слой нанесенного отвердевшего и обработанного строительного раствора на поверхности строительной конструкции. В зависимости от составов применяемых растворов и видов обработки поверхности монолитная штукатурка может быть обычной, декоративной фактурной и специальной.

Декоративные штукатурки рассмотрены подробно в разделе 3.

Штукатурки являются ближайшими родственниками **шпатлевок**. Они отличаются по виду и крупности наполнителя. Это определяет и все остальные отличия, в том числе в предназначении и в технологии ведения работ. Главное отличие состоит в том, что шпатлевка может шлифоваться абразивной шкуркой, а штукатурка - нет.

Соблюдая технологии, штукатурки можно наносить достаточно толстым слоем. Поэтому традиционно их применяют для устранения значительных неровностей поверхности (например, штукатурка по кирпичной кладке) или в качестве необходимой конструктивной основы (например, штукатурка по деревянным основаниям). В результате можно получить достаточно ровную, но шероховатую поверхность (степень шероховатости определяется размером зёрен наполнителя). Из-за шероховатости использование штукатурного слоя в качестве непосредственной основы перед финишной отделкой затруднено, а порой невозможно.

Наиболее эффективным является комплексное использование технологии штукатурных работ с последующим шпатлеванием оштукатуренной поверхности. В этом случае получение идеально гладкой (при необходимости отшлифованной) и ровной поверхности достигается наиболее простым способом.

Для внутренних работ сегодня наиболее часто применяются *два вида* штукатурок - цементные штукатурки и

гипсовые штукатурки. С потребительской точки зрения, их основное отличие - во времени полного твердения. Как правило, для *гипсовых штукатурок* - это несколько суток (4-7). Цементным же штукатуркам для полного набора прочности требуется не менее 24-28 суток.

Уменьшить сроки твердения штукатурной смеси можно. Для этого используют специальные реагенты, ускорители схватывания. Однако их целесообразно применять только для специальных видов работ в особых условиях.

Цементная штукатурка эффективна в том случае, когда необходимо получить максимально прочное влагонепроницаемое и долговечное покрытие. Срок эксплуатации качественной и правильно выполненной цементной штукатурки многие десятилетия даже в условиях перепадов температуры и влажности.

Отметим здесь, что для тонкого выравнивания цементной штукатурки, особенно в случае недостаточной квалификации штукатуров, очень эффективным является использование специальных цементно-полимерных составов - *выравнивателей*. Это нечто среднее между мелкой штукатуркой и крупной шпатлевкой. Фракция (размер заполнителя - до 300 микрон), время полного высыхания (18-36 часов) и технология ведения работ у таких составов как у шпатлевки (простое нанесение шпателем, не требуется перетирки), но они плохо или вообще не шлифуются шкуркой. Такие составы рекомендуются для применения в подвалах, других подсобных помещениях и для выравнивания основы перед укладкой плитки. Одним словом, везде, где не требуется идеально гладкой поверхности и вполне достаточно мелко зернистой основы с шероховатостью около 300 микрон.

Гипсовые штукатурки предпочтительны в тех случаях, когда необходимо выполнить работу в кратчайшие сроки, при условии дальнейшей эксплуатации только в

условиях нормальной влажности и только внутри помещений. Гипсовые системы сейчас получили большое распространение и в нашей стране, и на Западе именно в связи с тем, что они позволяют значительно сократить срок производства работ.

Отметим также, что применение гипсовых составов позволяет существенно упростить технологию. Гипсовую штукатурку можно наносить, практически, в один слой, против необходимости нанесения цементной штукатурки в три последовательных слоя - набрызг, укрывка и перетирка (только такая технология нанесения цементной штукатурки даст качественное покрытие).

Поскольку штукатурный слой является основой для всех последующих слоёв (шпатлёвочного и отделочного), именно «штукатурные» проблемы являются наиболее частой причиной появления трещин в отделочном слое. Эти проблемы являются следствием либо некачественного штукатурного состава (неправильно подобранный гранулометрический состав наполнителя, превышенное содержание глинистых или органических включений и др. факторы), либо нарушения технологии. Здесь наиболее важными моментами являются недопущение избытка воды при затворении и необходимый технологический перерыв (ожидание полного высыхания штукатурных составов перед нанесением выравнивающих и финишных шпатлевок).

Нормативные документы при *простой* штукатурке допускают следующие параметры готовой поверхности: отклонение от вертикали - 3 мм на 1 м, но не более 15 мм на высоту помещения. Неровностей плавных очертаний допускается - не более 3-х на каждые 4 м², причём их высота или глубина не должна превышать 5 мм. Отклонение по горизонтали допускается не более 3 мм на каждый метр. Такое качество сегодня, как правило, никого не устраивает.

При *улучшенной* штукатурке отклонение от вертикали – 2 мм на 1 м, но не более 10 мм на высоту помещения. Неровностей плавных очертаний допускается – не более 2-х на каждые 4 м² причём их высота или глубина не должна превышать 3 мм. Отклонение по горизонтали допускается не более 2 мм на каждый метр.

При *высококачественной* штукатурке отклонение от вертикали – 1 мм на 1 м, но не более 5 мм на высоту помещения. Неровностей плавных очертаний допускается – не более 2-х на каждые 4 м². Причём их высота или глубина не должна превышать 2 мм. Отклонение по горизонтали допускается не более 1 мм на каждый метр.

Эти нормативы на сегодня явно устарели. Для многих видов декоративных покрытий требуется более качественная подготовка поверхности. Для этого процесс нанесения и выравнивания раствора сегодня, как правило, выполняется по «маякам».

Установка маяков.

«Маяками» в строительстве называют направляющие, по которым производится выравнивание той или иной поверхности при помощи жидких составов. В качестве штукатурных маяков сейчас используются специальные перфорированные профили, которые продаются на строительных рынках. Они имеют «Т» образную форму и различную ширину, используемую в зависимости от предполагаемой толщины будущей штукатурки. Специальные маяки, в частности, не требуют удаления после выравнивания штукатурного раствора – их можно оставить в стене. А это, кроме всего прочего, избавляет от необходимости заделывать углубления, оставшиеся от вынутых маяков – т.е. ускоряет работу.

Выставление маяков требует особой тщательности. Сначала нужно проверить всё помещение и установить – насколько его геометрия отклонена от правильной формы.

Для этого следует вооружиться строительным угольником, реечным уровнем, отвесом, рулеткой и правилом длиной 2 м.

Угольником проверяется правильность всех внешних и внутренних углов. Отвесом – вертикальность стен (это точнее чем реечным уровнем). Правилком – ровность плоскостей. Реечный уровень используется для проверки уклонов горизонтальных поверхностей (если это необходимо) и как вспомогательный инструмент для проверки уклона стен. Рулетка применяется для определения точных значений отклонений, выявленных с помощью других инструментов. Кроме того, очень полезно замерить помещение рулеткой по диагоналям. Если диагонали имеют разную длину, то помещение имеет в плане форму не прямоугольника, а трапеции – то есть углы не прямые.

После того как все отклонения формы помещения от правильной геометрии выявлены и определены, следует построить внутри существующего помещения новое – геометрически правильное. Это и делается с помощью маяков.

Перед выставлением маяков стена полностью грунтуется. Обычно маяки выставляются на какой-либо быстротвердеющий раствор типа алебаstra, или на штукатурный раствор, который будет применяться впоследствии. На стены наносятся вертикальные полосы раствора, к которым прикладываются маяки и, пока раствор не затвердел, при помощи реечного уровня и правила выравниваются точно по вертикали и горизонтали. Расстояние между маяками должно быть сантиметров 70 – так, чтобы метровое правило свободно опиралось обоими концами на два расположенных рядом маяка и могло немного смещаться вправо-влево, не соскакивая с направляющих.

Нанесение штукатурного раствора.

Одной из основных целей оштукатуривания является выравнивание поверхности. Основание, которое необходи-

мо выровнять, часто имеет очень большие неровности и отклонения от вертикали и горизонтали, поэтому толщина штукатурки может быть большой. Если наносить за один прием толстый слой растворной смеси, то она может сползти в процессе работы, а после высыхания потрескаться. Поэтому оштукатуривают поверхности послойно. На поверхность последовательно, с определенными перерывами наносят три слоя штукатурки: обрызг, грунт, накрывку [1, 2].

В зависимости от качества отделки (простое, улучшенное, высококачественное) число штукатурных слоев бывает разным. Так, простая штукатурка состоит их двух слоев: обрызга и грунта. Улучшенная и высококачественная штукатурки состоят из трех слоев: обрызга, грунта и накрывки. При этом высококачественная штукатурка имеет два слоя грунта.

Обрызг - первый слой штукатурного намета. Его наносят на оштукатуриваемую поверхность для улучшения сцепления основания с последующими штукатурными слоями. Растворная смесь для обрызга должна быть жидкой. Ее подвижность при нанесении ручным способом должна соответствовать погружению эталонного конуса на 8... 12 см. Жидкая сметанообразная растворная смесь заполняет все шероховатости, поры и выбоины на поверхности. Обрызг не разравнивают, оставляя его шероховатым. Это позволяет грунту и накрывке прочнее держаться на поверхности.

Толщина обрызга зависит от вида поверхности и способа его нанесения: при нанесении вручную толщина обрызга составляет 3... 5 мм; при нанесении растворомасами на деревянные поверхности - 9 мм, а на бетонные, каменные и кирпичные - не более 5 мм.

Грунт - второй (основной) слой штукатурного намета. Он выравнивает поверхность и образует необходимую

основную толщину штукатурного покрытия. Грунт наносят после того, как обрызг немного затвердеет, но не высохнет полностью. При нажатии пальцами на обрызг он не должен крошиться. Раствор для грунта берут густой. Его подвижность должна соответствовать погружению эталонного конуса: для грунта без гипсового вяжущего - на 7... 9 см, с гипсовым вяжущим - на 8... 10 см.

Если толщина штукатурки большая, то грунт наносят в несколько слоев. Каждый последующий слой наносят только после выравнивания и схватывания предыдущего. Для хорошего сцепления последующего слоя с поверхностью каждый предыдущий слой раствора должен быть слегка шероховатым. Для этого его подвергают нарезке острым концом кельмы (рис. 1.3).

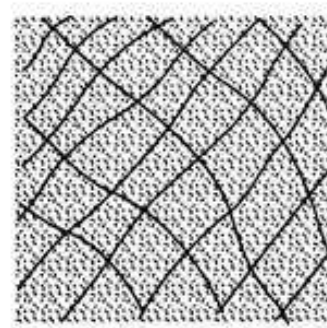


Рис. 1.3. Нарезка слоя раствора

Толщина каждого слоя грунта не должна превышать 7 мм при известковых и известково-гипсовых растворах и 5 мм - при цементных растворах.

Последний слой грунта выравнивают так, чтобы слой накрывки на всей оштукатуриваемой поверхности имел одинаковую толщину.

Накрывка - третий (отделочный) слой штукатурного намета. Накрывка окончательно выравнивает поверхность, образуя тонкий мягкий слой раствора, который легко затирается. Раствор для накрывки берут жидким, его подвижность должна соответствовать погружению эталонного конуса на 10... 12 см. Крупные зерна песка при затирке будут

оставлять на поверхности мелкие бороздки, поэтому раствор для накрывки приготавливают на мелком песке, просеянном через сито с ячейками не крупнее 1,5x1,5 мм.

Перед нанесением накрывочного слоя схватившийся, но не окончательно застывший грунт обильно смачивают водой при помощи окаялка и дают ей хорошо впитаться. Это позволяет накрывке лучше сцепляться с грунтом, и качество монолитной штукатурки будет высоким.

Накрывка имеет толщину 2 мм.

Средняя толщина штукатурного слоя не должна превышать для простой штукатурки 12 мм, улучшенной - 15 мм, и высококачественной - 20 мм.

Однослойные гипсовые штукатурки применяют при отклонениях поверхностей не более 30 мм.

Однослойные гипсовые штукатурки наносят на готовые базовые поверхности (бетон, кирпич и др.), а также на любой штукатурный слой, который предварительно выровняв большие отклонения поверхности.

Технология нанесения штукатурного раствора предельно проста. На стену между двумя параллельными маяками, с помощью мастерка, ковша или монитора штукатурной станции накидывается несколько избыточное количество штукатурного раствора. Эта операция называется «намёт».

После намёта, с помощью правила, которое опирается на параллельные маяки, раствор разравнивается, растягивается снизу вверх. Излишки раствора удаляются, при необходимости раствор постепенно добавляется.

Если необходимо нанести очень толстый слой штукатурки, то сначала делается грубый намёт (или несколько с технологическими перерывами) – без разравнивания по маякам и так, чтобы оставалось место для нанесения чистового намёта. После того как предыдущий слой начнет

схватываться (через 3-6 часов), делается чистовой намёт, который выравнивается уже описанным способом.

Когда раствор нанесён и «растянут» по маякам, ему дают немного подсохнуть, и производят «затирку» поверхности, устраняющую мелкие дефекты. Особенно это актуально при применении штукатурных растворов на цементной основе т.к. у них более грубая фракция по сравнению с гипсовыми смесями и чаще попадаются мелкие включения, приводящие к появлению поверхностных дефектов.

Общие рекомендации при применении **штукатурной технологии** подготовки поверхности под финишную отделку можно свести к следующим:

1. Нужно точно соблюдать рецептуру приготовления и технологию нанесения штукатурной смеси. При небольших и средних объемах работ целесообразно использовать готовые штукатурные смеси от проверенных производителей.

2. Во избежание риска, что применяемая **штукатурная смесь** или ее компоненты окажутся некачественными, рекомендуется использовать специальные полимеры-модификаторы и (или) армирующие сетки для штукатурки. Полимеры-модификаторы - это специальные полимерные компоненты, значительно улучшающие потребительские свойства строительных растворных смесей и предназначенные для непосредственного применения на строительной площадке.

3. Чрезвычайно важным, как уже отмечалось, является обеспечение полного твердения штукатурки перед нанесением последующих финишных слоёв. Самое простое и правильное - это сделать технологический перерыв, дать штукатурке отстояться необходимое время до полного твердения.

Искусственное **ускорение высыхания штукатурки** мало эффективно и ненадежно. «Сухость» поверхностного

слоя штукатурки - мнима и не гарантирует ее полного и окончательного высыхания на всей толщине, а, следовательно, не только не исключает, но даже располагает к появлению трещин. А при выполнении высококачественной финишной отделки любое искусственное ускорение вообще не желательно. Достаточно появление всего нескольких трещин, чтобы свести все приложенные усилия к нулю.

Один из простых и надежных способов сокращения технологического перерыва - это применение *гипсовой штукатурки*. Нельзя забывать при этом, что она применима только в сухих помещениях при внутренних работах. Важно помнить также, что кроме простой, внутренней влажности помещения нельзя допустить влагонакопления внутри стены (конденсата) вследствие недостаточности ее термического сопротивления. Так, например, применение гипсовой штукатурки внутри загородного дома для постоянного проживания со стенами толщиной в два кирпича - не приемлемо. Именно поэтому в каждом конкретном случае при применении гипсовой штукатурки необходимо учитывать все факторы и последствия, которые могут привести к нежелательному конечному результату.

В заключение можно отметить, что сегодня существуют гипсовые штукатурки имеющие малый срок полного высыхания и не боящиеся перепадов влажности и температуры. Их допустимо использовать даже для отделки фасадов. Однако, это сложные многокомпонентные и очень дорогие составы.

1.2.3. Применение армирующих материалов

Армирующие материалы - это внутренний «скелет» штукатурного или шпатлевочного слоя. За счет своих прочностных свойств они решают две основные задачи:

- защищают поверхности от образования трещин, которые могут появиться вследствие изменений температуры и влажности, механических воздействий, несоблюдения технологии приготовления строительных составов и т.д.;

- увеличивают механическую прочность поверхности, (в том числе ударную).

Хорошо известно, что трещины, возникающие вследствие перечисленных выше причин, могут носить локальный и глобальный характер. *Локальные трещины* возникают в местах сопряжений разнородных материалов, различных соединений, а также в местах концентрации напряжений и пр. (например, в местах примыкания дверных и оконных коробок к стенам; в местах примыканий стен к потолочным панелям и т.д.). *Глобальные трещины* произвольный возникают хаотично по всей поверхности стен и потолка и связаны с усадкой отделочных материалов, с температурными и другими деформациями. Для защиты поверхности от трещин применяются армирующие ленты и армирующие сетки (малярные и штукатурные).

Назначение армирующих лент - защитить поверхность от локальных трещин. В основном, они применяются для защиты от возникновения трещин на межпанельных стыках, на местах примыкания стен к потолкам и на стыках гипсокартонных листов.

Качественные армирующие ленты - это ленты из термоскрепленного полотна. В зависимости от назначения они могут изготавливаться из лавсана, вес 1 м^2 которого составляет 50 г. «В обиходе» этот показатель иногда называют так: плотность 50 г/м^2 (например, хорошо известная «серпянка»). Для финишной отделки такие ленты делают из полипропилена плотностью 25 г/м^2 (например, «рединка»). Последние применяются при толщине слоя шпатлевки до 1 мм.

Возможны две технологии использования армирующей ленты при шпатлевании. Её либо втапливают шпателем в свежий слой шпатлевки, либо наклеивают на отшпаклеванную поверхность. В обоих случаях после этого обязательно наносят еще один слой шпатлевки.

Результатом является система: «шпатлевка - лента - шпатлевка». Поскольку качественные ленты хорошо пропускают влагу, то после высыхания шпатлевки образуется прочный монолитный армированный слой.

В последнее время всё большую популярность приобретают самоклеящиеся армирующие ленты из стеклосетки с нанесенным клеевым составом. Они применяются, главным образом, для армирования стыков листов гипсокартона и других листовых материалов. Технология применения такой ленты очень простая: на стык листов гипсокартона сверху вниз наклеивается самоклеящаяся серпянка. Затем стык шпательюется. За счет сетчатой структуры ленты, шпатлевка проникает в стык и заполняет его, при этом не возникают пузыри воздуха и вздутие поверхности.

Предупредить появление глобальных трещин, которые возникают на всей площади поверхности, призваны армирующие сетки. Они применяются для увеличения механической прочности и долговечности поверхности при штукатурке стен, а также при выравнивании и шпатлевании стен и потолков.

Армирующие сетки - это либо материалы с базальтовыми основами, либо сетки, состоящие из стеклонитей, переплетенных специальным образом, и пропитанные специальным щелочестойким составом. Поскольку любая цементная среда является агрессивной щелочной средой, срок эксплуатации стеклосеток без пропитки не превышает 28 дней.

В зависимости от условий эксплуатации армирующие сетки подразделяются на *малярные и штукатурные*.

Армирующие штукатурные сетки предназначены для армирования штукатурных слоёв, ячейка на этих сетках должна быть не меньше 5x5 мм. Их следует втапливать (ни в коем случае не наклеивать) в процессе выполнения работ по укрывочному слою на глубину примерно 5 мм. Нахлест полотен должен составлять 10 см. Затем на армированную поверхность необходимо нанести заключительный слой штукатурки или шпатлевки. Таким образом, в результате армирующая штукатурная сетка должна располагаться в середине штукатурного слоя, образуя монолитную систему «штукатурка - сетка - штукатурка».

Малярные сетки предназначены для армирования при шпатлевочных работах. Так как шпатлевка имеет мелкодисперсную структуру, то ячейки у этих сеток небольшие (2 x 2 мм). Технология применения аналогична описанной выше - с образованием в результате монолитной системы «шпатлевка - сетка - шпатлевка».

При проектировании и производстве работ с армирующими материалами важно не только соблюсти технологию применения, но и правильно выбрать сам материал.

Основным показателем качества армирующих материалов является щелочестойкость. Показателем щелочестойкости является разность показателей прочности на разрыв ленты шириной 5 см в исходном состоянии и после выдержки в 5% растворе NaOH в течение 28 дней. По европейским стандартам разница не должна превышать более 50%.

Так как качество армирующих материалов практически невозможно оценить самостоятельно, при их приобретении необходимо ориентироваться на следующие факторы:

1. Известность торговой марки или производителя армирующих материалов.
2. Наличие у продавца Сертификата соответствия,

Технического свидетельства, Гигиенического сертификата на продаваемую продукцию.

3. Наличие на упаковке этикетки с указанием производителя и области применения материала.

4. Наличие паспорта качества или аналогичного документа, подтверждающего, что данная партия выпущена в соответствии с нормативной документацией.

1.2.4. Технология шпатлевания поверхностей

Качество и долговечность окончательной отделки определяется не только и не столько качеством и долговечностью собственно отделочных материалов. Гораздо сильнее на это влияет качество основы, на которую уложено финишное покрытие.

Финишные отделочные слои (краска, обои, другие декоративные материалы), как правило, не наносятся непосредственно на конструктивные материалы: бетон, штукатурка, блоки, гипсовые плиты (ГКЛ, ГВЛ). Непосредственной основой для финишных материалов является некий промежуточный слой - шпатлевка.

Основное предназначение шпатлевки - устранение дефектов поверхности, ее ремонт и выравнивание, исправление планиметрии. С помощью шпатлёвки решается и ряд других задач - создание сложных криволинейных поверхностей (куполов, колонн, арок, скругленных углов и пр.), а также различных архитектурных деталей (тяг, карнизов, лепных украшений и пр.)

Какую шпатлевку выбрать, и как ее правильно применить зависит от поставленной задачи. Прежде всего шпатлёвки делят на «сухие» и готовые к применению.

Качественная сухая шпатлевочная смесь - это сложный многокомпонентный состав, содержащий в себе все необходимые компоненты (вяжущее, наполнитель и разли-

чные добавки). Именно компоненты определяют свойства шпатлёвки.

Непосредственно перед применением смесь затворяется (разводится) строго определённым количеством чистой прохладной воды.

Готовые шпатлевки - великолепный материал для финишных работ. Растворители, находящиеся в материале изначально, после его нанесения на поверхность испаряются, что приводит к некоторой усадке. Это неприятное свойство ограничивает применение готовых шпатлевок в тонких финишных слоях и практически не позволяет использовать их для предварительно выравнивания и ремонта основы в толстых (более 5 мм слоях). Справедливости ради стоит отметить, что сегодня уже существуют готовые к применению шпатлевки, способные наноситься слоем до 15 мм, но, как правило, это дорогие специализированные составы, применяемые только для особых случаев.

По типу основного связующего компонента шпатлевки делят на *гипсовые, цементные, полимерные* и др.

Наиболее важной является классификация шпатлевок по назначению.

Условно, можно выделить четыре основные группы шпатлевок - специализированные, выравнивающие (или шпатлевки первого слоя), финишные (или шпатлевки второго слоя) и универсальные.

Специализированные шпатлевки – это шпатлевки для решения определённых конкретных задач. Например, шпатлевка для заделки стыков гипсовых панелей без применения армирующей ленты, специальная эластичная шпатлевка для заделки «дышащих» трещин, специальная шпатлевка для заделки стыков плит перекрытий «рустов», специальная расширяющаяся шпатлевка для срочного ремонта и т.д.

Определить и выбрать такую шпатлевку, как правило, просто. Производитель сам точно указывает, где и как должен быть использован данный продукт.

Выравнивающие шпатлевки (или шпатлевки первого слоя) – это наиболее распространённый вид шпатлёвок. Они предназначены для предварительного выравнивания поверхности основы. Их выбор зависит от вида основы, ее основных свойств и характерных особенностей, условий эксплуатации. Свойства (характеристики) выравнивающей шпатлевки являются определяющим фактором прочности и долговечности всей системы, т.к. именно она несет все эксплуатационные и температурно-влажностные нагрузки.

Выравнивающая шпатлевка первого слоя должна отвечать следующим трём основным требованиям:

1. иметь хорошую адгезию к существующей основе и быть полностью совместимой с ней;
2. легко и надежно заполнять все дефекты основы, исправлять планиметрию (геометрию) поверхности;
3. обладать необходимой прочностью и долговечностью поверхности основы.

Для выравнивающих шпатлевок, особенно в реальных условиях нашихстроек, важным параметром является возможность их нанесения слоем переменной толщины (как правило, от 0 до 15 мм и даже до 25 мм). В таких случаях применение штукатурки не эффективно. При этом появление видимой усадки, усадочных трещин, отслоений и прочих дефектов является не допустимым.

Важно отметить, что производители наиболее качественных современных выравнивающих шпатлевок не требуют дополнительного применения армирующих материалов. Характеристики самого продукта должны гарантировать отсутствие трещин в стандартных условиях и исключать проявление усадки. Применение армирующих матери-

алов необходимо только в местах повышенных конструктивных деформаций или в особо сложных условиях ведения работ. Эти места определяются на стадии проектирования или составления проекта производства работ.

Достаточно удобным и полезным является применение материалов, обладающих большим или точно нормированным «временем жизни» (т. е. когда возможно использование приготовленного состава). Для стабильной работы в течении всего рабочего дня, при больших объемах работ используются материалы имеющие время жизни от 8 часов до 24 часов. В случае необходимости проведения срочных работ или работ в малых объемах можно использовать специальные материалы с временем жизни от 30 минут до 3 часов.

Большие перспективы, в снижении затрат и ускорении сроков проведения отделочных работ, даёт использование специальных выравнивающих шпатлевок для механизированного нанесения. Это обеспечивает выработку до 400 м² в смену. Технология механизированного нанесения шпатлевок всё еще не нашла широкого применения в современном строительстве, но это дело самого ближайшего будущего.

Финишные шпатлевки (или шпатлёвки второго слоя) – это шпатлевки, предназначенные для получения поверхности, полностью готовой к нанесению финишного отделочного покрытия. Выбор финишной шпатлевки в основном зависит от комплекса требований, которые предъявляет к ней отделочное покрытие.

Основа под окраску. Основным требованием при подготовке под окраску является ровность и гладкость поверхности. Основное внимание следует обращать на размер зёрен наполнителя шпатлевки и на ее состав. Чем мельче зерно наполнителя, тем более гладкая получается поверхность. Лучшие образцы финишной шпатлевки, имеющие

фракцию наполнителя до 100 микрон, дают идеально гладкую (не требующую шлифования), шелковистую, не мелящуюся поверхность белого цвета и позволяют устранить мельчайшие дефекты основания. К тому же такие шпатлевки очень пластичны и легки в нанесении, имеют достаточно большое время жизни, в течение которого пластичность материала при нанесении не изменяется. Все это обеспечивает прекрасную основу для высококачественной окраски.

Очень важным также является требование полной совместимости финишной шпатлевки как с нижележащим слоем выравнивающей шпатлевки, так и с краской. Различные краски достаточно сильно отличаются друг от друга. Они имеют разное значение pH, различную проникающую и даже растворяющую способность. Из-за всего этого на окрашенной поверхности могут появляться пятна от неравномерной впитываемости или даже растворение слоя шпатлевки краской. Значительные различия в паропроницаемости шпатлевки и красочного слоя могут привести к отслоению финишного слоя от основы (так называемый, эффект «чулка»). Кроме этого отдельные краски могут иметь значительные усадочные деформации в процессе высыхания, а в случае недостаточной прочности нижележащего слоя даже отслаиваться вместе с ним.

Основа под обои или аналогичные наклеиваемые покрытия. Требование к крупности наполнителя здесь не так важно как при окраске. Однако фракция крупнее 250 микрон не желательна, а при наклейке тонких обоев или тканей рекомендуется не более 150 мк. Что касается требований ровности и гладкости основания, то здесь они менее строги, чем при подготовке под окраску. Поэтому часто при оклейке не очень тонкими материалами можно ограничиться только одним первым (выравнивающим) слоем шпатлевки. Требование совместимости покрытия и основы

(по pH, паропроницаемости, впитываемости и т.д.) трансформируется в требование совместимости основы и клея применяемого для наклейки материалов. Чем качественнее и дороже покрытие, тем более важным является правильный выбор клея.

Также важным является требование к прочности шпатлевки. Дело в том, что гибкие финишные покрытия подразумевают их полное удаление при последующем ремонте. И каково будет разочарование потребителя, если отслужившие своё время обои, а их век не долог, будут удаляться вместе с нижележащим слоем шпатлевки. Это приведет не просто к замене обоев, а к новому выравниванию поверхности стены.

Хочется так же особо отметить, что с гибкими наклеиваемыми покрытиями кроме соответствующей шпатлевки разумно использовать специальную наполненную грунтовку. Её цель - укрепить и сделать однородной (в том числе по цвету) основу, что очень важно при применении тонких, просвечивающихся покрытий.

Основа под декоративные покрытия. При подготовке к декоративной отделке важным является соблюдение требований, предъявляемых производителем декоративного материала. Но всегда нужно помнить о необходимости соответствия покрытия и основы по прочности, гладкости, pH и паропроницаемости, а также учитывать впитываемость основы и возможность усадочных деформаций покрытия.

Универсальные шпатлёвки – это шпатлевки, которые одновременно являются и выравнивающими, и финишными, и даже специальными. Для небольших объемов работ удобно, когда одним и тем же материалом можно выполнить мелкий ремонт поверхности, осуществить предварительное выравнивание основ различного типа и выполнить тонкую финишную подготовку, а также специальные

виды работ (структурную декоративную отделку, кладку гипсовых блоков и пр.)

Понятно, что любой универсальный продукт в каждом конкретном случае уступает специализированному. К тому же очень опасным является простое, ничем не обоснованное декларирование некоторыми производителями материала как универсального, что зачастую является просто рекламным трюком. Очевидно, что критерием, относящим материалы к категории *универсальных*, является не наименование его таковым, а комплекс совокупных свойств материала в широком диапазоне применения. Т.е. характеристики такого материала остаются достаточно высокими и стабильными в различных условиях применения. Материалов, в полной мере соответствующих категории *универсальных*, не так много. Это современные, достаточно сложные многокомпонентные составы. И к тому же не самые дешевые. Но они стоят того.

Шпатлевание бетонных и гипсолитовых поверхностей. Бетонные основы - один из самых распространённых видов основ, хорошо знакомый всем отделочникам. Если исключить прямой строительный брак, то бетонные поверхности являются достаточно гладкими и ровными. Однако их нельзя сразу подвергнуть финишной отделке из-за характерных дефектов бетона: пузырьков и следов от опалубки.

Для того чтобы устранить эти дефекты и сделать поверхность по возможности более плоской, необходимо применение выравнивающих составов. И здесь выясняется, что отнюдь не все материалы годятся для этих целей. Оказывается, что они должны отвечать ряду важных специфических требований, перечисленных ниже [8].

1. Материалы должны легко и надежно заполнять «пузырьки», каверны и раковины бетона, желательно за 1 проход, а по высыхании не давать усадки, чтобы не

пришлось повторно обрабатывать выравниваемую поверхность;

2. Материал должен обладать достаточно высокой прочностью, чтобы не крошиться и не сыпаться при механических воздействиях. Так, например, если возникнет необходимость просверлить перфоратором некое отверстие, то шпатлевка вокруг отверстия не должна обсыпаться или крошиться;

3. Материал должен иметь очень высокую адгезию к плотному бетону. Разопалубленный бетон - очень плотный и гладкий материал с большим количеством микропор. Адгезия к плотной гладкой поверхности всегда затруднительна, да еще и микропоры интенсивно отбирают влагу у наносимого материала, лишая его возможности набрать необходимую прочность;

4. Материал должен обладать высокой долговечностью. Например, чтобы при последующей замене обоев они не удалялись вместе с выравнивающим слоем. На долговечность влияет тот факт, что из-за различия паропроницаемости бетона и выравнивающего слоя шпатлевки зона контакта между ними является зоной повышенной влажности. А это ведёт к локальному разрушению выравнивающего слоя.

Для подготовки бетонных поверхностей под отделку иногда применяют гипсовые и цементные штукатурки. Однако, они не отвечают перечисленным требованиям. Во-первых, применение цементных штукатурок не экономично. Она наносится слоем 2,0-2,5 см, а в данном случае это не требуется. Во-вторых, применение цементных штукатурок требует более 3 недель для полного твердения. Применение гипсовой штукатурки не обеспечивает надежного и качественного сцепления с бетоном и не гарантирует долговечность в процессе эксплуатации.

Наиболее рациональным является применение специальных выравнивающих шпатлевок для плотного бетона (рис. 1.4). Они могут наноситься слоем от 0,5 до 15 мм (в отдельных местах до 25 мм). Эти материалы отличает очень высокая адгезия к плотному бетону и высокая прочность при высыхании, причём полное высыхание происходит в течение 1-2 суток. И что особенно важно, состав этих материалов подобран таким образом, что в месте контакта бетонной основы и отделочного материала отсутствует зона деструкции. А это значит, что долговечность такой системы сопоставима с долговечностью самих бетонных оснований.



Рис. 1.4. Характерный внешний вид бетонной поверхности перед отделкой и после наложения соответствующей шпатлевки

Необходимо обратить внимание еще на один вид монолитной поверхности, достаточно часто встречающийся при ремонте и отделке помещений. Это – межкомнатные стены и перегородки, отлитые из гипса: сантехнические кабины, вентиляционные шахты и, так называемые, **гипсо-литовые перегородки**. По внешнему виду они похожи на бетонные, но при этом менее прочные, легко царапаются. Их отличают два очень важных момента. Во-первых, они

обладают очень высокой, по сравнению с бетоном пористостью, что требует применения на таких поверхностях материалов, обладающих очень высокой водоудерживающей способностью. Во-вторых, рН этих поверхностей практически нейтральный, что исключает применение на них щелочных (цементных) составов. Для успешного решения задач по выравниванию (гипсо-литовых) поверхностей целесообразно применять специализированные материалы на основе гипса.

Шпатлевание оштукатуренных поверхностей. Как отмечалось выше, оштукатуренные поверхности для уменьшения своей характерной шероховатости почти всегда нуждаются в шпатлевании (рис. 1.5).

Прочность сцепления штукатурки и шпатлевки, практически всегда, является высокой. Более того, в месте контакта штукатурки и шпатлевки не наблюдается опасной зоны деструкции (как это бывает на границе контакта шпатлевки с бетонной поверхностью).

Появление трещин, как правило, связано либо с проблемами штукатурного слоя, либо с несовместимостью штукатурки и шпатлевки. Появление трещин только в шпатлевочном слое маловероятно и сразу говорит о некачественном и неправильно подобранном шпатлевочном составе.



Рис. 1.5. Характерный внешний вид оштукатуренной поверхности перед отделкой и после наложения соответствующей шпатлевки

Итак, если штукатурные работы выполнены правильно и качественно, причиной появления трещин является несовместимость штукатурки и шпатлевки. Во избежание этого необходимо соблюдать следующие три правила совместимости.

1. **Правило рН.** На основание, имеющее меньшее значение рН, нельзя наносить состав имеющий большее рН:

- на гипсовую штукатурку нельзя наносить цементные шпатлевки. Только нейтральные гипсовые шпатлевки или нейтральные полимерные;
- на цементную штукатурку можно наносить любые шпатлевки - цементные, гипсовые, полимерные. Для тонкого выравнивания цементной штукатурки, особенно в случае недостаточной квалификации штукатуров представляется очень эффективным использование специальных цементно-полимерных составов - выравнивателей.

2. **Правило проницаемости.** Штукатурка обладает прекрасной паропроницаемостью. Нанесение на неё шпатлевки, имеющей меньшую паропроницаемость, не только не разумно (ухудшает микроклимат в помещении), но и опасно - из-за того, что влага (пар) появляющаяся внутри стены при температурных и влажностных перепадах не может свободно диффундировать. «Упираясь» в слой шпатлевки с невысокой паропроницаемостью, пар может либо разорвать шпатлёвочный слой (это приведет к появлению трещин), либо вызвать отслоение шпатлевки вместе с нанесённым на нее декоративным слоем. Именно поэтому для выравнивания оштукатуренных поверхностей целесообразно применять выравнивающие шпатлевки на гипсовой основе, обладающие достаточно высокой паропроницаемостью. А использование различных чисто поли-

мерных (латексных, акриловых, и пр.) шпатлевок является нежелательным. Здесь же следует отметить, что многие простые гипсовые шпатлевки боятся воздействия даже самой минимальной влажности. Поэтому в условиях повышенной влажности внутри помещения или внутри выравниваемой поверхности следует применять специальные влагостойкие шпатлевки. Так, например, не рекомендуется использовать простую гипсовую шпатлевку для выравнивания оконных откосов, особенно при установке тонких пластиковых рам. Влага, образующаяся внутри стены из-за теплотехнических особенностей такой конструкции, приведет к неизбежному разрушению выравнивающей шпатлевки и как следствие финишной отделки (с примерами такого безграмотного применения материалов приходится сталкиваться довольно часто). В данной ситуации наиболее рационально применить современные гипсополимерные шпатлевки с высоким содержанием специальных полимеров. Они, во-первых, являются паропроницаемыми, а, во-вторых, легко переносят многократное (периодическое) воздействие влаги с последующим высыханием.

3. **Правило соответствия прочностей.** Прочность основы, на которую наносится выравнивающий слой, должна быть выше прочности этого выравнивающего слоя. Иначе в случае возникновения механических нагрузок слабым звеном будет небольшой участок поверхностного (шпатлеванного слоя), а не целый кусок основания крепко «схваченный» поверхностным слоем. Кроме того, более «слабый и рыхлый» поверхностный слой значительно легче маскирует незначительные дефекты (микротрещины) плотного и жесткого несущего основания.

Шпатлевание поверхностей, выполненных из блоков. Строительные блоки, выполненные из различных материалов и имеющие различную форму, были и остаются популярным строительным материалом. Наиболее распро-

страненная традиционная кирпичная кладка, как правило, готовится к окончательной финишной отделке при помощи штукатурки и последующего шпатлевания. Рассмотрим подготовку поверхностей, выполненных из газобетонных (пенобетонных) блоков, пазогребневых гипсовых блоков и крупноразмерных облегченных керамических блоков.

Практически все поверхности блоков, за исключением газобетонных (пенобетонных), имеют прекрасную гладкую и ровную поверхность. Необходимо только тонкое выравнивание, заполнение швов и незначительных дефектов. Правильный выбор материалов для подготовки поверхности блоков к финишной отделке зависит от материала и структуры поверхности самого блока. Безусловно, необходимым является соблюдение правила соответствия pH, правила соответствия паропроницаемости и правила соответствия прочности. Критерии выбора выравнивающей шпатлевки, как и выбор соответствующего клея, удобно рассмотреть на примере конкретных блоков.

Пенобетонные (газобетонные) блоки характеризует высокая щелочная реакция, очень высокая пористость и характерная шероховатая поверхность. В качестве выравнивающего состава перед финишной отделкой используются цементные составы, обладающие специфическими свойствами: высокой водоудерживающей способностью, высокой плотностью и гидрофобностью (такой состав обеспечивает надежную адгезию к пористой, рыхлой структуре блока, свободное испарение влаги из блоков, но полностью препятствует проникновению влаги в блок).

Для комплексного ведения работ по монтажу и одновременному выравниванию поверхности блоков разработаны универсальные составы типа «шпатлевка-клей». Это продукты на основе белого цемента, содержащие широкий комплекс необходимых добавок. Добавки обеспечивают, во-первых, высокое качество и долговечность монтажной

склейки блоков при минимальной толщине шва и, во-вторых, легкое и надежное выравнивание всей поверхности блока с использованием технологии шпатлевания.

Для выравнивания поверхности блоков в сухих внутренних помещениях рекомендуется использовать выравнивающие гипсополимерные шпатлевки для бетонных оснований. Особенно эффективным представляется механизированное применение таких составов.

Гипсовые пазогребневые блоки характеризуются нейтральной щелочной реакцией, высокой пористостью и очень хорошей геометрией. Поверхности блоков имеют прекрасную, гладкую и ровную поверхность. Необходимо только тонкое выравнивание, заполнение швов и устранение незначительных дефектов.

В качестве выравнивающей шпатлевки наиболее эффективным является применение специальных многофункциональных гипсополимерных составов типа «шпатлевка-клей». Они используются и как клеевой монтажный раствор (в т.ч. для влагостойких блоков), и как тонкая выравнивающая шпатлевка (рис. 1.6). Качественные современные гипсополимерные составы обладают прекрасными характеристиками. Использование универсальных составов гарантирует легкую, удобную и долговечную работу.

Крупноразмерные облегченные керамические блоки - по существу представляют собой большие легкие кирпичи. Основным правилом при выборе выравнивающего состава являются условия эксплуатации.

При подготовке поверхностей в сухих помещениях рекомендуется использовать такие же выравнивающие шпатлевки как и для бетонных оснований. При подготовке поверхностей в сырых и влажных помещениях применяются влагостойкие составы на основе цемента - шпатлевки выравнивающие. Реже (как правило, по конструктивной причине) используются цементные штукатурки.



Рис. 1.6. Характерный внешний вид пенобетонного (газобетонного) блока и применение универсального материала «шпатлевка-клей», используемого для монтажной склейки блоков и выравнивания всей поверхности блока

Шпатлевание поверхностей, выполненных из гипсовых панелей (листов и блоков). В данном разделе гипсовые панели рассматриваются как конструктивное основание для финишной отделки - подобно бетону или штукатурке. Гипсовые листы-панели, как правило, обеспечивают гладкую и ровную основу. Однако для получения качественной финишной отделки необходимо выполнить два этапа: заделать стыки между гипсовыми панелями, исключив образование в этих местах трещин в процессе эксплуатации, и подготовить к финишной отделке собственно поверхности гипсовых панелей.

Заделка стыков гипсовых панелей. Гарантированное отсутствие трещин в местах стыка гипсовых панелей зависит от трех основных факторов:

- от качественного и правильного монтажа гипсовых панелей в соответствии с техническими рекомендациями производителей;
- от строгого соблюдения технологии и последовательности ведения отделочных работ (работы следует проводить при нормальных, эксплуатационных температуре и влажности после окончания всех мокрых процессов);
- от качества применяемых материалов.

Существуют два основных типа **заполняющих шпатлевок**: шпатлевки для работы с применением уплотнительной ленты (рис. 1.7) и шпатлевки для работы без ленты (рис. 1.8).

Первый тип шпатлевок предназначен для стыков гипсовых панелей со снятой кромкой вдоль длинной стороны листов. Это, как правило, вертикальные стыки. В зависимости от объема работ шпатлевки различаются «временем жизни» – временем, в течение которого затворенная водой шпатлевочная смесь пригодна к работе. Кроме сухих шпатлевок все большую популярность приобретают готовые к применению шпатлевки-пасты. Их применение всегда предпочтительно, когда необходимо свести к минимуму человеческий фактор.

Шпатлевки второго типа предназначены для работы с гипсовыми панелями, имеющими полукруглую или скошенную кромку, а так же все подрезанные кромки гипсовых листов, в т. ч. – стыки вдоль короткой стороны листа. Такие шпатлевки должны воспринимать все деформации каркаса и гипсовых листов в месте стыка. Поэтому они являются, единственными шпатлевками, у которых производитель нормирует параметры прочности на растяжение и сжатие.

Особо нужно отметить, что замечательные характеристики этой группы шпатлевок представляют широкие возможности для декоративной отделки поверхности. Прекрасная пластичность и, вместе с тем, очень высокая tiksotropность позволяют формировать из этих шпатлевок различные криволинейные поверхности стен и потолков, делать скругленные углы, создавать поверхности с нужной фактурой. Во всех этих случаях шпатлевки не требуют армирующих материалов, а также гарантируют защиту от образования усадочных трещин.

Подготовка собственно поверхности гипсовой панели. Поверхность гипсовых панелей–листов достаточно гладкая и ровная. Тем не менее можно выделить два основных приема в подготовке их к финишной отделке. Первый, когда после заделки стыков гипсовых панелей вся поверхность гипсовой плиты грунтуется и потом проводится финишная отделка (окраска, оклейка обоями, и пр.). Второй, когда вся поверхность гипсовой панели полностью шпатлюется тонкой финишной шпатлевкой. Это необходимо перед высококачественной окраской или по неким другим соображениям.

В первом случае хочется обратить особое внимание на тип используемой грунтовки. У нас, как правило, используются грунтовки, прозрачные при высыхании. Значительно более эффективно использование наполненных, пигментированных грунтовок белого цвета. Разница заключается в том, что наполненная грунтовка не только укрепляет и нормирует пористость поверхности, но и нормирует цвет основы. Стандартный серый цвет гипсовой панели превращается в однородный – шелковисто-белый. Естественно, что укрывистость краски по такой поверхности значительно лучше. Кроме того этот эффект обеспечивает значительные преимущества и при наклейке обоев, особенно если они тонкие и просвечивающие.

Во втором случае, при шпатлевании всей поверхности гипсовой панели особое внимание нужно обратить на выбор финишной шпатлевки. Поскольку поверхность гипсовой панели достаточно ровная, необходимо использовать финишные шпатлевки, способные заполнить и устранить самые мельчайшие дефекты и имеющие минимальный расход на один 1 м^2 отделываемой поверхности. Для этого используются сверх-мелкодисперсные финишные шпатлевки, имеющие гранулометрический состав 80...120 микрон. Такие шпатлевки имеют расход 250 - 350 г/м². К тому же такие мелкие шпатлевки оставляют очень плотную, однородную и шелковистую поверхность, не требующую шлифования шкуркой.



Рис. 1.7. Заделка стыков гипсовых панелей с применением уплотнительной (армирующей) бумажной ленты



Рис. 1.8. Заделка стыков гипсовых панелей (листов) высокопрочной шпатлевкой без применением уплотнительной (армирующей) ленты

1.3. ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ МОНОЛИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

1.3.1. Классификация современных штукатурок

Еще несколько лет назад обязательным условием для устройства внутренних отделочных покрытий было устройство штукатурного основания. Сегодня некоторые конструктивно-технологические решения не требуют этого. Так, например, железобетонные конструкции на современных заводах, таких как Калушский (на Украине) и многих других в западных странах, не требуют штукатурки или даже шпатлевки. Качество поверхности таких конструкций позволяет их просто окрашивать или вообще не устраивать никакого дополнительного отделочного слоя. При определенном стиле дизайна помещений, например, «хай-тек», они могут даже не окрашиваться.

Некоторые виды отделочных покрытий, которые крепятся на каркас, не требуют выравнивания или другой подготовки основания. Кроме того, под любые типы отделочных покрытий сегодня в качестве оснований могут быть использованы методы «сухой отделки» гипсокартонными, гипсоволокнистыми, армированными цементно-песчаными и др. листовыми элементами.

Тем не менее, устройство оснований под внутренние отделочные покрытия из штукатурных растворов переживает сейчас «второе рождение». Это объясняется прежде всего гигиеничностью, обусловленной монолитностью и составом таких оснований.

Современные составы для штукатурных работ. В современные штукатурные составы обязательно входят: песок, вода, вяжущее:

– минеральное (цемент, известь, их смеси);

– полимерные (акриловые, силиконовые и т. д.);

– их сочетания.

Такие составы могут быть использованы как основание для декоративных штукатурок, окрасочных или других отделочных покрытий.

Сегодня в штукатурных составах часто используются специальные добавки, придающие им особые свойства: гидрофобные (водоотталкивающие), упрочняющие и армирующие, тепло- и звукоизоляционные, пластифицирующие и многие другие.

Классификация современных штукатурок может быть представлена следующим образом. Прежде всего, это – *традиционные штукатурки* с использованием современных составов: обычные, специальные и декоративные.

Обычные штукатурки служат основанием для многих отделочных покрытий. Их технология практически не изменилась и подробно представлена в большом количестве соответствующей литературы. Поэтому в настоящем пособии приведены краткие сведения о традиционных видах и их современные особенности. К ним можно отнести *простые, улучшенные и высококачественные штукатурки*. Они отличаются требованиями к качеству поверхности.

Специальные штукатурки называются так потому, что обладают определенными свойствами. Они защищают от радиоактивного излучения, обладают повышенными тепло-, звуко- или гидроизоляционными свойствами, повышенной прочностью. Их технологии, как правило, тоже не отличаются от традиционных. Специальные свойства определяются компонентами, входящими в штукатурный раствор либо армированием: сетками или полимерной фиброй.

Следующий тип штукатурок – это *декоративные штукатурки*. Они устраиваются на подготовленном любым способом основании (слое сухой или «мокрой» высо-

кокачественной штукатурки). Их технология достаточно подробно описана в специальной литературе, см., например, [1, 2]. Это – терразитовые, «сграффито», искусственный мрамор и т. д.

Современные декоративные покрытия можно разделить на следующие укрупненные группы:

- фактурные и структурные декоративные покрытия, получаемые с применением различных техник декорирования и обычных красок;
- покрытия, имитирующие мрамор (в том числе "венецианские штукатурки");
- флоковые покрытия;
- «жидкие обои»;
- покрытия с использованием натуральной каменной крошки.

Одной из особенностей техник декорирования является то, что, варьируя различные цветовые решения декоративных покрытий, можно сгладить или, наоборот, выгодно подчеркнуть незначительные дефекты поверхности. Более того, при появлении дефектов на покрытии в процессе эксплуатации проблема решается с минимальными финансовыми и временными издержками фрагментарным косметическим ремонтом. Однако, ни в коем случае не следует при нанесении декоративных покрытий пренебрегать тщательной подготовкой основания. Наоборот, для гарантированной и качественной «работы» покрытия необходимо ещё на стадии выбора краски определить, какими качествами (прочность, атмосферостойкость, и др.) оно должно обладать.

Для получения желаемого декоративного эффекта можно применять следующие инструменты и приспособления: пластиковые и металлические шпатели самого разного размера и калибра, синтетическую или натуральную морскую губку, тампоны разного размера, тампонируван-

ный валик, кисть, перчатки, капельный аэрограф, инструменты для получения эффекта "дерево" и другие.

Эффекты, которые можно получить, применяя ту или иную технику, поистине безграничны. Это и возможность создания текстур, имитирующих натуральный камень, старый пергамент, кожу или влажный шелк, тканую циновку или "мятую ткань", воспроизведение рисунков, напоминающих внешне и на ощупь структуру дерева, создание эффекта интенсивного металлического блеска, нежной дымки или северного сияния, облачного неба или сюрреалистических картин, и т.д. Воспроизведенный рисунок может быть более или менее рельефным, текстурным, гладким - от матового до полированного, см. например, рис.1.9.



Рис. 1.9. Использование мелкозернистой штукатурки для различного моделирования поверхности (CAPAROL):
А - структура «кружочки»; Б - структура «бороздки»;
В - структура «волны»

1.3.2. Особенности устройства современных декоративных штукатурок

Структура штукатурок определяется типом, размером и формой наполнителя, применяемым инструментом, а также технологическими приемами нанесения. Материалы для них поставляются как готовыми к употреблению, так и в виде сухих смесей.

Сам материал и образуемое покрытие отличаются рядом неоспоримых преимуществ, как с точки зрения декоративных свойств, так и технологического плана:

- технологичность применения материалов - снижены требования к подготовке основания, исключаются некоторые промежуточные технологические операции (например, финишное шпатлевание);

- высокие декоративные свойства покрытия. Возможно получение готового цветного покрытия, а можно колеровать специальными тонирующими пастами или окрашивать водно-дисперсионными красками;

- покрытия обладают высокой механической прочностью;

- облегчен косметический ремонт покрытий.

Особенность **минеральных декоративных штукатурок** - преобладание в их составе природных компонентов или материалов из них: кварцевого песка, белого цемента, и др. Содержание полимерных добавок минимально, около 3%. Обычно поставляются в виде сухой смеси, которая непосредственно перед применением затворяется водой. Полученный состав сразу или после небольшого технологического перерыва (5-45 мин.) наносится на стены.

Такие штукатурки относительно недороги. Покрытие обладает хорошими водоотталкивающими свойствами, поверхность получается шероховатая, с бороздчатой структу-

рой. Структурируют материал пластиковой теркой в круговом, продольном, поперечном или смешанных направлениях.

Стойкость к истиранию покрытия не очень высока. При сильных нагрузках возможно частичное осыпание наиболее крупных зёрен наполнителя.

Более технологичными и стойкими к истиранию являются **полимерные декоративные штукатурки** - на основе водной дисперсии акриловых смол. Такие штукатурки бывают трех видов: акриловые, силиконовые и силикатные.

В качестве связующего в **акриловые штукатурки** входит водная дисперсия только акриловых смол без добавок. Такие штукатурки обладают высокой эластичностью готового покрытия. Поэтому могут быть использованы на старых стенах и на стенах, состоящих из разных материалов. Они выдерживают значительные деформации без образования трещин. Отрицательное свойство – низкая паропроницаемость.

Силиконовые штукатурки выпускаются на акриловом связующем с силиконовыми модифицирующими добавками. В таких штукатурках увеличена паропроницаемость, снижена вероятность накопления на поверхности пыли, грязи (эффект «самоочищения»).

Силикатные штукатурки делаются тоже на акриловом связующем, но модифицированы калийным стеклом. У таких штукатурок существенно повышена адгезия, паропроницаемость еще выше, чем у силиконовых.

Основное преимущество полимерных штукатурок – технологичность. Они поступают на объект готовыми к применению. Очень удобны при нанесении. Легко формируется рельеф декоративного покрытия. Такие штукатурки позволяют получить широкий спектр цветов и оттенков, какой невозможно осуществить для минеральных штукатурок.

турок даже на белом цементе.

Полимерные связующие придают покрытию особую прочность и долговечность. Наносятся практически на любые основания, соответствующим образом подготовленные.

Декоративные штукатурные покрытия, применяемые в интерьерах, по способу получения делятся на *структурные и фактурные*. Материалы для них поставляются в виде готовых смесей.

Структурные – белого цвета с возможностью колеровки в любой, преимущественно светлый цвет.

Рельеф (фактура) поверхности формируется после нанесения в результате специальных операций: обработки щетками, губкой, гребнем и т. п. Рельеф фактурных штукатурок образуется в процессе их нанесения. Фактурные штукатурки подразделяются по размеру гранул наполнителя на следующие виды:

- крупнофактурные - 3- 5 мм;
- среднефактурные - 1,5-2,5 мм;
- мелкофактурные - 0,5-1 мм;
- тонкофактурные - менее 0,5 мм.

В зависимости от размера гранул можно добиваться различных декоративных эффектов. Даже при очень сильных истирающих нагрузках осыпание наполнителя не происходит. Наполнителем для декоративных штукатурок чаще всего являются полимерные гранулы. Иногда для этих целей используется калиброванный мраморный, гранитный или кварцевый гранулят.

Такие покрытия в этом случае входят в отдельную группу. Это – покрытия с натуральной каменной крошкой.

При использовании полимерных декоративных штукатурок необходимо помнить об их особенностях. А именно, они:

- не требуют тщательной подготовки поверхности - действительно, финишного шпатлевания не требуется, но крупные дефекты лучше все-таки устранить, чтобы покрытие легло ровным слоем, без темных пятен;

- прекрасно маскируют мелкие дефекты основания, за исключением гладких покрытий, для которых основание должно быть идеальным;
- могут наноситься практически на любые поверхности, кроме набухающих, таких как дерево, ДВП и т. п.;
- образуют бесшовные покрытия;
- наноситься должны профессионально (главная ориентация по расходу материала, указанному в инструкции);
- удобны в обслуживании;
- обладают прекрасной стойкостью к любым механическим воздействиям;
- не могут быть отремонтированы фрагментарно (заплата сразу станет видна);
- выдерживают температуру от -50 до +75 градусов;
- наноситься должны при температуре от -5 до +30 ;
- не поддерживают горение, взрыво- и пожаробезопасно;
- по разнообразности декоративных эффектов и цветовых вариаций, сравниться с ними могут только декоративные краски [9].

Покрытия с натуральной каменной крошкой являются разновидностью декоративных штукатурок, но вынесение их в отдельную группу считается общепринятым, т.к. минеральный наполнитель придаёт покрытиям очень специфические декоративные качества (рис. 1.10).

Современные декоративные штукатурки с использованием каменной крошки принципиально отличаются от традиционных таких покрытий. Самое главное их преимущество технологическое. Они наносятся в один прием, в

отличии от традиционных, которые требуют от трех до пяти технологических операций, а между некоторыми еще и технологические перерывы. Составы для таких покрытий поступают на объект в готовом виде. Наносятся шпателем, «малкой» (теркой из нержавеющей стали) или распылением (при размере заполнителя до 0,8 мм) с использованием специального оборудования.

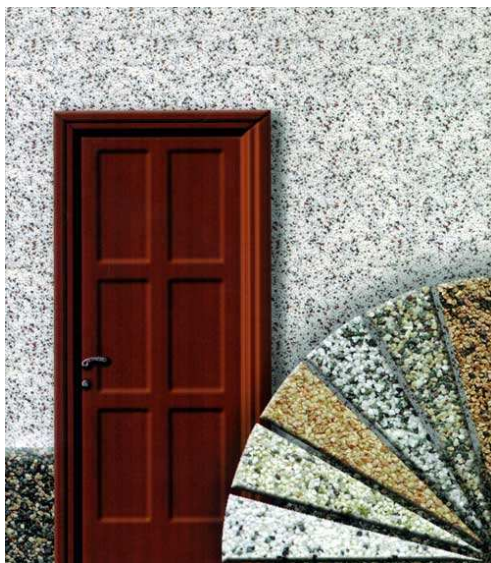


Рис. 1.10. Покрытие с использованием натуральной каменной крошки (TERRACO)

В отличие от традиционных штукатурок, современные готовые составы не позволяют получить крупный рельеф поверхности. Это связано с размером зерен каменной крошки. Если в традиционной «каменной» штукатурке они могли быть до 10 мм, то в современных готовых составах размер гранул от 0,1 до 1,8 мм, реже - 3-4 мм. Для получения максимального декоративного эффекта гранулы могут

быть окрашены специальными составами высокой прочности в заводских условиях.

Применение при отделочных работах материалов этой группы (так же, как и других видов декоративных штукатурок) позволяет исключить из технологического процесса операцию финишного шпатлевания, небольшие дефекты отделяемой поверхности (ненагруженные трещины, сколы, неровности) выравниваются самим материалом.

После высыхания полученная поверхность (в зависимости от зерна наполнителя) становится грубо-шершавой или почти гладкой, похожей на камень. Покрытие обладает высокой механической прочностью и ремонтпригодностью [8].

1.3.3. Технология покрытия «жидкими» обоями

"Жидкие обои" - это многокомпонентное настенное покрытие, похожее на краски и декоративные штукатурки лишь способом нанесения, но совершенно иное по конечному результату. Покрытие в готовом виде напоминает высококачественные рельефные обои (рис 1.11). При этом в нем нет ни одного шва. Это делает его гигиеничным и повышает эстетические свойства. «Жидкие обои» представляют собой экологически чистый продукт, что очень важно в условиях современной жизни. Это свойство позволяет использовать жидкие обои для отделки стен и потолков помещений с высокими санитарными и экологическими требованиями.

Исходный материал представляет собой сухую смесь, в состав которой входят хлопковые (или синтетические) волокна, распушенная целлюлоза, а также красители и связующее. Могут быть включены и весьма экзотические до-

бавки - сухие водоросли, крошка древесной коры, слюда и др [10, 11].

Жидкие обои в своем первоначальном состоянии выглядят как мелкие белые опилки. Одного стандартного пакета сухой смеси (1 килограмм) хватает на несколько квадратных метров поверхности. Материал практически сразу готов к применению. «Опилочную» смесь надо поместить в пластмассовую тару, добавить теплой воды и все перемешать. Полученный раствор требует технологического перерыва в течение 10-25 минут. За это время масса должна набухнуть. После этого в нее добавляют нужный краситель и снова перемешивают.



Рис. 1.11. Покрытие из "жидких обоев"

Несмотря на присутствие органических волокон, качественные "жидкие обои" не впитывают запахов. Они также обладают достаточно высокой цветостойкостью (практически, не выгорают). На поверхности они образуют

бесшовное декоративное покрытие толщиной от 1 до 10 мм (стандартная толщина - 1...3 мм) с шероховатой фактурной поверхностью, мягкой и приятной на ощупь.

Качественные "жидкие обои" обладают звуко- и теплоизолирующими свойствами, они не горючи, образуют антистатичное покрытие, не притягивающее пыль. Поэтому для ухода достаточно периодически пылесосить стены. Единственно чего бояться "жидкие обои" - это воды. Если в процессе эксплуатации в помещении необходима будет влажная уборка, то их покрывают одним-двумя слоями защитного лака. После этого они становятся моющимися.

Технология нанесения достаточно проста. Покрытие не требует особой подготовки стен, скрывает мелкие и средние дефекты. Для нанесения жидких обоев необходимо, прежде всего, очистить поверхность от загрязнения, удалить плохо сохранившиеся старые покрытия, потравить антисептиком участки пораженные грибок, удалить пыль, высушить. После этого стена должна быть обработана грунтовкой. Нанесение жидких обоев производится при температуре не ниже +10 °С.

Перед нанесением жидких обоев нужно подготовить поверхность: зашпатлевать трещины и стыки, заизолировать металлические части масляной краской. Обои наносятся на чистую, сухую предварительно огрунтованную поверхность. При необходимости грунтовка разводится уайт-спиритом или растворителем для масляных красок. После высыхания жидких обоев возможно покрытие акриловым лаком, для увеличения влагостойкости покрытия.

Для нанесения покрытия применяется специальное оборудование, представленное на рис. 1.12.

Нанесенное покрытие высыхает от 12 до 72 часов в зависимости от температуры и влажности в помещении. Для пистолета подходят все варианты жидких обоев, кроме «Датской» декоративной штукатурки.



Рис. 1.12. Пистолет-хopper «SENIDECO K-12» с верхней загрузкой

Его краткие характеристики следующие. Сопло диаметром 4 мм, постоянное давление на выходе 1,5–2 кг, подача воздуха под давлением 3–5 атм., воздухопоток 12 куб.м/час. Для нанесения на потолок необходимо использовать специальный переходник.

После высыхания покрытие сохраняет пластичность, не разрушается при небольших деформациях. Это покрытие очень легко реставрируется. При повреждениях нужно просто смочить испорченную поверхность теплой водой, удалить часть покрытия острым металлическим инструментом, добавить немного клея ПВА и покрыть заново. Срок службы - 6...8 лет.

С помощью жидких обоев можно даже выровнять незначительные дефекты стены. Поверхность получается совершенно гладкой: на ней нет швов, которые в любом случае появляются, когда мы клеим бумажные или какие-либо другие «твердые» обои. С этим качеством связано и то, что при небольших повреждениях обои можно подмазать-подкрасить без ущерба внешнему виду стены. Высохшее

же покрытие напоминает по своей фактуре мелкий твердый пенопласт.

Не следует наносить светлые обои на темное грунтовое покрытие, оно будет просвечивать. При появлении участка с сильным загрязнением он отрывается от стены, и на его место закатывается новый. Однако при этом необходимо помнить, что если в помещении курят и обоям уже несколько лет, то участок с вновь нанесенным покрытием будет выглядеть более светлым. При покрытии ровной поверхности одной стены желательно использовать обои одного замеса. Неиспользованный, но уже разведенный водой материал можно заморозить и хранить в холодильнике. Небольшие пятна, например, вокруг выключателей можно стирать обыкновенным ластиком. Жидкими обоями можно покрывать трубы и батареи, помня, что все металлические поверхности также надо изолировать, так как вследствие гигроскопичности (т. е. способности пропускать влагу) обоев металл может ржаветь, а пятна проявятся на поверхности.

В новой квартире (как известно, новый дом в течение нескольких лет дает “усадку”) окончательную отделку, как правило, откладывают. Производители утверждают, что с жидкими обоями можно сделать квартиру красивой и уютной сразу.

Жидкие обои на современном рынке представлены несколькими производителями:

1. Французские жидкие обои «SENIDECO» у себя на родине называются диковинной обшивкой для стены («жидкие обои» – чисто отечественный термин). Это первая французская фирма, которая стала выпускать такое необычное настенное покрытие, оно насчитывает 150 вариантов расцветок, что позволяет использовать их для решения самых сложных задач дизайна интерьера. В состав обоев входят распущенная целлюлоза, слюда, клеящий состав,

высококачественные красители.

2. Французское хлопковое покрытие «СОТЕХ» предлагает большие возможности для проявления собственных фантазий, путем простого перемешивания хлопковых волокон с раствором красителя, воды и связующего.

Французское хлопковое покрытие можно наносить на любые старые или новые поверхности (дерево, бетон, гипс, гипсокартон, штукатурка и т. д.). Перед нанесением обработать поверхность масляной грунтовкой, так как иначе СОТЕХ вытянет на себя всю грязь и пятна из стены. Большое по площади панно должно быть изготовлено и нанесено в один прием. Загрязнения выводятся с помощью пятновыводителей для хлопчатобумажных тканей. Покрытие рассчитано на достаточно состоятельных покупателей с изысканным вкусом.

3. Богатство красок и оттенков жидких обоев турецкой фирмы «SILKCOAT» не уступает французским, а цены несколько ниже. Благодаря хорошим гигиеническим (что подтверждено соответствующими сертификатами) и эстетическим свойствам быстро получили широкое распространение. Поставляются в Германию, Австрию, Россию, Казахстан, Узбекистан, Румынию, Пакистан, Тайвань, Малайзию, Египет, Китай и Нигерию. Жидкие обои «SILKCOAT» это декоративное шелковое покрытие для стен, разработанное специалистами Японии на основе натуральных шелковых коконов, хлопковых волокон. Технология нанесения не требует предварительной подготовки, проста и доступна каждому. В состав жидких обоев входят акриловые связующие компоненты, что не позволяет наносить их на поверхности покрытые старыми масляными красками, во избежание вытягивания олифы и появления на поверхности пятен. Поэтому, поверхность под обои желательно грунтовать, особенно, если она покрыта масляной или пластиковой краской, металлическая или кирпичная.

При наличии старых лакокрасочных покрытий, участков с различной впитываемостью и других проблемных поверхностей, наносится гидроизоляционная грунтовка на основе акриловых связующих. Рекомендуется грунт – фиксатор «Изакрилико» («Jsaval», Испания). Также возможно использование водо-дисперсионной акриловой грунтовки «АС-ТАР», БАЙРАМЛАР (Турция) (упаковки по 10 и 25кг) или аналогичные грунтовки на водо-дисперсионном связующем. Для придания поверхности дополнительной прочности и водостойкости, после высыхания шелкового покрытия, рекомендуется нанести бесцветный лак-закрепитель, например «Silkcot CX-2000 или бесцветный отечественный лак «Святозар».

4. Примерно то же самое можно сказать и о турецких жидких обоях марки «Ваугатих коза». Они отличаются от предыдущих цветовой гаммой и цена их несколько ниже.

5. Новинка отечественного рынка – стеновое покрытие «Стенол» из России – представляет собой сухую смесь природных волокон (целлюлозы), цветовых добавок, колорантов, загустителей и негорючей рисадки (антиперена) на основе натурального связующего вещества. Используемая целлюлоза вырабатывается из лиственных пород, растущих в Архангельской области. Стеновое покрытие «Стенол» было протестировано в испытательной лаборатории Главного управления противопожарной службы и по результатам испытаний отнесено к группе трудногорючих материалов. Это позволяет применять его при ремонте и отделке, так называемых, путей эвакуации. Покрытие «Стенол» обладает большой тягучестью. Его можно использовать как утеплитель или как выравнивающую массу. После высыхания на него могут быть нанесены как краска, так и обычные бумажные обои. При устройстве покрытия «Стенол» применение различных типов раскатывающих валиков от поролоновых до каучуковых с рисунком. Это позво-

ляет сделать каждую стену в необычном ключе.

6. Еще одни российские жидкие обои продаются под привлекательным, но странным названием «Датская» декоративная штукатурка. Цена одной упаковки, в отличие от цены французских и турецких жидких обоев, приблизительно равна цене стандартного рулона бумажных обоев. Они похожи на французское хлопковое покрытие «СОТЕХ» тем, что дают возможность самостоятельно создать любую цветовую композицию (рис. 1.13), добавляя к белой целлюлозной основе декоративные добавки: «Колорант» – жидкая цветовая добавка, различным количеством которой варьируется насыщенность основного цветового тона обоев; «Буммикс» – сухая смесь различных цветов (похожа на цветные кокосовые стружки); «Сена» – золотая добавка, придает обоям характерный блеск. На стендах с «Датской» декоративной штукатуркой соседствуют рельефные валики, с помощью которых производится фактурная отделка под рогожку, камень или дерево.

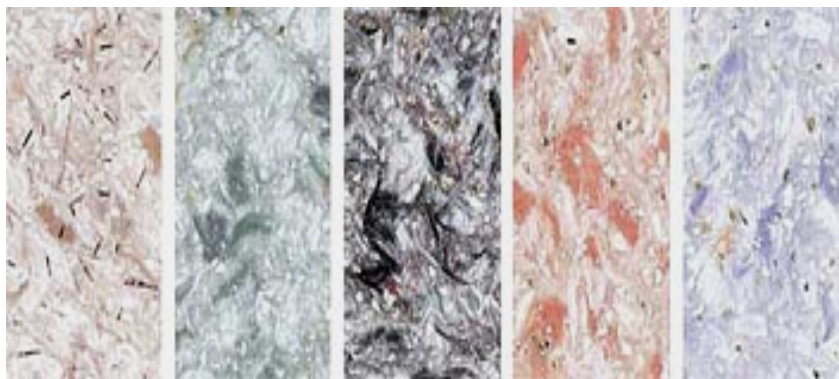


Рис 1.13. Варианты цветовых композиций «жидких обоев»

1.3.4. Технология флоковых покрытий

«Флок» (что в переводе с немецкого означает «хлопья, снежинки»), или, как его еще часто называют, «чипсы», – оригинальное декоративное покрытие для внутренней отделки помещений. Состоит из мелких цветных частичек (кусочков акриловой краски), в самом деле по форме напоминающих чипсы. Покрытие продается в комплекте из трех составляющих: жидкая клеящая основа, сами «чипсы» (сухие цветные частички) и лак для нанесения на готовое покрытие.

Использовать их можно где угодно: для отделки стен, потолков, подоконников, дверей, колонн, карнизов. «Чипсы» бывают разной формы и размера. Обычно это частички округлой формы, но бывают и бесформенные, как бы обломанные кусочки. Что же касается цвета, то выбор очень широкий. Например, в представительстве французской компании «Декорум Ф» есть даже полосатые «чипсы», имитирующие ракушки. Бывают флюоресцентные «чипсы». Это покрытие часто путают с жидкими обоями. В готовом виде, на стене, они и впрямь чем-то похожи. Но жидкие обои имеют совсем другой состав (см. раздел 1.3.3). Кроме того, «флок» и жидкие обои отличаются способом нанесения (см. «Основные этапы устройства флоковых покрытий»).

Преимущества флокового покрытия следующие:

- наносится на любую поверхность благодаря густой консистенции основы. Основа может служить отличной грунтовкой;
- не требует идеальной подготовки поверхности, скрывает небольшие неровности и трещины;
- обладает высокой стойкостью к истиранию, ударам, царапинам;

- легко моется любыми моющими средствами, не содержащими растворителей.
- может применяться во влажных помещениях;
- легко обновляется;
- частички прилипают только к клеящей основе, поэтому можно применять в помещениях, где уже сделана окончательная отделка потолков, дверей и т.д.;
- считается экологически чистым покрытием, поэтому может использоваться даже в детских садах.

Основные этапы устройства флоковых покрытий следующие (рис. 1.14):



Рис. 1.14. Техника нанесения «флока»: 1 – нанесение клеящего слоя; 2–3 – нанесение акриловых частичек; 4 – нанесение слоя лака

Первый этап – подготовка стены. Для этого необходимы хорошая шпатлевка и грунтовка, чтобы поверхность не адсорбировала (не впитывала влагу). Стена должна быть чистой и сухой.

Второй этап – нанесение клеящего слоя. Для работы подойдет валик с шерстяным ворсом средней длины – чтобы клей ложился равномерно. Первый базовый слой (база) сохнет быстро, особенно при комнатной темпера-

туре. Специалисты рекомендуют, чтобы температура в помещении была ниже.

Третий этап – нанесение «флока». Как только нанесли клеящий слой, распыляются акриловые частички. Распылять «чипсы» нужно специальным компрессором и специальным флоковым пистолетом. Светлые «чипсы» следует наносить на ровную белую клеевую поверхность без пятен. Темные – на клеевую поверхность любого цвета без пятен. Лучше начинать нанесение частичек сверху вниз, медленными круговыми движениями, постепенно продвигаясь вверх. Удобнее делать работу вдвоем: один мастер наносит клеящую основу, другой распыляет «чипсы».

Четвертый этап – нанесение лака. Нужно дождаться, пока основа и частички высохнут (не менее 12 часов). После этого можно наносить лак: в один слой, равномерно. Лакировать можно обычным валиком либо с помощью пистолета-распылителя [12].

1.3.5. Особенности устройства современных венецианских штукатурок

В настоящее время на рынке представлено множество самых разных покрытий, которые называют «венецианской штукатуркой». Профессионалы же называют «венецианской штукатуркой» только те покрытия, которые как по составу материала, так и по технике нанесения максимально приближены к оригиналу.

Несколько веков назад люди не знали, что такое полимеры. Поэтому в состав той штукатурки, что была разработана в Венеции эпохи Ренессанса, входила мраморная пыль, растительные красители, вода и связующее – известь. Сейчас они все имеют в своём составе тот или иной процент акрилового связующего. "Венецианскими штукатурками" сейчас называют покрытия как с преобладающим

количеством известкового связующего, так и на основе чисто акрилового связующего. Отличить их по виду практически невозможно. Есть даже мнение, что синтетические "венедианские штукатурки" более технологичны, а после нанесения образуют более эластичное (трещиностойкое) покрытие.

Традиционно покрытие выполняется в одном цвете, хотя возможно и создание многоцветного покрытия. Понятие "венедианская штукатурка" предполагает наряду с высококачественными материалами особую технологию нанесения - "припрессовывание" один к другому вручную множества (до 7) тончайших слоев материала. Эта технология включает в себя операции заглаживания, "железнения" и полировки специальным шпателем каждого слоя. Процесс создания качественного покрытия чрезвычайно ответственен и трудоёмок. Достаточно сказать, что заглаживание каждого слоя происходит с приложением настолько значительных усилий мастера, что шпатель и стена разогреваются.

Готовое покрытие имеет толщину до 3...5 мм и при этом обладает высокой паропроницаемостью (является "дышащим"), что создаёт в помещении климатический комфорт.

Покрытие имеет минимальный блеск. Его можно усилить, подвергнув поверхность покрытия операции воощения (шлифования с воском). Для этого используется мягкое сукно и воск (натуральный или синтетический, прозрачный или цветной, матовый или глянцевый) (рис. 1.15). Кроме блеска воощение придаёт покрытию дополнительную влагостойкость. Известно множество примеров успешного применения "венедианки" для отделки стен в ваннх комнатах и бассейнах, при реконструкции и реставрации памятников архитектуры (театров, храмов и т. п.).



Рис. 1.15. Современные "венедианские штукатурки"

"Венедианка" является достаточно твёрдым покрытием. Причём со временем оно становится ещё твёрже. Стена, отделанная "венедианкой", как будто "светится" изнутри, т.е. на матовой и очень глубокой основе покрытия видны светящиеся блики. Это "свечение", называемое также "фе-

номеном глубины света", является следствием нанесения многих полупрозрачных слоёв - чем их больше, тем более выражен эффект. Эффект "свечения" получается благодаря игре отражённых лучей, проникающих в толщу покрытия и отражающихся на разных глубинах в зависимости от угла падения. Именно этот эффект делает "венецианскую штукатурку" чрезвычайно похожей на полированный мрамор.

"Венецианская штукатурка" - прочное и долговечное покрытие, но только на качественно подготовленном основании. Оно менее эластично, чем другие декоративные покрытия, поэтому к подготовке основания предъявляются повышенные требования. В частности, основание желательно армировать специальной сеткой и использовать эластичные шпатлёвки. При недостаточно качественной подготовке основания на поверхности могут появиться трещины, которые практически не подлежат ремонту. Вообще ремонт и реставрация "венецианской штукатурки" сложный и трудоёмкий процесс.

Наносить "венецианскую штукатурку" на стену обязательно должен специалист, имеющий специальную подготовку и опыт работы. Классическая "венецианская штукатурка" - очень дорогое элитное покрытие. Венецианская штукатурка позволяет современным художникам и дизайнерам работать в технике фрески, создавать декоративные панно – подлинные произведения искусства. Роспись делается по влажному последнему (до нанесения воска) слою специальными пигментами, предназначенными для колеровки материала. Пигмент проникает во все ранее нанесенные слои, после чего никогда не стирается, не выгорает и приобретает все свойства покрытия [13, 14].

1.4. ПОКРЫТИЯ ИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

1.4.1. Технологии облицовки панелями

В настоящее время облицовочные панели стали популярным отделочным материалом, как для общественных помещений (магазинов, кафе, и т.д.), так и для жилых помещений. Широкое их применение обусловлено простотой установки, отсутствием необходимости готовить поверхность стен и потолков (выравнивать, шпатлевать, и т.д.), гигиеничностью, стойкостью к уборке, а также широкими дизайнерскими возможностями [8, 12, 13].

Помимо деревянных панелей (в т.ч. и шпонированных) с рисунками на лицевой поверхности, созданными самой природой, представлено большое количество декоративных облицовочных изделий. Они имитируют натуральный камень, ткани, кирпичную кладку (рис. 1.16), венецианскую штукатурку, и иногда их легко спутать с обоями (рис. 1.17) и т.д.

Выпускаются также и дополнительные элементы (раскладки, плинтусы, галтели) различной цветовой гаммы (в т.ч. и зеркальные, золотистые). Раскладка панелей при монтаже может быть самой разной. Все это позволяет создавать оригинальные интерьеры.

По материалу основы отделочные панели подразделяются на следующие группы: деревянные (массивные и клеенные из натурального дерева); на основе OSB, ДСП, ДВП, MDF, HDF; на основе гипсокартона; пластиковые панели (на основе ПВХ и полистирола); металлические; пробковые; на основе стекловолокна (акустические).

Листовые панели представляют собой крупноформатные изделия, в основном размером 1,22×2,44 м, толщиной - от 3 до 6 мм. Большой размер изделий позволяет максимально упростить ремонт и отделку стен в помещении,

сократить количество стыков.



Рис. 1.16. Облицовка листовыми панелями «под кирпичную кладку»

В качестве основы листовых панелей применяют чаще всего ДВП, MDF, гипсокартонные листы, а также HDF, полистирол и металлические листы. На основу с лицевой стороны наносят покрытие, которое может точно воспроизводить фактуру натурального камня, дерева и многих других природных и искусственных материалов. Обратная сторона влагостойких панелей обрабатывается водоотталкивающим составом. Облицовочные изделия могут быть сплошными или перфорированными (на основе HDF, металлические).



Рис. 1.17. Интерьер с использованием листовых облицовочных панелей

Монтаж панелей осуществляется легко и быстро, их можно монтировать на обрешетку или просто приклеивать к стене (если плоскость стены ровная). Стыки между панелями заделывают герметиком или закрывают накладками и рейками из пластика и др. материалов.

Деревянные панели (панели из натурального дерева и панели, фанерованные натуральным шпоном (рис. 1.18). В настоящее время, чтобы предохранить деревянные панели от повреждений, их подвергают протравливанию, воскованию или лакировке. Современные способы обработки древесины продлевают срок ее службы и сохраняют гигиенические и эстетические достоинства. Лицевой шпон панелей из твердых и мягких пород дерева специально отбирается по качеству и внешнему виду. На фабрике собирается блок из лицевого, изнаночного и ядрового шпона. Сначала

изнаночный шпон укрепляется на месте. Затем на обе стороны ядрового шпона наносится клей и наконец, лицевой шпон укладывается на ядро. После этого шпон соединяется со сплошной панелью под температурой и давлением в горячем прессе. Панель гладко полируется перед покраской и отделкой, затем красится и после нанесения защитного слоя, который сушится в печи, снова полируется. Сейчас на нашем рынке представлено немало образцов отделочных панелей данной группы от различных производителей: GEORGIA PACIFIC, OSMO, АТЕХ и др. Для изготовления панелей используются только природные материалы, безвредные для здоровья человека и окружающей среды. За счет использования современных технологий обработки, панели обладают хорошими акустическими и пожаростойкими характеристиками и присущими дереву высокой теплоизолирующей способностью, стабильностью при изменении температуры и т.д. Для облицовки панелей используется натуральный шпон. В стандартный набор входят: бук, дуб, клен, береза, ясень, песчаный клен, вишня, тик, орех, махагон и другие.

Деревянные филенчатые панели в основном можно использовать для отделки нижней части прихожих, кабинетов и т.п. Филенчатые панели передают оттенок роскоши. Они одновременно придают интерьеру теплоту и уют.

Очевидна практичность деревянных панелей. Они обладают хорошей прочностью самого дерева. Существует специальный мебельный воск с цветными пигментами, который очень хорошо защищает панели. Для этого используются также современный лак, особенно экологически чистые лаки на водной основе. Некоторые породы, такие как красная сосна и кедр, не нуждаются в дополнительной защите. У них своя природная защита, их можно использовать во влажных помещениях. Для этого используются также современные лаки, особенно экологически чистые

лаки на водной основе. Деревянная панель – это и дополнительная шумоизоляция.



Рис1.18. Интерьеры с использованием деревянных панелей

Панели из гипсокартона или гипсовинила.

Достаточно широкое распространение для общественных зданий в последнее время получили панели на основе гипсокартонных листов с высокопрочным виниловым покрытием, нанесенным промышленным способом. Данные изделия часто также называют гипсовинилом. Они используются не только для отделки стен, но и в качестве заполнения глухой части сборно-разборных перегородок.

Гипсовиниловые панели не нужно оклеивать обоями или окрашивать. Эти изделия могут быть одновременно конструктивными и отделочными элементами. Панели прижимаются к металлическому каркасу соединительными

профилями. Они одновременно выполняют декоративную функцию, закрывая стыки. После установки панелей, при необходимости, их можно легко снять (например, для доступа к проложенным коммуникациям), а затем установить на прежнее место.

Панели устойчивы к истиранию, обладают высокими показателями цветостойкости, легко моются не только бытовыми моющими средствами, но и низкоконцентрированными растворителями.

Ламинированный гипсокартон (рис. 1.19) представляет собой панели на основе гипсокартона с высокопрочным ламинированным покрытием, нанесённым промышленным способом. Размеры панелей: 1200 × 2400 × 8 мм и 1200 × 3000 × 12 мм.

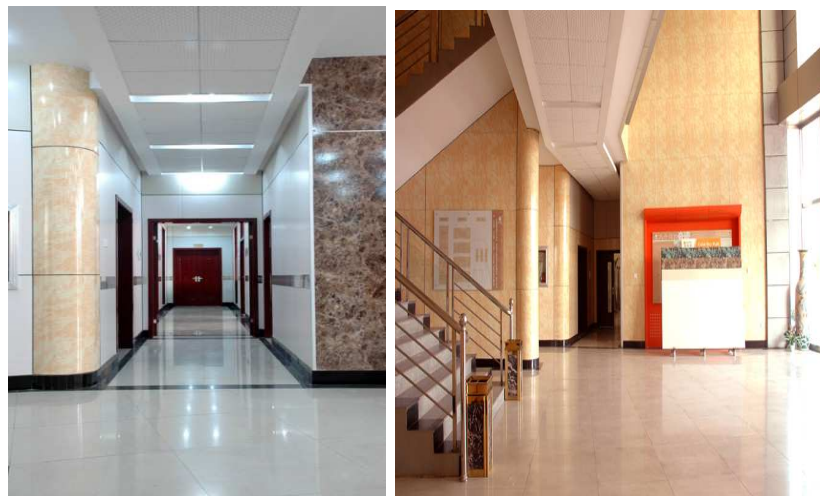


Рис. 1.19. Интерьеры с использованием ламинированного гипсокартона

Преимуществом использования этих панелей являются: термостойкость; влагостойкость; устойчивость к де-

формациям; стойкость к различного вида загрязнениям; цветоустойчивость; антистатичность; высокие звукопоглощающие свойства; высокая огнестойкость; меньшие, по сравнению с «мокрыми» процессами, затраты ручного труда и сроки выполнения отделочных работ. Это – большой вопрос, если учесть их стоимость.

Изготовление ламинированного гипсокартона это высокотехнологичный процесс, использующий многие последние достижения науки. Лидером в этой отрасли считаются европейские производители («BAUSITTE», «WimeK»). С целью снижения себестоимости производители гипсокартона выносят производство в страны третьего мира, такие как Китай, однако качество от этого не страдает, так как весь процесс производства гипсокартона тщательно отслеживается европейскими специалистами.

Общая последовательность операций быстрого сухого строительства с использованием ламинированных гипсовых панелей такова (при условии крепления на металлокаркас):

1. установка разметок стен, углов, дверных проемов, перегородок;
2. монтаж металлокаркаса (если он необходим) вдоль стен, прокладка необходимых коммуникаций в металлокаркасе;
3. крепление пенной ленты с двухсторонним клеящим слоем по поверхности, на которую будут крепиться панель или на саму панель. Возможно также крепление панелей на клей марки КС или аналогичный по свойствам. Для более прочного крепления эти методы комбинируются;
4. резка панелей под необходимые размеры, и обработка краёв напильником, если это необходимо;
5. монтаж декоративного материала путем приложения обратной стороны листа к ленте;
6. заделка швов, если таковые имеются. Вертикаль-

ные стыки не заделываются, панели вплотную примыкают друг к другу, образуя аккуратное соединение;

7. горизонтальные стыки заделываются декоративными пластиковыми раскладками;

8. угловые стыки могут заделываться декоративными универсальными углами, а могут быть бесшовные, если для сгиба панели используется фрезерный станок;

9. снятие защитной плёнки с листов.

Панели на основе OSB, ДВП, MDF, ДСП и т. п. могут иметь рисунок под камень, пробку, кирпич, дерево, и т.д. Они выпускаются как влагостойкими, так и невлагостойкими.

Влагостойкие панели производят на основе OSB или ДВП, обработанной специальным составом, предотвращающим проникновение влаги внутрь (рис. 1.20).



Рис. 1.20. Облицовка влагостойкими листовыми панелями

Такую защитную поверхность делают многослойной. Вначале на основу наносят алкидмеламин. Он защищает ее от влаги и выравнивает поверхность под рисунок. Потом идет декоративный слой (с рисунком), затем – верхний блестящий акриловый. Акрил обеспечивает повышенную защиту от влаги, прочность и гибкость.

Невлагостойкие панели представляют собой обычное ДВП или MDF, на которые наклеен рельефный ламинат (винил) или натуральный шпон.

Рельефную поверхность таких панелей получают методом горячего прессования, благодаря чему они одновременно приобретают и повышенную механическую прочность, и фактуру под вагонку, необработанный камень, кирпичную кладку, «под кафель» и т.д.

Панели устанавливают на обрешетку или на ровную сплошную поверхность без нее (приклеивают). Влагостойкие панели прибивать гвоздями нельзя. При повреждении лицевой поверхности вода открывается путь внутрь панелей. Такие панели можно только клеить, причем на специальный клей для влажных помещений и только на сплошную стену, а не на обрешетку. Необходимо оставлять между панелями зазоры, которые потом заполняются силиконовым герметиком.

Листовые облицовочные панели представлены на рынке следующими фирмами: CANEXEL (Канада), CANFOR (США), CHETSAPEAKE (Канада), GEORGIA PACIFIC (Германия), PLY GEM (США), SEQUENTIA (Германия), TILLO (Австрия) и другими.

Перфорированные панели на основе HDF. Основой панелей является древесно-волоконистая плита высокой плотности (выше 850 кг/м³) - HDF (high density fiberboard). Размеры панелей: толщина - 3-4 мм, ширина - 1220 мм и длина - до 3050 мм.

Перфорированные панели на основе HDF исполь-

зуются для внутренней отделки помещений не только для облицовки стен, но и как конструктивный элемент перегородок в офисах (рис. 1.21), для изготовления дверей, в качестве фасадов мебели, подвесных потолков, и т.д. Их не рекомендуется применять во влажных помещениях и для наружной отделки.

Выпускаются перфорированные панели без отделки, с отделкой ламинатом с одной стороны, с отделкой ламинатом с двух сторон, а также с двухсторонней отделкой фольгой и натуральным шпоном. Формы и размеры перфорации могут быть различны: от самых простых геометрических фигур до лабиринтов.



Рис. 1.21. Вариант использования перфорированных панелей итальянской фирмы LOCATELLI в качестве перегородки

Зеркальные пластиковые панели разработаны для отделки поверхностей внутри помещений и применяются в гостиницах, ресторанах, виллах, барах, дискотеках и во многих других помещениях.

Зеркальные пластиковые панели представляют собой изделия из полистирола, покрытые защитной полиэтилено-

вой пленкой. Они могут быть как тонированными, так и просто зеркальными. Толщина плит может быть различна. Запрещается использовать эти пластиковые панели во влажных помещениях, а также следует избегать прямого контакта их с водой.

Их поверхность может быть как абсолютно гладкой, так и составной из разнообразных геометрических фигур (квадратов, полосок и т. п.). Это достигается путем нарезки поверхности. Такими пластиковыми панелями с нарезкой можно облицовывать криволинейные поверхности (колонны, пилястры и т.п.). На рынке представлены панели с широкой гаммой расцветок и рисунков, со структурированными и перфорированными поверхностями, в том числе и голографическим изображением на поверхности – специально для баров и дискотек. Эти пластиковые панели могут использоваться и как потолочные.

Листовые зеркальные панели можно прикрепить шурупами или приклеить. Клеить панели лучше на неокрашенные поверхности: металл, бетон, каменную кладку, дерево, картон, и др. Поверхность стены должна быть идеально ровной, чтобы отражение было без искажений.

Наиболее широко на рынке представлены зеркальные панели австрийской фирмы SIRO&BURG.

Металлические панели имеют широкую область применения в строительстве: стеновые панели, отделка потолков, ограждения лестничных маршей, балконные ограждения, и т.д.

Выпускаются металлические листы перфорированными, со структурной поверхностью, гладкими (шлифованными, зеркальными, матовыми), а также с вытравленными рисунками на зеркальной поверхности.

Толщина перфорированного листа может быть от 0,5 до 10 мм в зависимости от вида перфорации. Размеры листов, в основном, – 1000×2000 мм и 1250×2500 мм. Матери-

ал – алюминий, нержавеющая оцинкованная сталь.

Панели из фибробетона. Фибробетон это композиционный материал, состоящий из цементнопесчаной матрицы, армированной специальными полимерными волокнами (фиброй). Эти волокна позволяют сделать бетонные панели тонкими и легкими, сохраняя, в то же время, характеристики, присущие изделиям из бетона.

Фибробетонные панели имеют широкую область применения в современных интерьерах благодаря высоким эксплуатационным свойствам. Таким как:

- долговечность;
- огнестойкость;
- высокая твердость и износостойкость поверхности;
- стойкость к химическому воздействию;
- бактерицидные свойства;
- разнообразие цветовой гаммы;
- простота монтажа и очистки поверхности.

В последнее время фибробетонные панели находят все более широкое применение для отделки стен и потолков в интерьерах с повышенными гигиеническими требованиями, требованиями к негорючести, простоте монтажа и обслуживания, долговечности, износостойкости.

Особая группа панелей из фибробетона применяется в "чистых помещениях". Примером "чистых помещений" в медицине могут служить: операционные блоки, отделения реанимации, родовые отделения, гемодиализные залы, станции переливания крови.

Комплексы "чистых помещений" выполняются с соблюдением требований действующих нормативных документов. В частности материалы внутренней отделки должны быть:

- изготовлены из огнестойких и нетоксичных материалов, устойчивых к воздействию дезинфицирующих средств и ультрафиолетового облучения;

- стыки между стенами, полом и потолком герметизированы и оформлены профилем закругленной формы;
- иметь гладкие внутренние поверхности, легкодоступные для мытья и обработки дезинфицирующими средствами.

Наборные или реечные панели, как их еще называют, представляют собой длинные планки, как правило, имеющие следующие размеры: ширина 125 - 300 мм, длина 2400 -3700 мм, толщина 8 - 12 мм (рис. 1.22).



Рис. 1.22. Наборные (реечные) панели

В зависимости от типа предполагаемой сборки, по длинным кромкам панелей могут располагаться с одной стороны паз, а с другой – гребень (шип) или стыковочные пазы, которые устраиваются по обеим сторонам. В последнем случае для сборки панелей применяют специальные рейки (вставки), соединяющие пазы соседних панелей. Вставки обязательно входят в комплект панелей “паз-паз”. Они применяются либо того же цвета, либо контрастного или даже “золотого”, “серебряного”.

Для наборных панелей выпускаются также всевозможные аксессуары: уголки, плинтусы, карнизы и прочее под цвет панелей. Они сделаны из пластика, МДФ или ДВП, их можно приклеить или прибить гвоздями.

Основой наборных стеновых панелей может быть натуральная древесина, ДСП, ДВП или МДФ, а также пластик.

Облицовочные **панели из натурального дерева** изготавливаются из массива древесины ценных пород - дуба, кедра, клена, ольхи. Их можно использовать в жилых помещениях, прихожих, кабинетах, а также, при правильной установке (с вентиляционным промежутком), во влажных помещениях, таких как кухня и ванная, при условии, что деревянные панели покрыты со всех сторон специальным воском, включая пазы и гребни, которыми для удобства монтажа снабжены панели. Восковое покрытие абсолютно водонепроницаемо. Оно отталкивает воду и невосприимчиво к грязи, не трескается, не шелушится, не отслаивается.

В настоящее время многие производители начали выпуск трехслойных панелей. Они состоят чаще всего из лицевого слоя, выполненного из ценных пород древесины, в то время как остальные слои выполняются из сосны или ели. Слои склеиваются под высоким давлением и температурой. Для компенсации линейных деформаций древесины слои располагают таким образом, чтобы волокна в них были разнонаправленными. Готовую многослойную панель покрывают акриловым лаком или «восковым блеском».

Панели на основе древесных стружек и опилок. Помимо натуральной древесины для основы наборных панелей используются и различные древесные материалы, сформированные определенным образом из древесных стружек или опилок, - ДСП, ДВП, MDF, OSB, HDF.

Материалы на основе ДСП, ДВП, MDF, OSB, HDF отличаются друг от друга в основном эксплуатационными

свойствами. Панели на основе MDF и ДВП с высокой плотностью, в отличие от ДСП, могут применяться для любых помещений, в том числе и помещений с повышенной влажностью. Они долговечные, экологически чистые, легко моются. Но применять их в местах, где есть прямое попадание воды, - нельзя.

Панели на основе MDF. MDF (middle density fibreboard) - это древесно-волоконистая плита средней плотности (рис. 1.23), аналог российской ДВП с плотностью 650-850 кг/м³. Связующим элементом является лингин. Водостойкость панелей на основе MDF делает их пригодными для использования в ваннных комнатах и кухнях, что отмечено соответствующим знаком на вкладыше упаковки («капля воды»). Они пригодны для мокрой уборки.



Рис. 1.23. Наборные панели фирмы HDM со специальной облицовкой поверхности по методу ELESKO:
1 - MDF; 2 - слой клея; 3 - бумага с декором; 4 - антистатичный слой с добавлением минеральных частиц (корунда)

Панели MDF выдерживают достаточно большие нагрузки, на них можно вешать шкафчики, картины. Выпускаются также огнеупорные MDF-панели.

Лицевая поверхность панелей из древесных материалов отделяется либо лакированным шпоном из ценных пород дерева, либо соответственным образом окрашенной и покрытой меламином бумагой. Защитный лаковый слой и меламин предотвращают образование устойчивых загрязнений и проникновение влаги в тело панели, предохраняют от воздействия ультрафиолета. Поэтому панели не выцветают даже от попадания на них прямых солнечных лучей. И то и другое покрытие не притягивает пыль и считается гигиеничным. Рисунки могут быть самые различные: под дерево, мрамор, камень, абстрактные, орнаменты, и т.д.

Панели, покрытые меламином, можно мыть, используя мягкие моющие средства. Лаковое покрытие обильно смачивать не рекомендуется, его обычно протирают чуть влажной тряпкой или губкой. Трудновыводимые пятна с меламиновой или лаковой поверхности удаляются с помощью слабого растворителя. При этом нельзя использовать абразивы или сильные растворители.

Выпускаются также панели со специальным антистатическим слоем и с добавлением минеральных частиц (корунда). Это придает поверхности не только оптический эффект, но также повышает их износостойкость. Панели могут быть отделаны также текстилем или высококачественными бумажными или виниловыми обоями, которые наклеиваются на плиты при помощи специального клея. Такие декоративные панели обеспечивают хорошую изоляцию тепла и звука, улучшают акустику в помещении, т.к. обладают способностью поглощения звука.

Панели крепятся к обрешетке специальными скобами (клямерами), которые прикручиваются шурупами с их тыльной стороны. Есть два основных классических способа установки наборных панелей. Первый - соединение скрытой вставной раскладкой. В этом случае панели прис-

тавляются вплотную друг к другу. Второй – соединение видимой вставной раскладкой (между панелями остается небольшой зазор). Популярностью пользуется также установка панелей с промежуточными декоративными рейками и так называемая комбинированная с горизонтальным, вертикальным и наклонным расположением панелей.

Следует помнить, что если на стену, облицованную панелями, необходимо будет навесить тяжелое оборудование, то его придется крепить при помощи длинных шурупов либо к обрешетке, либо непосредственно к капитальной стене.

На нашем рынке наборные панели на основе ДСП, ДВП и MDF представлены следующими фирмами: «СОЮЗ» (Россия), АТЕХ (Германия), CLASSEN (Германия), НDM (Германия), КОSCHE (Германия), КRONOSPAN (Польша) и другими.

Пластиковые панели. Наборные пластиковые панели представляют собой объемные пластины с сотовой продольной внутренней структурой (рис. 1.24), благодаря чему они обладают высокими звуко- теплоизолирующими свойствами. Стандартные размеры панелей: длина – от 2500 до 6000 мм, ширина – 100-300 мм, толщина – 8-12 мм.

Изготавливаются панели из твердого ПВХ (поливинилхлорида) с минимальным включением смягчителя. Они не содержат кадмия и асбеста и обладают множеством достоинств: долговечны, не горючи, влагостойки, за ними очень легко ухаживать. Они отвечают самым жестким требованиям по гигиеничности. Ими можно отделывать бытовые помещения, туалеты, ваннные комнаты, кухни и душевые кабины. Они не боятся прямого попадания воды.

Отдельные виды панелей допускают температурный диапазон применения от (-40) до (+115)°С, но большинство не рекомендуется применять при колебаниях температуры свыше 20 °С.



Рис. 1.24. Наборные пластиковые панели

С лицевой стороны пластиковой панели на гладкую поверхность специальными методами печати нанесен декоративный рисунок. Окраска чаще всего однотонная, «под дерево» или натуральный камень. От влаги, ультрафиолета и повреждений она защищена слоем лакового матового или глянцевого покрытия. Лак обладает антистатическими свойствами (не притягивает пыль).

Устанавливаются пластиковые панели на обрешетку с помощью степлера или прямо на стену (если стена достаточно ровная и сухая), используя силиконовый или неопреновый акриловый клей. Пластиковые панели легко режутся как вдоль, так и поперек, поэтому проблем с подгонкой размеров при монтаже не возникает.

Между собой панели соединяются по принципу «паз-гребень» или «паз-паз» (рис. 1.25). При первом типе соединения панели плотно стыкуются друг и другом, образуя единый рисунок. Данный тип соединения применяется в помещениях с повышенными требованиями по гигиене. Во втором случае расшивка может не совпадать по цвету с па-

нелями или даже быть зеркальной. Вставки могут быть рельефные и плоские.

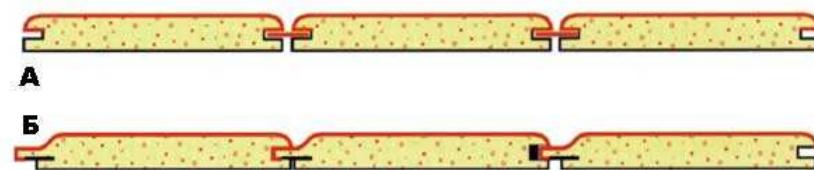


Рис. 1.25. А - Панели с независимой расшивкой («паз-паз»);
Б - с укрупненной расшивкой («паз-гребень», HDM)

На нашем рынке представлены пластиковые панели, выпускаемые компаниями: «ГПС ЛД» (Россия), «РЕАС» (Россия), «РБК» (Россия), BLANCOPLAST (Германия), DECEUNINCK (Бельгия), DECOFORM (Бельгия), GROSFILLEX (Франция), VENTA (Бельгия), VOX (Польша), WAVIN (Голландия) и другими [8].

1.4.2. Особенности облицовки современной плиткой

Традиция отделки плиткой помещений, подвергающихся воздействию влаги, подвигает изготовителей этого материала на его совершенствование. Интерьеры от этого только выигрывают (рис. 1.26).

По внутренней структуре различают плитки тонкой и грубой керамики. Скол плиток тонкой структуры довольно гладкий и однородный. Скол плитки из грубой керамики имеет крупнозернистое строение. Браком такой скол назвать нельзя, так как перед вами просто материал другого вида [15].

Если *керамическая плитка* делается по *литьевой* технологии, то исходная сырьевая масса имеет консистен-

цию густой сметаны. Эту глиняную массу разливают по формам, специально подготовленным под размер будущих плиток. Далее заготовку высушивают и обжигают. Данный метод довольно дешев и быстр, но с его помощью сложно получить плитку идеальной геометрии, абсолютно идентичной толщины и формы.



Рис. 1.26. Интерьер с облицовкой плиткой

Прессованная плитка получается методом прессования порошкообразной смеси глины с добавками со строго определенным содержанием воды. Под высоким давлением эта смесь уплотняется и прессуется. В результате этого получается керамическая плитка или керамогранит в зависимости от технологических особенностей прессования и сырья. Такая плитка имеет очень хорошие характеристики плотности, морозостойкости и износостойкости.

Наиболее популярная технология в настоящее время, – **экструдирование**. В этом случае глиняная масса протягивается через специальные валики. Валики вытягивают

сырьё в глиняную ленту, которая потом нарезается на куски нужного размера. Толщина и ширина плитки определяется размерами валиков. Поскольку вся партия проходит через одни и те же валики, то по габаритам плитки, практически, не отличаются друг от друга.

Перед выполнением любых плиточных работ необходимо подготовить надежное и ровное основание. Плитку можно класть поверх различных типов стеновых покрытий: на штукатурку, гипсокартон, цементный обрызг, фанеру, краску, даже поверх старой керамической плитки. Однако для успешного выполнения плиточных работ поверхность должна быть сухой, чистой и твердой. Плитку можно класть непосредственно поверх глянцевой или эмульсионной краски, если, конечно, сама краска и штукатурка под ней прочны и не имеют дефектов. В этом случае потребуются минимум подготовительных работ. Старую клеевую краску придется удалить полностью. Для этого необходимо смыть ее водой и обработать поверхность стабилизирующим раствором, например, поливинилацетатным герметиком. Старые обои тоже надо полностью удалить. Перед продолжением работ необходимо стене окончательно высохнуть. Если старая керамическая плитка крепко держится на стене и ее поверхность достаточно ровная, новую плитку можно класть непосредственно поверх старой. По возможности, располагайте новую плитку так, чтобы она перекрывала стыки старой. Рекомендуется зачистить поверхность старой плитки шкуркой из карбида кремния. Это обеспечит лучшее сцепление новой плитки со старой. Можно вместо этого использовать специальный дорогой **клей с повышенными адгезионными свойствами**. Такой клей позволяет склеивать между собой абсолютно гладкие поверхности, не имеющие пор, например, стекло.

Разбитую или шатающуюся старую плитку необходимо аккуратно отбить и заполнить это место цементом

или штукатуркой заподлицо с остальной поверхностью. Так же обрабатывают и места выпавшей старой плитки. Новую плитку надо класть на абсолютно сухую и чистую поверхность.

Поверхность, на которую кладется плитка, должна быть ровной. Причем, необходимо проверить ровность стены во всех направлениях с помощью алюминиевого правила. Хотя связующий материал и может заполнить впадины в стене глубиной до 6 мм, любые существенные неровности сильно скажутся на стоимости и качестве работы. Расход клея при неровной стене значительно возрастает.

Небольшие выпуклости можно сбить молотком и зашпатлевать оставшиеся углубления. Впадины также можно зашпатлевать или углубить и заштукатурить. Если стена очень неровная, стоит нанести тонкий слой свежей штукатурки или обшить стену гипсокартоном. Небольшие трещины в штукатурке не страшны, но большие необходимо заделать. Отстающую штукатурку надо сбить и зашпатлевать или оштукатурить эти участки.

Облицовка искусственным камнем. Искусственным камнем называют декоративный облицовочный материал, имитирующий фактуру горных пород.

Популярность этого материала объясняется прежде всего его относительно невысокой стоимостью, долговечностью, огне- и влагостойкостью, простотой укладки (он значительно легче натурального камня), а также декоративными качествами [8].

Современные искусственные камни изготавливают в основном методами вибропрессования или вибролитья из белого высококачественного цемента, песка, армирующих добавок, различных наполнителей и цветных пигментов. Применяются формы из различных материалов: пластиковые, гипсовые, полиуретановые (в зависимости от того, какой камень копируется). Ведущие производители выпускают

кают изделия, окрашенные в процессе производства, что обеспечивает их цветостойкость на весь период эксплуатации, в отличие от плиток «под натуральный камень», с окрашенной поверхностью, которые достаточно быстро могут потерять свой внешний вид.

Облицовочные изделия из искусственного камня выпускаются различных размеров - от 5 см² до 0,5 м² при толщине 1 - 2 см. Толщина плит «под булыжник» и «дикий камень» может достигать и 10 см. Современные технологии позволяют копировать с удивительной точностью структуру гранита, базальта, песчаника и т.п. Кроме этого выпускаются облицовочные плитки таких цветов и фактур, которые не существуют в живой природе.

Искусственный камень отличается от натурального меньшим весом и простотой крепления, что расширяет возможность его применения в интерьерах как общественных, так и жилых помещений. Его используют для внешней облицовки зданий, для внутренней отделки стен, колонн, отдельных элементов интерьера (рис 1.27).

Ещё одна область применения искусственного камня – это облицовка каминов. Но в этом случае следует помнить, что в отличие от натурального камня его нельзя укладывать таким образом, чтобы он соприкасался с нагревающимися поверхностями.

При использовании искусственного камня для бассейнов, саун или других помещений с влажной или агрессивной средой элементы облицовки необходимо обрабатывать специальным гидрофобным раствором.

В ассортименте производителей обычно всегда присутствуют дополнительные декоративные элементы (обрамления окон, угловые детали, и т.д.), что позволяет создавать точную имитацию каменной кладки. Искусственным камнем можно облицевать любую поверхность: деревянную, металлическую, гипсокартон, бетон, кирпич. Для кре-

пления облицовки применяют специальный клей или мастику. Выбор типа клея зависит от разновидности, формы камня, материала основания и архитектурных задач.



Рис. 1.27. Использование в современных интерьерах искусственного камня

Искусственный камень не требует особого ухода, может прослужить не один десяток лет, не изменив своего цвета и фактуры.

На нашем рынке искусственный камень представлен следующими фирмами: «CHELSEA group», «EUROKAM», «KAMROCK», «АЛЬКОРА-КЕРАМИКА», ЭКОЛИТ и другими.

Современные технологии позволяют с удивительной точностью копировать структуру натурального камня (рис. 1.28).



Рис. 1.28. Пример элементов облицовки из искусственного камня – EUROKAM

1.4.3. Технология отделки пробкой и особенности таких покрытий

Примерно половина мировых запасов пробки - толстой пористой коры пробкового дуба (*quercus suber*) - приходится на Португалию. Остальная часть плантаций этого уникального дерева рассеяна по приморским странам Средиземноморья - Алжиру, Тунису, Марокко и Испании. Для укупорки амфор пробку использовали еще в Древнем Риме, однако ее "строительная карьера" началась только в XVIII веке, когда португальцы впервые применили кору пробкового дуба в качестве кровельного материала.

А с тех пор, как был изобретен способ экономной промышленной переработки коры пробкового дерева в превосходные отделочные материалы, она начала завоевывать мир.

Технология добычи пробки проста и экологически "безболезненна": в чем-то она напоминает стрижку овец. По достижении 25-летнего возраста дубы на специально

выращиваемых плантациях вручную освобождают от коры по всей поверхности ствола. Парадоксально, но это никак не отражается на их жизнедеятельности, более того - через 9 лет деревья полностью восстанавливают утраченный пробковый панцирь, и вся нехитрая, но достаточно утомительная процедура повторяется.

Существует несколько видов настенных покрытий из пробки: обои, листы, рулоны и плитка [8, 16].

Пробковые обои представляют собой бумажную основу с нанесенным тонким декоративным слоем пробки. Листовые и рулонные покрытия, как правило, бывают двухслойными. Слой агломерированной (измельченной и спрессованной) пробки покрывается пробковым же декоративным слоем-шпоном. Лицевая сторона покрытия шлифуется, а сверху может быть покрыта лаком или пропитана воском.

Обои выпускаются в виде рулонов размерами 5500×760 мм (8000×500 мм). Их наклеивают специальным обойным клеем - так же, как и любые другие тяжелые обои.

Пробковые обои не требуют какой-либо специальной обработки поверхности стены, они хорошо держатся на любой прочной основе.

Пробковые листы делают из гранулированной пробки толщиной 3 мм и размером 600×300 или 610×305 мм.

Пробковые листы бывают одно- и двухслойные. У последних основной слой из пробковой крошки иногда окрашивают, а на него сплошным ковром напрессовывают шпон из натуральной пробки. Шпон приклеивают к основанию. В итоге получают цветные вкрапления на фоне текстуры пробки. Выпускается широкий ассортимент моделей, каждой из которых свойственна своя фактура рисунка и колорит. Лицевая сторона листа может

обрабатываться тремя способами: только шлифовкой, дополнительно слабой пропиткой лаком, а также вошением.

Настенные пробковые листы, покрытые воском, можно использовать даже в таких помещениях, как ванные комнаты и кухни. Восковое покрытие обеспечивает надежную защиту от влаги и предотвращает насыщение материала неприятными запахами, а также позволяет делать влажную уборку. Не покрытые воском изделия могут использоваться во влажных помещениях только при условии обязательного покрытия лаком после наклейки.

Декоративные пробковые рулоны поставляют лентами длиной 8-10 м, шириной 0,5-1 м, толщиной 2-4 мм. При их производстве основой служит прессованная пробковая крошка (агломерат), на которую наносится декоративный пробковый шпон. Полотна имеют плотность 170-210 кг/м³, высокие показатели по тепло- и звукоизоляции.

Пробковые рулоны для стен, являясь натуральным продуктом, имеют как естественные оттенки и цвета, свойственные самой природе, так и цветные вкрапления. Они в полтора-два раза дешевле, чем листовые изделия. Изделия из пробки широко используются в строительстве как тепло- и звукоизоляционный материал, отделочный материал в качестве настенного и напольного покрытия, а также для защиты от вибрации.

Пористая структура пробки, включающая в себя миллионы замкнутых пузырьков воздуха разной величины, пропитанная природным пробковым веществом – суберином, предопределяет свойства данного натурального отделочного материала. Каждый элемент сотовой пробковой структуры действует как миниатюрный термоизолятор, акустический поглотитель и сжимающая пружина. Именно поэтому покрытия из натуральной пробки имеют высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики, обладают превосходными амортизирующими свойствами.

Коэффициент звукопоглощения на частоте 1000 Гц пробкового покрытия толщиной 2 мм составляет 0,1. Поэтому в помещении, где в отделке была применена пробка, шум будет значительно снижен, а эффекта эха наблюдаться не будет. Благодаря прекрасным акустическим характеристикам пробковые покрытия часто используются для отделки комнат, в которых устанавливается аудиоаппаратура или «домашние кинотеатры».

Пробковое покрытие обладает высокими антистатическими и бактерицидными свойствами. Оно стойко к воздействию химических веществ бытового использования. Не поддерживает горения и не выделяет вредных веществ при сильном нагреве. Изделия из пробки сохраняют неизменной свою текстуру и цвет под воздействием солнечных лучей. Несмотря на пористую структуру, пробка не впитывает в себя и не пропускает посторонние запахи и влажные испарения.

Текстура пробки разнообразна - меняется от мелкозернистой до пластинчатой, напоминающей мрамор. Красочная гамма включает теплые оттенки желтого, охры и коричневого цветов (рис. 1.29). Созданы также покрытия с цветными вкраплениями и полностью цветные.

Помимо декоративных покрытий выпускается также и *техническая пробка*. Она не имеет декоративного слоя и применяется для улучшения тепло- и звукоизоляции стен, полов и потолков.

Все изделия из пробки наклеиваются встык. Пробковые обои приклеиваются так же (и тем же клеем), что и обычные тяжелые обои на бумажной основе. Декоративные и технические покрытия – специальным клеем для пробки, который тонким слоем наносится на стену и тыльную сторону покрытия. После этого оно прижимается к стене. При укладке необходимо применять только рекомендованный производителем клей и следовать инструкциям

и советам, изложенным в технической документации.



Рис. 1.29. Пробковые покрытия

Экспортом пробки в страны СНГ занимаются всего несколько фирм. Это – португальские AMORIM (торговые марки IPOCORK и WICANDERS) и GRANORTE, а также испанские и немецкие BERTRANCORK, RODA, PRIMACORK, NOVOCORK.

Необходимо помнить, что пробка из-за пористой структуры расширяется и контрастирует в зависимости от изменений влажности. Чтобы не допустить изменения размера пробки после установки на стену, ее распаковывают и оставляют в комнате, в которой она будет установлена, примерно на 2 суток.

Если пробку устанавливают в месте, где она может быть подвержена воздействию влаги, необходимо использовать специальный водостойкий клей и покрытия с защитной пленкой из лака или воска. Лак и воск кроме этого защитит их от пыли. Но использовать при этом можно только тот лак, который позволит пробке "дышать".

Особенности облицовки пробковой плиткой.

Пробковые плитки можно монтировать в форме шахматной доски с перемежающимся строением. Перед началом работы партию плиток раскладывают на полу, выбрав плитки из различных упаковок, чтобы обеспечить хорошее сочетание цвета и структуры.

По линейке или правилу разрезают пробку ножом. Чтобы избежать ломки пробки, сначала накладывают вдоль линии разреза маскирующую ленту. Во время резки рабочую поверхность предохраняют с помощью твердого картона.

Прежде чем наклеить плитку, следует измерить стену и произвести необходимые расчеты. И только после этого можно приступить к работе.

Схему расположения плиток просчитывают таким образом, чтобы у края потолка и пола проходили в полформата.

Вначале измеряют длину стены и помечают середину, затем с помощью малярного отвеса, уровня и длинной рейки проводят прямо на стене две основные линии (вертикальную и горизонтальную). Обе линии должны проходить посередине, то есть делить стену пополам по высоте и длине.

Первая плитка, уложенная на стену, - центральная, то есть ее центр должен совпадать с точкой пресечения основных линий - вертикальной и горизонтальной. Перед наклеиванием контур первой плитки обводят на стене карандашом. От этой плитки размечают положение остальных.

Важно не допускать перекосов. Для этого вначале на рейке помечают расположение плиток в одном ряду (по горизонтали и вертикали), затем переносят разметку на стену, используя уровень.

Поверхность, на которую наклеивают плитку, должна быть гладкой и жесткой. Для этого надо удалить старое покрытие стены, тщательно зашпатлевать все трещины и дыры. Желательно полностью шпатлевать стены, "вытягивая" их плоскость до идеального уровня, не забывая о грунтовке как до так и после шпатлевки и шлифовки - это обязательное условие качественного уровня отделки.

Клей наносят непосредственно на стену (а не на плитку). Для образования однородного сцепления клей на стену нужно наносить равномерно. Для нанесения клея можно использовать зубчатый шпатель с расстоянием 2-3 мм между зубцами.

Ряды плиток чередуют: один ряд наклеивают по вертикали, второй - по горизонтали. Подгонку по краям осуществляют в самом конце. По краям каждую плитку подгоняют отдельно. Для этого используют две плитки. С помощью монтажного ножа и стальной линейки разрезают плитку по намеченной линии. При оформлении края клей наносят зубчатым шпателем на обратную сторону плитки.

После установки всех плиток на клей проводят по ним валиком. Равномерно нажимая на плитку, удаляют пузырьки воздуха и плотно придавливают каждую плитку к стене.

Чтобы особенно толстые и грубоструктурные плитки располагались по стене плоско, вбивают короткие гвозди без головок или панельные кнопки (булавки) на половину их длины во все четыре угла и в центр каждой плитки. После усадки клея гвозди либо удаляют, подставив кусочек дерева под молоток, либо вбивают их в трещины пробки.

Некоторые трудности вызывают участки стены, где

установлены штепсельные розетки и выключатели. Для установки плитки отключают электричество, снимают розетки и накладывают плитку прямо на отверстия. После приклеивания пробковой плитки на место находят отверстие на ощупь и в центре прорезают небольшой знак Х. Затем аккуратно увеличивают размеры знака, обрезая пробку по форме коробки. Когда клей полностью высохнет, возвращают розетку на место.

Если плитка разламывается во время установки, склеивают кусочки на стене – структура пробки такова, что она не показывает разлома.

Наклеивание пробковых обоев.

Технология наклеивания пробковых обоев несколько отличается. Слой пробки на обоях меньше одного мм. Остальные слои – это материал-носитель, обычно бумага.

Пробковые обои имеют ширину 90 см, они значительно короче обычных обоев. В комнате высотой до 2,4 м можно целыми наклеить только два полотна. Поэтому нужно сразу учитывать большое количество отходов. Однако, их можно сократить, если использовать оставшиеся куски в тех местах, которые скрыты от глаз.

Для наклеивания пробковых обоев используют специальный клей для тяжелых обоев. Клей наносят валиком из поролона на обратную сторону полотна, а не на стену. Для клея лучше всего использовать емкость, у которой ширина чуть больше, чем ширина валика. Наносить клей на полотно нужно осторожно.

Для наклеивания встык прикладывают полотно к стене, оставив сверху запас примерно 3 см. Маленькой кисточкой наносят немного клея в то место, где край отходит. Валиком для обработки швов приглаживают участки стыка полотен.

При оформлении углов надо приложить к стене отвес, определить, где проводить вертикаль. Затем подгоняют по-

лотно так, чтобы край заходил за угол, - так будет легче его оформить.

Край обоев, выступающий за плинтус или наверху за край стены, срезают ножницами. Монтажный нож в данном случае не используют: влажное от клея полотно может легко порваться. Пробковые обои, также как и любые другие, лучше наклеивать вдвоем, используя устойчивые стремянки. Тогда один держит полотно наверху, у потолка, а другой выравнивает его по вертикали и наклеивает.

1.4.4. Устройство мозаичных покрытий

Мозаика (от французского *«mosaique»*, итальянского *«mosaico»* или латинского *«mosaicum»*) - это рисунок, составленный из небольших кусочков одного или различных материалов.

В настоящее время мозаика переживает второе рождение. Все чаще можно увидеть мозаику в самых различных по назначению помещениях: в бассейнах, выставочных залах, холлах отелей, кафе, магазинах, на верандах, в прихожих и коридорах жилых домов и т.д.

Ранее устройство покрытия в технике мозаики было длительным и трудоемким процессом, сегодня же современные промышленные методы позволяют создавать мозаичные рисунки в заводских условиях и поставлять заказчику уже готовые модули. Эти модули представляют собой фрагменты собранного рисунка, наклеенного на листы плотной бумаги или сетку из полимерных волокон. В случае использования бумаги на основание укладывается модуль мозаики бумагой сверху. После того как клеевая смесь застынет, бумага смывается водой, а швы затираются.

Покрытие, выполненное техникой мозаики, может быть достаточно простым геометрическим рисунком, а может представлять собой произведение искусства с тон-

чайшими переходами света и тени. Составление сложных композиций возможно благодаря небольшому размеру элементов мозаики и широкому спектру их цветов.

Помимо готовых модулей можно также приобрести и набор разрозненных плиток разного цвета и самостоятельно составить из них рисунок, как в старые времена.

Элементы мозаики (маленькие, обычно квадратные плиточки) могут быть выполнены из камня, керамики, стекла или смальты.

Для укладки мозаики пригодны клеи и косметическая химия, разработанная для облицовки помещений соответствующей плиткой.

Каменная мозаика выполняется из натурального камня, обработанного одним из способов, которые применяются и при работе с большими плитами. Каменные плиточки мозаики могут быть полированными, шлифованными, состаренными и т.д.

В производстве мозаики используются самые разные породы камня, начиная с дешевого туфа и кончая редчайшими породами мрамора и яшмы. Элементы каменной мозаики выпускаются самой разной формы: квадратной, прямоугольной, округлой и даже вовсе неправильной.

Керамическая мозаика выполняется из кусочков керамической плитки разного оттенка, огромной цветовой гаммы, что позволяет создавать практически любые рисунки (рис. 1.30).

Чрезвычайно интересный эффект создает комбинация полированных и неполированных поверхностей. Под определенным углом зрения кусочки мозаики с полированным рисунком начинают поблескивать.

Разработана специальная мозаика для мокрых помещений. Ее особая глазурь препятствует образованию водного камня и не выцветает под воздействием воды или химических растворителей. Именно поэтому, а также благо-

даря практически нулевому водопоглощению, эта продукция прекрасно подходит для бассейнов.

Керамическая мозаика может содержать различные спецэффекты – мелкие трещинки по поверхности, разводы, вкрапления другого цвета, имитацию неровной поверхности.

Стекло́нная мозаика представляет собой сплав кремнистого песка и других компонентов с добавками окрашивающих оксидов. Она обладает уникальными водоотталкивающими характеристиками. Несмотря на то, что мозаика сделана из стекла, она гораздо прочнее, чем обычное стекло. Ведь после того как расплавленное стекло для мозаики разливают в формы, его обжигают в печах. Стекло́нная мозаика абсолютно водонепроницаема. Этот жаропрочный материал выдерживает температуру до +150 °С. Она прекрасно подходит для облицовки каминов и печей.



Рис. 1.30. Интерьер с использованием мозаики

Выпускается и эксклюзивная стекло́нная мозаика с добавлением искусственного авантюрина или золотой фольги. Настоящая золотая фольга 99-й пробы прокладывает

тся между двумя слоями стекла.

Смальта отличается от обычной стеклянной мозаики особой прочностью. Стекло растирают в порошок, прессуют в форму мозаики, обжигают в печах и получают непрозрачный материал, как бы светящийся изнутри. Кроме того, каждый элемент немного отличается от других оттенком. Из-за этого большая поверхность, выложенная смальтой одного цвета, не выглядит уныло.

В странах СНГ мозаика представлена продукцией следующих фирм: APPIANI (Италия), BISAZZA (Италия), GLASS MOSAIC (Испания), SICIS (Италия) и другими.

В настоящее время мозаика переживает второе рождение и ее все чаще можно увидеть в современных интерьерах [8].

1.5. ПОКРЫТИЯ РУЛОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

1.5.1. Технологии оклеивания обоями

Несмотря на появление множества новых современных облицовочных покрытий, обои по-прежнему остаются одним из самых используемых интерьерных материалов. Это связано с тем, что ведущие производители постоянно совершенствуют производства обоев, используют новые технологии материалы, добавки, и т.п., позволяющие не только повысить потребительские свойства обоев, но и расширить номенклатуру их дизайнов.

Обои - рулонный отделочный материал на бумажной основе с печатным или тисненым рисунком различных тонов на одно- или много-цветном фоне. Декоративное покрытие обоев может имитировать текстуру дерева, фактуру тканей, поверхность металла, камня и другие материалы.

Кто первый использовал бумагу в качестве отделочного материала для стен и кто такое придумал? Чаще всего

люди вспоминают Китай и их бумажные стены. Китайцы действительно использовали бумагу в интерьере еще 4000 лет назад, но то, что это были обои пока не доказано. Скорее это была просто чистая бумага, которая натягивалась между крепежами из дерева и использовалась в качестве разделительных легких перегородок.

Китайские мастера хранили секрет изготовления бумаги почти 2,5 тысячи лет. Лишь в VI веке о нем узнали японцы, а после сражения при Самарканде (751 г.) способ изготовления бумажных листов китайские пленники выдали арабам. Примерно в VIII веке нашей эры, бумагоделание начало распространяться в Европе, а в X-XI столетиях полностью захватило "старый свет", включая Россию. Китайские рисованные обои высоко ценились во все времена, независимо от капризов моды и разнообразия вкусов. Образцы старинных расписных обоев и сегодня украшают стенды лучших музеев мира.

Обои из любого материала были предметом роскоши и свидетельствовали о высоком социальном статусе владельцев домов с обоями. Часто обоями оформлялись только парадные помещения. Штофные обои из драгоценной шелковой пряжи со сложными композициями были возможны только в домах вельмож, дворяне с меньшим достатком довольствовались расписным холстом. Многие другие богатые европейцы заказывали художникам изготовление раскрашенной бумаги для оклейки стен. Но говорить о полноценных обоях до изобретения печатного процесса не приходится.

Традиция декоративного оформления стен оказалась очень долговечной. С техническим развитием общества развивались и технологии, связанные с созданием и монтажом стеновых покрытий. Вместо трудоемкого процесс обивки стен тканями, их стали наклеивать на основание, а затем были созданы и специальные материалы — тек-

стильные обои. Очень дорогая и тяжелая работа по ручной росписи бумажных обоев сменилась нанесением рисунка с помощью особых валков (применяется до сих пор).

И вот в 15 столетии в Европе начало развиваться бумажное производство и появились первые обои. Единственное, кого пока что не удалось определить, так это того, кто первый догадался использовать трафарет и краски, для нанесения одинакового и повторяющегося рисунка на бумагу, а потом наклеивать ее на стены.

И немцы, и англичане, и французы пытаются отнести это «новшество» к своим художественным мастерским и историки к общему мнению пока не пришли. Единственное, к чему пришли ученые однозначно, это то, что бумага была более дешевой альтернативой для тех семей, которые не могли позволить себе дорогостоящие гобелены и шелка для отделки стен своих домов.

К 17 столетию трафарет заменила техника ксилографии, которая быстро стала популярной, и практически не отличалась от нынешней техники. Клише для производства обоев изготавливали из дерева или металла. Клише раскладывалось на составные части, то есть для каждого цвета использовалось своя часть клише, а потом поочередно делался оттиск на бумаге составляя тем самым целостный рисунок. Вторым вариантом использования клише был вариант, когда полностью готовое и собранное клише вручную раскрашивали разными по цвету красками и только потом делали оттиск.

Тисненые обои впервые были изготовлены англичанами в 17 столетии и заняли свое место в качестве отделочного материала. В качестве имитации гобеленовой ткани было предложено намазывать бумагу медленно сохнущим клеем и обильно посыпать бумагу пудрой. Такой вид обоев также занял свою «долю рынка» на то время.

Китай начал поставлять на европейский рынок обои, но выполненные не столько в виде повторяющегося рисунка, сколько скорее в качестве уникальных картин. Специально для производства таких обоев вырезались крупные гравюры, на которые вручную и наносилась краска для оттиска. Такие обои были весьма дорогостоящими и продавались партиями по 25 рулонов, каждый из которых был длиной от 1,2 до 3,6 метров.

В Америку впервые такие обои были завезены в 1784 году прямо из Китая. Банкир из Филадельфии потратил на их покупку одну тысячу долларов – удивительная и шокирующая сумма на то время. По неизвестным причинам эти обои не были использованы по назначению. Они были найдены в оригинальной упаковке в начале 20 века на чердаке одного дома и успешно перепроданы. На обоях были нанесены в виде рисунка три китайские промышленные производства – рис, чай и фарфор. В 1924 году, после еще одной перепродажи, эти обои были наклеены в одном из домов Род-Айленда и удачно сохранились до нашего времени.

Первая фабрика по производству обоев была открыта в 1752 году французским мастером Ревеиллоном. В качестве сюжетов на обои брались пейзажи и поля битв. Такие обои пользовались популярностью как в Европе и Англии, так и в Америке.

Французы первые придумали использовать нарисованные на бумаге архитектурные элементы, например, колонны, карнизы и лепные украшения, и применять их в качестве имитации оригинальных изделий.

Обои – привилегия богачей. Такое правило действовало на протяжении 18-19 столетий. Только богатые семьи могли позволить себе такую роскошь, как обои, так как и производство бумаги, и обоев не было поставлено на поток, а использовалась в основном ручная работа.

В 1778 году Луи XVI издал указ, по которому следовало выпускать обои длиной около 10 метров. Первая машина, которая могла отпечатывать длинные рулоны бумаги появилась в 1785 году, но только к 1840 году она была модернизирована так, чтобы максимально, на то время, упростить процесс производства обоев и сделать их доступными для более широкого круга потребителей. Такая машина могла отпечатывать до 400 рулонов в сутки.

Особую популярность в Европе обои приобрели во второй половине 19 века. Жители той эпохи и внесли особый вклад в развитие обойной промышленности. Яркие цвета, насыщенные краски – такие были пожелания от клиентов Викторианской эпохи. В противовес избытку красок и напыщенности Уильям Моррис попытался и не безуспешно противопоставить консервативное, гармоничное и спокойное сочетание красок.

Использовать шелкотрафарет для переноса рисунка на бумагу или ткань впервые начали китайцы в период 960-1280 годов. А запатентована такая техника была только в 1907 году в Англии Самюэлем Саймоном. Первая шелкотрафаретная механическая машина была изобретена в 1920 году.

Мировые войны и период депрессии негативно повлияли на производство обоев, так как основные знания и средства шли на финансирование военных. Но к 1950 годам обои вернули себе былую популярность и сделали огромный рывок вперед. Этому рывку способствовали новые открытия как в химии, так и в других отраслях знаний. Настала Золотая Эра для обоев.

Использование в 60-х годах техники ротogravюры позволило создавать более качественный и более доступный товар. Производство обоев было поставлено на поток и вскоре обои своей неприхотливостью в обслуживании и разнообразием вариантов покорили каждый дом как в Ев-

ропе и Америке, так и в странах Советского Союза.

Моющиеся обои в нашей стране использовались для кухонь и ванных комнат, разноцветные с разнообразными сказочными героями – для детских, орнаменты и цветы – для гостиных и спален. Обои стали доступными для всех слоев общества и каждый мог позволить себе украсить свой дом с их помощью.

Современные технологии печати позволяют создавать любые рисунки на обоях и даже имитировать другие отделочные материалы настолько безупречно, что отличить их можно будет только через прикосновение. При желании, Вы можете заказать свой вариант рисунка на обоях.

Новые технологии и современные материалы для производства обоев делают их срок службы максимально длительным. Они стали более устойчивы к трению, переносят солнечный свет без ущерба для внешнего вида, прекрасно клеятся, а большая их часть устойчива к влаге.

К числу основных критериев, определяющих качество и стоимость обоев [17, 18], в первую очередь относятся:

- сорт бумаги, ее состав, толщина и плотность;
- состав и свойства иных материалов, применяемых для изготовления основы;
- качество применяемых красителей (износостойкость, устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения, стойкость к мытью и т.п.);
- число, дизайн и фактура цветовых оттенков;
- отсутствие у многослойных обоев склонности к расслоению (качество клеевых составов);
- устойчивость к воспламенению;
- экологическая чистота;
- наличие монтажного клеевого слоя.

Высококачественные обои, сделанные на основе из бумаги (тисненные, «под шелк», металлизированные и сати-

нированные, с пленочным покрытием, виниловые) хорошо скрывают мелкие дефекты стен и эффективно дополняют общее убранство интерьера.

Для производства недорогих обоев используется легкая бумага в сочетании с простыми красками, для дорогих – тяжелая бумага и самые лучшие краски. В продаже имеются обойные бордюры, с помощью которых можно оживить самые скучные интерьеры: обрамление окон, дверей, деление стены позволяет использовать разные расцветки обоев на одной стене, либо на разных стенах одного помещения.

В настоящее время появились обои в рулонах с увеличенной длиной (15 и 25 м) и шириной (1,06 м). Преимущество обоев большей длины и ширины состоит в том, что так называемая «двойная ширина» 1,06 м позволяет избежать большого количества стыков обоев на стене. Кроме того, стоимость квадратного метра получается ниже, чем у стандартных «европейских» рулонов - 0,53 x 10,05 м.

Современные технологии предоставляют также возможность максимально сократить время и упростить процесс по обновлению обоев. Достигается это применением сухоснимаемых и расслаивающихся обоев, специальной макулатуры и стирол-акрилатных спецгрунтовок. Такие решения позволяют избежать при будущих заменах обоев этапа переподготовки основания. Поверхность после удаления старых обоев остается неповрежденной и готовой к оклеиванию или окрашиванию.

Обычно обои состоят из основы и покрытия [8]. **Основа** обоев непосредственно соприкасается со стеной или потолком, и при наклейке обоев она пропитывается клеем (кроме особых видов обоев, при наклейке которых клеем промазывается стена, например, обоев на флизелиновой основе). Основа может быть *бумажной, тканевой и нетканой* (с использованием натуральных и искусственных ма-

териалов).

На основу наносится **покрытие**, при его изготовлении применяются различные материалы и их комбинации: бумага, волокна растительного, животного, минерального и искусственного происхождения, металл (в виде фольги или напыляемой пудры), кора пробкового дерева, отходы деревообрабатывающего производства, синтетические полимеры, а также разнообразные краски и лаки.

В зависимости от используемого исходного материала и способа изготовления различают следующие основные типы обоев: бумажные, виниловые, текстильные, металлизированные, флизелиновые, пробковые и другие. При этом выделяют большую группу покрытий (чрезвычайно популярных в настоящее время) - обои под покраску. К ним относятся разновидности бумажных и виниловых обоев, флизелиновые, стекловолокнистые и некоторые другие (см. классификацию, табл. 3.1).

Ниже приведены **рекомендации по выбору типа обоев для различных помещений**. В них приведены следующие сокращения: *Б* – бумажные, *А* – акриловые, *ВВ* – вспененный винил, *ПВ* – плоский винил, *РВ* – рельефный винил, *ТКС* – текстильные обои, *СТР* – структурные обои под покраску, *СТЛ* – стеклообои.

Жилые помещения (на примере квартиры).

Прихожая (коридор) - Б, А, ВВ, ПВ, РВ, СТР, СТЛ.

Гостинная - Б, А, ВВ, ПВ, ТКС, СТР, СТЛ.

Спальня - Б, А, ВВ, ПВ, ТКС, СТР, СТЛ.

Детская - Б, ВВ, СТР, СТЛ.

Кухня - ВВ, ПВ, РВ, СТР, СТЛ.

Ванная - РВ, СТЛ.

Потолок - ВВ, СТР, СТЛ.

Общественные помещения.

Кафе - ПВ, РВ, СТР, СТЛ.

Офис - ВВ, ПВ, СТР, СТЛ.

Школа - ВВ, ПВ, СТР, СТЛ.

Детский сад - Б, ВВ, СТР, СТЛ.

Медицинские учреждения - СТР, СТЛ.

Бумажные обои. Наиболее распространенными и широко используемыми остаются обои на бумажной основе, что объясняется, в первую очередь, их сравнительно невысокой стоимостью и простотой монтажа. Хотя бумажные обои очень высокого качества трудно отнести к разряду дешевых отделочных материалов. Бумажные обои обладают хорошей паропроницаемостью (стена "дышит"), что благоприятно сказывается на микроклимате помещения. Недаром в странах Европейского Сообщества действуют нормативные документы, рекомендуемые использование в детских учреждениях исключительно бумажных обоев.

Для дополнительного улучшения эксплуатационных характеристик отдельные виды бумажных обоев обрабатываются специальными составами, повышающими их влаго- и износостойкость, что расширяет область применения данного материала.

Бумажные обои выпускаются с гладкой поверхностью, с различными структурами и тиснениями (с рельефным рисунком), однослойными или многослойными. Однослойные обои часто называют «симплекс» (от латинского simplex - простой), а двухслойные покрытия - «дуплекс» (от латинского duplex - двойной).

Недавно появились на рынке и *трехслойные обои*, нижний слой которых при тиснении остается гладким, благодаря чему уменьшается вероятность деформации полотна в процессе закрепления на стене. Преимуществом данного типа обоев является также то, что при удалении старых обоев нижний слой остается на стене и служит основой для новых покрытий.

Выпускаются также дуплексные обои под окраску, которые являются обособленной группой.

В последнее время появились также бумажные обои ручного изготовления. При их производстве используется специальная бумага, на которую художниками вручную наносится рисунок или орнамент специальными красками с использованием особой технологии. Такие эксклюзивные обои имеют увеличенную ширину (0,7-0,9 м) и уменьшенную длину рулона (до 6,0 м). Специальное покрытие на восковой основе защищает поверхность ручных обоев от влаги. Как правило, такие обои изготавливают под заказ.

Примерами современных бумажных обоев может служить продукция различных фирм. Такой, например, как голландская компания «Эйффингер» (Eijffinger). Любая коллекция этих обоев уникальна. Здесь нет ни одного рисунка из тех, что продаются в обычных магазинах. За год дизайнеры разрабатывают от 7 до 10 каталогов, в каждом из которых представлено до 70 видов обоев. Причем любую коллекцию уже через пару лет снимают с производства и запускают новые разработки. Это огромная работа, которая, естественно, отражается на цене обоев.

И если можно отнести детские бумажные обои к элитным, то это о продукции французской компании Лютес (Lutece). Здесь нет набивших оскомину Микки Маусов и героев диснеевских мультфильмов. Все рисунки очень милые и необычные: одни специально для девочек, другие для мальчиков. Есть, к примеру, «джинсовые» серии для подростков. Они не выгорают, бумага не желтеет, можно протирать влажной губкой. Но срок службы бумажных обоев меньше, чем виниловых.

Бумажные обои выпускаются с гладкой поверхностью, структурные и тисненные (рельефные). На поверхность гладких обоев рисунок наносится типографским способом, причем его сложность ничем не ограничена - вплоть

до фотоизображений (фотообои) Существует множество способов печати; у каждого из них - свои достоинства и недостатки. Например, большой популярностью пользуются обои, напечатанные по мокрому фону (перед нанесением краски загрунтованная бумага не просушивается), что придает рисунку мягкую "акварельную" расплывчатость. Нередко применяется и способ флексографии (печать быстро сохнущими красками с помощью упругих (резиновых) форм), позволяющий получать более резкое и контрастное изображение. Офсетная печать отличается гибкостью производства и невысокой себестоимостью, но требует специальной обработки бумаги, а потому в производстве обоев пока еще применяются ограниченно.

Структурные обои могут получать путем нанесения на бумажную основу густотертой краски методом трафаретной ротационной печати либо другого материала, позволяющего создать структуру поверхности. Наибольшее распространение в настоящее время получили структурные бумажные обои, рельефная поверхность которых создается вспененным поливинилхлоридным покрытием (см. ниже «виниловые обои»).

На отечественном рынке популярны также тисненые дуплексные обои. Они, как и структурные, имеют рельефную поверхность. Но способ создания ее иной.

И структурные, и рельефные обои (в отличие от гладких) позволяют, до некоторой степени, скрывать мелкие неровности стены. Эти обои состоят из двух, соединенных между собой слоев рельефной бумаги («дуплекс»), тисненой посредством прокатки влажного материала через рельефные валики.

В чем же преимущества двухслойных обоев в сравнении с аналогичными однослойными? Ответы достаточно очевидны:

1. Они значительно прочнее, поскольку суммарная плотность бумаги дуплекса, как минимум, в полтора раза больше, чем симплекса (примерно 180 г/м² и 120 г/м² соответственно).
2. При изготовлении дуплексных обоев может осуществляться более глубокое и стойкое тиснение, так как оно затрагивает только верхний слой бумаги - покрытие. Поверхность обоев становится рельефной, а основа остается гладкой.
3. Клеем пропитывается только основа, поэтому уменьшается вероятность деформации рельефа полотна в процессе закрепления на стене.
4. Два слоя бумаги в сочетании с лакокрасочным покрытием образуют на стене довольно толстый "пирог". Поэтому обои "дуплекс" обладают более выраженными (по сравнению с «симплексом») звукопоглощающими и маскирующими свойствами, а также меньшей теплопроводностью.

В Украине представлены дуплексные обои отечественных и зарубежных производителей. Это "КОРЮКОВСКАЯ ФАБРИКА ТЕХНИЧЕСКИХ БУМАГ" (Черниговская область; торговая марка "Славянские обои"), "ДНЕПРОМАЙН" (совместное украинско-германское предприятие, г. Днепропетровск). Из западноевропейских производителей бумажного дуплекса на нашем рынке преобладают немецкие фирмы: RASCH, ERISMANN, MARBURG, LEGOCOL, AS CREATION и другие. Реже можно встретить аналогичную продукцию из Испании (AZOAGA), Франции (GRANTIL, ESSEF) и Англии (JOHN WILMAN).

Сфера применения обоев с бумажным покрытием очень широка. Ими можно оклеить гостиную и спальню, кабинет и прихожую, коридор и кладовую. Особо рекомендуются бумажные обои для детских комнат, ведь в материале полностью отсутствуют вредные для здоровья че-

ловека компоненты. А вот для кухни и санузла такие изделия не подойдут: под действием высокой влажности и перепадов температуры они быстро деформируются и могут отклеиться от стен или потолка.

Обои, декорированные натуральными волокнами.

Если вы любите натуральные материалы, цените ручную работу и стремитесь создать в своём доме неповторимый и оригинальный интерьер, обратите внимание на растительные обои [15, 17] (рис. 1.31).

Такими обоями называют бумажную основу, декорированную переплетёнными вручную натуральными волокнами растений Азии. За счёт этого растительные обои:

- поглощают шум;
- служат дополнительной теплоизоляцией;
- обладают хорошей светостойкостью;
- являются экологически чистыми.

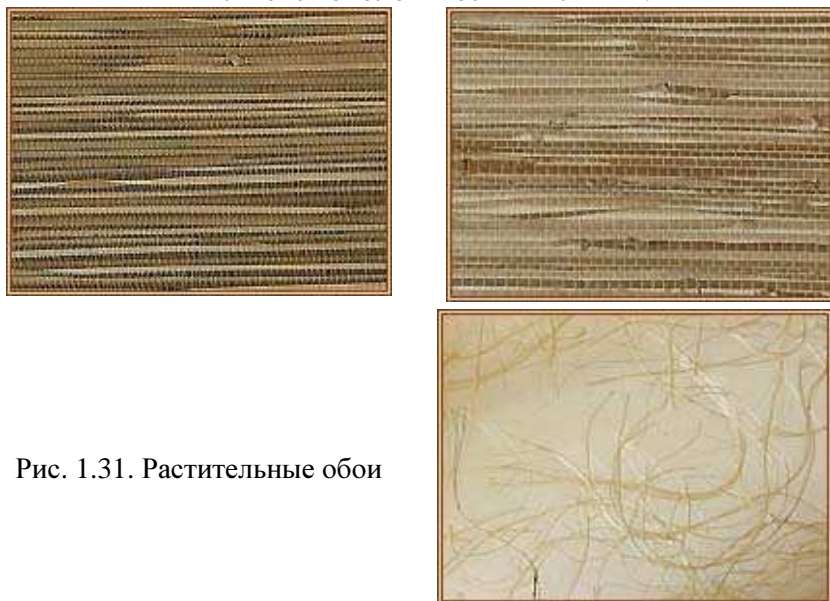


Рис. 1.31. Растительные обои

Материалы, содержащие льняные волокна, обладают ещё и бактерицидными свойствами. При изготовлении растительных обоев используются только природные материалы – они, как нельзя лучше, сохраняют воздухообмен между стеной и помещением, одновременно являясь естественным фильтром, и равномерно распределяют влажность.

Существует множество техник изготовления растительных обоев и бесконечное разнообразие растений, используемых для их декорирования: тростник, степная трава, джут, нити папируса и т. д. Такое разнообразие позволяет производителям представить широкий набор стилевых решений: от жгучего латиноамериканского до сдержанного японского. Выбор зависит, исключительно, от вашего темперамента и стремления привнести в однообразную повседневность каплю экзотики и свежего воздуха.

Растительные обои – это передовые европейские технологии и натуральные, экологически чистые материалы. Отдельвая квартиру растительными обоями, вы не потеряете связь с природой даже в самом современном городском микрорайоне.

Фотообои. Среди всего многообразия обоев особняком стоят фотообои. Они представляют собой полотна бумаги, на которые фотографическим способом нанесены фрагменты больших картин, чаще всего с изображением ландшафтов и пейзажей [10].

Продающиеся в настоящее время фотообои имеют определенные размеры, в зависимости от которых может быть различным их назначение. Картины могут состоять из одного куска (на дверь) или двух, четырех и более (для целой стены). Есть фотообои, которые предназначены для оклейки стен в помещении, как полностью (от пола до потолка), так и частично (например, до середины стены). Существуют фотообои, которые предназначены специально

для оклейки дверей.

Виниловые обои. Виниловые обои появились на строительном рынке сравнительно недавно. Конструктивно они представляют собой бумажную (иногда текстильную) основу, покрытую с лицевой стороны слоем поливинилхлорида (ПВХ) (рис. 1.32) [8]. Технология нанесения и структурирования верхнего винилового слоя позволяет создавать такое многообразие вариантов, что виниловые обои можно отнести к наиболее интересным, с декоративной точки зрения, видам покрытий. Слой ПВХ защищает обои от влаги, ультрафиолетового излучения и различных видов механического воздействия. Это обеспечивает их долговечность.

Виниловые обои можно разделить на следующие группы: моющиеся обои, обои из твердого винила, шелкография и вспененный винил (структурные виниловые обои).

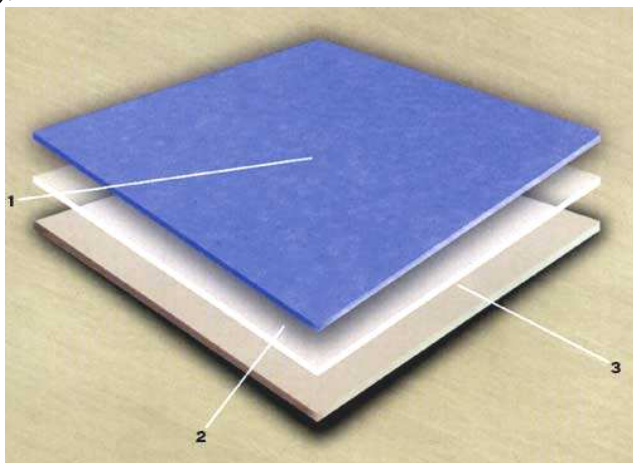


Рис. 1.32. Структура виниловых обоев на флизелиновой основе (IDECO): 1 - виниловый слой; 2 - непрозрачный слой, маскирующий неровность цвета стеновой поверхности; 3 - флизелиновая основа

Моющиеся виниловые обои - самый простой вариант виниловых обоев, в процессе изготовления которых бумажная основа с нанесенным рисунком ламинируется тонкой полиэтиленовой пленкой. Их преимуществом перед другими типами виниловых обоев является сравнительно невысокая стоимость.

Однако, следует помнить, что такие обои имеют, практически, нулевую паропроницаемость. Следовательно, стены, покрытые такими обоями не будут «дышать».

Для производства **обоев из твердого винила** используется выпаренный винил. Это винил, прошедший термическую обработку, в результате которой из него были выведены вредные вещества (такие как формальдегидные смолы). Они не вызывают аллергических реакций и имеют сертификат европейской независимой экологической экспертизы. Для обеспечения беспрепятственного вывода излишков влаги из стен разработана специальная трехслойная бумага, используемая для основы этих обоев. Такие обои не тянутся, не разбухают от клея, не выгорают, устойчивы к истиранию, их можно мыть даже с применением чистящих средств, а благодаря четко выверенному подбору рисунка стык между полотнами не заметен даже с близкого расстояния, кроме того, за счет плотности материала эти обои способны скрыть мелкие изъяны стены.

Высококачественные покрытия из твердого винила имеют плотность 250-350 г/м², отличаются повышенной механической прочностью и устойчивостью к чистке. Их можно мыть мягкой щеткой с применением мягких моющих средств на щелочной и спиртовой основе. Эти обои имеют высокую стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения, не желтеют и не выгорают на протяжении длительного периода эксплуатации. Разнообразие их фактур и рисунков просто не поддается описанию. Цветовая гамма чрезвычайно обширна: яркие сочные, насыщенные

тона чередуются с приглушенными. Часть покрытий создает полную иллюзию бумажных обоев, причем в коллекциях некоторых производителей имеются покрытия с рисунками, являющимися точными копиями рисунков старинных обоев. Другие покрытия напоминают на ощупь замшу или кожу.

Встречаются обои, имитирующие роспись акварелью по ткани. К этому типу покрытий относятся и *обои* из так называемого *плотного* или *тяжелого винила*. Благодаря особому способу нанесения рельефа (горячее тиснение) они имеют очень четкую фактуру, что позволяет имитировать керамическую плитку, натуральный камень и другие отделочные материалы. Их свойства (повышенная влагостойкость и прочность винилового покрытия) позволяют использовать эти обои в помещениях, стены которых постоянно подвергаются воздействию влаги и повышенных механических нагрузок (кухни, ванные комнаты, туалеты, коридоры и т.п.). Необходимо помнить, что в этом случае они требуют специального водостойкого клея.

В группу виниловых покрытий можно также включить *вспененные виниловые обои под покраску*. Такие обои («*вспененный винил*») достаточно толстые, их внешняя поверхность имеет ярко выраженный рельеф. Они могут быть с блестками, вкрапленными в верхнее покрытие, иметь различные фактуры и расцветки. Эта разновидность виниловых обоев, благодаря своей плотности и рельефной поверхности, хорошо подходит для того, чтобы скрывать различные неровности на стенах. В помещениях с помощью обоев «вспененный винил» можно легко создать эффект рельефной штукатурки (рис. 1.33).



Рис. 1.33. Интерьер с виниловыми обоями

Дополнительно вспененный винил можно подвергать тиснению, как бы приминать - гладко или с рисунком.

Шелкография - это разновидность виниловых обоев, имитирующих шелковую ткань. Они также состоят из двух слоев: бумажной основы и верхнего декоративно-защитного слоя из чистого винила или винила с шелковыми нитями. Верхний слой может быть как рельефным, так и гладким. Это самый большой класс виниловых обоев по разнообразию дизайна и степени блеска. Производятся они на основе винилизованной бумаги, которая окрашивается сложным способом. Затем она подвергается нагреванию и сильному тиснению. Обои по фактуре получаются тонкими, сглаженный винил создает эффект шелка.

«Шелкографию» делают с разной толщиной винилового слоя, фактура поверхности может быть также различной, например, имитация покрытий из кожи.

Недостатком большинства виниловых обоев, как и любого другого синтетического материала, является воздухо-

непроницаемость. Правда, в настоящее время ряд ведущих фирм предлагает виниловые обои, допускающие влагообмен с окружающим воздухом за счет микропор. Они, с одной стороны, – не пропускают влагу под обои при их мытье, а с другой - дают возможность испаряться конденсату из-под покрытия. Конечно, по сравнению с бумажными, гораздо в меньшей степени.

Наклеивание виниловых обоев имеет свои особенности. Основание, как правило, необходимо предварительно окрасить грунтовкой или оклеить макулатурой. В зависимости от весовой категории для виниловых обоев используют два вида обойного клея: специальный или специальный для стеклотканей.

При наклеивании также следует помнить, что виниловые обои имеют большой коэффициент линейного растяжения (кроме обоев из твердого винила). При нанесении клея они сильно растягиваются, а при высыхании - сжимаются. В результате этого швы между полотнищами обоев при нарушении технологии работ или неправильном выборе клея могут разойтись. Клеить их следует встык, а разглаживать специальным валиком.

Обои из твердого винила, как уже говорилось выше, не разбухают от клея, и вследствие этого наклеивать их легче, чем другие типы виниловых обоев. Благодаря плотности материала полностью исключается просвечивание стены через обойное полотно, поэтому такие обои можно клеить прямо на бетонную стену без ее предварительного окрашивания.

Виниловые обои позволяют достаточно достоверно имитировать множество материалов - от фактурных штукатурок до текстиля. Это моющиеся, прочные и долговечные покрытия; все обои, относящиеся к данной группе, водостойкие (хотя и в разной степени). Благодаря этим свойствам виниловые обои можно использовать для оклейки по-

мещений, требующих частой влажной уборки с применением моющих средств (кухонь, ванных комнат, прихожих, холлов, и т.д.).

Текстильные обои. Главное достоинство всех текстильных обоев (которым, в частности, обусловлена их высокая цена) – прекрасный внешний вид. Кроме того, при соблюдении правил наклейки, их поверхности трудно отличить от обитых тканью. Швы между полотнами почти незаметны. Эксплуатационные свойства текстильных обоев многих типов далеки от совершенства. Эти изделия нестойки к механическим повреждениям, легко впитывают пыль, влагу и запахи. С другой стороны, такие обои, изготовленные с использованием натуральных материалов, наделены природной красотой и энергетикой. А еще – могут похвастаться малой теплопроводностью, высоким звукопоглощением и светостойкостью. Покрытия, в составе которых присутствуют льняные нити, обладают еще и антибактериальными свойствами.

Текстильные обои выпускают на различных основах: бумажной, специальной звукопоглощающей, флизелиновой, DRALON [8]. Дралон – современный акриловый материал, прекрасно защищающий ткань от клея при монтаже и позволяющий в процессе оклейки обоев подгонять полотна и даже их переклеивать.

Текстильные обои бывают двух типов. При производстве обоев первого типа (более дешевых) на основу наклеиваются параллельные нити. Обои второго типа производят путем наклеивания на основу фактурной ткани.

Текстура наклеенных текстильных обоев создает эффект сплошной тканевой поверхности. Технология производства текстильных покрытий настолько сложна, что их выпускают лишь немногие, в основном, западноевропейские фирмы.

Текстильные обои чаще всего используют в спальнях, гостиных, кабинетах, и т.п., т.е. в помещениях с постоянной температурой и влажностью. Их нельзя применять там, где они могут подвергаться истиранию или прямому воздействию воды (в прихожих, коридорах, кухнях, санузлах, и т.д.). Большинство текстильных обоев стойки к выгоранию. Срок их эксплуатации достигает 10-12 лет, при этом, в отличие от других типов обоев, при появлении грязевых пятен допускается химическая чистка, аналогичная чистке текстильных изделий.

Кроме эстетических свойств текстильные обои достаточно функциональны: они поглощают звук и являются неплохой дополнительной теплоизоляцией. Они светостойки, экологически чисты и обладают достаточной износостойкостью. Для того чтобы текстильные обои не притягивали пыль, их пропитывают антистатическими пылеотталкивающими составами. Более того, некоторые из них имеют защитный слой, аналогичный по своим свойствам тефлоновой защите. В таком случае допускаются их влажная уборка. Антистатическая обработка и специальное «тефлоновое» покрытие обоев в совокупности создают своеобразную защиту от пыли, грязи и влажности.

К недостаткам текстильных обоев, особенно толстых, например, фетровых или джутовых, относится то, что они хорошо впитывают и сохраняют запахи. Текстильные обои требуют гораздо более бережного обращения, чем виниловые обои. Периодический уход за ними состоит в осторожной обработке пылесосом, сухой тряпкой с пылепоглощающей пропиткой или мягкой щеткой. Мыть текстильные обои категорически не рекомендуется (кроме имеющих защитный «тефлоновый» слой).

Под оклеивание текстильными обоями требуется хорошо подготовленное основание: сухое, влагостойкое и ровное. Просвечивающие текстильные обои

требуют неконтрастирующего по цвету основания. В таких случаях рекомендуется применять пигментированную грунтовку или рулонную макулатуру. Для наклеивания текстильных обоев используют специальный клей для стеклотканей или клей с 20% добавкой ПВА.

Особую группу составляют *звукопоглощающие текстильные обои*. Данные обои специально разработаны для помещений с повышенными требованиями к звукоизоляции (домашние кинотеатры, музыкальные студии, офисы, и др.). Благодаря использованию в качестве звукопоглощающей подложки специального изолирующего материала улучшаются акустические характеристики помещения, сводятся к минимуму шумы, исходящие с улицы или соседних комнат. При изготовлении обоев используется 100% вискоза, причем в процессе производства ткань пропитывается специальными составами: водоотталкивающим, антистатическим и улучшающим противопожарные свойства материала. Использование сочетаний различных типов нитей позволяет не только варьировать технические и эксплуатационные характеристики покрытий, но и обеспечивает разнообразие фактурно-цветовых решений.

Велюровые обои – это покрытие на бумажной или флизелиновой основе с нанесенным рисунком в виде ворсистых велюровых фрагментов. [11, 18] Велюровые обои очень красивы (рис. 1.34), но они требуют особого ухода. Этот вид обоев используется для декоративной отделки жилых помещений с низкой загрязненностью. Они хорошо собирают пыль и запахи, по этой причине применение их, например, на кухне просто исключено. Периодический уход за велюровыми обоями заключается в обработке их мягкой щеткой или пылесосом (сухая обработка). Избыток воды при уходе может вызвать растворение клеевого слоя, связующего материал с бумажной основой и последующее расслоение обоев.



Рис. 1.34. Интерьер с использованием велюровых обоев

Эти бои тяжелые, поэтому обязательно надо использовать, так называемый, «сильный» клей для тяжелых обоев. Намазанные клеем полотна прижимают к стене и расправляют щеткой с длинным и мягким шелковым ворсом (ни в коем случае нельзя использовать нейлоновые щетки). Обои проглаживают вертикально, равномерно, сильно не нажимая. Отрезать их нужно специальным ножом с новым лезвием. Следует избегать перекрытия полотен. Следы клея удаляют слегка смоченной губкой.

Текстильные и велюровые обои производятся немногими, в основном западноевропейскими фирмами, в числе которых RASCH (Германия) и ESSEF (Франция).

Фетровые обои. Большой популярностью пользуется группа текстильных покрытий, известных под названием **фетровых обоев**. Как известно, фетр - это тонкий войлок, спрессованный из мягких волокон. Фетровые обои сделаны из волокон акрила, полиэстера и микрофибры. Обои из фе-

тра «дышат» интенсивнее, чем бумага, а на стене смотрятся абсолютно как ткань (рис. 1.35) с мягким ворсом, зачесанным в одну сторону. В отличие от текстильных, любые пятна на фетровых обоях можно смыть мягкой губкой (обильная пена плюс большое количество воды). Еще один нюанс: фетровые обои продаются не рулонами, а погонными метрами. Это делается для того, чтобы уменьшить отходы.

Некоторые фирмы под названием фетровых обоев предлагают материалы, состоящие из осажденных на бумажную основу мелких полипропиленовых или полиэстеровых волокон. Такие обои обладают тепло- и звукоизоляционными свойствами, не впитывают воду и не накапливают статическое электричество.

Клей наносится не на обои, а на стену, поскольку у обоев очень пористая структура. Если полотнище сильно пропитается клеем, оно станет очень тяжелым и с ним будет тяжело работать.



Рис 1.35. Интерьер с использованием фетровых обоев

К группе текстильных обоев могут быть отнесены и специальные *джутовые обои* под окраску, представляющие собой натуральную ткань с льняным переплетением на бумажной основе. После наклейки таких обоев на стену их можно окрашивать дисперсионными красками. Неокрашенные льняные обои придают помещению оригинальный и своеобразный вид.

Обои на основе флизелина. В последние годы на рынке появились также обои на небумажной основе, изготовленные в Европе [8, 15, 18]. Такие изделия стоят немного дороже бумажных аналогов, зато они прекрасно держатся на стенах, образуя практически ровную поверхность с едва заметными стыками. Самые распространенные и наиболее доступные по цене обои на небумажной основе - флизелиновые.

Флизелин - это нетканый материал из целлюлозных и текстильных волокон с полимерным связующим, похожий на стекловолокно, но имеющий гораздо более тонкую структуру. Этот материал отличает высокая стабильность размеров, он не растягивается и не дает усадки при намокании и последующем высыхании. Флизелиновая подложка чаще всего служит основой для винилового и текстильного покрытия обоев.

Применение флизелина для изготовления обоев расширило не только эксплуатационные, но и декоративные возможности. Удалось добиться эффекта «глубины стены» - рисунок стал более объемным, а свет, преломляясь в хаотичных переплетениях волокон, как бы просвечивает изнутри (рис. 1.36). Если для обоев используется многослойный флизелин, тогда верхний (декоративный) слой может гофрироваться, что позволяет добиваться интересных визуальных эффектов.



Рис. 1.36. Обои на флизелиновой основе фирмы «Марбург» (коллекция «Patent Decor»)

Помимо формоустойчивости преимущество флизелиновой основы перед бумажной состоит в прочности, а также в легкости наклеивания обоев с такой подложкой. Клей наносится непосредственно на стену (рис. 1.37), а полотна накладываются на нее в сухом виде. Это позволяет подгонять полосы друг к другу с исключительной точностью (рис. 5.7.2). При наклеивании флизелиновые обои почти никогда не деформируются. При последующих заменах верхний слой обоев легко снимается (без размачивания), а флизелиновая основа остается на стене, выравнивая и упрочняя фактуру поверхности. На нее наклеиваются любые новые обои, в т. ч. и флизелиновые.



1



2



3

Рис. 1.37. Этапы
наклеивания
флизелиновых обоев

Обои на флизелиновой основе прекрасно перекрывают трещины на поверхности штукатурки. Их можно клеить на все виды штукатурки, пористый бетон, гипсокартон, бумагу, дерево и панели из отходов древесины. Поскольку ткань-основа достаточно прозрачна, особое внимание при наклеивании обоев рекомендуется обратить на цвет основания. Он должен быть равномерным и одного тона с обоями. Хотя, при необходимости, их можно перекрасить дисперсионными красками, когда они уже наклеены. Выпускаются также специальные флизелиновые обои под покраску.

Для наклеивания обоев на флизелиновой основе применяют либо специальный клей для таких обоев, либо клей для стеклотканей.

Металлизированные обои. Урбанизация и внедрение при отделке помещений набирающего популярность стиля «хай-тек» диктуют свои правила в создании современного интерьера. Так появляются строительные и отделочные материалы, с помощью которых можно воплотить в жизнь любые капризы этого модного стиля. К числу таких эксклюзивных новшеств как раз и относятся металлизированные обои [10, 17].

Металлизированные обои изготавливаются путем покрытия бумажной или флизелиновой основы тонким металлическим слоем. Этот слой представляет собой искусственно оксидированную или окрашенную алюминиевую фольгу. Затем на поверхность обоев наносится тиснение или рисунок. Металлизированные обои износостойчивы, светостойки, хорошо моются. Металлический блеск не тускнеет со временем. Покрытия выполняются под золото, серебро, чуть покрытую патиной бронзу, «под ржавое железо» и многое другое.

Металлизированные обои применяются не только для помещений в стиле «хай-тек», но и для роскошных классических интерьеров (рис. 1.38), гостиниц, баров, ночных клубов и ресторанов. Они со временем не стираются, не теряют блеск, не тускнеют. Однако, как любой металл, их можно поцарапать.

Данные обои особенно требовательны к качеству подготовки основания из-за их гладкой отражающей поверхности. Основа должна быть сухой и очень ровной, оптимально впитывающей. Способность основания впитывать влагу для металлизированных обоев имеет принципиальное значение, так как вода, входящая в состав клея, не может испаряться через фольгированную поверхность

обоев. При поклейке металлических обоев нужно обязательно отключить электричество, поскольку они отлично проводят ток. После того как клей высохнет, флизелиновая основа будет изолировать металлическую фольгу. Но в любом случае проводка не должна касаться обоев.



Рис. 1.38. Интерьер с использованием металлизированных обоев

Именно металлизированные обои обладают теми эстетическими качествами и характеристиками, которые отвечают последним веяниям современной культуры и духу времени. Это – функциональность и техничность в сочетании с уравновешенностью и строгостью форм. Это – красота, которая достигается преломлением пространства световыми линиями. Это – игра металлических оттенков и идеальная выверенность и пропорциональность предметов.

Металлизированные обои выпускаются в Германии и Бельгии. На отечественном рынке такие обои заняли достойное место в ряду эксклюзивных материалов. Правда,

как и любой другой уникальный продукт, они стоят недешево. «Металлик» – один из самых дорогих видов обоев, эту продукцию, как правило, изготавливают на заказ. Фирм-производителей немного, в их числе бельгийская ARTE (коллекция *Metallics*).

Такие обои долговечны и длительное время будут радовать своим роскошным блеском и переливами. Цветовую гамму можно разнообразить с помощью специальной подсветки, как правило, децентрированной. Так как металлизированные обои прекрасно отражают свет, то с помощью этого свойства можно создать завораживающую пространственную «ауру» и подчеркнуть или усилить определенные детали или рельеф.

Эти обои не накапливают статического электричества и способны обезопасить от электромагнитного излучения. Их легко содержать в чистоте, для этого можно применять влажную уборку, используя моющие средства для металлических поверхностей.

Конечно, не стоит забывать про ряд недостатков таких обоев – все же они металлизированные и в силу этого не позволяют стенам «дышать» и пропускать влагу. Кроме того, нужно обязательно избегать соприкосновения их с проводкой.

И все же металлизированные обои в полной мере удовлетворяют самые взыскательные вкусы. Причем, современные технологии по изготовлению фольгированных обоев совершенствуются. Поэтому появляются все новые их разновидности.

Металлизированными обоями не обязательно оклеивать полностью все помещение. Очень оригинально они будут смотреться в сочетании с другими отделочными материалами. Но это – вопрос уже дизайнерских возможностей.

Кварцевые обои. Обои на нетканой основе с верхним

слоем из окрашенного песка (кварца) придают поверхности стены, с одной стороны, натуральный вид, а с другой – обеспечивают исключительную стойкость к истиранию и механическим повреждениям. Разработаны специальные серии подобных обоев с изысканным декором, весьма достоверно воспроизводящим *старинные фрески*, которые могут служить подлинным украшением гостиной, кабинета, холла, и т.п.

При наклеивании стыки между полотнами не видны благодаря прокрашенной основе полотен. Отсутствие стыков создает ощущение единого пространства.

Бамбуковые обои. Бамбуковые обои - это натуральный расщепленный бамбук на тканевой основе в рулонах шириной 2 метра и длиной 10 метров [10]. Это экологически чистый отделочный материал для стен, полов, потолков, мебели и декоративных деталей интерьера (рис. 1.39). Такой материал идеален для внутренней отделки ресторанов, гостиниц, офисов и коттеджей. Он органично впишется как в стильный этнический будуар, так и в незатейливый дачный домик.

Бамбук не выгорает на солнце и обладает повышенной износостойкостью. Такие обои можно клеить на жидкие гвозди прямо на бетон, кирпич или брус без специальной обработки поверхности.

Если обои монтируются на гипсокартон, ДСП, ДВП или брус - можно использовать мебельный степлер или декоративные обойные гвоздики. В этом случае даже необязательно наносить клеящий слой.

Таким образом, из процесса отделки можно исключить такие сложные операции, как выравнивание и грунтовка стены (потолка, пола, и т. д.).

Для наклеивания таких обоев используются специализированные клеевые составы. Обойный клей, наряду с высокими клеящими свойствами, должен обладать опреде-

ленным уровнем влагостойкости, эффективно противостоять развитию грибков и плесени (обладать фунгицидными свойствами) и, наконец, легко размещиваться и не образовывать комков.



Рис. 1.39. Вид бамбуковых обоев

Линкруст. Разновидностью ценных видов обоев является линкруст. Он имеет бумажную основу, а в отличие от обычных обоев - покрывается тонким слоем массы, состоящей из лоноксиновой, хлорвиниловой и других мастик с древесной мукой или другими наполнителями. Несколько миллиметров такой эластичной массы, нанесенной на основу, позволяет выдавливать весьма разнообразные узоры и орнаменты [10].

Эти обои имеют длительный срок службы, могут окрашиваться масляной краской и позволяют легко поддерживать чистоту поверхности стен, по сравнению с обычными обоями.

Обои под покраску. Обои под покраску выпускаются на бумажной и флизелиновой основах, обычно в рулонах большой длины. Окрашивание придает покрытию дополнительные защитные свойства.

Бумажные обои под покраску относятся к особому

виду бумажных обоев. Они пропитываются специальным водоотталкивающим составом и выпускаются с различной структурой неокрашенной поверхности. Такие обои изготавливают по специальной технологии из особо тяжелой волокнистой макулатуры [8, 19].

Обои этого типа позволяют легко скрывать трещины на стенах и незначительные неровности основания, что снижает требования к качеству подготовки стены, кроме того, они обладают способностью паропропускания.

Их можно перекрашивать в любые цвета преимущественно дисперсионными красками. Количество покрасок, которые они способны выдержать, зависит от их плотности (в среднем от 5 до 15 покрасок). Помимо традиционной однотонной окраски можно применять различные спецэффекты: перенесение на стену с помощью шаблона бордюров, нанесение узоров губкой, тряпкой, щеткой и т.д.

Следует иметь в виду, что и паропроницаемость, и устойчивость покрытий к влажной уборке целиком зависят от свойств применяемой краски.

По фактуре поверхности их можно разделить на две категории: *структурные или тисненые* (двухслойные, трехслойные) и *грубоволокнистые* (с наполнителем из опилок).

Выпускаются также обои под покраску уже цветными, покрашенными фабричным способом, но их также можно в дальнейшем перекрашивать. Единственный их недостаток состоит в том, что в непокрашенном виде стыки будут так же заметны, как и на обычных бумажных обоях.

Структурные обои, как правило, изготавливаются из двух слоев фактурной бумаги белого цвета, склеенных между собой.

Обои с виниловым покрытием под окраску. Помимо бумажных структурных обоев под покраску выпускаются также и покрытия с верхним слоем из вспененного винила.

Их также можно неоднократно перекрашивать в любой цвет. Помимо белых выпускаются также и цветные, уже готовые к применению обои с виниловым покрытием [17].

Выпускаются обои с основой из бумаги, либо из флизелина, на которую напылен (в виде всевозможных рельефов) вспененный винил. Флизелиновая основа существенно упрощает работу с такими обоями, как уже говорилось выше, они клеятся в сухом виде на намазанную клеем стену. По износостойкости они уступают чисто флизелиновым обоям под покраску, однако имеют больше вариантов декоративного оформления стен.

Специалисты рекомендуют несколько способов окраски виниловых обоев на флизелиновой основе. Для имитации отделки стен цветными цементными растворами в технике «сграффито» (от итал. буквально «процарапанный») полотно окрашивается с обратной стороны. Окрасочный состав пропитывает флизелин насквозь, а виниловый рельеф остается неокрашенным. После высыхания краски обои наклеиваются на стену.

Интересный результат получается при окраске обоев сильно разбавленной краской. В этом случае окрасочный состав наносится на лицевую сторону обоев. После этого поверхность протирается мягкой тканью, которая частично или полностью (в зависимости от желания) освобождает выпуклую часть рельефа обоев от краски, оставляя фон нетронутым.

Флизелиновые обои под окраску. Наряду с бумажными и виниловыми выпускаются также тисненые обои под покраску, изготавливаемые из структурированного флизелина. Это чрезвычайно технологичный способ отделки, имитирующий рельефную штукатурку (рис. 1.40). Флизелиновые обои допускают многократное перекрашивание и обладают повышенной паропроницаемостью.



Рис. 1.40. Обойное полотно в комбинации с коколом фирмы «Marburg» коллекция «Patent Deco»

Окрашенные флизелиновые обои внешне ничем не отличаются от виниловых. Но они эластичнее, более стойкие к истиранию, на них не остается следа от нажатий и царапин в случаях, когда винил был бы поврежден. При наклеивании на стену флизелиновые обои разглаживаются, даже если они были деформированы в рулоне. Материал очень удобен в работе. Но цена таких обоев значительно выше, чем других типов под окраску.

Стекловолоконные обои. Особый вид обоев - это стекловолоконные обои, или обои из стеклоткани. Их основу составляет стекловолокнистая нить, которую изготавливают из природного сырья – кварцевого песка, соды, доломита и извести [8]. Основой является стекло, из которого при высокой температуре тянутся волокна. Затем они формируются в пряжу различных видов и толщины, а из нее в стеклоткань.

Сырье дает стеклообоям их основное преимущество перед остальными видами обоев высокую степень огнестойкости. Стекловолоконные обои прочны и эластичны.

Сочетание этих свойств делает их устойчивыми к деформациям. Стекловолокно является химически нейтральным материалом, его отличает исключительная водонепроницаемость и долговечность (обои легко выдерживают частое мытье с применением щетки). Прочность стекловолоконных обоев настолько высока, что позволяет закрывать небольшие щели в штукатурке (рис. 1.41).

Стекловолоконные обои ткуются как обычная ткань. Они всегда однослойные. На поверхности выдавливается рельефный рисунок: ромбы, рогожка, елочка, и др.

Данный тип обоев нашел широкое распространение в строительстве благодаря тем преимуществам, о которых шла речь выше: пожаробезопасности, способности выполнять армирующие функции, долговечности (до 15 лет). Первоначально стекловолоконные обои применялись исключительно для общественных помещений (в офисах, коридорах бизнес-центров, кафе, и т.д.). В настоящее время они стали использоваться в квартирах и частных домах. Это происходит благодаря внедрению современных технологий их производства, которые дают возможность производить обои с различными переплетениями, фактурами.

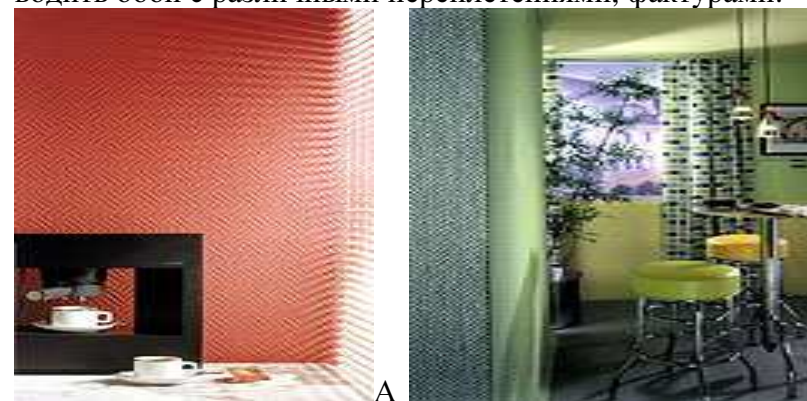


Рис. 1.41. Интерьер с использованием стекловолоконных обоев: А - JOHNS MANVILLE; Б - VITRULAN

Стекловолоконистые обои могут быть наклеены практически на любую поверхность. Кроме стен и потолков ими можно обклеивать двери, дверцы встроенных шкафов и другую мебель. Данный тип отделочных материалов удобен также тем, что их используют как армирующий слой на поверхности. Поэтому при замене таких обоев их не снимают, а шпаклюют и затем наносят другое покрытие.

Для окраски стекловолоконистых обоев применяются специальные краски (особой вязкости) – матовые, глянцевые. Глянцевые краски сильнее подчеркивают фактуру обоев. Перекрашивать можно многократно, но чем тоньше структура и мельче рисунок, тем быстрее он сгладится (за несколько слоев краски). Высокие же рельефы полностью сохраняют свою структуру при многократном перекрашивании. Стеклообои выдерживают, практически, все существующие средства для мытья. Единственное, на что нужно обратить внимание – это на свойства краски, которой вы покрываете стеклообои – не все краски способны выдерживать даже простую воду.

Перед наклейкой основание для стекловолоконистых обоев должно быть предварительно обработано так, чтобы оно было чистым, гладким, твердым и пригодным для нанесения клея. Обои хорошо режутся при помощи ножниц и макетного ножа. Обязательно оставляется припуск 5-10 см. Специальный клей для стекловолокна наносится непосредственно на стену при помощи валика. На сильно впитывающие поверхности можно предварительно нанести грунтовку из того-же клея, разбавленного водой. Это значительно уменьшит расход клея. После подсыхания грунтовки наносится клей для одного полотнища. Сразу же на клей укладывается полотнище обоев и разглаживается мягким валиком. Важно не повредить кромку ткани. Если же это произошло, то кромку нужно отрезать ножом по линейке. Полотнища клеятся встык, при этом должно обеспе-

чиваться совпадение структурного узора на соседних полотнах.

После наклейки на поверхность стеклообоев наносится разбавленный водой клей, чтобы в дальнейшем лучше ложилась краска. Когда клей высохнет, можно нанести любую краску для стен. Это может быть дисперсионная краска на основе ПВА с матовой и шелковистой матовой поверхностью (устойчива к мытью и стиранию) либо акриловая краска, образующая блестящую, прочную к стиранию поверхность. Можно использовать и латексные краски, и полиуретановые лаки-краски.

Преимуществом отличие стеклообоев от других материалов для настенных покрытий заключается в следующем.

Натуральные минералы, используемые для производства стекловолокна, гарантируют экологическую чистоту настенных покрытий и отсутствие питательной среды для микроорганизмов или паразитов. Стеклообои и холст – такие же экологически чистые материалы, как стекла в Ваших окнах. Стеклообои не рвутся, не царапаются, им не страшны химические воздействия концентрированными дезинфицирующими средствами. Поэтому их можно мыть. Они не накапливают статического электричества и не притягивают пыль.

Стекловолоконистые обои – это материал, связанный, как, например, шерстяной свитер. И его открытая петельная структура способствует движению водяных паров, что улучшает климатические условия в помещении.

Они не горят, что является важным требованием для пожарной безопасности помещений.

Малярный стеклохолст, который еще называют «паутинкой» из-за внешней схожести – это декоративный и одновременно армирующий материал для финишной отделки поверхностей. Кроме того, – это идеальное покрытие

для помещений, где необходимо сочетание эстетического и армирующего воздействия, прочности и простоты в уходе, и следования требованиям пожарной безопасности. В штукатурке по разным причинам могут возникать тончайшие и сетевидные трещины. Армирование стеклохолстом устраняет проявление трещин и создает чистую, ровную поверхность. Паутинка придает прочность покрывающей краске, надолго закрывает трещины, не поддается горению, обладает высокой стабильностью, очень проста в использовании.

Технология наклеивание обоев. Подготовка поверхности основания под обои. Внешний вид стен и срок службы обоев, во многом зависит от состояния поверхности, на которую обои будут наклеены. Поэтому перед началом наклеивания обоев поверхность основания должна быть соответствующим образом проверена.

Если поверхность влажная, то это можно заметить по темному цвету бетона при его очистке. При отсутствии специального прибора-лагомера проверку на уровень содержания влаги можно сделать следующим образом. К стене липкой лентой прикрепляют кусок пленки. Если поверхность сырая, то сырость через некоторое время проступает в виде конденсата на обратной стороне пленки. При повышенной влажности наклейка обоев недопустима. Если не устранить причины повышенной влажности стен, то производить декоративную отделку бессмысленно.

Повреждения стен от влаги определяют по следующим проявлениям:

- отслаивающиеся обои;
- штукатурка, отслаивающаяся в результате кристаллизации проступившей соли или от замерзания проникшей внутрь нее воды;
- неплотная кладка наружных стен;
- плесень на стенах;

- отслаивание краски и штукатурки.

После того, как определены причины повышенной влажности, необходимо их устранить до того, как начинать подготовку стен к оклеиванию обоями.

Проверку поверхности основания на твердость осуществляют при помощи царапания стены твердым предметом. При этом в месте нанесения царапины не должно появляться отслоений. Если протереть поверхность стены рукой, то на руке не должно остаться белого налета. Меловые остатки следует тщательно смыть со стены.

Старые отслаивающиеся обои необходимо полностью удалить, смыть клей и остатки макулатуры (если она была наклеена под старые обои). Обычно для этого используют шпатель или скребок и теплую воду с разведенным в ней моющим средством. Для быстрого размокания старых обоев, следует расцедить их в нескольких местах шпателем, либо обработать игольчатым валиком, проволочной щеткой или шлифовальной бумагой. Если обои очень толстые, например тяжелый винил, то используется карборундовый шлифовальный круг, который насаживается на электродрель. После этого на стену наносят специальную грунтовку, содержащую растворители. Чтобы не повредить находящуюся под обоями штукатурку, растворитель (специальную жидкость для удаления старых обоев) можно нанести с помощью распылителя между стеной и обоями, отогнув верхний край обоев. Сейчас большое количество обоев выпускается со специальным нижним слоем (так называемые расслаивающиеся обои). Они очень легко снимаются со стен. При этом нижний слой остается на стене и на него клеятся новые обои. Снимать любые обои следует сверху вниз.

Крупные трещины необходимо укрепить армирующей синтетической сеткой, стеклотканью и т. п. при помощи эластичной уплотняющей массы. Если поверхность

стены – это гипсовая штукатурка, то ее нужно зашлифовать и нанести глубоко проникающую грунтовку.

Гипсокартонные плиты необходимо покрыть защитной грунтовкой. Слишком гладкие плиты необходимо покрыть предварительно грунтовкой, повышающей адгезию. Плиты ДСП также необходимо покрыть предварительно защитной грунтовкой.

Остатки старой дисперсионной краски или лака необходимо проверить на прочность. Если окраска прочная, то поверхность нужно полностью очистить от грязи, затем глянцевою поверхности нужно придать шероховатость подщелачиванием или шлифованием, а мелкие дефекты зашпатлевать. Непрочные поверхности должны быть покрыты укрепляющей грунтовкой. Отслаивающиеся вододисперсионную краску или лак нужно полностью удалить, затем очистить поверхность и загрунтовать.

Если стены покрыты отслаивающейся минеральной или силикатной краской, то ее обязательно нужно удалить полностью при помощи специальной смывки, затем промыть поверхность водой, а потом два раза загрунтовать "насырую". В случае если эти типы красок прочны, то стену нужно только очистить от грязи, а поврежденные места обработать, причем, рекомендуется красить и штукатурить только силикатными составами.

Способность стены впитывать влагу проверяется путем смачивания поверхности водой. Если поверхность недостаточно впитывающая, то вода от стены отталкивается. В этом случае стена должна быть обработана обдирочным шлифованием либо специальным грунтовочным составом, повышающим адгезию. Если же впитываемость слишком велика, то вода при опрыскивании быстро всасывается, и стена в этом месте темнеет.

Для того, чтобы наклеить обои достаточно качественно, для многих видов требуется так называемая подло-

жка (макулатура), особенно для тонких обоев. Раньше в качестве такой подложки использовались обычные газеты. В настоящее время существует специальная рулонная макулатура из грубой бумаги, которая клеится, как и обычные обои.

Для тяжелых обоев применяют толстую подложку. Клеить подложку рекомендуется на стены горизонтально, таким образом места соединения подложки не будут соприкасаться со швами вертикально наклеенных декоративных обоев. Начинать клеить подложку рекомендуется от верхнего угла одной из сторон комнаты. Подложка режется на полотнища длиной равной длине стены, с запасом примерно 8–10 см у углов для захода на следующую стену. Сохнуть наклеенная подложка должна не менее 24 часов, прежде чем на нее будут наклеены обои.

Оклейка обоями. Перед наклеиванием нужно обязательно проверить все рулоны обоев: нет ли среди них рулонов с разным дизайном, имеют ли они одну и ту же ссылку на цвет и номер соответствия. Также нужно проверить количество рулонов, прочитать инструкцию, вложенную в рулоны обоев. Обязательно нужно обратить внимание на специальные инструкции, если они есть, для наклеивания определенного вида обоев.

В первую очередь нужно обработать потолок, если это необходимо. При маленькой площади помещения оклейку стен начинают от окна, при большой поверхности – от наиболее крупного элемента помещения, например, камина и т. п. Заканчивать оклеивание нужно в том месте, где стык обеих поверхностей будет наименее заметен: над дверью; в углу за камином, вдали от окна; в месте, где занавески могут скрыть стыки или в углу, где будет находиться высокая мебель.

Перед тем как нарезать обои, нужно обязательно обратить внимание на маркировочные символы, которые

имеются на вкладыше (инструкции) вложенной в каждый рулон обоев, а именно на раппорт.

Могут быть следующие варианты:

- при наклеивании не нужно подгонять рисунок (обои без узора и клеятся без подгонки);
- рисунок прямой (нет подгонки по рисунку, обои клеятся без значительного сдвига для совпадения рисунка);
- сдвинутая подгонка (подгонка по рисунку, т.е. последующее полотнище клеится с вертикальным сдвигом относительно предыдущего);
- встречная наклейка (перевернутое наклеивание, т. е. каждое из последующих полотен клеится в противоположном направлении, относительно предыдущего);
- иногда указывается соотношение смещения рисунка в цифрах, например, 56/26,5 (в этом случае раппорт и смещение подгоняются в см, в соответствии с указанными цифрами).

Таким образом, длина полотнищ у обоев с крупным рисунком должна равняться высоте стены плюс раппорт.

Полотнища отрезаются ножницами или специальным ножом для резки обоев. Если поверхности неровные, то первое полотнище отрезается так, чтобы после приклеивания небольшой участок полосы заходил на потолок. Прежде чем отрезать следующие полотнища, необходимо наклеить первый отрезок так, как описано выше, для того, чтобы можно было видеть, как много нужно оставить для того, чтобы все последующие полотнища совпадали. Затем нужно отмерить необходимую длину (высота стены), при этом, оставив запас 50 мм сверху и снизу для окончательной подгонки и нарезать рулоны на полотнища, отметив на них номера по порядку.

К сожалению, лишь немногие стены, окна и двери

имеют правильную форму. Поэтому всегда нужно делать вертикальные линии на стене перед наклейкой, используя отвес.

Для наклеивания используется тот вид клея, который рекомендован производителем данного типа обоев. Чем тяжелее обои, тем качественнее должен быть клей.

Отрезанные полотнища раскладываются на рабочем столе, лицевой поверхностью вниз и с помощью кисти клей равномерно наносится на обои от середины к краям. Необходимо полностью покрыть поверхность полотнища. Затем, для того чтобы клей лучше впитался, обои складывают следующим образом: от низа – к середине, и от верха – к середине, промазанными поверхностями внутрь, либо по типу «гармошки». После этого обои оставляются в таком виде для размягчения на несколько минут. Чем толще и тяжелее обои, тем больше времени необходимо им для пропитывания. Все полотнища должны пропитываться клеем одинаковое количество времени.

После пропитки, первое полотнище прикладывается к стене, согласно вертикальной разметке, плотно прижимается и разглаживается сначала в верхней части при помощи щетки с мягкой щетиной по направлению от середины к углам, чтобы избежать пузырей, морщин и складок. Если обои гладкие, можно использовать резиновый валик для разглаживания швов, если же это обои высокого тиснения или рельефные, то можно использовать только щетку. Ее легкими похлопываниями стыкуются швы. Затем таким же образом разглаживается нижняя часть полотнища. После приклеивания полотнища, выступающие сверху и снизу края обоев, обрезаются при помощи ножа. В качестве линейки можно использовать прямой шпатель. Остатки клея необходимо удалять сразу же при помощи чистой влажной тряпки. Следующее полотнище наклеивается также, как и первое, либо встык, либо внахлест, учитывая раппорт

(стыковку рисунка). Для красивого стыка крупнорельефных и вспененных виниловых обоев используется метод "двойного разреза". Для этого обои клеются внахлест. До высыхания клея выполняется отрезание нахлеста острым ножом с металлической линейкой. Следует крепко прижать линейку, чтобы отрезать толщину двух слоев обоев сразу. Затем нужно удалить наружный обрезок, поднять угол полотнища и медленно снять оставшийся внутренний отрезанный кусок со стены. Использовать нож и линейку нужно на всех участках, которые подогнаны не до конца.

Если при наклеивании образуются складки, значит под обоями возникла воздушная пробка. В этом случае следует осторожно отклеить полотнище, нанести на него клей повторно. Если же и после этого пузыри не исчезают - то это обозначает, что обои не достаточно пропитались клеем. Маленькие складки исчезают после высыхания. При оклейке помещения обоями следует избегать жары или сквозняков. Лучше всего обои высыхают при комнатной температуре. При этом швы не будут расходиться.

Существуют также так называемые **«самоклеющиеся обои»** двух вариантов. По первому варианту такие обои имеют слой сухого клея на оборотной стороне. Для того, чтобы наклеить такие обои, необходимо подготовить емкость соответствующего размера, в которую следует налить воды комнатной температуры. После этого полотнище скатывают клеевым слоем наружу (свободно, чтобы клеевой слой не контактировал с лицевой поверхностью обоев) и опускают в воду для того, чтобы активизировать клей, при этом на поверхности полосы не должно остаться пузырьков воздуха. В воде полотнище необходимо выдерживать несколько минут. Точное количество времени выдержки самоклеющихся обоев указывается в инструкции к обоям. После смачивания обои должны быть оставлены на время для впитывания влаги. Время выдержки также

обычно указано в инструкции. Воду следует менять через каждые три-четыре полотнища. Наклеивать на стену такие обои следует обычным способом.

По второму варианту на обратной стороне «самоклеющихся» обоев на заводе наносят специальный «сотовый» клей и закрывают поверхность клея защитной пленкой. Перед наклейкой таких обоев они прирезаются «насухо». Затем пленка аккуратно удаляется и отрезок обоев наклеивается на подготовленное заранее основание. Второй вариант самоклеющихся обоев требует особенно тщательной подготовки основания. Следует отметить также, что стоимость таких обоев значительно выше. Поэтому этот тип обоев используют для небольших площадей. Например, при устройстве «панно» на стене или обклейке дверей в тон новым обоям на стене и т. п.

Наклеивание обоев на потолок. На потолок обои клеятся по длине потолка и перед тем, как они клеятся на стены. Работу необходимо выполнять звеном из двух человек. Рабочий низкой квалификации должен поддерживать полоску обоев и разматывать ее по мере наклеивания. Сначала на потолке чертится линия на расстоянии от угла схождения стены и потолка, равном ширине рулона. Затем на полотнище обоев наносится клей, обычным способом. После этого двое рабочих начинают наклеивать обои на потолок. Направления наклеивания проверяется при помощи начерченной линии. Когда все первое полотнище уже наклеено, необходимо проверить его на предмет наличия морщин и неплотностей. Очень важно, чтобы первое полотнище легло ровно. Следующие полотнища наклеивают последовательно, с заходом на стену, оставляя небольшой запас. Тяжелые бумажные обои и крупнорельефные виниловые обои наклеивают без захода на стену. Разглаживают полотнища щеткой с мягкой щетиной.

Наклеивание обойных бордюров. Существует множество различных видов бордюров, включая и самоклеющиеся, поэтому следует обязательно прочитать инструкцию производителя, прежде, чем начать клеить тот или иной бордюр. Рекомендуется использовать специальный виниловый клей при наклеивании бордюров на виниловые обои. Бордюры могут быть наклеены, как вдоль потолка (окантовка верхней границы обоев), так и по середине стены. Они могут служить и окантовкой для окон, дверей и пр. В любом случае существует две возможности наклейки бордюров: расслаивающиеся обои надрезаются, затем верхний слой удаляется, а бордюр наклеивается на нижний слой обоев. В случае необходимости бордюр может быть наклеен прямо на обои.

Все вышеперечисленные рекомендации являются общими для всех обоев. В каждом конкретном случае лучше всего пользоваться специальными инструкциями производителя. Они прилагаются к каждому из рулонов того или иного типа обоев. У многих из них существуют некоторые особенности [8].

1.5.2. Устройство бесшовных текстильных покрытий

Текстильные покрытия для стен представлены двумя большими группами материалов – это обои и бесшовные покрытия [8, 20, 21]. Под *текстильными обоями* принято понимать рулонные материалы, которые клеятся на стену вертикально, подобно классическим обоям. Эта технология описана выше. К *бесшовным покрытиям* отнесены рулонные материалы, имеющие ширину, равную высоте помещения. Крепятся они на стену особым способом – горизонтально. Одним куском материала «одевается» все помещение, образуя при этом единственный шов (рис. 1.42).



Рис. 1.42. Интерьер с использованием бесшовных текстильных покрытий для стен (SANGIORGIO)

Существуют два основных способа крепления. *Бесшовные текстильные покрытия* можно наклеивать на хорошо оштукатуренные и выровненные поверхности, как бумажные обои, или натягивать параллельно стене, как холст на подрамник. Последний вариант позволяет скрыть все неровности стены и сэкономить на дорогостоящих штукатурных работах (рис. 1.43).

Наиболее распространенный вариант таких покрытий выполняется *на синтетической основе*. В качестве основы используется вспененная подложка, типа поролона. Из-за большой толщины покрытия (5-6 мм) сделать незаметным стык полос материала сложно. Поэтому обычно вся площадь стен помещения оклеивается одним куском, а единственный стык располагается в наименее заметном месте. Текстильные покрытия выпускаются в больших рулонах, ширина которых соразмерна высоте помещений (2,60-2,95 м), а длина достигает 100 метров.



Рис. 1.43. Монтаж бесшовных тканевых стеновых покрытий (СТРИНГЕР)

Верхний тканевый слой обычно выполняется из натуральных материалов. Небольшие добавки синтетических материалов применяются для улучшения эксплуатационных характеристик покрытия. Оно становится пыле- и влагостойким, устойчивым к ультрафиолету. Некоторые фирмы применяют также специальную «тефлоновую» обработку. Она улучшает механическую прочность покрытия, а также придает материалу антистатические и водоотталкивающие свойства. Они уменьшают степень загрязнения покрытий во время эксплуатации.

Необходимо отметить, что стены, покрытые бесшовными текстильными материалами на поролоновой основе, обладают не только теплоизоляционными и звукопоглощающими свойствами, но и становятся упругими и мягкими на ощупь.

Жаккардовые текстильные покрытия (рис. 1.44) выпускаются в рулонах шириной 270 см и наклеиваются

также по периметру комнаты. Их нельзя путать с жаккардовыми уширенными обоями. Их ширина –140 см. Жаккард - ткань на основе из полиакрилата. Основа ткани: 100% дралон или полиэстер.

Выпускаются также **высокопрочные текстильные покрытия**. Благодаря особому сплетению нитей и специальной основе, они выдерживают значительные механические нагрузки. Кроме этого такие покрытия обладают высокой светостойкостью, не дают усадки, могут легко быть удалены со стены после многолетнего использования. Основа такого покрытия, впитывая клей, не растягивается и, соответственно, не сжимается при высыхании. Некоторые производители используют также в качестве основы бесшовных текстильных покрытий объемную хлопчатобумажную ткань.



Рис. 1.44. Интерьер с использованием жаккардовых текстильных покрытий для стен (СТРОМДИЗАЙН).

1.5.3. Покрытие самоклеящимися пленками

На сегодняшний день имеется несколько сотен расцветок самоклеящейся пленки: под мрамор и камень, велюр и бархат, под дерево, витражная, зеркальная и многие другие. Бесчисленные сочетания узоров, структур, расцветок, включая специальный ассортимент бордюров, открывают неограниченные возможности для дизайнеров. Это – однотонные самоклеящиеся пленки насыщенных цветов, матовые и глянцевые, с орнаментами, узорами и структурами или с модным металлическим блеском. Они используются для и декоративной отделки и более практических целей, например, для подчеркивания отдельных деталей оформления или для полного обновления обстановки [8].

Самоклеящаяся пленка является материалом водонепроницаемым. Поэтому ее можно использовать в помещениях с повышенной влажностью. Она не боится высоких температур (до 80 °С).

На нашем рынке в настоящее время самоклеящаяся пленка представлена следующими немецкими марками: "D-C-FIX" (рис. 1.45), "FRIEDOLA", "ALCOR".

Самоклеящаяся пленка выпускается двух типов:

- «стандарт» (одноцветные глянцевые и матовые, с имитацией шпона ценных пород дерева, обработанных камней, керамической плитки, холста, витражей, тканей, гобеленов, а также с детскими и др. сюжетами)
- «особое исполнение» (металлик, "под велюр", покрытая натуральной пробкой, "школьная доска", мебельная и дверная, утолщенная для столешниц и подоконников). Самоклеящимися выпускают и *бордюры*: рулоны длиной 10 м, шириной 5,3 см и 10,6 см. Они идеально подходят не только к самоклеящимся пленкам.



Рис. 1.45. Самоклеящиеся пленки d-c-fix

работе с самоклеящейся пленкой следующие.

1. *Необходимые инструменты*: карандаш или ручка; металлическая линейка; ножницы; иногда – дисковый нож; мягкая тряпка; ракель, фен и обойный клей (при оклейке круглых поверхностей).

2. *Подготовка основания*, на которое необходимо наклеить самоклеящуюся пленку, заключается в выравнивании, очистке, удалении жира и пыли.

- Идеальной основой являются доски с лаковым покрытием, очищенные от пыли.
- Доски без лакового покрытия грунтуются при помощи полиэфирного или грунтовочного лака, а в случае необходимости, при помощи метилового обойного клея.

Такие бордюры пользуются популярностью для отделки любых вещей и позволяют объединить разнообразные предметы обстановки в единую группу, например, при обрамлении зеркал и картин, отделки шкафов, украшении различных коробок, переплетов книг и т.п.

Общие рекомендации по

- Пористые поверхности (дерево, фанера, ткань, пробка, керамическая плитка, гипс, штукатурка и т. д.) должны быть сухими, без пыли. При необходимости поверхность можно обработать грунтовкой.
- Шершавые, неровные или растрескавшиеся основы выравниваются при помощи шпатлевочной массы и шлифуются. Затем их необходимо зачистить, обеспылить и покрыть грунтовочным составом (на основе акрила).
- При наклеивании на стекло, синтетические гладкие материалы, металл и т. п. необходимо предварительно слегка смочить поверхность водой с моющим средством (например, для мытья посуды).

3. *Нарезка.* Нарезку облегчает сантиметровая сетка (шкала), которая обычно напечатана на обратной стороне самоклеющейся пленки. При нарезке длинных, ровных кусков рекомендуется резать ножом по линейке. Нарезку рекомендуется производить с запасом в 2-3 см. Если самоклеющаяся пленка имеет узор с раппортом, тогда нужно разрезать по лицевой стороне. Самоклеющаяся пленка с рисунком "под плитку" нарезается по швам "плитки".

4. *Наклейка.* На оборотной стороне самоклеющейся пленки, на защитной бумаге, в картинках изображено руководство по работе с ней. Следует отделить бумагу от самоклеющейся пленки приблизительно на 5 см, затем приложить самоклеющуюся пленку к поверхности и приклеить отделенный край. После этого следует медленно равномерно оттягивать одной рукой бумагу с оставшейся части самоклеющейся пленки. Другой рукой следует разглаживать самоклеющуюся пленку мягким полотенцем. Приглаживать необходимо от центра к краям - этим можно избежать образования воздушных пузырей. Если в некоторых местах все-таки останутся такие пузыри, то их следует проколоть иголкой, осторожно выпустив воздух из-под самоклеющейся

пленки. Если самоклеющаяся пленка приклеена неправильно, то ее нужно снять с твердого основания и наклеить поновому в течение 1–2 часов.

5. *Оклеивание углов и краев.*

- *Круглые края.* Существует следующий прием: самоклеющаяся пленка нагревается обыкновенным ручным феном. После этого ее очень просто загнуть и приклеить с внутренней стороны.
- *Ровные углы и канты* (например книжные переплеты). В этом случае, выступающие углы самоклеющейся пленки лучше всего надрезать под углом в 45 градусов, а после этого загнуть и приклеить.
- Для получения чистых краев необходимо заглаживать самоклеющуюся пленку по краям несколько раз.

6. *Соединение нескольких полотнищ.* При наклеивании внахлест учитывается припуск около 1,5 см. При наклеивании встык одно полотнище накладывается на другое внахлест, однако края не прижимаются плотно. Наложённые друг на друга края самоклеющейся пленки прорезаются металлическим ножом по линейке, а отрезанные полоски удаляются. Места стыка могут быть украшены наклеенной сверху цветной лентой или бордюром.

7. *В случае, если самоклеющаяся пленка прилипает слишком быстро,* следует посыпать поверхность пудрой или тальком. В этом случае самоклеющаяся пленка прилипнет не так быстро, что позволит смещать ее до нужной позиции.

9. *Наклеивание на стекло, синтетические материалы и металл.* Поверхность слегка смачивается водным раствором с добавлением моющего средства. Затем следует полностью удалить с самоклеющейся пленки оборотную бумажную сторону и положить самоклеющуюся пленку на

увлажненную основу. Так будет легче подгонять самоклеящуюся пленку в нужную позицию. Когда желаемое положение достигнуто, следует слегка прижать самоклеящуюся пленку и при помощи тряпки или губки, разгладить поверхность по направлению к краям и к низу, удаляя воду.

10. Ремонтные работы, которые можно производить при помощи самоклеящейся пленки:

- зеркальный эффект при оклеивании коридоров и холлов;
- ремонт дверей;
- обновление кухонной мебели;
- обновление ванной комнаты;
- тонировка стекол;
- придание нового вида оконным переплетам.

Уход за самоклеящимися пленками. Обычно для очистки достаточно теплой воды с моющим средством. Если грязь не отмывается, то можно удалить ее при помощи этилового спирта. Запрещено использовать средства с царапающими компонентами, нитроразбавителями, ацетоном или бензином. Если по краям самоклеящейся пленки выступил клей, следует смочить тряпку в спирте и стереть его. Для велюровых пленок рекомендуется использовать теплую воду [8].

1.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Знакомство с современными лакокрасочными материалами дает понимание, почему дизайнеры предпочитают именно их. Они позволяют сделать каждый интерьер уникальным, передать практически любую дизайнерскую идею, превратить поверхность стены или потолка в настоящее произведение искусства (рис. 1.46). Декоративные покрытия могут передать фактуру камня, кожи или металла, придать новому покрытию вид благородной старины, а также создать эффекты, аналогов которым нет в природе.

При составлении этого раздела использованы материалы [8].



Рис. 1.46. Интерьер "ФРАНС-ДЕКОР"

Созданы материалы, с помощью которых дизайнер вместе со специалистом-отделочником могут самостоятельно разработать новую, не применяемую ранее технологию нанесения, и получить уникальный, единственный в своем роде эффект. Возможно комбинирование различных техник и материалов на одной поверхности, в одном интерьере, благодаря чему также можно добиться поразительных по красоте эстетических эффектов.

Поверхность с лакокрасочным слоем, как правило, представляет собой сложную **многослойную систему**. Покрытие состоит из нескольких слоев, нанесенных на основание: шпатлевки, грунтовки, краски (в один или несколько слоев), а возможно, ещё из слоя лака или воска. При этом чрезвычайно важным является вопрос совместимости материалов разных слоев друг с другом. Поэтому ведущие производители предлагают профессиональные окрасочные системы. Они представляют собой полный набор всех необходимых материалов для подготовки, окраски и защиты поверхностей. Системные материалы характеризуются полной физико-химической совместимостью друг с другом.

При выборе покрытия следует строго руководствоваться техническим описанием продуктов, в котором должны быть указаны требования к основанию, а также содержаться ответы на вопросы: как, чем и в какой последовательности наносятся материалы, а также допустимые условия эксплуатации.

К современным лакокрасочным и декоративным покрытиям предъявляются следующие **общие требования**. Они должны быть экологически чистыми, удобными в нанесении, легко поддаваться сухой или влажной уборке. Кроме того, ко многим видам покрытий предъявляются **специальные требования**, такие как повышенная износостойкость в помещениях с большой проходимостью, влагостойкость при использовании в санузлах, на кухнях, и т.д.

При выборе лакокрасочных или декоративных покрытий для заказчика наиболее важны:

- декоративные свойства покрытия (структура, цвет, степень глянца);
- эксплуатационные свойства покрытия (стойкость к мытью, цветостойкость, стойкость к механическим нагрузкам, стойкость к загрязняющим факторам, стойкость к агрессивным воздействиям, последующая ремонтпригодность, долговечность, экологическая безопасность);
- специальные требования к покрытию для обеспечения особых функций;
- стоимость одного квадратного метра покрытия.

Декоративные свойства покрытия. Современные лакокрасочные материалы могут иметь тысячи всевозможных оттенков основных цветов, которые можно получить в течение нескольких минут, используя специальные колеровочные машины.

По степени укрывистости краски лежат в широких пределах - от *лессирующих* (прозрачных) до *кроющих*.

По степени глянца краски также делят на высокоглянцевые, глянцевые, и т.д. - до матовых и глубокоматовых. В настоящее время наибольшей популярностью пользуются матовые покрытия. Однако нужно иметь в виду, что эксплуатационные свойства покрытий (стойкость к мытью и истиранию, легкость уборки, возможность применения моющих средств, и т.п.) выше у глянцевых красок.

Структура поверхности декоративного окрасочного покрытия бывает гладкой либо имеет определенную рельефную фактуру. Фактура может быть получена как за счет свойств самого материала, так и с помощью специальных инструментов и технологий нанесения.

Возможно получение также различных оптических эффектов - изменение цвета, в зависимости от освещеннос-

ти и угла зрения, создание люминесцентных покрытий и т.д.

Эксплуатационные свойства покрытия. К эксплуатационным свойствам покрытий относятся: стойкость к мытью и истиранию, цветостойкость, химическая и биологическая стойкость (стойкость к появлению грибка), и т.д.

Стойкость к мытью и истиранию характеризуется числом проходов щеткой определенной жесткости во влажном или сухом состоянии до нарушения красочного слоя. Этот показатель является определяющим при выборе краски для конкретных условий эксплуатации.

При выборе, например, немецких красок можно поинтересоваться их стойкостью по стандарту *DIN 53778*. Он классифицирует водно-дисперсионные лакокрасочные покрытия по стойкости на следующие группы:

- стойкие к мытью - такие покрытия выдерживают более 5000 циклов мокрого истирания влажной щеткой;
- стойкие к смыву - такие краски должны выдерживать до 5000 циклов мокрого истирания влажной щеткой;
- стойкие только к сухому истиранию. Обычно это самые дешевые краски, которые могут применяться только для окраски потолков. Условно стойкость таких покрытий оценивается, если количество циклов мокрого истирания менее 1000 циклов;
- отдельно стоит класс так называемых *побелок*, не стойких даже к сухому истиранию. Эксплуатация таких покрытий весьма затруднительна, т.к. при прикосновении к таким покрытиям остаются следы, убрать которые, практически, невозможно. В этих случаях для того, чтобы «освежить» такое покрытие, его «перебеливают», т. е. перекрашивают. Однако сейчас такие окрасочные составы (меловые, известковые) применяются очень редко.

Как говорилось выше, краски, образующие глянцевые покрытия, легче моются. Однако, следует помнить, что

глянцевая пленка подчеркивает все неровности основания.

При выборе матового покрытия необходимо правильно оценить эксплуатационные нагрузки, чтобы выбрать покрытие с необходимой стойкостью (матовые покрытия могут быть как моющимися, так и нет).

Очевидно, что краски, применяемые в сырых и влажных помещениях, должны обладать повышенной биологической стойкостью (для этого в состав красок вводят специальные добавки).

Химически стойкие краски рекомендуется применять в больницах, промышленных помещениях, лабораториях и моечных цехах, где поверхности подвергаются воздействию брызг химикатов и там, где применяют дезинфицирующие составы.

Специальные свойства. Покрытия могут иметь различные специальные свойства, в соответствии с назначением помещения, где они будут применяться. Выпускаются покрытия: термостойкие и терморегулирующие, электроизоляционные, стойкие к рентгеновскому излучению, а также покрытия, стойкие к воздействию химикатов, с бактерицидными свойствами и с многими другими специальными свойствами.

Технологические свойства. Технологические свойства лакокрасочных материалов, к сожалению, не очень интересны заказчикам, но они чрезвычайно важны для исполнителей работ. К технологическим свойствам относятся: *укрывистость, время высыхания, адгезия, удобство нанесения, тиксотропность окрасочного состава, и т.д.*

Укрывистость определяет количество слоёв краски, необходимых для того, чтобы укрыть контрастную (например, черно-белую) подложку. Существуют материалы, которые позволяют укрывать такую подложку за 1 слой. Их отличает более высокая цена, но меньший расход. Для укрытия контрастного основания дешёвыми красками

необходимо нанести 4-5 слоев. Для создания качественного покрытия их требуется еще больше. Укрывистость материалов хорошего качества позволяет наносить их в один-два слоя даже на контрастные подложки.

Одним из важнейших технологических параметров, определяющих скорость выполнения работ, является **время высыхания**. Обычно этот параметр пишется на упаковке. Однако, он указывается для вполне конкретных (нормируемых) условий. На фактическое время высыхания влияет множество факторов, таких как температура воздуха и основания, влажность в помещении и т.д.

Высокая **адгезия** (прилипание краски к основанию) является условием образования высококачественного лакокрасочного покрытия. Большое значение для улучшения адгезии имеет правильная подготовка основания и соблюдение технологии нанесения.

Для того, чтобы лакокрасочный материал легко наносился на поверхность, у него должна быть определенная консистенция, определяемая параметром **вязкости**. Слишком вязкий материал будет трудно нанести. В противоположном случае возможны подтеки, особенно на вертикальных поверхностях. Особую важность характеристика вязкости приобретает при нанесении покрытия с помощью краскопульта.

Чтобы материал было удобно наносить, но в то же время избежать подтеков, в краски вводят специальные **тиксотропные** добавки. **Тиксотропность** краски называется её свойство изменять вязкость при перемешивании. Тиксотропная краска при нанесении валиком или кистью не течет и не капает с инструмента, но в то же время хорошо растекается по окрашиваемой поверхности, образуя ровную пленку.

Экологичность - это безвредность для здоровья и окружающей среды. Работая с лакокрасочными материа-

лами, необходимо применять меры предосторожности, указанные на упаковке. Наиболее безопасные в этом плане водно-дисперсионные окрасочные составы.

Водно-дисперсионные краски. Водно - дисперсионные краски (*или водорастворимые, как их иногда называют*) относятся к числу наиболее экономичных и удобных в нанесении окрасочных составов. Доля их потребления по разным оценкам составляет от 30% до 80%. В интерьерах они применяются, в основном, для окрашивания стен и потолков.

Водно-дисперсионные составы не содержат органических растворителей, поэтому они, практически, не имеют запаха и экологически чисты. Они могут наноситься кистью, валиком или распылителем. Образующееся покрытие имеет высокую адгезию ко многим основаниям и обладает высокими эксплуатационными характеристиками.

В водно-дисперсионных лакокрасочных материалах частицы связующего диспергированы в воде. В процессе испарения воды они сближаются и при наступлении контакта прилипают друг к другу, образуя пленку.

Данные продукты выпускаются, как правило, белого цвета. Для получения нужного цвета или оттенка материалы колеруют. Для этого используют специальные тонирующие красители, которые позволяют добиться нужного оттенка. Разработаны даже такие пигменты, которые позволяют имитировать золото, серебро, платину, сталь или бронзу.

Колеровать краску можно вручную непосредственно на строительном объекте. Однако, во-первых, при этом трудно получить требуемый оттенок, а во-вторых, его очень трудно повторить, если в этом возникнет необходимость. Сегодня для этого используют специальное оборудование (*колеровочные машины*). Оно позволяет не только получить любое количество краски нужного цвета, но и

повторить его при необходимости через любой промежуток времени. Для выбора нужного оттенка у всех ведущих мировых производителей красок есть свои *колеровочные карты*, где каждому оттенку присвоен свой номер, своего рода «номенклатура цветов».

Как правило, водно-дисперсионные материалы теряют свои свойства при замерзании, поэтому в холодное время они должны храниться в отапливаемых помещениях.

Свойства водно-дисперсионных лакокрасочных материалов зависят от того, какие полимеры использовались в качестве связующего.

Краски на основе ПВА обладают низкой водостойкостью и поэтому имеют достаточно узкую область применения. Это – окраска потолков и внутренних стен в сухих помещениях. Краски на основе ПВА самые дешёвые из всех водно-дисперсионных. Добавление акриловых полимеров в краски на ПВА-связующем в некоторой мере увеличивает водостойкость и износостойкость готовых покрытий. Однако эти краски всё же уступают краскам на основе чисто акриловых связующих, хотя их стоимость почти одинакова.

Бутадиенстирольные дисперсии обладают хорошей водостойкостью, но имеют ограниченную светостойкость (желтеют под воздействием света). Это существенно ограничивает их применение. Краски на этом типе связующего – недорогие и, при необходимости, применяются только во внутренних помещениях, с неярым искусственным освещением.

Акриловые дисперсии более дорогие, но именно они наиболее универсальны. Краски на основе акриловых связующих (акриловые краски) составляют наиболее значительную часть всех водно-дисперсионных красок. Именно они намного чаще других используются для отделки интерьеров.

Акриловые краски прекрасно колеруются с получением до 15 000 различных цветов и оттенков. Они хорошо сохраняют цвет и выдерживают интенсивное ультрафиолетовое облучение. К тому же они просты в применении и быстро высыхают. Качественные акриловые краски позволяют создавать покрытия эластичные, способные перекрывать «волосяные» трещины в основании до 0,5 мм, они долговечны и стойки к мытью. Новые чисто акриловые связующие позволяют изготавливать краски, приспособленные к специфике «живущей» древесины, т.е с высокой эластичностью, с водоотталкивающими свойствами и одновременно высокой паропроницаемостью («дышащей» способностью).

Латексные краски также, как и акриловые, относятся к водорастворимым краскам. Они подходят для внутренних работ в жилых и общественных помещениях – окрашивания бетонных, оштукатуренных, кирпичных стен и гипсокартонных плит, ими лучше всего обрабатывать структурные обои под окраску.

Как правило, такие краски продаются белого цвета с последующей колеровкой в любой цвет по желанию заказчика. Самые распространенные - "Innenlatex Extra" (Голландия), "ULTRA" (Турция). В большинстве своем это матовые краски. Но есть и краски с мягким шелковистым блеском, например "Эко-Джокер" фирмы "Тиккурила". Они лучше оттеняют структуру обоев.

Период высыхания латексной краски - 4-6 часов при температуре 20°C. Максимальную твердость и способность нести большие нагрузки она приобретает через 3 дня. Наносятся кистью, валиком или краскопультом высокого давления. Поверхности перед окрашиванием должны быть соответствующим образом подготовлены – очищены от грязи, жирных пятен и пр. На качественную штукатурку, бетон, кирпич (силикатный и обычный), хорошо приклеен-

ные обои латексные краски наносятся без предварительного грунтования.

В Германии лучшей характеристикой красок считается возможность рекомендовать их для работ в больницах, детских садах и т.п. Там нужны экологически чистые продукты с высоким параметром истираемости (не менее 5000 проходов щеткой), влагостойкостью, которые плохо загрязняются и при этом легко моются, способны выдерживать дезинфицирующие средства. Некоторые виды латексной краски, такой как Innenlatex Matt (Голландия), Еко-Joker (Финляндия) можно с полным правом отнести к этой категории материалов. Покрытие за время эксплуатации оправдывает свою стоимость.

Латексная краска Еко-Joker (Tikkurila – Финляндия) входит в своеобразную элиту водно-дисперсионных красок, поскольку является одной из немногих, удостоенных "Европейского знака защиты окружающей среды", – отличается, практически, полным отсутствием вредных испарений. Еко-Joker характеризуется хорошей стойкостью к мытью (2000 раз), устойчивостью к химическим моющим средствам и даже к слабым растворителям типа уайт-спирита. Один из наиболее важных показателей этой краски – это ее экономичность: одним литром краски можно качественно окрасить до 18 м² гладкой деревянной поверхности. Правда, стоит оговориться, что при работах с "девственно" чистыми основами при покупке рассчитывать лучше на вдвое меньшую площадь, поскольку выкрасить одним слоем краски в чистый белый цвет еще не значит получить долговечное покрытие. Обновление же старых окрашенных поверхностей смело можно производить одним слоем Еко-Joker.

Практически, во всех случаях Еко-Joker применяется без предварительной грунтовки (за исключением случаев слабой поверхности - например, осыпающейся штукатур-

ки). Наносится в 1-2 слоя валиком, кистью или распылителем на чистые и сухие основы.

Результаты исследований, приведенных в [9] показывают, что для отделки интерьера лучше всего использовать воднодисперсионные краски на латексной основе. Из всех водноразбавляемых красок они самые прочные, отлично моются. Кроме того они абсолютно безвредны и, практически, не имеют запаха.

Большое разнообразие связующих для воднодисперсионных красок позволяет создавать на их основе лакокрасочные составы различного назначения, отличающиеся простотой применения и быстрым высыханием, а отсутствие летучих разбавителей дает возможность отнести эти составы к категории экологически чистых материалов.

При выборе типа красок необходимо точно знать возможности конкретного материала и соизмерять их с требованиями, которые стоят перед покрытием. Только в этом случае, возможно, сэкономить на материале, т.к. нет материала плохого или хорошего, дорогого или дешевого. Одни материалы подходят для определенных условий. Другие – могут подходить для других условий. Для определения рациональной области использования тех или иных окрасочных составов сравним основные показатели воднодисперсионных красок на различных связующих.

Водостойкость. У красок на основе ПВА она низкая, а у бутадиенстирольных и акриловых - высокая. Поэтому не стоит пользоваться красками на основе ПВА в помещениях с высокой влажностью, например, в санузлах, на кухнях, в подвале. Пожалуй, единственное место, где этот вид красок рационален - потолки в сухих помещениях. Не стоит, например, красить потолок краской на основе ПВА в летнем домике, не отапливаемом зимой.

Светостойкость. У красок на основе ПВА, у акри-

ловых и латексных этот показатель высокий, у бутадиенстирольных систем - заметно ниже. Бутадиенстирольные краски могут соревноваться с акриловыми только в помещениях с низкой освещенностью, например, в прихожих, подвале.

Механическая и атмосферная стойкость. Этот показатель наиболее высок у акриловых и латексных красок, особенно, если поверхность будет увлажняться. Таким образом, если покрытие нужно периодически мыть или оно испытывает частые механические воздействия, например, в подъезде, то предпочтение должно быть однозначно отдано акриловым или латексным краскам.

Органорастворимые краски. Такие лакокрасочные материалы содержат в своем составе летучий органический растворитель, испаряющийся в процессе высыхания. В настоящее время единственным растворителем, который в большинстве стран мира допускается использовать без всяких ограничений, является *уайтспирит* (очищенный керосин).

Наибольшее распространение среди органорастворимых красок сегодня получили **алкидные краски и эмали**.

При работе с органорастворимыми продуктами необходимо соблюдать определенные меры предосторожности. При нанесении их на обширные поверхности необходимо использовать специальные индивидуальные средства защиты.

Следует отметить еще один окрасочных составов, который распространен в нашем регионе. Это – **масляные краски**.

Связующим *масляной краски* является масло, которое высыхает в процессе окисления. Это может быть льняное масло, олифа на льняном масле, масло-насыщенная алкидная смола или смесь различных масел.

Льняное масло представляет собой низкомолекулярное связующее, которое прекрасно проникает в древесину, образуя плотную водонепроницаемую пленку. Краски на льняном масле отличаются высоким сухим остатком. Это связано с тем, что льняное масло в качестве связующего не нуждается в растворителях и, следовательно, содержит минимальное количество летучих соединений.

Преимуществом масляных материалов является высокая степень наполняемости, а также небольшой расход. Они превосходны в качестве грунтовок, например, для деревянных покрытий. Для них характерно довольно медленное высыхание (от 1 до 3 суток).

Связующим для *алкидных материалов* является алкидная смола. Алкидные смолы, в основном, изготавливают путем варки растительных масел - льняного, таллового, соевого, и др. - вместе с органическими кислотами или кислотными ангидридами. Подобно маслам, алкидные смолы высыхают в результате окисления. Чем больше жирность (процентное содержание масла) алкидной смолы, тем эластичнее лакокрасочное покрытие. Скорость высыхания алкидных смол регулируется специальными добавками - сиккативами.

Подбором типа масла можно повлиять на время высыхания, цвет и блеск алкидного лака. Как правило, лакокрасочные материалы на алкидном лаке отличаются легкостью нанесения и более высокой атмосферостойкостью по сравнению с масляными красками. Алкидные материалы быстрее высыхают, не усаживаются при высыхании, не желтеют и, в отличие от масляных красок, практически не мелятся.

Алкидными красками традиционно защищают от износа и коррозии разного рода поверхности как внутри, так и вне здания (двери, мебель, батареи отопления, и т.д.). Алкидные краски выдерживают мокрую очистку водой с

использованием обычных моющих средств. Их используют для окраски стен и потолков в кухнях и ванных комнатах. При желании получить глянцевое покрытие также выбирают эти краски.

Но все же, в интерьере краски на органических растворителях используются все реже и реже. Это связано с тем, что, хотя в современных органорастворимых красках используется в качестве растворителя низкотоксичный уайтспирит, по экологичности они все уступают водно-дисперсионным краскам. По традиции их применяют и из-за невысокой цены, особенно в качестве эмали для металла. Применение алкидных красок в интерьере оправдано, когда необходимо получить яркие, насыщенные цвета с глянцевым покрытием.

Технологическая последовательность окрасочных работ. Прежде чем приступить к *покраске*, следует хорошо продумать порядок работ. Помещение окрашивается сверху вниз: сначала потолок, потом стены, окна, двери и другое дерево. Если потолок у вас уже окрашен, можно брать за стены.

Специалисты рекомендуют начинать покраску с угла между стеной и потолком. Чтобы не испачкать потолок, лучше воспользоваться защитным приспособлением — малярной лентой (но не скотчем). Более современный способ — это оклейка стыков защитной малярной лентой. Она легко снимается и не оставляет следов от клейкого слоя.

Нанесение лака и других прозрачных и полупрозрачных быстро сохнущих покрытий отличается от работы с краской.

Специальные эффекты окраски достигаются с помощью окрасочной полупрозрачной глазури, сквозь которую просвечивает нижний слой основной краски. При этом используют цветные краски или подкрашивают белую до нужного оттенка соответствующим пигментом.

Водоземulsionные глазури позволяют получить тонкое, прозрачное покрытие. Оно высыхает очень быстро, поэтому слишком сложные эффекты получить с их помощью трудно. Но если смешать краску со специальным веществом-ретардатором, то это позволит задержать высыхание акрила приблизительно на час. А вот в масляные глазури ничего добавлять не надо: они сами по себе сохнут медленно и дают красивую прочную поверхность.

В основе масляных глазурей — *лессировка*, разбавленная смесью одной части льняного масла с двумя частями уайт-спирита. Чем больше лессировки, тем выше отчетливость эффекта и дольше сушка. Больше льняного масла — глаже поверхность, больше уайт-спирита — жиже глазури и быстрее сушка.

Подойдя к обычной покраске стены с определенной фантазией, используя специальные современные малярные приемы и инструменты, можно преобразить интерьер помещения.

Мозаичные (полихромные) покрытия. Мозаичные краски — это материалы высокого класса для декорирования поверхностей. Он представляет собой водную эмульсию нерастворимых в базисном составе пигментов-капелек (наполнителей) — твердых или цветных микроскопических частичек. Капельки или твердые частички имеют цвет, отличный от цвета базиса.

При нанесении образуется чуть шероховатая поверхность с застывшими одноцветными или различного оттенка капельками краски (в зависимости от пигмента), создавая мелкоточечный рисунок с ощущением единого бархатного фона (рис. 1.47).

Это покрытие требует очень качественной подготовки поверхности и нанесения грунтовочного слоя, близкого по тону к базису. Это делается для меньшего расхода дорогого мозаичного окрасочного состава. В качестве грунтов-

ки могут использоваться как специализированные составы, так и обычные водно-дисперсионные или алкидные краски.

Мозаичные краски поставляются в готовом к употреблению виде. Традиционно их можно применить лишь при наличии специального инструмента - воздушного краскопульта (пигменты-капельки при набрызгивании разбиваются и прилипают к поверхности). Созданы, однако, новые поколения полихромных окрасочных составов, которые можно наносить не только краскопультом, но и специальной кистью.

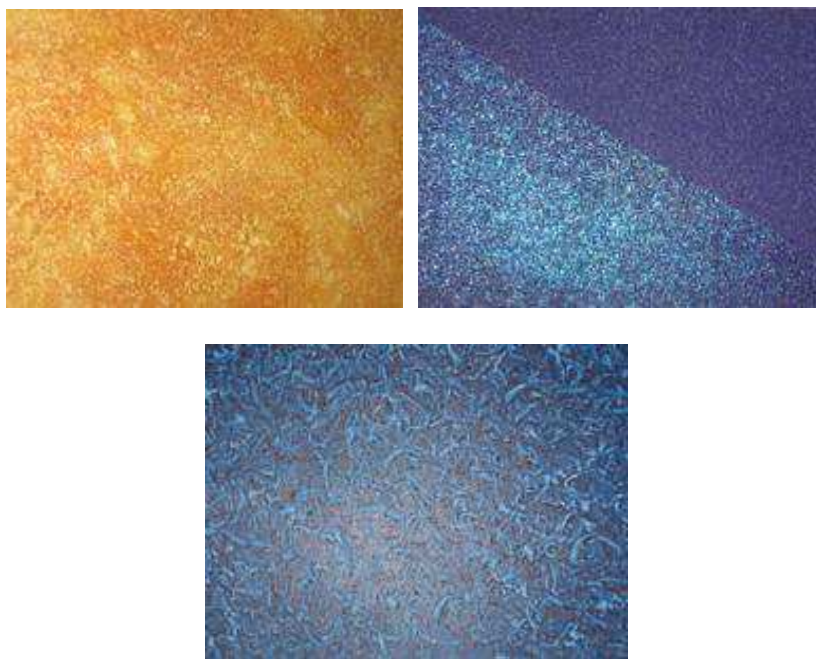


Рис. 1.47. Варианты полихромных покрытий

Мозаичные (полихромные) покрытия паропроницаемы, отличаются высокими декоративными свойствами, стойки к мокрому истиранию и мытью различными (даже

слабощелочными) моющими составами. Самые качественные составы могут использоваться в специальных помещениях и медицинских учреждениях.

1.7. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПОТОЛОЧНЫХ СИСТЕМ

1.7.1. Характеристики и требования, предъявляемые к потолочным системам

Сохранившиеся до нас памятники архитектуры наглядно показывают, насколько важным элементом интерьера всегда считался потолок. Его украшали росписью и лепкой, живописью и тканями, устраивали кессоны, специальным образом обыгрывали конструктивные потолочные элементы и т.д.

В настоящее время архитекторы и дизайнеры также считают потолок одним из важнейших элементов интерьера, и этому есть вполне понятные причины.

Во-первых, это – появление современных материалов, которые позволяют имитировать старые способы оформления потолков, но уже на промышленной основе. То, что вчера можно было создать только тяжелым ручным трудом высококвалифицированных мастеров, сегодня производится в современных автоматических цехах (например, лепнина - гипсовая или полиуретановая).

Во-вторых, появление совершенно новых материалов и конструкций, которые вдохновляют проектировщиков и расширяют палитру возможностей (например, криволинейные подвесные потолки или натяжные потолки).

И, наконец, третьей причиной - утилитарной, повышенного внимания к потолкам является необходимость декорировать, спрятать многочисленные инженерные комму-

никации современного здания, а также решить акустические, гигиенические и другие функциональные задачи.

Наряду с традиционной отделкой потолков, такой как штукатурка и окраска, широкое распространение получили современные **потолочные системы**: подвесные, натяжные, подшивные и клеевые [22, 23].

Потолочные системы призваны обеспечить решение основных двух задач - эстетической и функциональной, причем в большинстве случаев эти задачи необходимо решать одновременно [8].

К эстетическим задачам относится либо создание просто горизонтальной, однотонной плоскости потолка, которая является нейтральным элементом интерьера, либо устройство сложного криволинейного потолка, часто с декоративными подсветками, с применением цвета, фактур, нескольких уровней, и т.п. Во втором случае потолок становится инструментом мощного эмоционального воздействия на человека. Благодаря применению современных потолочных систем, которые позволяют использовать как встроенные, так и подвесные светильники, также значительно расширились возможности по решению освещения интерьера.

К функциональным задачам, для решения которых могут применяться потолочные системы, относятся:

- интегрирование инженерного оборудования в пространство между перекрытием и плоскостью потолка с возможностью обеспечения простого доступа к нему;
- создание благоприятной акустической среды в помещении;
- обеспечение необходимой долговечности потолка в помещениях с повышенной влажностью (бассейнах, санузлах и т.д.);
- обеспечения соответствия специальным ги-

гиеническим требованиям "чистых" помещений (например, больницы);

- обеспечение необходимой огнестойкости потолочных конструкций;
- устойчивость к значительным ударным нагрузкам (для спортзалов).

В настоящее время разработаны потолочные системы, которые пригодны для решения, не только одной задачи, но и отвечающие целому комплексу требований, например, способные обеспечить требуемую акустику в помещениях с повышенной влажностью. При этом, естественно, что данные системы обязаны решать также и художественные задачи по формированию интерьера. Необходимо только понимать, что чем больше функциональных задач возлагается на потолочную систему, тем более сложной, и, следовательно, более дорогостоящей она будет.

К техническим характеристикам потолочных систем относятся: акустические и гигиенические показатели, влагостойкость, пожарно-технические характеристики, ударопрочность, светотехнические показатели и долговечность. Рассмотрим их подробнее.

Акустические характеристики. Для большинства помещений, обеспечение необходимой акустической среды является едва ли не основным функциональным требованием (например, кинотеатры, концертные и лекционные залы, офисные помещения и т.д.).

Акустические характеристики помещения включают в себя два класса показателей, характеризующих соответственно звукопоглощение и звукоизоляцию.

Для обеспечения необходимого звукопоглощения наибольшее внимание уделяется потолочному пространству. Поэтому уже достаточно давно выпускаются так называемые акустические потолки, поглощающие звук. В больших помещениях для улучшения акустики рекоменду-

ется также использовать звукопоглощающие стеновые панели.

При решении данных задач необходимо понимать, что для помещений, где акустические факторы являются основополагающими (концертные залы, театры, лектории и т.п.) подбор и расстановку акустических материалов может выполнить только специалист-акустик. Ведь для этих помещений требуется сложный акустический расчет, учитывающий формы и размеры зала, расстановку звуковой аппаратуры и многое другое.

В помещении с хорошей акустикой, применяемые материалы и конструкции должны обеспечивать с одной стороны – разборчивость речи людей, с другой стороны – снижение шума, возникающего в помещении и звукоизоляцию от шумов проникающих извне.

Разборчивость речи (хорошая слышимость). Речь говорящего без напряжения человека должна быть понятна без труда, причем местонахождение его в помещении не должно играть никакой роли. Хорошая слышимость - одно из важнейших требований, которому должны удовлетворять помещения для концертов, лекций и т.д.

Находящийся в помещении человек слышит звуки двух типов: прямой и отраженный. Отраженный звук является совокупностью отражений звуковых волн от всех поверхностей помещения. Каждая из этих волн имеет собственную амплитуду и собственное время, за которое она доходит до слушателя. Волны, отраженные от твердых поверхностей вблизи говорящего, следуют непосредственно за прямым звуком, и это улучшает разборчивость речи, усиливая речевой сигнал.

При отражении звука от удаленной поверхности помещения отраженные волны прибывают с большой разницей во времени после прямого звука (двойное звучание.., Это – эхо может снизить разборчивость речи.

При многократном отражении это явление называется *реверберация* (продолжительность послезвучия в замкнутом пространстве вследствие многократного отражения от поверхностей стен, потолка, пола и т.д., после остановки источника звука). Реверберация является важным фактором при оценке качества и уровня звука в помещении.

Если же отраженный звук воспринимается во времени отдельно от прямого звука, то это уже эхо. Наличие эха является недостатком акустики помещений. Реверберация же при определенной продолжительности даже желательна. Время реверберации – это время в секундах, требующееся распространяющемуся в замкнутом пространстве звуку для затухания до одной миллионной (60 дБ) от своей начальной интенсивности после умолкания источника звука. Время реверберации зависит от частоты и обычно измеряется в третьоктавном или октавном диапазоне. Если оно очень долгое, слоги в словах сливаются и становятся нечеткими. Если же слишком короткое - обстановка становится безжизненной и неудобной.

Время реверберации можно регулировать путем применения звукопоглощающих материалов. Наиболее эффективно в потолочных конструкциях применять материалы с хорошими акустическими свойствами..

Выбор потолка зависит от назначения помещения. Например, в конференц-зале важно, чтобы все могли слышать докладчика. В офисе открытой планировки должна быть хорошая слышимость в пределах небольшого расстояния, чтобы при этом не мешать рядом сидящим коллегам.

Итак разборчивость речи зависит от уровня прямого и первого отраженного звука (чем выше, тем лучше), реверберующего звука (чем ниже, тем лучше, но до определенных значений, чтобы не создать эффект безжизненности помещения) и фонового шума (чем ниже, тем лучше).

Снижение уровня шума. Звуковые волны, встречая на своем пути стены, потолок, мебель и т.д., частично проникают сквозь преграду, частично отражаются, и частично поглощаются. Звукопоглощение – преобразование звуковой энергии в тепловую (вследствие трения. Это происходит) при прохождении сквозь толщу материала, столкновении с поверхностью или резонансе столба воздуха в помещении). Для уменьшения шума в помещении необходимо снизить уровень отраженного звука за счет применения звукопоглощающих материалов при отделке, в том числе и потолка.

Различные типы потолочных панелей обеспечивают различные уровни звукопоглощения. Звукопоглощение в существенной степени зависит от дизайна поверхности. Чем больше шероховатость поверхности, тем выше звукопоглощение. Отверстия или перфорация также улучшают поглощение звука.

Для характеристики акустических свойств потолка может применяться, так называемый, средний коэффициент звукопоглощения NRC. . Потолок может называться акустическим при значениях NRC, превышающих 0,6-0,7.

Звукоизоляция. Под термином звукоизоляция понимается ослабление силы звука при прохождении звуковой энергии через преграду. Характеризуется степенью звукоизоляции, которая показывает во сколько раз уменьшилась сила звука при прохождении через конструкцию, выражается в децибелах.

Согласно EN (европейским нормам) звукоизоляция подвесных потолков характеризуется показателем $D_{p,cw}$.

Однако, если говорить о величине звукоизоляции относительно подвесных потолков, то необходимо отметить, что данная характеристика (приведенная в каталогах) справедлива только для звукоизоляции самого подвесного потолка. И она абсолютно непригодна для оценки звукоизо-

ляции существующего междуэтажного перекрытия путем подвеса к нему подвесного потолка.

Величину звукоизоляции обычно необходимо учитывать при проектировании офисов открытого плана, т.е. помещений с общим потолком и с перегородками, идущими не до перекрытия, а только до потолочной плоскости.

Очень важно также понимать, что звукоизолирующие способности подвесного потолка абсолютно не связаны с его звукопоглощающими свойствами. В акустических потолках звукоизоляция достигается за счет толщины используемого материала и его плотности, а высокое звукопоглощение - за счет пористой или неровной поверхности. Таким образом, лучшими акустическими характеристиками обладают панели из минерального или стекловолокна со специальной поверхностью или перфорированные металлические панели со звукопоглощающей прокладкой.

Существуют и комбинированные модели подвесных потолков, где потолочная плита представляет собой сэндвич-панель, составленную из звукоизоляционного и звукопоглощающих слоев. Однако необходимо помнить, что собственная звукоизоляция потолка и коэффициент звукопоглощения потолочной конструкции - величины между собой не связанные.

Влагостойкость – это способность потолочных систем функционировать без деформации, провисания, коррозии, расслоения и т.п. в помещениях с определенным влажностным режимом.

Распространенным заблуждением является то, что потолки, называемые производителями «влагостойкими» могут выдерживать прямой контакт с водой (хотя существуют и подобные потолочные панели). Влагостойкие потолки предназначены только для работы в условиях повышенной влажности и только. Для потолков, выдерживающих прямое попадание воды, в технической документации

это оговаривается особо.

При выборе потолочных систем крайне важно также понимать, что негативное влияние на них может оказать не только постоянная повышенная влажность, но резкие колебания температуры и влажности.

Колебания влажности могут возникать в ночное время суток или в периоды, когда здание временно не отапливается (температура при этом может понизиться и подняться уровень влажности). В подобных случаях, в помещениях с постоянно высоким уровнем влажности, таких как кухни и душевые, относительный уровень влажности может достигнуть 95% и выше. В помещении, где одновременно собралось много народу относительная влажность также резко возрастает, т.к. человек выделяет в виде пара литр воды в течение суток. Примеров подобно этим можно привести много. Дешевые системы, как правило, не предназначены для высоких влажностных режимов. Они не способны выдерживать резкие колебания температуры и влажности. При этом они могут также необратимо деформироваться.

По влагостойкости подвесные потолки достаточно условно можно разделить на несколько групп (в зависимости от типа помещений, в которых их можно использовать):

• **1 группа (70-75%)** - это стандартные помещения, как правило, офисы или кабинеты, где есть центральное отопление, кондиционирование, т.е. среда контролируемая, постоянно поддерживается определенная влажность и температура.

• **2 группа (90-95%)** - это помещения с неконтролируемой атмосферой, с часто изменяемой температурой, а также где есть возможность доступа влажного воздуха с улицы, например, постоянно открывается окно на улицу или потолки монтируются до начала включения отопления в здании.

• **3 группа (95-100%)** - это помещения бассейнов, душевые и другие особо влажные помещения, а также козырьки входных групп.

Это деление очень условное. Обычно производители потолочных систем дают четкие рекомендации, для каких помещений предназначена их продукция. При этом необходимо понимать, что в подвесных системах, используемых для влажных помещений необходимо применять и коррозиестойчивые несущие конструкции. Иначе использование дорогих влагостойких плит теряет всякий смысл. Для получения гарантий на долговременную работу потолочных конструкций необходимо четко выполнять рекомендации производителей.

Гигиенические характеристики. Под гигиеническими потолками понимают изделия, которые могут многократно подвергаться влажной уборке, возможно, с использованием моющих растворов или даже струей воды под давлением. Гигиенические потолки предназначены для использования в помещениях пищевой промышленности и здравоохранения, т.е. в помещениях с особыми требованиями к чистоте и возможности уборки, дезинфекции.

В качестве гигиенических разработаны различные варианты потолков. Например, плитки обработанные составом, обладающим выраженными бактерицидными и противогрибковыми свойствами, плитки с гладкой полиэфирной пленкой, которая отталкивает пыль. Или – плитки с алюминиевой фольгой и виниловой пленкой, а также алюминиевые потолки, которые легко поддаются чистке. Их можно даже мыть. Они удовлетворяют самым строгим требованиям в отношении чистоты и гигиены.

Классификация стерильности помещений. Из стандартов, применяемых для классификации стерильности помещений, наиболее известным является Федеральный стандарт США N 209E, в котором помещения и про-

дукция делится на шесть уровней в зависимости от размеров и количества присутствующих в воздухе твердых частиц. Подсчет частиц с измеренным диаметром 0,1 мкм, 0,3 мкм, 0,5 мкм ведется по специальному методу.

Пожаробезопасность. Потолки подлежат обязательной пожарной сертификации и им присваиваются соответствующие классы. Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.

По горючести строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г) - Г1 (слабогорючие), Г2 (умеренногорючие), Г3 (нормальногорючие) и Г4 (сильногорючие).

Строительные же конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью. Однако для подвесных потолков (см. раздел Подвесные потолки) в России нет технологии испытания на всю потолочную конструкцию, испытывается только плита. В других же странах испытывается вся система. Ведь металл подвесной конструкции при повышенной температуре начинает расширяться, и плита может упасть, поэтому ведущие производители подвесных систем предусматривают специальные температурные компенсаторы. Существуют даже специальные конструктивные решения, которые позволяют использовать потолочные системы в качестве противопожарной защиты.

Ударопрочность. В некоторых помещениях, например, школах, спортивных залах потолки должны выдерживать высокие механические нагрузки - в частности обладать ударопрочностью. Для ударопрочных потолков применяются не только специальные материалы, но и особые конструкции.

Светоотражение. В большинстве интерьеров отражение света поверхностью потолка - важный фактор. Светоотражающая способность выражается в процентах как количество отраженного и прямого света.

Значение данного коэффициента важно потому, что если разница между светом поверхности светильника и светом с остальной поверхности потолка велика, то есть риск неприятного ослепления. При косвенном освещении требования к отражающей поверхности возрастают, т.к. уровень освещения в помещении зависит от того, сколько света отражает поверхность потолка. При косвенном освещении также важно, чтобы свет отражался и распространялся с высокой степенью рассеивания для избежания блеска и ослепляющего воздействия со стороны освещенных поверхностей.

При прямом освещении светоотражающая способность потолка должна быть не менее 70%. В помещениях с непрямым освещением потолок должен отражать не менее 80-85% света. Если поверхность потолочной плиты имеет отверстия или перфорацию, ее светоотражательная способность уменьшается пропорционально площади, приходящейся на отверстия.

Хорошая светоотражательная способность потолка, особенно при непрямом освещении, уменьшает затраты на освещение.

Стойкость к чистке. Под стойкостью к чистке (в технической документации также часто называют долговечностью потолочных систем) потолочных систем понимают высокую устойчивость потолочной плиты к сухой протирке, чистке щеткой или частому мытью.

Стойкость к фильтрации воздуха. Перепад давления между основным помещением и пространством между несущей плитой перекрытия и подвесным потолком может привести к возникновению воздушного потока сквозь по-

толочные плиты. В результате этого они могут быстро загрязниться, работая как фильтр. Во избежание этого следует оставлять небольшие зазоры по краям потолка или в местах крепления светильников, либо использовать герметичные плиты, например, панели с ламинатом из алюминиевой фольги на обратной стороне, натяжные потолки и т. п.

Теплоизоляция. Теплоизоляция подвесного потолка характеризуется сопротивлением теплопередачи - R ($\text{м}^2 \text{°C/Вт}$). Эта характеристика важна при использовании конструкции подвесного потолка в мансардных помещениях, а также при реконструкции зданий, когда заказчики стремятся уменьшить высоту потолка для экономии на отоплении (например, с 6 м до 3 м).

1.7.2. Устройство подвесных систем

Преимущества подвесного потолка очевидны. Он декорирует трещины, пятна и другие дефекты старого потолка. Позволяет скрыть инженерное оборудование, расположенное под перекрытием. При этом, в зависимости от выбранной конструктивной схемы может быть обеспечен легкий доступ к этому оборудованию либо локально, либо по всей площади потолка.

В модульных подвесных системах (см. ниже) при ремонте унифицированные элементы могут быть легко заменены.

Специальные акустические подвесные потолки создают благоприятную акустическую среду в помещении, они поглощают звук и снижают уровень шума в помещении. И, наконец, за счет хорошего светоотражения многие модели подвесных потолков значительно улучшают освещенность помещения без дополнительных энергозатрат.

Следующими немаловажными преимуществами подвесных потолков являются легкость, простота и небольшие

трудозатраты на монтаж.

На отечественный рынок их поставляют американские фирмы ARMSTRONG и CELOTEX, шведская ECOPHON, голландская HUNTER DOUGLAS, испанская ESCAYOLAS DE LADOSA, канадская OTTAWA FIBRE, австрийские SIRO BURG и RIGIPS, немецкие AMF, GEIPEL, OWA и DONN, финская ISOVER OY, итальянская CATENA, российские "ЛЮМСВЕТ", "АЛБЕС", ТИГИ-KNAUF и ряд других. Несмотря на обилие поставщиков, конструктивное разнообразие моделей можно условно поделить всего лишь на три вида:

- видимая подвесная система;
- полускрытая подвесная система;
- скрытая подвесная система.

В нашей стране большое распространение получили видимая и полускрытая подвесные системы, что обусловлено простотой монтажа и относительно низкой ценой.

Широкой популярностью пользуются панели размерами 600х600 мм, 1200х600 мм.

Форма кромки панелей обязательно должна соответствовать типу подвесной системы.

Подвесные потолки бывают: криволинейные и плоскостные.

Криволинейные подвесные конструкции удобно использовать в обустройстве современных интерьеров при составлении разноуровневых потолков. Криволинейные и ровные панели можно эффективно комбинировать в одной системе, если кромка и отделка поверхности двух типов панелей сочетаются (рис. 1.48). К плоскостным относятся все остальные виды подвесных потолков.

Подвесной потолок состоит из несущего каркаса и множества облицовочных элементов, одинаковых по форме и размерам. При монтаже или ремонте эти унифицированные элементы (их еще называют *модулями* или *растра-*

ми) могут взаимозаменяться, что существенно облегчает работу и дает большую свободу для дизайнерского творчества. Потолки разных фирм отличаются друг от друга в первую очередь материалом облицовки и конструкцией каркаса, а иногда еще способом их соединения и размерами модулей.



Рис. 1.48. Примеры криволинейных потолочных систем (ECORHON)

Каркас подвесного потолка крепят к нижней плоскости базового потолка на специальных подвесах. От их длины зависит объем скрытого от глаз межпотолочного пространства, которое помогает решить многие важные технические задачи (спрятать проводку, организовать дополнительную теплозвукоизоляцию и т. д.).

Наиболее распространенная конструкция потолка типа ARMSTRONG представлена на рис. 1.49.

По форме модулей подвесные потолки делятся на шесть групп: *плиточные, панельные, реечные, кассетные, решетчатые и ячеистые*.

Облицовочные модули могут изготавливаться из мине-

рального волокна, металла, гипса, гипсокартона, дерева и пластика. Но здесь есть свои тонкости. Так, для плиточных и панельных потолков не применяется металл. Реечные, кассетные и решетчатые модули, наоборот, производятся в основном из металла, а Ячеистые – из минерального волокна или пластика.

Немного об особенностях применения того или иного материала.

Дерево может использоваться как в массиве, так и в виде волоконного наполнителя с синтетическим или цементным связующим.

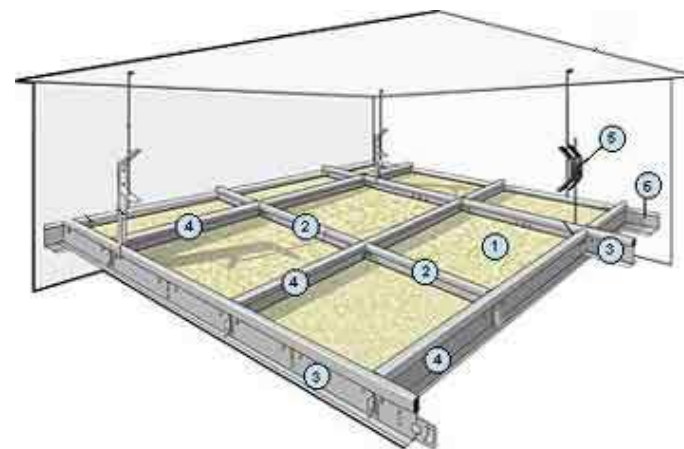


Рис. 1.49. А – конструкция потолка типа ARMSTRONG: 1 – Плита "Armstrong"; 2 – Т-профиль 24/28, 600 мм; 3 – Т-профиль 24/38, 3600 мм; 4 – Т-профиль 24/32, 1200 мм; 5 – Подвес с зажимом; 6 – ПУ-профиль 22/22

Металлические потолки изготавливаются исключительно из алюминиевой или оцинкованной стальной полосы толщиной 0,5-1 мм. Характерный металлический блеск сохраняется благодаря особой обработке или окрашиванию в соответствующий цвет в заводских условиях.

Минеральное волокно, как правило, получают из смеси песка, стеклянного боя и известняка. На промежуточной стадии производства оно напоминает шерстяные очесы. Из этого материала формуют модули с разнообразной фактурой поверхности, используя связующее. Асбест и формальдегид в современных потолочных системах, как правило, не используется.

Гипс - один из древнейших строительных материалов. Отличается способностью сохранять в помещении экологическую чистоту. Из гипса изготавливают модули преимущественно светлых тонов.

Пластик в большинстве случаев представлен ударопрочным полистиролом и поликарбонатом. Причем, первый применяют для зеркальных потолков всевозможных оттенков, а второй приобретает все большую популярность для подвесных потолков с внутренней подсветкой.

Конструкции подвесных потолков имеют большой потенциал:

- возможность довольно легко выровнять плоскость потолка по границе каркаса при монтаже;
- широкий выбор фактур и расцветок модулей. (придумывать свои варианты просто нет необходимости: достаточно полистать каталог любой фирмы, чтобы найти желаемое);
- удобство разводки в межпотолочном пространстве воздуховодов вентиляционной системы, проводов электрической и телефонной сетей. Мало того, что они становятся невидимыми, но еще и дальнейшее вмешательство в любую из них не вызывает особых проблем;
- отличная ремонтпригодность всей конструкции. Возможна замена одного модуля на другой с иным декором без демонтажа каркаса. И все это быстро, чисто и при оптимальном соотношении "цена - ка-

чество";

- простота встраивания подвесных светильников и вентиляционных решеток на желаемом расстоянии относительно плоскости потолка;
- улучшение теплоизоляции благодаря конструктивным особенностям самой системы;
- возможность дополнительной тепло- и звукоизоляции.

Есть модули, обладающие лишь некоторыми из перечисленных достоинств, но есть и такие, которые заключают в себе все.

Подвесные потолки имеют только один серьезный *недостаток*: при их установке со встроенными светильниками теряется, как минимум, 15 см высоты помещения. Именно поэтому для большинства домов, спроектированных и построенных с низкими потолками (в 60-е и 70-е годы) такие конструкции не особенно актуальны.

Каркасы подвесного потолка. Легкий несущий каркас, чаще всего имеющий форму решетки, собирают из отдельных металлических профилей. Удерживают всю конструкцию потолка металлические подвесы, которые могут выполняться в виде стержня, толстой проволоки или кронштейна. Верхний конец подвеса крепят с помощью дюбеля или анкера к базовому потолку, а нижний заводят в установочное отверстие или в направляющие на каркасе. Длину подвеса можно регулировать в определенных пределах, что позволяет образовать из профилей ровную горизонтальную (или расположенную под нужным углом к горизонтали) плоскость. Количество креплений определяется площадью и весом потолка, и количеством перепадов уровней. При условии потолка в одном уровне обычно составляет 7-10 штук на 10 м².

На готовом потолке модули могут либо примыкать друг к другу вплотную (тогда каркаса не видно, поэтому

его называют скрытым), либо разделяться элементами каркаса (так называемый видимый). Любой модуль несложно снять, например, для замены. Это делается или вообще без демонтажа (съёмный модуль), или после частичного демонтажа (несъёмный модуль) самого модуля. Каркас в любом случае не трогают. Если, конечно, не меняют кардинально конструкцию потолка.

Квадратный элемент поверхности чаще всего называют плиткой, а прямоугольный шириной не менее 300 мм из любого материала, кроме металла, - панелью. Так, фирма AMF выпускает плитку стандартных размеров - 600 × 600 мм, 625 × 625 мм, 600 × 1200 мм и 625 × 1250 мм, а также панели шириной 300 и 400 мм и длиной до 2500 мм. Толщина модулей в зависимости от материала: минеральное волокно - 13, 15, 19, 40 мм; металл - 0,5; 0,6; 0,7 мм; гипс - 12,5 мм; древесно-волоконный наполнитель - 25, 35, 50 мм. На кромках модулей могут иметься ступеньки или пазы для крепежа к профилю каркаса.

Существует несколько схем монтажа подвесного потолка в зависимости от особенностей крепления модулей и свойств профиля. Наиболее часто используются две из них: скрытый каркас со съёмными (чаще всего) или несъёмными модулями и открытый каркас со съёмными модулями. Потолок, собранный по первой схеме, своей сплошной плоскостью больше напоминает традиционный оштукатуренный. При второй схеме сборки поверхность хоть и разделена каркасом на квадраты или прямоугольники, но удобнее в монтаже и эксплуатации, поскольку любой модуль можно легко заменить (вся процедура займет не более двух минут). Известны и другие популярные схемы монтажа. Например, для узких коридоров - со съёмными или частично съёмными модулями, для трехмерных потолков - в разных уровнях и т. д.

Для открытого каркаса подходят модули соответ-

ствующего размера, практически, любой фирмы. А вот при использовании скрытого каркаса могут возникнуть проблемы. Поэтому лучше подбирать его вместе с модулями, предварительно посоветовавшись с профессионалами.

Плиточные и панельные подвесные потолки Потолок, состоящий из квадратов или прямоугольников, сделан уже привычным. Многими он воспринимается как некий эталон цивилизованной организации плоскости над головой (рис. 1.50). Но не стоит думать, что все подвесные потолки похожи друг на друга. Многообразие форм, фактур, рисунка и окраски (однотонной или пестрой) всегда позволит найти подходящее решение (рис. 1.51).



Рис. 1.50. Наиболее популярные плиточные подвесные потолки фирмы ARMSTRONG - Graphis

Кроме того, на рынке имеются и совершенно необычные по оформлению модули. Скажем, фирма SIROBURG поставяет зеркальные панели из полистирола, покрытые тонкой пленкой различных оттенков (например, Silver, Brass). Они характеризуются влагостойкостью и мо-

гут использоваться даже в ванной комнате (хотя прямой контакт с водой все же не рекомендуется). Температура в помещении с таким потолком не должна превышать 60°C, а подбор и монтаж светильников нужно производить особенно тщательно, поскольку полистирол горюч. Декоративные панели Galaxie этой же фирмы снабжены голографическими изображениями на зеркальном фоне. Поверхность некоторых древесно-волоконистых модулей серии Fibraoustic фирмы AMF, меняет оттенок основного цвета (переливается) в зависимости от направления взгляда и освещения.



Рис. 1.51. Панельный подвесной потолок Kombimetall фирмы AMF в холле

Помимо плоских модулей ряд фирм производит их криволинейными. Они необходимы для создания плавных переходов между несколькими уровнями потолка. Так, фирма ESOPHON выпускает изогнутые модули Quadro, S-line, L-line, Flexiform и элементы профиля к ним. В результате криволинейные участки подвесного потолка прекрасно комбинируются с плоскими, образуя интересные трех-

мерные композиции. Фирма ARMSTRONG предусматривает для наклонной конструкции специальные F, Z и V-образные профили, которые также совместимы с плоской частью каркаса.

Кассетные и реечные подвесные потолки. По сути, это те же панельные модули, но из металла (рис. 1.52). Отсюда их меньшая толщина и некоторое отличие по размерам. И те и другие панели снабжены отогнутыми кромками: кассетные – по периметру, а реечные – вдоль длинных сторон. Этими кромками модули закрепляются в каркасе. Поверхность может быть гладкой или перфорированной. Коррозионная стойкость определяется наносимым покрытием.



Рис. 1.52. Металлические потолки: А – (USG/DONN); Б – INLOOK

Кассетные подвесные потолки фирм AMF, OWA, GEIPEL, ARMSTRONG и HUNTER DOUGLAS изготавливаются из листовой низкоуглеродистой стали толщиной 0,5 или 0,6 мм, на которую в заводских условиях нанесено порошковое полимерное покрытие толщиной 60-80 мкм. Оно придает

поверхности приятную шелковистость. Модули могут иметь стандартные размеры (600 × 600 мм) и специфические (ширина от 300 до 625 мм при длине от 300 до 2500 мм).

Реечные подвесные потолки от HUNTER DOUGLAS, AMF и GEIPEL сделаны из алюминиевого сплава. На поверхность горячим способом наносится двухслойное лаковое покрытие, выполняющее ту же функцию, что полимерное покрытие стальных модулей (рис. 1.53).



Рис. 1.53. Реечные подвесные потолки: А - БАРД; Б - INLOOK; В, Г - HUNTER DOUGLAS

При толщине 0,5 мм и высоте 16 или 29 мм ширина рейки Luxalon (HUNTER DOUGLAS) может варьироваться от 30 до 300 мм. Длина имеющихся в продаже модулей - до 6 м, на заказ фирма готова сделать и длиннее. Рейку шириной 300 мм называют панелью и изготавливают из алюминия толщиной 0,7 мм или стали толщиной 0,6 мм.

Каркас кассетных потолков напоминает каркас плиточных и панельных. Крепежные элементы из эмалированного алюминия, используемые в реечной конструкции, дают возможность быстро и довольно точно выравнивать поверхность. Они снабжены выступами, в которые входит отогнутая кромка реек. Шаг этих выступов позволяет монтировать в одном потолке разные по ширине рейки или комбинировать их с панелями, причем в обоих вариантах как вплотную (с фаской), так и с зазором. Можно чередовать модули разных цветов из богатой палитры, предлагаемой каждой фирмой. Зазоры однотонного реечного потолка иногда заполняют специальным профилем другого цвета (например, контрастирующего с цветом панелей).

Некоторые производители используют комбинации разных материалов. Например, в серии Kombimetall фирмы AMF, кроме наружной металлической обшивки модуля, предусмотрена еще и "начинка" из минерального волокна, выполняющая звукоизолирующую и теплоизолирующую функции.

Решетчатые и ячеистые подвесные потолки. Решетчатые потолки монтируют либо из прямых узких, чаще металлических, реек, располагаемых крест-накрест, либо из уже собранных решетчатых модулей. И в том и в другом случае полости в решетке – сквозные. Модули крепятся к каркасу приблизительно так же, как в кассетных потолках.

Ячеистые потолки из минерального волокна представляют собой разновидность плиточных и панельных. Имеют на поверхности полости, закрытые с тыльной сто-

роны фоновой подложкой (рис. 1.54).

Чаще всего проемы и полости бывают квадратными, хотя не исключены и другие формы, например шестигранная, сотовая, овальная и т. д. Для решетчатых потолков необходимо создать красивый фон. Поэтому перед их монтажом либо красят нижнюю плоскость перекрытия, либо подкладывают под крепежный профиль листовой материал, гармонирующий с цветом интерьера.



Рис. 1.54. Ячеистые потолки

Витражные потолки состоят из стеклянных плит и металлической подвесной системы. Плиты представляют собой квадраты или др. геометрические фигуры с изображением орнамента или элементов общего рисунка (рис. 1.55). Подвесная система состоит из основных и поперечных направляющих Т-образного профиля, а также пристенных уголков и подвесов-зажимов. Все эти элементы выполнены из гнущего оцинкованного профиля, и окрашены защитно-декоративной эмалью.

По способу нанесения изображения плиты витражных потолков подразделяются на плёночные и выполнен-

ные из отдельных стеклянных элементов.

Плёночные витражи состоят из двух слоёв — стеклянной основы и полимерной плёнки с рисунком. Этот вариант относительно недорог, однако со временем цветной слой может быть случайно поврежден, что отрицательно сказывается на внешнем виде всего витража.



Рис. 1.55. Витражный потолок из отдельных стеклянных элементов

Витражи, изготовленные по технике «тиффани» состоят из отдельных элементов, которые соединены между собой с помощью свинцовых или медных прожилок. При этом следует помнить, что во многих странах существуют экологические требования, запрещающие использование свинца без специального защитного покрытия. В Украине в нормативных документах такое требование отсутствует.

Производство таких изделий осуществляется вручную: процесс гибки и пайки соединительной фольги довольно сложен. В отличие от *плёночных витражей*, техника «тиффани» позволяет использовать в одной композиции стекло различного типа — матовое, прозрачное, рельефное. Подобное сочетание создаёт неповторимый интерьер в любом помещении.

Фацетный витраж выполняется из стекол со снятой по периметру фаской. Эта особенность усиливает эффект преломления света, создавая особую атмосферу в помещении, где установлен фацетный витражный потолок. Стекла соединены друг с другом с помощью медной или латунной оправы, придающей плитам дополнительную привлекательность и неповторимость.

Витражные потолки применяются как в жилых домах и квартирах, так и в помещениях общественного назначения — ресторанах, кафе, клубах, магазинах, выставочных залах и т.п. Они служат изысканным украшением интерьера, придают ему большую выразительность, позволяют реализовать все фантазии дизайнеров. Особый эффект создается при размещении в запотолочном пространстве светильников: свет, прошедший через цветные стёкла, создаёт в помещении особую атмосферу.

Витражные потолки обладают целым рядом преимуществ.

Декоративность. Витражные потолки придают помещениям привлекательный внешний вид и служат их естественным украшением, например, как на рис. 1.56.

Возможность встраивания светильников. В потолочное пространство могут быть встроены различные светильники, обеспечивающие эффектное равномерное освещение помещения. Конструкция витражного потолка позволяет без труда снимать нужные элементы для замены ламп и так же легко ставить их обратно.



Рис. 1.56. Витражный потолок

Экологичность. Натуральное стекло является экологически чистым материалом, не выделяющим вредных веществ, не вызывающим аллергических реакций. Поэтому витражные потолки могут быть установлены в любых помещениях закрытого типа.

Влагостойкость. Качественно выполненные витражные плиты обладают высокой влагостойкостью. Такие потолки могут быть установлены в помещениях с повышенной влажностью.

Широкий модельный ряд. Широкий выбор готовых рисунков и возможность выполнения витражей по индивидуальным проектам позволяет создавать уникальные интерьеры и реализовывать любые дизайнерские проекты.

Быстрый монтаж и модернизация. Для монтажа подвесных витражных потолков, как правило, не нужна предварительная подготовка существующих перекрытий. Сроки установки системы зависят от сложности конфигу-

рации помещения и типа витражной системы. Все элементы витражных потолков могут быть заменены другими без демонтажа всей конструкции.

Лёгкий уход. Витражные потолки выполнены из стекла окрашенного в массу, поэтому могут быть подвергнуты влажной уборке с применением чистящих средств для стекла [24].

1.7.3. Технология устройства натяжных потолков

Натяжные потолки представляют собой тонкую пленку или ткань, натягиваемую на специальный каркас (багет), который закрепляется либо на базовом потолке, либо по периметру стен. Получаемая потолочная плоскость идеально ровная и однородная, имеет вид твердого потолка.

Натяжные потолки имеют ряд преимуществ, благодаря которым они нашли столь широкое применение:

- огромная цветовая гамма (более 100 цветов и оттенков) и возможность комбинирования цветов и фактуры полотна;
- позволяют скрыть все неровности и другие дефекты базового потолка;
- не пропускают пыль и воду, им не страшны небольшие протечки с верхнего этажа;
- являются влагостойкими, не корродируют, не вступают в реакцию с химически активными веществами, на тканевых натяжных потолках не оседает конденсат (что особенно актуально для применения в бассейнах, ваннных комнатах, лабораториях и т.п.);
- наличие специальной бактерицидной пленки позволяет использовать их без ограничения в медицинских и детских учреждениях;
- позволяют закрепить в межпотолочном простран-

стве теплоизоляционные или акустические материалы;

- в потолок можно встроить не только различные светильники, люстры, но и системы вентиляции, сигнализации и противопожарной безопасности;
- практически, не требуется никакого дополнительного ухода, легко моются благодаря наличию тонкого микронного слоя тефлона;
- легко демонтируются, если необходимо провести дополнительные работы, причем повторный монтаж не влияет на качество полотна.

Натяжные потолки можно устанавливать в помещениях любой конфигурации, под любым наклоном или даже в разных плоскостях, причем можно делать резкие, и плавные переходы из одной плоскости в другую, создавать арки, своды, шатры, и т.д. В последнее время стало модно делать многоуровневые потолки, используя разные цвета и фактуры полотна.

Минимальное расстояние, на котором можно крепить натяжные потолки от базового потолка - 2,5-3 см, если же необходимо установить встроенные светильники, то потолок опустится до 8-10 см.

С натяжными потолками можно использовать любые светильники, но с ограниченной мощностью: лампы накаливания - до 60 Вт, галогенные - 35 Вт. При необходимости установить более мощные светильники следует выполнить дополнительную термоизоляцию. Светильники крепятся к основному потолку, а в натяжном потолке для них прорезаются отверстия, которые оклеиваются по периметру специальным теплоизоляционным кольцом.

Кроме светильников на потолке могут устанавливаться и вентиляционные решетки, подвесные внутренние блоки сплит-системы кондиционирования, индикаторы дыма. Все узлы сопряжения с такими системами разработаны, апробированы и могут быть использованы.

Чтобы исключить скапливание конденсата в пространстве между перекрытием и натяжным потолком, в крепежных профилях делают вентиляционные каналы. А при площади помещения более 35 м² необходимо предусматривать сообщение межпотолочного пространства с коробом общеобменной вентиляции или установить в полотне вентиляционные решетки.

Для того, чтобы сделать натяжной потолок еще более нестандартным и оригинальным можно использовать решения, позволяющие получать эффект «звездного неба» или применять так называемые «художественные потолки» (рис. 1.57).

Для натяжных потолков в настоящее время используются два материала поливинилхлоридная (ПВХ) пленка и полиэфирная ткань. Первая используется в абсолютном большинстве конструкций, вторая в потолках системы CLIPSO.

Работы по устройству, как правило, занимают несколько часов, независимо от размеров помещения. Еще один из дополнительных плюсов – суперпрочный материал, который в случае протечки например может выдержать до 100 литров воды на одном квадратном метре.

Различают два способа крепления натяжного потолка: *клиновой и гарпунный*.

Процесс монтажа натяжного потолка начинается с определения размера и формы его полотна. Для этого на уровне предполагаемой установки натяжного потолка по всему периметру помещения проводятся измерения и определяется конфигурация будущего полотна.

При выполнении измерений для потолков с клиновым или кулачковым креплением, допустимая погрешность может быть больше, чем для потолков с гарпунным креплением. Чаще всего натяжные потолки изготавливают на заказ. После выполнения всех измерений и вычислений

фирма-исполнитель отправляет чертеж потолка на фабрику, где по нему изготавливают полотно. После того как форма и размеры полотна для натяжного потолка известны, определяется тип каркаса из несущих профилей, на который будет натягиваться потолочное полотно.



Рис. 1.57. Натяжные потолки: А, Б - BARRISOL;
В - EXTENZO; Г - DPS

Обычно для работы по установке натяжного потолка необходимо участие двух-трех человек.

Начальный этап монтажных работ заключается в установке по всему периметру помещения несущего профиля — декоративного багета, к которому будет крепиться полотно натяжного потолка (рис. 1.58). В стандартном случае пластиковый каркас крепят по периметру комнаты, к стенам, опустив его на 5 см ниже основного потолка. Расстояние от существующего потолка до поверхности натяжного потолка, зависит от того, какое оборудование предполагается встроить в потолок.

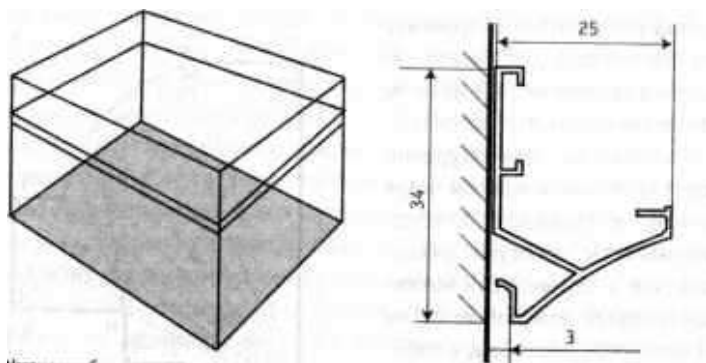


Рис 1.58. Установка багета по периметру помещения

Багет (или иначе крепежно-декоративный профиль) может быть изготовлен из алюминия или пластика. В последнем случае это, как правило, поливинилхлоридные профили. Назначение багета – обеспечивать крепление натянутого потолочного полотна и поддерживать это натяжение в процессе эксплуатации. Для того чтобы добиться идеальной горизонтальности поверхности натяжного потолка, при установке крепежно-декоративного профиля используют уровень.

Различают крепежно-декоративные профили "види-

мого" и "невидимого" типов. Как видимый, так и невидимый багеты могут крепиться к стене. К потолку чаще всего крепится невидимый багет для натяжного потолка. Схематически все эти профили с примерными размерами (в сантиметрах) показаны на рисунках 1.59-1.61.

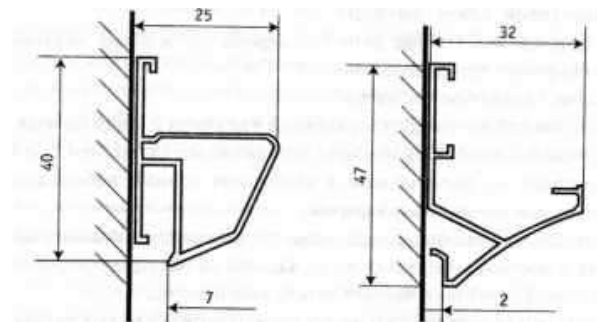


Рис. 1.59. Примеры стеновых невидимых багетов

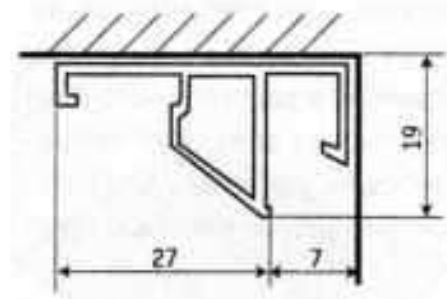


Рис. 1.60. Пример потолочного невидимого багета

Затем необходимо определить, где именно на потолке будут располагаться светильники. Для них, в зависимости от местонахождения, делаются отверстия в полотне потолка, которые оклеиваются специальными кольцами. Если в натяжной потолок предполагается встроить точечные светильники, для них устанавливаются специальные стойки,

регулируемые по высоте, которые крепятся к основному потолку. Затем на эти стойки монтируются светильники и выводятся непосредственно в уровень натяжного потолка.



Рис 1.61. Варианты установки натяжного потолка в видимый и невидимый настенные багеты

Следующий этап работы предполагает развертывание натяжного полотна. После того как полотно развернуто, на багете крепят его углы. Далее пленка вешается по углам на специальных клипсах.

Заключительный этап — нагрев полотна с помощью специального оборудования («тепловой пушки» с газовым баллоном). Следует отметить, что и само помещение при этом сильно прогревается. Температура может превысить 45 °С. Поэтому перед началом работы необходимо изолировать домашних животных, вынести аквариумы, растения и чувствительные к перепадам температуры вещи. После того как от тепла полотно становится податливым, его плотно натягивают на каркас и "заводят" в него, фиксируя с помощью специальных креплений (так называемых лопаток).

В некоторых случаях струей горячего воздуха воздушнонагревателем постепенно нагревают до температуры порядка 70 °С полотно не развернутое, а, наоборот, свернутое в рулон. После этого размягченную пленку расправляют и

натягивают на потолок, а края заправляют в каркас из крепежного профиля. При охлаждении до комнатной температуры пленка дает усадку на 1-2 %, становится более жесткой и занимает окончательное положение на каркасе.

По способу крепления натяжные потолки делятся на два больших класса — *гарпунные* (так называемое французское крепление) и *безгарпунные* (этот вид крепления называют также голландским). Последние, в свою очередь, могут крепиться двумя способами — *клиновым* или *кулачковым*.

При *гарпунном* способе полотно чаще всего имеет приваренную по периметру окантовку из более жесткого ПВХ — гибкую пластиковую пластину-утолщение, имеющую в поперечном сечении форму крючка-гарпуна.

Методом гарпунного крепления устанавливаются, в частности, натяжные потолки марок Barrisol Carre Noir, Decomat DPS, Extenzo, Newmat Novelum.

Это утолщение вставляется в пазы крепежно-декоративного профиля с помощью шпателя, где полужесткий профиль автоматически блокируется (за исключением профилей из алюминия). Чтобы полотно имело достаточное натяжение, его размер должен быть на 7 % меньше расстояния между стенами, в пределах которых потолок предстоит растянуть.

Соединение полотна натяжного потолка с гарпунным креплением на багете можно схематически представить так, как показано на рисунке 1.62.

После того, как выставлен крепежный профиль по периметру начинают монтаж с того, что один из углов полотна гарпуном зацепляют за крепежный профиль. Затем участок полотна вдоль диагонали нагревают специальной «пушкой» и, растягивая размягченную пленку, заводят шпателем гарпун в паз профиля в противоположном углу. Эту процедуру повторяют для другой диагонали, а затем по

всему периметру окантовки (рис. 1.63).

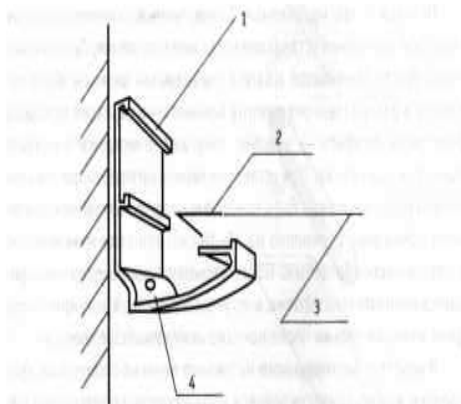


Рис. 1.62 . Соединение полотна натяжного потолка с гарпунным креплением на видимом багете:

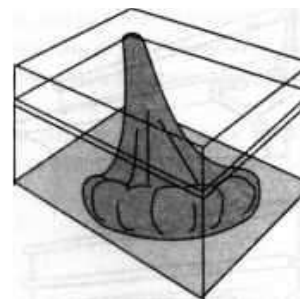
1 — фиксирующий профиль; 2 — гарпун; 3 — полотно потолка; 4 — воздушный регулятор

В процессе того как полотно охлаждается до комнатной температуры, натянутая пленка создает прочное соединение с крепежным профилем. Складки и неровности расправляют, прогревая полотно, строительным феном (тепловой «пушкой»).

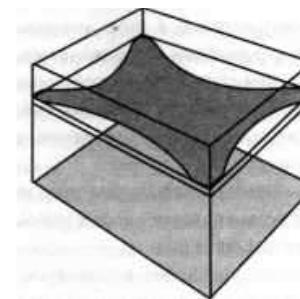
Потолки с *безгарпунным*, или голландским способом крепления устанавливаются немного иначе. Полотно потолка просто зажимается в багете специальной планкой. Края нагретого и расправленного полотна зажимают на каркасе с помощью распорного профиля — подобно тому, как зажимается в пальцах ткань для вышивания. При установке такого натяжного потолка величина полотна должна быть на 10-15 см шире расстояния между стенами помещения. При этом край полотна остается необработанным. После заклинивания полотна ему придается окончательная форма, выступившие из-под крепежного профиля излишки пленки после монтажа аккуратно обрезают.

В качестве примера безгарпунного клинового крепления можно привести потолок марки Mondea (Нидерланды). В данном случае особенностью крепежа является от-

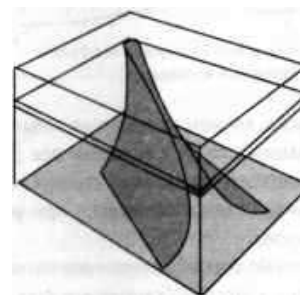
сутствие скрытого багета. По периметру потолок окаймляет пластиковая планка.



1. Разворачивание полотна после закрепления в первой точке



3. Нагрев полотна и закрепление его по диагоналям



2. Укрепление углов

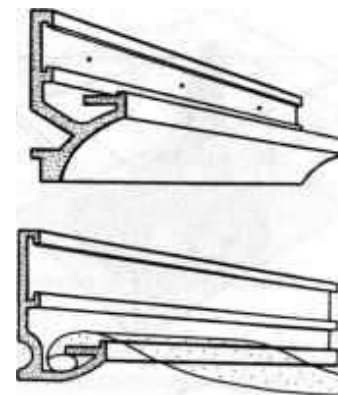


Рис 1.63. Схема навески натяжных потолков с гарпунным креплением

Клиновой способ установки натяжного потолка позволяет монтировать без дополнительной опоры, то есть единым полотном, зафиксированным только по периметру,

потолки в помещениях достаточно большой площади — более 100 м². Дело в том, что (в отличие от гарпунной технологии) данный способ крепления позволяет регулировать степень натяжения. С помощью клинового соединения можно устанавливать также многоуровневые потолки, практически, любой формы. Однако клиновой способ крепления является более трудоемким, чем гарпунный.

Установка безгарпунных натяжных потолков может осуществляться не только клиновым, но и кулачковым способом. Так, например, монтируют потолки марок Prestige Design, Skol. В этом случае полотно натяжного потолка крепят между двумя полукруглыми поверхностями разводимых «кулачков», которые входят в крепежный профиль. Эти «кулачки» раздвигаются при проталкивании пленки шпателем, автоматически сжимаясь при попытке вытянуть ее назад. Благодаря использованию определенного крепежного профиля можно установить потолок на высоте от базовой поверхности — до 8 мм.

Отечественные производители предлагают оригинальную схему навески натяжных потолков, по которой устанавливаются уже упоминавшиеся полотна стеклопластика — материала, который в отличие от винила не растягивается. В соответствии с этой технологией, полотно натягивают на край алюминиевого профиля, вставляя в специальный паз и зажимая фиксирующим клином — штапиком (рис. 1.64). Такой тип крепления можно отнести к безгарпунной технологии. Потолок поддерживается в натянутом состоянии за счет того, что его собственная сила натяжения прижимает штапик к пазу. Соединение стеклоткани происходит за счет склеивания полотнищ встык, с помощью заплат.

Потолки значительных размеров могут быть изготовлены и из нескольких полотнищ. При этом полотнища,

примыкающие друг к другу, при монтаже крепятся гарпунами к промежуточной опоре.

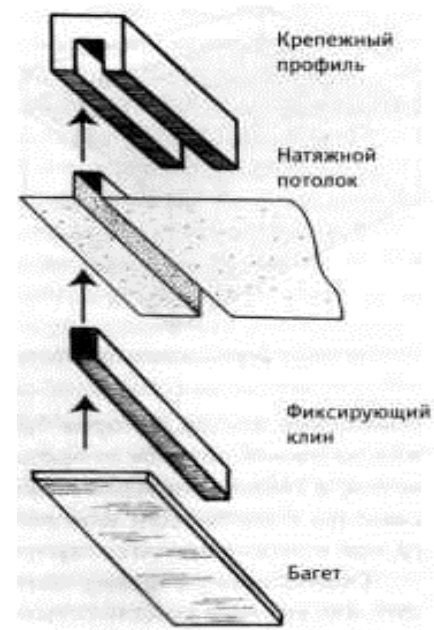


Рис. 1.64. Безгарпунная установка креплений.

Кулачковый способ крепления натяжных потолков обычно ограничивает площадь отдельного полотна до 200 м². Если этот размер превышен, центр потолка может провиснуть до нескольких сантиметров по отношению к краям. Поэтому в большинстве случаев используют дополнительные ребра жесткости или опоры — например, можно установить в центре помещения люстру, которая будет и освещать комнату и удерживать натяжной потолок от провисания.

Из нескольких полотнищ изготавливают и многоуровневые потолки. При этом полотнища, примыкающие друг к другу, прикрепляют гарпунами к промежуточной опоре или соединяют вместе с помощью специального профиля. В результате место соединения внешне ничем не отличается от стандартного шва сварного полотна.

Рабочий процесс при изготовлении и монтаже сложного, многоуровневого или трехмерного натяжного потолка значительно сложнее, чем обычного плоского. Основная сложность заключается в разработке конструкции каркаса,

который изготавливается из отдельных фрагментов алюминиевого профиля. Готовый каркас устанавливают в помещении, монтируя его на нижней плоскости перекрытия и стенах и натягивают полотна по отдельности. Каким бы способом ни монтировался натяжной потолок, его дизайн не будет выглядеть завершенным до тех пор, пока не будут установлены потолочные осветительные приборы.

За натяжным потолком легко ухаживать. Этот потолок не требует никакого специального ухода, он легко моется любыми моющими средствами, даже обычной водой и мылом, а жирные пятна можно удалить с помощью жидкости для мытья стекол или нашатырного спирта. Единственное ограничение — протирать потолок нужно осторожно, мягкой тряпкой. Царапать его щеткой ни в коем случае нельзя, иначе установленная внатяжку пленка может порваться.

1.7.4. Современные клеевые потолки

Клеевые потолки представляют собой квадратные или прямоугольные панели, чаще всего, из полистирола. Лицевая поверхность может быть покрыта пленкой, окрашенной под дерево, ткань или камень. На поверхности плиток может быть рельеф, имитирующий лепнину или резьбу по дереву (рис. 1.65).

Области применения клеевых потолков. Они рекомендуются для потолков в жилых помещениях: кабинетах, спальнях, и т. п. Можно использовать в кухнях, но только плитки, ламинированные защитной пленкой. Эти потолочные плитки можно клеить практически на любую поверхность: бетон, кирпичная кладка, гипсовые и древесностружечные плиты. Они скрывают дефекты подложки и обеспечивают цветовую унификацию поверхности.

Базовую поверхность при этом необходимо предварительно очистить (в особенности от побелки) и желатель-

но загрунтовать.



Рис. 1.65. Клеевые потолки EUROPOR

Для монтажа потолочных плиток необходимо:

- между противоположными углами по диагоналям натянуть леску и обозначить центр в месте пересечения диагоналей;
- через обозначенный таким образом центр провести крест накрест две прямые линии, параллельные стенам и делящие комнату на четыре равные части;
- на приклеиваемую сторону плитки нанести тонкий слой клея (полностью или пунктирно);
- первую плитку приклеить в центре потолка;
- следующие плитки наклеивать параллельными рядами;
- края между стеной и потолком заклеить карниза-

Спектр применяемых клеев очень широк: от ПВА до универсальных. Но лучше всего использовать клей для полистирола или специальный клей для потолочных покрытий. В этом случае вы гарантированно не испортите плитку, а впоследствии сможете легко ее отклеить без повреждения основы.

ми;

- остатки клея сразу же смыть губкой.

К таким потолкам выпускаются *комплектующие*: фасонные профили (потолочные карнизы) под цвет плиток, декоративные розетки.

Уход за клеевыми потолками заключается в следующем:

- пыль нужно удалять мягкой щеткой или пылесосом с мягкой насадкой;
- небольшие пятна грязи можно удалить обычным ластиком;
- если необходимо мытье, то можно использовать влажную губку, мягкое мыло и теплую воду [8].

1.7.5. Особенности современных подшивных потолков

Подшивными потолками называются конструкции, в которых несущие элементы (бруски, несущие профили) крепятся непосредственно к базовому потолку, а не подвешиваются, как в подвесных системах. Вследствие такой конструкции расстояние между базовым и подшивным потолком определяется только толщиной элементов каркаса.

Подшивные потолки позволяют легко и быстро «сухим» способом декорировать потолочную плоскость, небольшие неровности базового потолка, разместить встроенные светильники.

Подшивные потолки можно разделить на следующие виды: из древесных материалов (OSB, ДСП, MDF), пластика, металла (реечные); из гипсокартонных листов.

Системы подшивных реечных потолков отличаются от подвесных металлических только тем, что несущие профили не подвешиваются на подвесах, а крепятся непосредственно к базовому потолку или каркасу [22].

1.8. ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННОГО ДЕКОРА

Под элементами декора внутренней отделки принято понимать, прежде всего, рельефные детали интерьера: карнизы, пилястры, колонны, молдинги, розетки, пьедесталы, кронштейны для скульптур и других аксессуаров и т. п. Элементами декора могут быть и фрагменты интерьера, выполненные в одной плоскости, но отличающиеся высокими художественно-эстетическими свойствами. Это – фрески, панно, мозаичные композиции и др.

1.8.1. Рельефные элементы декора

В любом классическом интерьере, в пышных формах барокко или в строгих и четких линиях классицизма, обязательно присутствуют лепные декоративные элементы. Ранее лепной декор выполнялся вручную, и его эстетические качества, неповторимость, пластика зависели только от вкуса и профессионализма мастера. Для лепнины применяли мягкий камень, гипс или алебастр.

При создании современного интерьера для достижения необходимого визуального эффекта невозможно обойтись без элементов декора. Но лепные украшения, колонны, пилястры, пьедесталы, кронштейны, и т. п. все реже изготавливаются сегодня из классических материалов.

Время подарило производителям и дизайнерам новые материалы: полистирол и вспененный полиуретан (пенополиуретан), стекловолокно и стеклокомпозит. С помощью этих материалов возможно с высочайшей точностью копировать лучшие образцы элементов декора прошлых веков, а также создавать новые современные формы. При этом качество конечных изделий уже зависит не от таланта конкретного мастера на объекте, а только от технологии и качества использованных изделий. Сегодня выпуск элемен-

тов декора поставлен на промышленную основу. Эти элементы стали более доступны в ценовом отношении. Их используют уже не только для украшения элитных дворцовых интерьеров.

Если сравнивать по цене гипсовую классическую лепнину и современную, например, полиуретановую, то качественная последняя оказывается близка по ценовым показателям гипсовой. Но в то же время стоимость монтажа гипсовых элементов составляет практически 100% от стоимости материала, в то время как для полиуретановых изделий – это всего 30-40%. К тому же современные материалы, практически, не требуют никакого ухода в процессе эксплуатации.

Декор из современных материалов визуально отличить от лепнины из классических материалов, практически, невозможно. Но его элементы легче. Они не желтеют с течением времени, не деформируются, на них не появляются трещины. Монтируется они с помощью тех же инструментов, которые используются при работе с деревом.

Современные декоративные элементы можно окрашивать. Например, лепнину одного и того же профиля можно оставить белой – на стенах, применить бронзовый цвет на дверях и тонировать под дерево – на мебели. Возможно также создавать различные эффекты старения, потертости, и т.д. Уход за изделиями из современных материалов чрезвычайно прост - их можно мыть.

Молдинги различного типа имеют широкое применение как один из элементов декора. Их можно использовать для украшения потолков и отделки мебели, а также в качестве рам для зеркал и картушей. Они могут быть изготовлены и в гибком виде (рис. 1.66).

Гладкие и лепные карнизы оживят стены, потолки и придадут помещениям законченный вид. Часто их применяют при использовании натяжных и подвесных потолков.

Карнизы применяют не только для украшения соединений между стеной и потолком, но и для того, чтобы скрыть места крепления штор. Выпускаются также карнизы и для скрытого освещения. Они создают эффект «парящего» потолка, зрительно поднимают его. Такие карнизы, прикрепленные к стене под потолком, не доходят до него на расстояние 15 см. Ленточные осветительные приборы располагаются внутри карниза. От перегрева карнизы защищены изнутри слоем фольги.



Рис. 1.66. Применение гибких молдингов фирмы NMC

Гибкие карнизы и молдинги из эластичного полиуретана или каучука позволяют оформить современные криволинейные пространства. В качестве настенного декора используются медальоны (гладкие, в виньетках, картушах или с цветочным декором внутри), а также гирлянды. Они крепятся под карнизами, в верхней части стен.

Используя арочное обрамление, можно интересно

оформить дверные проемы, книжные полки, ниши и многое другое. Комбинируя различные накладные панели и плинтус, можно придать классический облик самым обыкновенным дверям и стенам.

Потолочные розетки (купола) используют для украшения пространства потолка. Внутри можно повесить люстру (рис. 1.67), сделать роспись или фрески.

Помимо лепнины большинство фирм, работающих с элементами декора, предлагают также и такие детали оформления интерьера, как колонны, пилястры, пьедесталы и кронштейны.



Рис. 1.67. Розетка с электрическим светильником (ORAC DECOR)

Колонны (рис. 1.68) выпускаются как в виде половинок для установки плоскостью к стене, так и целиком - для установки отдельно. Они обычно изготавливаются пусто-

телыми, оформленными в различных стилях – ионическом, дорическом, коринфском, тосканском. Отдельные элементы колонн (капители, стволы колонн, базы) поставляются отдельно. Их можно комплектовать по своему усмотрению. Сборные модели колонн позволяют применять их для помещений с любой высотой. Материал для изготовления несущих колонн – это армированное стекловолокно. Они влагоустойчивы, легко окрашиваются. Несмотря на свои достаточно большие размеры, данные элементы интерьера могут с легкостью переноситься и монтироваться одним человеком.



Рис. 1.68. Колонна, пьедестал, пилястры, молдинги, карнизы и др. элементы декора фирмы ORAC DECOR

Чаще всего колонны выпускаются в качестве декоративных (ненесущих) элементов. Такими декоративными элементами может быть облицована несущая колонна. Материалами для декоративных элементов служит пенополиуретан или пенополистирол. Но разработаны также и модели, которые предназначены под определенные нагрузки.

Пьедесталы и кронштейны предназначены для декоративных ваз, скульптур, подсвечников и других аксессуаров. Кронштейны могут служить опорой книжным и каминным полкам, подоконникам и т.д. Их можно крепить как угловые элементы в порталах дверных проемов, в местах соединения стен и потолка.

Окраска лепнины производится после полного высыхания клея. Необходимо учитывать, что полиуретан можно окрашивать любыми красками, в то время как для полистирола подойдут только краски на водной основе [8].

1.8.2. Фрески

Сейчас, практически, любую роспись на стене называют фреской. Это не совсем верно. Техника фрески – это нанесение красок по специальной технологии по сырой свежей, не затвердевшей полностью, штукатурке. Фрески это дорогой и требующий длительной подготовки способ расписать стены. При изготовлении фрески используются негашеная известь и натуральные пигменты. Несмотря на то, что история фрески и мозаики насчитывает тысячелетия, она сегодня получила второе рождение. Этот дорогой вид декора с успехом используется при оформлении интерьеров VIP класса (рис. 1.69).

Фреска (от итал. *fresco* — *свежий*), живопись по сырой известковой штукатурке, одна из техник стенных росписей, в противоположность «а секко» (росписи по сухому). При высыхании содержащаяся в штукатурке известь

образует тонкую прозрачную кальциевую плёнку, делающую фреску долговечной, если она написана по свежему, несхватившемуся, раствору.



Рис. 1.69. Современные интерьеры с использованием фресок

В настоящее время термином «фреска» могут называть любую стенную живопись, вне зависимости от её техники (а секко, темпера, живопись масляными, акриловыми красками и т. д.). Для обозначения непосредственной техники фрески иногда используют наименование

«буон фреска» или «чистая фреска». Впервые этот термин появился в трактате итальянского художника Ченнино Ченнини (1437). Иногда по уже сухой фреске пишут темперой.

Роспись по сырой штукатурке, так называемому «спелому раствору», который достаточно быстро схватывается довольно трудоёмка и требует профессионализма. Как только кисть, легко до этого скользящая, начинает «боронить» основание и «намазывать» краску, роспись прекращается. Так как при этом красочный слой уже не проникнет глубоко в основание, а, следовательно, и не закрепится. Кроме того, приступая к работе, художник должен представлять, какими станут использованные им цвета после окончательного высыхания. Обычно, краски сильно высветляются. За день художник расписывает 3—4 квадратных метра стены. По окончании росписи её иногда полируют с нанесением мыльного раствора с воском [25, 26].

2. ИССЛЕДОВАНИЯ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ

2.1. НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ В КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1.1. Традиционная керамика

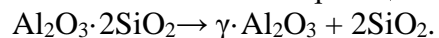
В технологии традиционной керамики в качестве основного сырья используются глины. Одной из составляющих частей глин являются глинистые минералы [27], представляющие собой гидросиликаты алюминия. Строение кристаллической решетки глинистых минералов основано на комбинации слоев $[\text{Si}_2\text{O}_5]$, тетраэдров $[\text{SiO}_4]$, связанных углами со слоями $[\text{AlO}(\text{OH})_2]$, из октаэдров $[\text{Al}_2\text{O}_6]$. Если ионы кислорода под плоскостью $[\text{Si}_2\text{O}_5]$ встраиваются в плоскость $[\text{AlO}(\text{OH})_2]$, то они могут образовывать слои $[\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4]$, что наблюдается в одном из распространенных глинистых минералов – каолините - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Если слои $[\text{Si}_2\text{O}_5]$ лежат с обеих сторон $[\text{AlO}(\text{OH})_2]$, образуя слои состава $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, то данный глинистый минерал обладает высокими каталитическими и ионообменными свойствами, что позволяет использовать его во многих технологических процессах. Для структуры монтмориллонита характерны изоморфное замещение катионов в октаэдрических и частично в тетраэдрических слоях [28]. Возникающий в результате этого заряд компенсируется сорбирующими катионами (Ca, Na и других), которые затем в водных растворах могут обмениваться на другие неорганические и органические катионы.

Гидрослюда по структурным и физико-химическим свойствам как слоистые силикаты из трехэтажных слоев занимают промежуточное положение между слюдами и монтмориллонитом. Фактором, определяющим это

промежуточное положение, является содержание в них калия и воды. От их количества зависит прочность сцепления слоев, которая является большей у слюд и наименьшей у монтмориллонитов [27, 289]. Разнообразие глинистых минералов образуется за счет различного комбинирования слоев с разными катионами. Общим правилом является изоморфное замещение некоторой части ионов Si^{++} в тетраэдрах решетки на ион Al^{3+} или ион Fe^{3+} и взаимное замещение Al^{3+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и других ионов в октаэдрах. При таком замещении образуется общий отрицательный заряд решетки, удерживающий на поверхности или между слоями положительные ионы. Большое количество работ [2, 30-35] посвящено изучению взаимодействия глинистых минералов с различными катионами и молекулами воды. В работе [31] установлено, что глинистые частицы, несущие на себе обменные катионы, представляют собой соединения, способные к электролитической диссоциации, в результате которой глинистая частица превращается в сложный анион, окруженный диффузным слоем. В работе [30] описывается явление внутрикристаллического набухания и его зависимости от вида обменного катиона. Ребиндер П.А. установил [31], что при взаимодействии глины с водой образуются коагуляционные структуры, в которых частицы глины по участкам контактов разделены тонкими прослойками воды. Эти прослойки воды определяют свойства суспензий и паст глины. Наличие в материале тех или иных глинистых минералов (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда) и примесей определяет также характер изменений, претерпеваемых глинами при нагревании [27, 28, 36-40].

Учеными Казахстана в области традиционной керамики за последние 50-60 лет было исследовано более 150 различных месторождений глинистого сырья, даны рекомендации по его использованию в производстве

стенной керамики, пористых заполнителей и других керамических материалов строительного назначения [41]. В результате этих работ были установлены отличительные особенности глин основных регионов нашей страны. Характер изменений, претерпеваемых глинами при нагревании, определяется наличием в материале тех или иных глинистых минералов и примесей. Превращение нагреваемых глин может быть разделено на четыре этапа: низкотемпературную и высокотемпературную дегидратацию, перестройку решетки и высокотемпературные изменения. При обжиге глин в начальных стадиях, до температуры 500° С, в минерально-фазовом составе нет резких изменений, микроструктура вещества в основном сохраняется. Фазовые превращения начинаются при температуре 600°С. Они связаны с аморфизацией глинистого вещества. При температуре 600°С глинистые минералы теряют кристаллизационную воду. Обожженный при температуре 800°С и выше материал представляет собой изотропную массу, в которой встречаются отдельные стекловидные участки. Начало появления стекловидной фазы отмечается при температуре 870°С. В течение последнего столетия процессы превращения глинистых минералов при нагревании исследовали отечественные и зарубежные ученые [42-58]. Большинство из них считают, что в результате дегидратации глинистого минерала каолинита образуется метакаолинит. Например, Будников П.П [27, 29, 31], процессы, происходящие в каолинитах при нагревании, схематически излагает так: На первой стадии обжига, главным образом в интервале температур 500 - 550°С, происходит обезвоживание каолина по реакции



В интервале температур 800 - 900°С метакаолинит распадается на оксиды с сохранением первоначальной формы листочков каолинита. В интервале температур 950 -

1000°С происходит кристаллизация глинозема, сопровождающаяся значительным экзотермическим эффектом. Ряд авторов [41,43] считают, что при обезвоживании каолинит распадается на окислы. Еще более противоречивы мнения ученых относительно природы экзотермического эффекта при температурах 900-1050°С. Некоторые из них [45,48] первый экзотермический эффект связывают с кристаллизацией γ -глинозема. Другие [44, 59] считают, что он вызван кристаллизацией муллита. Второй экзотермический эффект большинство исследователей связывают с образованием муллита [42, 47].

Значительно меньше исследователей изучали превращения при нагревании других глинообразующих минералов, в частности, монтмориллонита. Впервые специальные термические исследования монтмориллонита были проведены Ле Шателье [46]. Им установлены три термических эффекта при 150, 770 и 950 °С. Подтверждено, что на кривой нагревания монтмориллонитов имеются три остановки при температурах 50-137, 613-649, 832-970 °С. Первая эндотермическая остановка объясняется выделением абсорбционной воды, вторая соответствует освобождению конституционной воды, третья – разрушению решетки и аморфизации монтмориллонита.

Потеря гидроксильной группы в гидрослюдах начинается примерно при 400 °С и может продолжаться до 900 °С и выше. Согласно исследованиям [34], структура дооктаэдрического иллита не разрушается по крайней мере до 850 °С. В работе [50] сообщается о сохранении иллитоподобной структуры выше температуры потери гидроксильной воды. Структура иллитов разрушается при более 700 °С. При нагреве выше 850 °С появляется новая фаза – шпинель [51].

Необходимо отметить, что рассмотренные превращения в глинах в процессе их нагрева значительно влияют на дилатометрическое поведение материала. Ниже рассмотрим некоторые экспериментальные результаты по изучению

термомеханических процессов при обжиге керамических материалов.

Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о значительных особенностях термомеханических процессов, обусловленных физико-химическими превращениями при термообработке керамических материалов. Нормухамедов Н. [60] и другие, систематически исследовавшие обжиг лессовидных, карбонатных глин, заметили, что в температурном интервале 900-1050 °С отсутствует усадка черепка этой глины, а в некоторых случаях наблюдается даже расширение. Это обстоятельство подкрепляет предположение об образовании соединений кальция в данном температурном интервале.

И.Л. Фримен, исследовавший целый ряд английских глин [61], пришел к выводу, что характер дилатометрических кривых, в основном, определяет количество карбонатов. Согласно его данным, усадка многокарбонатных глин (CaCO_3 25-30 %) происходит в два этапа: первый этап – при температурах 800-850 °С, второй – выше 1100 °С.

С.В. Накуте [62] также считает, что два этапа усадки, происходящие до 1000 °С, обусловлены наличием в исходном сырье кальцита. При более высоком содержании его при температурах, превышающих 850 °С, наблюдается даже расширение черепка.

В аспекте изучения влияния карбонатов на объемные изменения черепка при его обжиге интерес представляют работы П. Лемана и П. Гормана [63] по дилатометрическим исследованиям сырья. Согласно их данным, с увеличением содержания CaCO_3 в черепке повышается температура начала усадки глины с 700 °С для бескарбонатного черепка, до 850 °С при содержании 75 % CaCO_3 .

Расширение черепка карбонатных глин, происходящее при температурах 800-1000 °С, первым отметил Д.Н. Полубояринов [64]. Из работы [65] известны некоторые особенности образования керамического черепка из

карбонатных глин. Так, например, дилатометрические исследования показывают расширение черепка при температурах, превышающих 800 °С. При этом отмечается уменьшение или прекращение роста прочностных показателей.

В работе [66] приведены результаты дилатометрических исследований глин с удаленными карбонатами в различных газовых средах. Согласно этим данным, усадка протекает непрерывно, одноэтапно и является более значительной, чем усадка исходной глины. Это показывает, что расширение черепка, происходящее при температурах, превышающих 800 °С, обусловлено наличием карбонатов. Подтверждено, что при обжиге керамических материалов в восстановительной среде начало усадки перемещается на 70-100 °С в сторону меньших температур, что в свою очередь способствует интенсификации процесса образования черепка.

В работе [66] исследован процесс термического расширения гидрослюдистых глин и керамических масс на их основе. Характерным свойством гидрослюдистых глин является отрицательная усадка – расширение материала после охлаждения, связанное со структурными особенностями гидрослюды и образованием новых кристаллических фаз в процессе разложения глин.

В [67] проведена специальная работа, заключающаяся в определении для относительно большой группы глин комплекса характеристик, используемых при анализе кинетики спекания легкоплавких глин.

В ходе анализа полученных экспериментальных данных было выявлено, что наиболее достоверно процесс спекания исследуемых глинистых материалов характеризуют кривые их деформации под нагрузкой, снятые в процессе нагрева. Если по кривым изменения водопоглощения, объемной массы, прочностных свойств этой глины в зависимости от температуры обжига и по кривой усадки, снятой в процессе

нагрева, трудно судить о процессе спекания материала, то по кривой изменения скорости его деформации под нагрузкой провести анализ кинетики спекания несложно.

В соответствии с этой кривой следует, что примерно при 800 °С материал приобретает пиропластические свойства, что указывает на появление в нем расплава и создание условий для протекания процессов жидкостного спекания. С ростом температуры подвижность системы растёт, за исключением небольшого температурного интервала, примерно 890-910 °С, следовательно, растёт и активность процесса спекания. Общий анализ экспериментальных данных позволил сделать заключение, что характер спекания исследуемых глин в целом соответствует закономерностям изменения в процессе нагрева их деформационных свойств.

Известно [68], что при жидкостном спекании, характерном для глин, первичные процессы обусловлены наличием расплава и его свойствами. В соответствии с теорией Френкеля-Пинеса [69] известно также, что кинетика процесса спекания системы определяется ее подвижностью. Однако эти же факторы в комплексе определяют при повышенных температурах деформационные свойства материалов на основе глин.

На свойства керамических материалов оказывают влияние полиморфные и модификационные превращения при термическом разложении исходных компонентов, их химическое взаимодействие с образованием новых кристаллических соединений и др. [27,40]. В технологии традиционной керамики важное значение имеют изменения, происходящие при нагревании глинистых минералов, связанные с тепловыми эффектами.

Дегидратация гидрослюдов наблюдается при 400-900 °С. Обезвоживание гидрослюдов идет медленно и постепенно. Структура иллитов разрушается выше 700 °С. С повышением температуры появляется железистая и

магнезиальная шпинель, муллит. Щелочи и кремнезем тетраэдрических слоев иллита дают аморфное стекло, глинозем, магний и железо; октаэдрических слоев участвуют в образовании шпинели. При умеренных скоростях нагрева гидрослюды разрушаются при более высоких температурах, чем минералы каолинитовой группы и группы монтмориллонита [27,28,70]. При нагревании каолинита имеется несколько термических эффектов. Эндотермический эффект при 450-600°С обусловлен выделением химически связанной воды. Есть мнение, что продуктом дегидратации каолинита является смесь оксидов алюминия и кремния. Некоторые ученые считают, что при обезвоживании данного минерала, как это было отмечено выше, образуется метакаолинит ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$), который при 800-900 °С распадается на оксиды γ - Al_2O_3 и SiO_2 с сохранением первоначальной формы листочков каолинита [36,40]. При 950-1000 °С наблюдается значительный экзотермический эффект, связанный с кристаллизацией γ - Al_2O_3 и образованием шпинели [50].

Применяемые в керамическом производстве глины чаще сложены несколькими глинистыми минералами. Характер смеси этих минералов, а также их соотношение влияют на ход фазовых превращений, природу кристаллических фаз и свойства керамических изделий. Поэтому исследованию процессов, происходящих при обжиге полиминеральных глин посвящено много работ [27,28,38-40]. Установлены особенности образования высокотемпературных фаз при обжиге полиминеральных глин. Вслед за термическим разложением и модификационными превращениями минералов происходит растворение твердых частиц в расплаве с активным образованием жидкой фазы [27]. Для каолинито-гидрослюдистых и гидрослюдисто-каолинитовых глин появление жидкой фазы отмечается при 870-950 °С, а для каолинито-монтмориллонитовых и монтмориллонито-каолинитовых – при 900-1050 °С. При

обжиге малощелочных каолининовых глин вследствие незначительного содержания в них плавней жидкой фазы образуется мало. Свойства жидкой фазы влияют на процессы сближения твердых частиц смеси и их растворения в расплаве расширяют поверхность их взаимодействия, способствуя тем самым уплотнению и упрочнению материала.

В результате исследования глинистых систем при шихтовании полиминеральных и гидрослюдисто-каолининовых глин установлен эффект интенсификации их спекания, обусловленный изменением количественного соотношения основных породообразующих минералов и дисперсности [40]. Данный эффект объясняется с позиции электронной теории спекания, согласно которой процесс осуществляется путем обмена нелокализованных электронов поверхностных атомов, обуславливающих поверхностную диффузию, протекающую наиболее активно в местах контактов частиц. Электронный обмен интенсифицируется с появлением жидкой фазы. Спекание гидрослюдисто-каолининовых глин связано с разрушением кристаллической решетки каолинита (500-600 °С) и появлением жидкой фазы в зоне контакта частиц, обусловленной диффузионными процессами переноса щелочных катионов (K⁺, Na⁺) гидрослюды и анионов [SiO₂]⁴⁻. Полагается, что при различных соотношениях основных породообразующих минералов в процессе обжига глинистых систем возникают разные в энергетическом отношении условия для локализации и спекания, при этом наиболее благоприятные условия создаются в системе каолинит – гидрослюда – монтмориллонит при преобладающем содержании первых двух минералов. Монтмориллонитовые кристаллы в данном случае являются активатором спекания, обеспечивая снижение свободной энергии системы за счет усиления локализаций.

Следовательно, при спекании и формировании кристаллизационной структуры керамики, как и в водных системах при формировании коагуляционной структуры, важную роль играют не только тип минералов и их количественное соотношение, но и степень структурного совершенства, контактирования и распределения с другими минералами в процессе образования и генезиса природных глин различного минералогического типа.

Исследованиям научно-практических вопросов технологии керамических материалов посвящено много работ в нашей стране и за рубежом [28-70]. В создание и развитие теории и практики керамических материалов внесли значительный вклад известные ученые: Августиник А.И., Будников П.П., Балкевич В.А., Кайнарский И.С., Кингери У.Д., Куколев Г.В., Ребиндер П.А., Ралко А.В., Ничипоренко С.П., Балакирев А.А., Бурмистров В.Н., Роговой М.И., Белопольский М.С., Буз М.А., Павлов В.Ф., Масленникова Г.Н., Сайбулатов С.Ж., Садунас А.С. Нурбатуров К.А., Кулбеков М.К. и др.

Ранние работы в основном были посвящены всестороннему изучению основного керамического сырья – глины и технологии традиционной керамики на ее основе. Многие отечественные и зарубежные ученые: А.И. Августиник [70], П.П. Будников, Г.В. Куколев, И.С. Кайнарский, У.Д. Кингери [36], С.П. Ничипоренко [32]. П.П. Будников и А.И. Гинстлинг рассматривают структурообразование керамических материалов с позиции твердофазовых реакций, так как основные изменения при нагреве происходят в твердых фазах. Однако авторы не принижают роли жидкой фазы, которая, смачивая твердые частицы, благодаря своему поверхностному натяжению сближает их и склеивает в монолит.

На структурообразование оказывают существенное влияние такие свойства жидкой фазы, как ее количество, состав, строение, вязкость, поверхностное натяжение и др.

Большое влияние на образование жидкой фазы оказывают технологические режимы производства: степень измельчения исходных компонентов, полнота и равномерность их смешивания, условие формования изделий.

Известно, что при увеличении скорости нагрева физико-химические процессы, происходящие при обжиге глин и керамических масс, сдвигаются в область более высоких температур [44, 57, 67].

В.Ф. Павловым [27] при изучении влияния скорости нагрева на свойства шамотированных керамических масс на основе различных по минералогическому составу глин (содержание шамота 35 %) установлено, что при увеличении скорости нагрева со 100 °С/ч до 600 °С/ч для каолинито-гидрослюдистых, каолинитовых с примесью гидрослюды и монтмориллонита глин плотность и прочность образцов (при 10 мин выдержке при 1250 °С) увеличивается, а водопоглощение снижается. При увеличении скорости нагрева масс на основе малощелочных каолинитовых и каолинито-монтмориллонитовых глин с высоким содержанием монтмориллонита усадка и прочность уменьшаются, водопоглощение увеличивается.

В.Ф. Павлов по влиянию скорости нагрева на обжиговые свойства делит глины на две группы: глины, свойства которых улучшаются, и глины, свойства которых ухудшаются или не изменяются.

При умеренных скоростях нагрева гидрослюдистые минералы обезвоживаются при температуре, на несколько сот превышающей температуру обезвоживания каолинита [4], поэтому при быстром обжиге создаются благоприятные условия для более полного использования высокой реакционной активности катионов калия, выделяющихся при разрушении гидрослюды.

Каталитическое действие оказывают также пары остатков химически связанной воды, выделяющиеся при

дегидратации, которые снижают вязкость расплава [38]. Наличие следов пара в атмосфере печи благоприятно влияет на прочностные и термические характеристики обожженных изделий.

Скорость нагревания влияет на размеры кристаллов вновь образующихся фаз [27]. С повышением темпа нагрева размер образующихся кристаллов уменьшается, что приводит к повышению механической прочности керамики, так как известно, что при увеличении размеров кристаллов от 5-15 до 40-50 мкм прочность керамических материалов уменьшается [3].

Л.Е. Гегузин показал [70], что увеличение скорости нагревания ускоряет спекание не только кристаллических порошков, но и кварцевого стекла. Обусловлено это тем, что при более медленном повышении температуры происходит постоянное «исчерпывание» дефектов кристаллической решетки и вклад этих дефектов в ускорение спекания снижается. С увеличением скорости нагрева значительная часть дефектов сохраняется до высоких температур и интенсифицирует процесс спекания.

Большое значение в процессах, происходящих при скоростном нагреве, имеет стекловидная фаза: она снижает температуру протекания реакций и ускоряет процесс взаимодействия реагирующих компонентов сырьевой смеси, ускоряя спекание, причем характер влияния стеклофазы на спекание находится в прямой зависимости от ее вязкости, которая изменяется с температурой.

Особая роль в образовании и развитии стеклофазы в керамических изделиях при их скоростном обжиге принадлежит соединениям железа. При температуре 750-800 °С оксид железа, реагируя с органическими примесями, переходит в закись, обладающую большой реакционной способностью, которая далее реагируя с аморфным кремнеземом, образует железистые стекла, способствующие цементации системы.

Изучение процессов превращений, протекающих при нагревании сырьевых материалов, связано с исследованием и разработкой технологии обжига керамики. Обжиг полифазной керамики сопровождается сложными физико-химическими процессами, связанными с фазовыми и химическими превращениями. Связанные с ними явления переноса тепла и вещества в процессе обжига изделий в определенных границах характерных температур сопровождаются усадкой, а иногда и увеличением размера изделий, обусловленными изменениями в структуре кристаллической решетки, полиморфными превращениями, реакциями в твердой фазе и появлением жидкой фазы. Кроме усадки в процессе обжига керамические изделия испытывают термическое расширение при нагревании и сжатие при охлаждении [53].

В результате расширения, усадки и сжатия в изделии возникают термические напряжения, ограничивающие скорость их нагрева в соответствии с термомеханическими свойствами обжигаемых материалов. Результаты исследования процессов обжига керамических материалов приведены в работах.

При разработке технологии обжига керамики необходимо правильно выбрать температурно-газовый режим, обеспечивающий интенсификацию процесса формирования структуры, повышение качества продукции и экономию топлива. Влияние газовой среды на процессы, происходящие при обжиге керамических материалов на основе глин, достаточно изучено. При этом установлено, что восстановительная газовая среда при обжиге керамики, содержащей оксиды железа (4-5% Fe_2O_3) ускоряет процесс формирования структуры и улучшает качество продукции. Однако, обжиг топливосодержащих изделий только в восстановительной газовой среде приводит к неполному сгоранию топлива, содержащегося в обжигаемом материале, получению темно-серого внешнего вида и в ряде

случаев к их вспучиванию. В работах [71,72,73] на основании сравнительных испытаний различных температурно-газовых режимов обжига топливосодержащей керамики предпочтение отдается окислительной и восстановительной газовой среде.

Характерные особенности обжига керамики четко проявляются при изучении некоторых тепломассообменных процессов и тепловых эффектов при нагревании сырца. Известно, что скорость обжига традиционных глиняных изделий лимитируется интенсивными физико-химическими процессами (дегидратация глинистых минералов, диссоциация карбонатов), порождающими глубокие эндотермические эффекты в материале [74-76]. Указанные термические процессы сопровождаются интенсивным массообменом. В соответствующих интервалах температур на кривой скорости массопотери отмечаются максимумы. В результате внутреннего массопереноса в материале возникают дополнительные диссипативные эффекты. В работах [74-76] получены интересные результаты.

Следует отметить, что оптимизация и расширение ассортимента керамических материалов тесно связаны с глубокими исследованиями отдельных пределов (формование, сушка, обжиг) и созданием их теоретических основ. Но только в результате обжига изделия приобретают необходимую прочность, твердость, стойкость к различным атмосферным и агрессивным воздействиям, то есть становятся пригодными для употребления, вследствие чего обжиг является одним из важнейших и завершающих этапов технологического процесса. При обосновании режимов оптимального обжига керамическим материалом служат термические характеристики.

Во второй половине прошлого столетия активно начали проводиться исследовательские работы по замене (частично или полностью) традиционного керамического сырья – глины – различными отходами промышленности

(углеотходы, отходы теплоэнергетики, металлургической, химической и др. отраслей промышленности). Результаты этих работ в значительной мере позволили решить вопросы ресурсосбережения, охраны окружающей среды, а также расширить ассортимент и повысить качественные показатели керамических материалов. Топливосодержащие отходы промышленности условно можно разделить на два вида, а именно: предварительно прошедшие высокотемпературную термическую обработку (золы и шлаки ТЭС, котельных, подтопок и др.) и неподвергавшиеся ей (шахтные негорелые породы угольных бассейнов, отвальные породы углеобогажительных фабрик, шламы и др.). В количественном и качественном отношении между ними имеются существенные отличия. Если минеральная часть углеотходов в основном состоит из исходных глинистых минералов и примесей в виде карбоната, пирита, гипса, полевого шпата и др., то в золах эти минералы представлены в измененном виде после высокотемпературной термообработки.

Результаты комплексных исследований институтаов ВНИИстром им. П.П. Будникова (г. Москва), НИИСМИ, КПИ (г. Киев), Молдавского отделения НИИСМИ, НИИстромпроект (г. Алматы), Росоргтехстром и др., а также имеющийся промышленный опыт в производстве стеновой керамики показали реальную возможность использования топливосодержащих отходов в качестве добавки, а в отдельных случаях как основного сырья. За рубежом также ведутся работы по использованию различных отходов промышленности в производстве стеновых и других керамических материалов строительного назначения.

НИИСТРОМПРОЕКТОм (г. Алматы) с 1973 г. проводятся целенаправленные работы по исследованию возможности использования зол ТЭС в качестве основного

сырья в производстве стеновой керамики. В результате проведенных комплексных лабораторно-экспериментальных исследований и неоднократных опытно-промышленных испытаний в производственных условиях разработаны новые ресурсосберегающие стеновые материалы «золокерам» с высокими физико-механическими свойствами: предел прочности при сжатии 10-60 МПа, при изгибе 2,5-7,5 МПа, плотность 1100-1700 кг/м³, морозостойкость 25-100 и более циклов попеременного замораживания и оттаивания. Особенности физико-химических процессов в технологии новых золокерамических и других топливо содержащих материалов всесторонне исследованы в работах.

Отличительной особенностью стеновой керамики из углеотходов по сравнению с золокерамическими материалами зачастую является повышенное содержание остаточного топлива в сырце. В этой связи поскольку содержание остаточного топлива в большинстве исследованных отходов углеобогащения в 4-7 раз превышает необходимое для обжига изделий, конструкция печи должна предусматривать возможность отбора избыточного тепла из зоны выгорания углерода [77,78].

Одно из новых направлений в технологии керамики связано с получением в конце прошлого столетия новых керамогранитных материалов за рубежом. В настоящее время в этом направлении в мировой практике накоплен определенный научно-производственный опыт.

2.1.2. Керамический гранит

В конце 20-го столетия Италия подарила миру новый отделочный материал – керамогранит. Его итальянское название – «gres porcellanato» дословно переводится на русский язык как каменно-фарфоровая керамика. В ней действительно соединились свойства керамики, фарфора и

природного гранита, наделив при этом великолепными потребительскими качествами. На российском строительном рынке ведущее место пока занимает итальянская и испанская грескерамика. Но в силу уникальных свойств этого материала производители СНГ уже обратили свои взоры на это замечательное достижение европейской стройиндустрии.

Для изготовления керамогранита необходима смесь двух сортов белых глин, полевого шпата, кварцевого песка (таблицы 2.1, 2.2) и красителей. Из подготовленной массы формируют плитки и прессуют на гидравлических прессах под давлением до 500 кгс/см². Затем их обжигают при температуре до 1300 °С.

Таблица 2.1 - Характеристика пластичного сырья

Пластичные (комовые) глины, химико-минералогический состав					
Оксиды	Содержание, масса. %				
SiO ₂	54,00	53,30	60,95	64,50	58,22
Al ₂ O ₃	30,28	30,09	25,80	22,85	26,43
TiO ₂	1,19	1,24	1,13	1,19	0,98
Fe ₂ O ₃	1,02	1,15	0,95	1,02	1,45
CaO	0,29	0,97	0,30	0,33	0,70
MgO	0,42	0,41	0,51	0,50	0,70
K ₂ O	1,59	1,53	2,25	2,10	3,25
Na ₂ O	0,50	0,54	0,43	0,46	0,54
п.п.п.	9,38	9,41	7,27	6,28	6,81
Минералогический состав	-иллит -каолинит -кварц -полевошпатовый шпат				
Допустимое содержание Fe ₂ O ₃	0,0-1,5 %				
Допустимое содержание TiO ₂	0,0-1,2 %				

Допустимое содержание SO ₄	0,3 % макс
Допустимое содержание Cl	0,4 % макс

При такой высокой температуре происходит спекание сырья и получается твердый, плотный материал с очень низким водопоглощением. Благодаря этой технологии керамогранит оказывается значительно прочнее обычной керамической плитки, так как ее изготовление происходит несколько иначе,

Таблица 2.2. Характеристика полупластичного сырья

Полупластичные глины, химико-минералогический состав				
Оксиды	Содержание, масса. %			
SiO ₂	69,31	59,09	48,90	54,84
Al ₂ O ₃	20,58	26,38	35,20	29,63
TiO ₂	1,20	0,60	0,20	0,98
Fe ₂ O ₃	1,01	0,39	0,48	1,24
CaO	0,17	0,41	0,10	0,45
MgO	0,28	0,09	0,30	0,40
K ₂ O	0,18	1,77	0,70	0,40
Na ₂ O	0,08	0,83	0,83	0,13
п.п.п.	7,23	9,74	12,10	11,64
Минералогический состав	-каолинит -кварц -полевошпатовый шпат -монтмориллонит			
Допустимое содержание Fe ₂ O ₃	0,0-1,3 %			
Допустимое содержание TiO ₂	0,0-1,5 %			
Допустимое содержание SO ₄	0,3 % макс			
Допустимое содержание Cl	0,4 % макс			

при более низкой температуре (1100 °С) и существенно меньшем давлении (250 кгс/см²). Процесс производства керамического гранита почти полностью моделирует природные условия образования натурального камня. Сложность производства заключается в необходимости точного соблюдения пропорций сырья и температурного режима при обработке большого количества смеси, измеряемой десятками тонн. Смесь тщательно отбирают, сортируют, измельчают и перемешивают, а затем прессуют и равномерно прогревают в туннельной печи. При этом погрешность в несколько градусов ведет к нарушению геометрических параметров плитки. Не случайно общая длина печи, через которую проходит поточная линия с отпрессованной сырой плиткой, достигает 150 м. Только постепенный нагрев и точнейшая выдержка температуры обеспечивают получение керамогранита высокого качества. Весь процесс контролируется автоматически при помощи сложных систем электронного управления.

Лучшее качество керамогранита – феноменальная твердость. В процессе производства сырье подвергается такому давлению, что в глине уже не остается никаких пор и пустот. Таким образом, достигается высокая стойкость к истиранию, а так как керамогранит имеет однородный рисунок на всю глубину плитки, материал практически не подвержен износу. Конечно, с течением времени пол из керамогранита может слегка истереться, но этот факт практически не повлияет на его внешний вид, так как материал однороден по своей структуре. Износостойкость керамогранита зависит еще и от типа поверхности – неглазурованная и глазурованная. Неглазурованный керамический гранит испытывается на поверхностную твердость по шкале Мооса (MOHS), как натуральный камень. Как правило, он имеет твердость 7 (обычный гранит 6, кварц 7, корунд 10). Так как кварц (песок) и керамический

гранит имеют одну и ту же твердость, следовательно, кварц не царапает керамогранит и наоборот.

Глазурованный керамогранит тестируется иначе – как керамическая плитка по методу PEI. По этой классификации материалы делятся на пять классов: с I до III – те, что укладываются внутри помещений, а IV и V классы используются в местах интенсивной эксплуатации. Глазурованный керамогранит, имея класс износостойкости III-V, по сравнению с керамической плиткой более прочен и морозостоек. Еще одно немаловажное достоинство керамического гранита – химическая нейтральность и устойчивость к воздействию кислот и щелочей. Это позволяет использовать его в помещениях с агрессивными средами.

Так как в керамограните практически нет пустот, то и водопоглощение, естественно, фактически отсутствует (0,5 %). Помимо всего прочего, этот рожденный в солнечной Италии материал обладает повышенной морозостойкостью – легко выдерживает морозы до минус 50 °С. В силу исключительных качеств керамического гранита диапазон его применения необычайно широк. Его можно укладывать как внутри помещения, так и снаружи. Поэтому он незаменим на промышленных объектах, а также в местах, где проходит большой людской поток – станции метро, магазины, аэропорты и т.п.

Им можно облицовывать полы, ступени, тротуары. Керамогранит, уложенный в производственном цехе с интенсивными нагрузками, не уступает по техническим характеристикам наливным полам.

Следующая сфера применения – отделка вентилируемых фасадов зданий. Как правило, для этого используются крупные керамогранитные плиты размером 60х60 см толщиной 14 мм. Такая толщина – мера вынужденная, 8 мм плитки такого размера способны переломиться при монтаже или в период эксплуатации. Для того, чтобы избежать

неприятных последствий при случайном или намеренном повреждении керамогранитной плитки, при изготовлении в нее закладывается «антивандальная» сетка – если плитка будет повреждена, то она не упадет, а только треснет.

Керамогранит может быть использован не только как пол и облицовка наружных стен, но и в жилых помещениях. Он замечательно выглядит в прихожих, в ваннах, на кухнях и в санузлах. К тому же керамогранит практически не требует ухода и замечательно переносит контакт с водой.

Керамогранит выпускается в виде плитки размерами от 7,5x7,5 см до 120x180 см. Наиболее востребованные форматы – 30x30, 40x40 и 60x60 см. Минимальная толщина керамогранитной плитки 7 мм, максимальная 30 мм. Тонкие плитки используются для отделки полов и стен внутри зданий, они меньше весят, но довольно хрупкие и требуют тщательного соблюдения правил укладки. Керамогранит толщиной 12-20 мм применяется для облицовки полов с повышенной нагрузкой. При правильной укладке такие плиты способны выдержать падение кувалды и не расколоться. Утолщенный керамогранит используется при изготовлении износостойких и высокопрочных ступеней.

По фактуре поверхности керамогранитную плитку можно разделить на полированную, полуполированную, неполированную («матовую») и противоскользящую. Неполированный керамогранит не подвергается механической обработке после выхода из печи, благодаря чему стоимость подобного материала дешевле других видов керамогранита. Полированный керамогранит получают, полностью срезая лицевую поверхность матового керамогранита с последующей его обработкой. Применение такого гранита для облицовки полов весьма ограничено, так как его поверхность легко царапается и, кроме того, становится очень скользкой при попадании на нее воды.

Рельефный рисунок на противоскользящей плитке позволяет ходить по мокрой поверхности, не боясь

поскользнуться. Существует также ректифицированный керамогранит – когда плитки при укладке образуют единую поверхность, практически без швов. Ректификацией называется процесс калибровки размеров плитки после ее обжига, то есть обрезка кромок с помощью отрезных алмазных кругов. Эта процедура значительно удорожает стоимость керамогранита.

Технология изготовления глазурованного керамогранита схожа с производством керамической плитки – на изделие наносят эмаль, а затем обжигают его в один прием. В местах с интенсивным движением его лучше не использовать, так как глазурь со временем будет стираться. Глазурованный керамогранит выпускается итальянским заводом MARINER (коллекция Cervino), Хлумчанским заводом в Чехии (коллекции «Kentaur» и «Vega») и многими другими производителями.

Один из способов придать поверхности керамогранита некоторый блеск – сатинирование. В верхний слой продукта перед выпечкой внедряют минеральные соли, которые пропитывают его и образуют в процессе обжига химически стойкие соединения. В результате поверхность приобретает небольшой глянец, пористость материала уменьшается. Сатинированный гранит отличается устойчивостью к загрязнениям. Окрашивается керамогранит путем добавления в исходную смесь тех же натуральных пигментов, которые “использует” в своем производстве природа. Так, для придания керамическому граниту яркого зеленого оттенка добавляют соединения циркония, синий цвет придают соединения кобальта. Подобные добавки весьма дороги и значительно повышают окончательную стоимость керамогранитной плитки. Ярким примером такого изделия является, например, плитка “Zaffiro» из коллекции «Design» итальянского завода CERCOM. В то же время камень сероватого оттенка с минимальным содержанием пигментов (итальянцы называют такие

граниты «соль-перец» за цветовое сходство со смесью этих специй) относится к эконом-классу.

Для удешевления керамогранита может использоваться технология, при которой сырая плитка прокрашивается не на всю глубину, а лишь на несколько миллиметров относительно лицевой поверхности. Таким образом получают керамический гранит, окрашенный под мрамор, базальт и собственно гранит. При этом производстве экономятся дорогие пигменты, а конечный продукт внешне не отличается от полностью прокрашенного керамогранита.

Для получения плитки со сложной, рельефной фактурой, вкраплениями различных элементов (осколки ракушек, кусочки смальты и мозаики) применяется двойное и тройное прессование исходного материала. Вначале изготавливается керамогранитная подложка, а затем на нее напрессовывается дополнительный слой с необходимыми «инородными телами» либо рельефным рисунком. Эта технология позволяет достичь определенного дизайнерского эффекта. Такую оригинальную гранитную керамику изготавливает, например, итальянский завод SAICIS, коллекция «Giaietto».

Чтобы создать неповторимый узор на полу или на стенах, необходимы дополнительные декоративные элементы – бордюры, плинтусы, карнизы, розетки, угловые и соединительные детали. Испанская компания «TAU CERAMICA», помимо керамического гранита изумительных расцветок, изготавливает различные бордюры – с рельефом, с рисунком в тон плитке, доборные элементы различных конфигураций, круглые розетки, которые любой пол сделают нарядным (серия «Rosetones»). Всего в каталоге компании представлено несколько сотен видов керамогранитной продукции.

Кроме плоской плитки, наиболее искушенными производителями освоен выпуск деталей из керамогранита весьма сложной конфигурации. В этом случае используется

технология вертикального экструдирования: масса сырья под огромным давлением выдавливается через фильеру в вертикальном направлении (такое направление предпочтительнее, так как уменьшается вероятность образования деформаций под воздействием силы тяжести). Затем полученные изделия разрезают на части и отправляют на обжиг. Метод вертикальной экструзии позволяет получать лестничные проступи с подступенками, подоконники, кухонные столешницы, плитку с закругленными краями и т.п. Чтобы несколько смягчить «холодность» камня, создана «деревянная» версия – керамогранит, в деталях передающий текстуру и цветовые оттенки древесины. Каменный паркет выглядит как деревянный, при этом он лишен всех недостатков натурального – в плане ухода за ним. «Деревянную» тему активно развивает испанская фирма «PERONDA». Различные форматы керамогранита встречаются здесь в самых невероятных цветовых сочетаниях – «TAU» - мозаика.

Технология укладки керамогранита существенно отличается от традиционных методов укладки керамической плитки. Главное различие в клеящих составах. На цементный раствор керамогранит укладывать нельзя. Обладая очень малой пористостью, он не впитывает воду и не будет держаться на цементе. Для него необходим особый (двухкомпонентный) клей с высокими адгезионными (проникающими) свойствами. Этот клей представляет собой комплекс из сухой цементно-песчаной смеси и жидких добавок на основе акрила или латекса, то есть не содержит воду. Он обладает большой эластичностью и образует клеевой раствор с повышенной ударостойкостью. Кроме того, он термо- и морозоустойчив. Состав заполнителя швов, в принципе, напоминает состав клея, только с цветными добавками.

Таким образом, на основе проведенного анализа литературных источников можно сделать следующие выводы:

1. По теории и практике традиционной керамики в нашей стране и за рубежом накоплен богатый опыт, позволяющий организовать и проводить технологические процессы на научной основе.

2. Одним из выдающихся достижений в области керамики является факт получения и организации производства новых и универсальных материалов – керамогранита. На сегодняшний день производство керамогранитных материалов реализовано в нескольких странах мира.

3. В Казахстане имеется необходимая экономическая сырьевая база и есть возможность для организации производства керамогранита.

2.2 МЕСТНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА

2.2.1 Характеристика сырьевых материалов

Базовым сырьем для производства керамогранита служат глины каолинитового состава.

В минералогической структуре каолинита основной элемент состоит из «тетраэдрального пласта», в котором каждый тетраэдр состоит из четырех атомов кислорода (каждый с двумя отрицательными зарядами), размещенных в его вершинах, и атома кремния (с четырьмя положительными зарядами) в его центре. Это связано с «октаэдральным пластом», в котором каждый октаэдр состоит из шести гидроксильных элементов ОН (каждый несет отрицательный заряд), расположенных в его вершинах, и катиона (обычно трехвалентного, но возможно и двухвалентного) в центре. Этот базовый элемент показан на рисунок 2.1

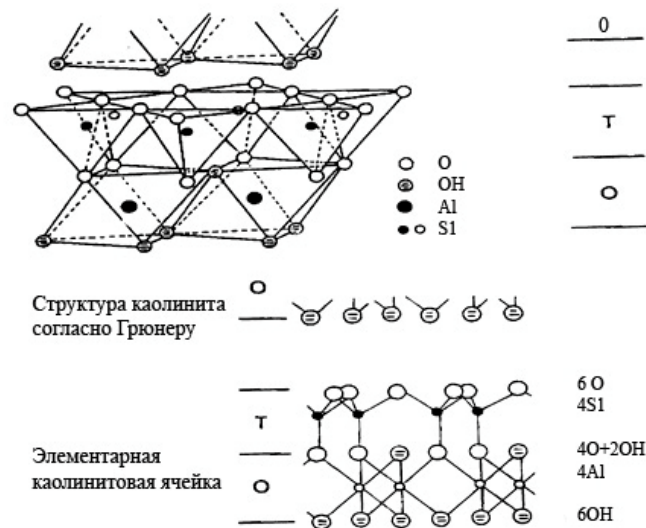


Рис. 2.1 - Структура каолинита

Химический состав каолинита $Al_2(X_2O_5)(OH)_4$, где X – это элемент в тетраэдральной позиции (Si^{4+} и, как замещающий, Al^{3+} и Fe^{3+} , которые обуславливают недостаток одного положительного заряда в структуре). Теоретический состав $SiO_2= 46,54 \%$; $Al_2O_3= 39,50 \%$; $H_2O=13,96 \%$.

Идентификация каолинового сырья посредством рентгеновской дифрактометрии (рисунок 2.2) в основном включает исследование дифракции базисных плоскостей.

Характерные шаги кристаллических решеток: (плоскость 001) 7.18; (плоскость 020) 4.47; (002) 3.57; (003) 2.38; (004) 1,78. Дифракционная модель для SiK α излучения представляет пики в следующих дуговых координатах: 12.51 (001), 20.90 (020), 25.0 (002), 51.11 (004).

Наличие определенных хлоритов может замаскировать присутствие каолинита из-за совпадения отражений при 12,50 (соответствующих 7,18).

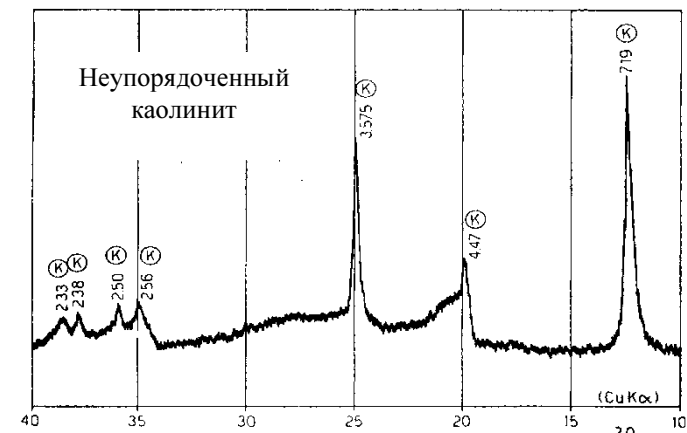


Рис. 2.2. Пример дифракционной модели неупорядоченного каолинита

В этом случае необходимо проверять любое разделение, которое происходит в отражении на плоскости 002, на предмет существования небольшого различия между шагом

кристаллической решетки каолинита (3,47) и хлорита (2,54), которым соответствует расположение пиков на 24,90 и 25,20 соответственно.

Ниже приведенная таблица 2.3 представляет стандартный минералогический анализ для некоторых наиболее распространенных видов каолинитового сырья.

Технологическая характеристика прессованного каолинитового материала зависит от вида глины.

Таблица 2.3. Минералогический состав сырья

Комовая глина	1	2	3	4	5
каолинитовые минералы	50	48	76	27	36
слюдаые минералы	21	19	11	25	36
монтмориллонитовые минералы	-	-	-	4	-
кварц	22	28	7	37	28
полевоы шпат	-	-	-	5	4
другие	1	1	3	2	-

Фарфоровая глина	6	7	8	9	10
каолинитовые минералы	85	80	79	92	87
слюдаые минералы	14	16	15	-	2
монтмориллонитовые минералы	-	-	-	-	
кварц	3	4	1	2	
полевоы шпат			5	8	
другие	2	-	1	1	

Комовая глина характеризуется:

- достаточно хорошим (>0.3 %) расширением после прессования;
- высоким пределом прочности при изгибе (сырая > 12, а высушенная >30 кг/см²);
- при 1100 °С усадка варьируется от 2 до 4 % при кажущейся пористости 10~15 %;

- предел прочности при изгибе может варьироваться (от 100 до 200 кг/см²) в зависимости от «включений», которые в различной степени способствуют агломерации;
- коэффициент объемного расширения может варьироваться от 150 до 200·10⁻⁷.

Фарфоровая глина имеет следующие характеристики:

- большее расширение после прессования;
- слабая прочность при изгибе сырого и высушенного изделия;
- возможное расширение после сушки;
- при 1100 °С наблюдается средняя усадка и высокая абсорбция воды (15-20%); предел прочности при изгибе (<150 кг/см²) и коэффициент объемного расширения (120-180·10⁻⁷) снижаются в зависимости от содержания кварца. В целом материал весьма огнеустойчив.

Монтмориллонит (бентонитовая глина):

Данный глинистый минерал был впервые найден в местности Монтмориллон во Франции. Термин бентонит означает породу, в значительной степени состоящую из монтмориллонита, для которого характерно сильное разбухание при контакте с водой. Триоктаэдральная (основная) структура состоит из двух тетраэдральных слоев, включающих один октаэдральный (рис. 2.3)

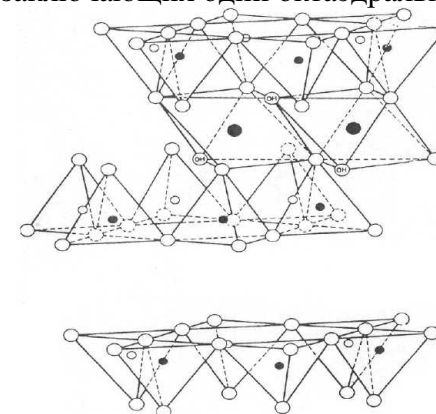


Рис. 2.3. Элементарная монтмориллонитовая ячейка

Некоторые члены монтмориллонитовой семьи образовались при замещении кремния алюминием в тетраэдрах и замещением магния двухвалентным железом вместо алюминия в октаэдрах. Кристаллы минералов этой группы связаны очень слабыми силами. Не существует водородных связей (как в каолините), так как нет возможности контакта между октаэдральными и тетраэдральными слоями, принадлежащими различным базовым структурам потому, что первый «заключен» внутри последнего. Единственные существующие связи - это слабые силы Ван-дер-Ваальса. Следовательно, введение молекул воды чрезвычайно легко, что выливается в «расширение» кристаллической структуры примерно в шесть раз по сравнению с исходным объемом. Большая реактивность монтмориллонитовой семьи обусловлена пригодностью внутренних поверхностей, которые отмечают границу каждой «базовой структуры», так как эти элементы легко отделимы. Также весьма очевидно свойство, известное как «изоморфное замещение» (т.е. способность к замене катиона другим с отличным зарядом). Если, например, трехвалентный (алюминиевый) ион замещает (четырёхвалентный) кремний тетраэдров, электрического равновесия можно достичь только последующей абсорбцией внешнего (моно или двухвалентного) катиона; во втором случае число будет равно половине отрицательных зарядов, выпущенных при изоморфном замещении. Специфическое поведение монтмориллонита частично объясняется чрезвычайно малым размером его гранул.

Наконец, **каолины** характеризуются:

- значительным расширением после прессования;
- водопоглощением (при 1100 °С) от 20 до 25%;
- очень низким пределом прочности при изгибе (80-150 кг/см²);
- очень низким коэффициентом объемного

расширения, в целом от 100 до 150·10⁻⁷.

Непластичные материалы (кварц, полевой шпат) являются структурообразующими компонентами сырьевой смеси в производстве керамогранита.

Базовая структура кварца состоит из тетраэдра с анионами кислорода в его вершинах и расположенным по центру атомом кремния. Полный тетраэдр имеет четыре отрицательных иона (рис.2.4-2.6).

Безводный кремний имеет три кристаллические формы: тридимит и кристобалит, и одну стекловидную аморфную (то есть некристаллическую) форму. Каждый основной тип имеет разновидности, которые являются стабильными в определенном температурном диапазоне.

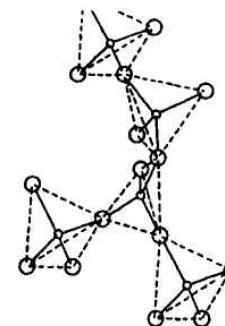


Рис. 2.4 Структура тетраэдров кремния в кварце

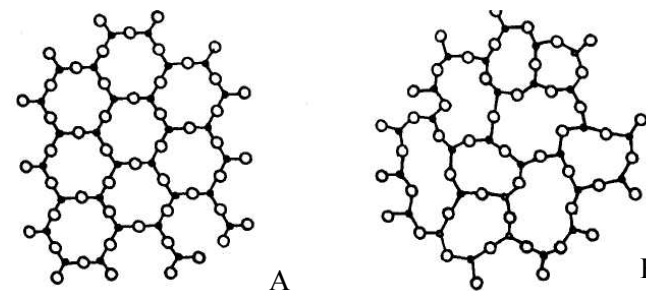


Рис. 2.5. Кристаллическая структура (А) и стекловидная структура (В)

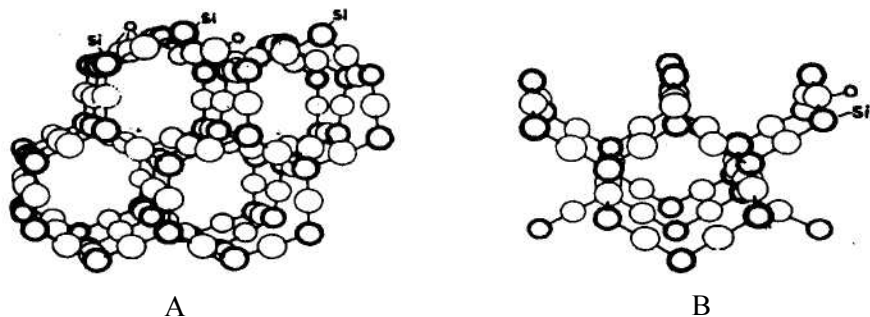


Рисунок 2.6 - Структура тридимита (А) и кристобалита (В)

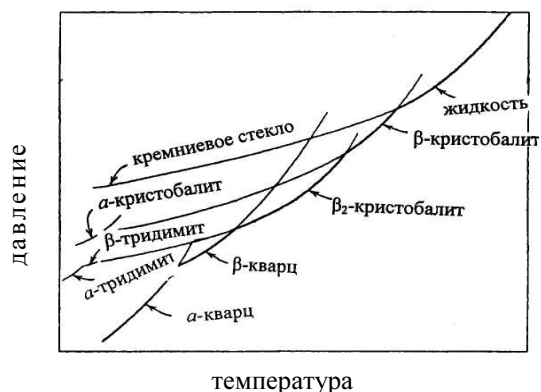


Рис. 2.7. Равновесная диаграмма для кремния, включая метастабильные части

Наиболее важные трансформации происходят при следующих температурах:

Кварц	→	Тридимит	870 °С
Кварц α	→	Кварц β	573 °С
Тридимит	→	Кристобалит	1470 °С
Тридимит α	→	Тридимит β	117/163 °С
Кристобалит α	→	Кристобалит β	220/270 °С

Минералогическая идентификация кварца посредством рентгеновской дифрактометрии главным образом включает исследование дифракции базисных плоскостей. Специальная дифракционная модель (для излучения Си К α) показывает пики в следующих дуговых координатах: 26,63 (соответствует шагу кристаллической решетки 3,34) и 20,84 (соответствует – 4,26) (рисунок 2.8).

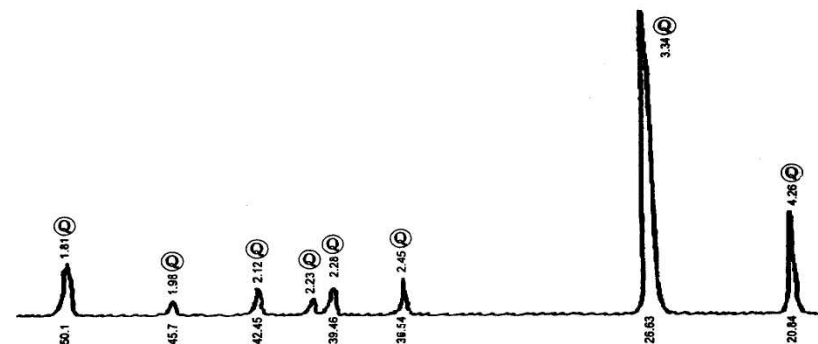


Рис. 2.8. Рентгенограмма кварца

Основная структура полевого шпата состоит из кольца из четырех тетраэдральных элементов (рисунок 2.9), калийный и натриевый полевые шпаты имеют три кремниевых тетраэдра и один алюминиевый, а в кальциевом полевоом шпате половина четырех тетраэдральных элементов являются кремниевыми, а половина – алюминиевыми. Калийный полевой шпат может появляться в двух кристаллических формах: ортоклаз (моноклинной). Нефелин кристаллизуется в гексагональную систему и обладает структурой, в значительной степени похожей на структуру тридимита (аллотропная стабильность кварца между 870 и 1470 °С), от которой ее отличает только замещение Si $_{4+}$ на Al $^{3+}$: это замещение сопровождается

введением Na^+ и, в гораздо меньшей степени, K^+ , которые обеспечивают электрическую нейтральность структуры.

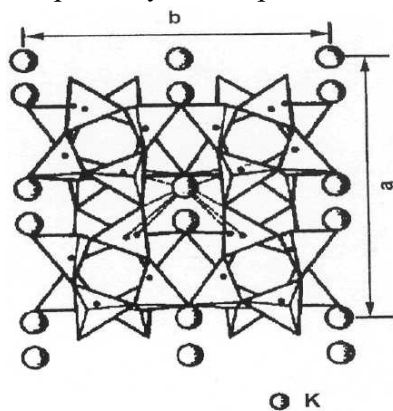


Рис. 2.9. Элементарная ячейка полевого шпата

Кристаллы появляются как сплюснутые гексагональные призмы и являются стабильными при низких температурах.

Общая химическая формула для полевого шпата:



где: X главным образом состоит из Na^+ , K^+ или Ca^{2+} ;

Y почти всегда представлен Al^{3+} и Si^{4+} , но иногда частично замещен Fe^{3+} .

Три основных вида полевого шпата представлены следующими формулами:

- ортоклаз (микроклин или санидин): $\text{K}(\text{Al Si}_3\text{O}_8)$

- альбит: $\text{Na}(\text{Al Si}_3\text{O}_8)$

- анортит: $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$

Нередки твердые растворы между этими тремя полевыми шпатами; в особенности альбит и анортит при высоких температурах формирует бесконечный ряд кристаллических растворов, которые остаются целыми даже после остывания (плагноклаз). Они известны под

следующими названиями (соотношение альбит/анортит указано в скобках):

- олигоклаз (7/1)

- андезин (2/1)

- лабрадорит (1/2)

- битовнит (1/7)

Ортоклаз часто содержит, в состоянии твердого раствора, значительное количество альбита.

Na и K полевые шпаты теоретически состоят из:

	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O
Na полевой шпат, %	68,7	19,5	11,8	-
K полевой шпат, %	64,8	18,3	-	16,9

Общая формула для нефелина:



где X в основном состоит из Na с содержанием K не более чем в соотношении 1/3.

Теоретический нефелин состоит из: 41,5% SiO_2 , 35,2% Al_2O_3 , 17,5% Na_2O и 5,8% K_2O .

2.2.2 Изменение характеристик сырьевых компонентов керамической смеси при нагревании

Диаграмма ДТА (дифференциального термического анализа) для каолинита (рисунок 2.10) показывает результирующие эндотермические пики при 680-600 °C, связанные с трансформацией каолинита в метакаолинит с потерей кристаллизационной воды; примерно при 980 °C существует заметный экзотермический пик, который возможно связан с кристаллизацией муллита и глинозема (рисунок 2.11). Термогравиметрический (TG) анализ показывает отчетливую потерю массы примерно при 520~580 °C (т.е. при потере кристаллизационной воды); но

никаких изменений не наблюдается при приближении к 980 °С, так как эта определенная экзотермическая реакция вызвана высвобождением энергии связи, а не извлечением материала.

До 450 °С дилатометрия (рисунки 2.10-2.13) характеризуется слабым расширением (из-за значительного содержания глинозема). Затем появляется (свыше 550 °С) начальная фаза усадки, связанная с удалением гидроксидов ОН (это длится до 880 °С) с последующей вторичной, более заметной стадией сжатия, связанной с началом агломерационных реакций (рисунок 2.14) последующим расширением (которое достигает своего максимума при приближении к 573 °С, если сырьё также содержит свободный кварц).

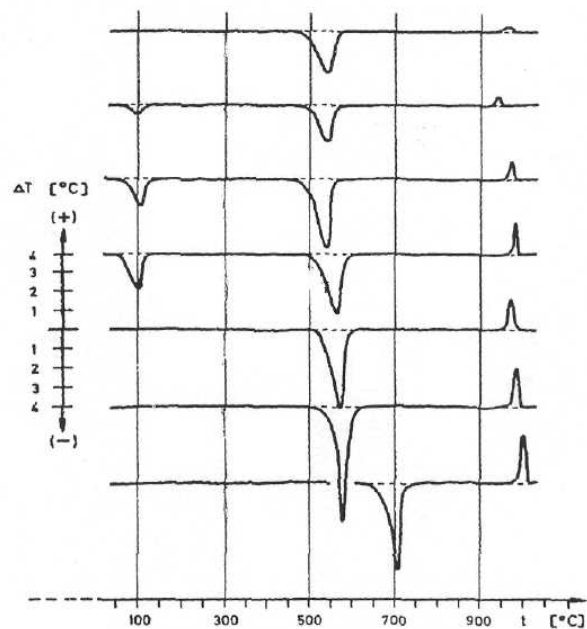


Рис. 2.10. Кривые ДТА для ряда минералов в каолиновой группе

При приближении к 900 °С дальнейшее сжатие обуславливается реакциями агломерации и смягчением образца.

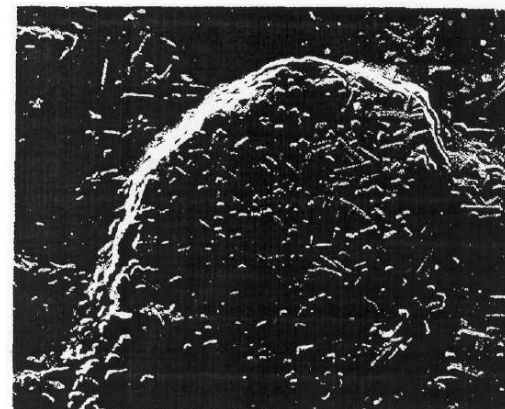


Рис. 2.11. Кристаллы муллита, сформированные нагревом каолинита в кремнистой матрице (увеличение в 37000)

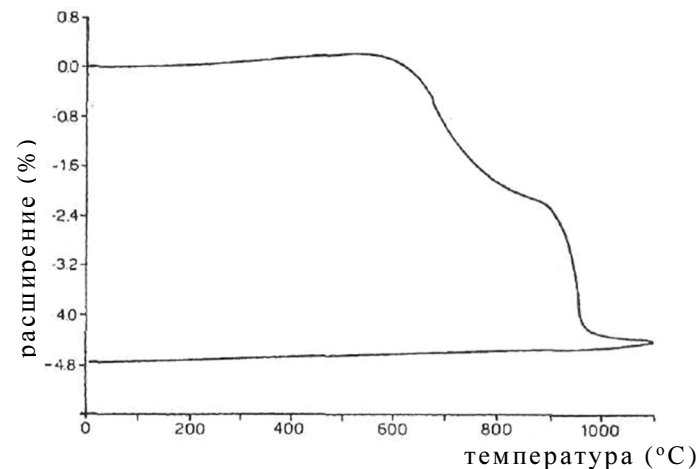


Рис. 2.12. Дилатометрические кривые для каолинового образца высокой чистоты, показывающие два внезапных сужения, соответствующих дегидроксиляционной стадии и реакции перекристаллизации

Дифференциальный термический (DTA) термогравиметрический (TGA) анализы безводного кварца показывают поведение, подтвержденное влиянию только теплового эффекта, связанного с реструктурированием, которое соответствует фазовым превращениям (рисунок 2.15).

Дилатометрия (рисунок 2.16) показывает резкое увеличение объема (размера образца) при нагреве до 573 °С. Это соответствует переходу от кварца α к кварцу β, который, как известно, сопровождается резким увеличением объема. Тот же, даже более заметный феномен имеет место при температуре сразу после 220 °С, когда кристобалит (редко присутствующий) переходит из α в β форму.

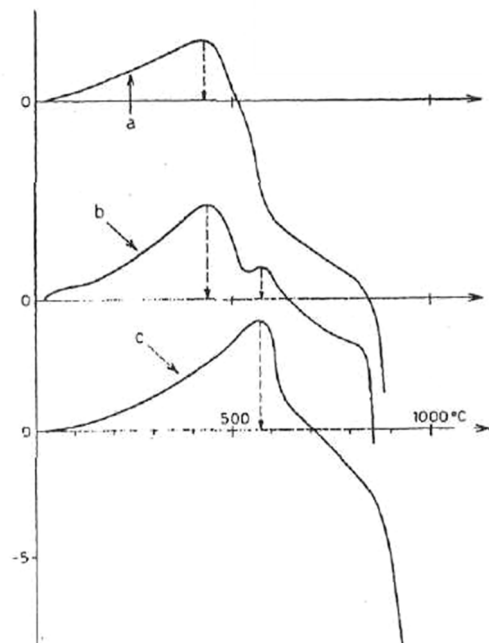


Рис. 2.13. Дилатометрические кривые для каолинов с повышенным содержанием кварца (от кривой к кривой); влияние кварца постепенно преобладает над влиянием каолинита

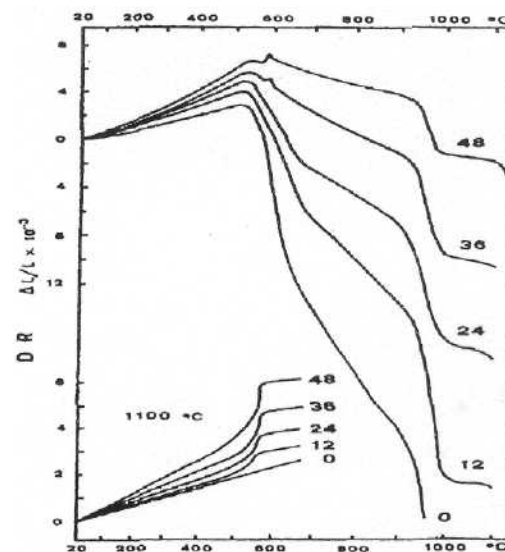


Рис. 2.14. Расширение – сжатие смесей каолинита и кварца (0, 12, 24, 36, 48 % кварца)



Рис. 2.15. Эндотермический эффект (во время нагрева) и экзотермический эффект (во время остывания) в кварцевом образце, тепловая инерция системы вызывает задержку появления максимальной интенсивности при охлаждении и нагреве

Если во время остывания не весь свободный кварц был «связан» новым образованием минералов более сложной структуры (например, волластонит или муллит), то переход от кварца α к кварцу β сигнализируется заметным размерным сжатием. Это чрезвычайно критический момент в керамической промышленности, поскольку чересчур быстрое остывание может привести к определенным типам повреждений плитки.

Для минералов полевого шпата - альбита показания ДТА представляют эндотермические пики между 820 и 900 °С, обозначающие его аллотропическую трансформацию. Анализ олигоклаза (ортоклаза) и лабрадорита представляет аналогичные пики между 780 и 820 °С.

Термическая активность нефелина наблюдается при приближении к 1250 °С как результат аллотропической трансформации минералов. Поскольку не существует реакций по удалению веществ, то ТГ анализ вообще не представляет никакой информации.

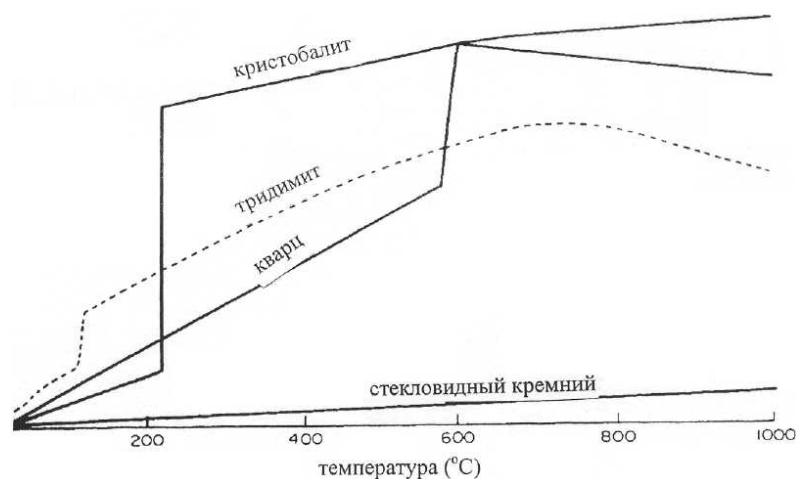


Рис. 2.16. Дилатометрическое поведение в различных структурных формах кварца

Дилатометрия показывает отсутствие различия до 1050-1100 °С, после чего наблюдается начало сжатия, которое достигает своего пика после 1100 °С.

2.2.3. Местные сырьевые материалы и основные методы исследования

В качестве вероятных компонентов сырьевой смеси для получения керамогранитных материалов были выбраны пластичные беложгущиеся и полупластичные (малопластичные) глины Алексеевского, Сухановского, Кемертузского, Елюбайского, Кызылсайского, Шенгелдинского, Красноармейского, Мойского, Петропавловского, Ангреновского месторождений.

Химико-минералогический состав и основные технологические свойства глины приведены в таблицах 2.2-2.5. Как видно из этих данных, исследуемые глины имеют полиминеральный состав с преобладанием глинистых минералов, соответственно – каолинита, монтмориллонита и их смешанных образований, и гидрослюд. Технологические свойства некоторых глин приведены в таблицах 2.6 и 2.7. Огнеупорность беложгущихся каолиновых глин Сухановского, Алексеевского и Кызылсайского месторождений составляет более 1730 °С.

Таким образом, местные глины, используемые в качестве пластичных и малопластичных компонентов в керамогранитной смеси, исходя из минералогического состава можно разделить на две группы: каолиновые (1) и каолинито-гидрослюдистые (2). В качестве непластичных материалов изучены полевой шпат и кварцевый песок из различных регионов Республики Казахстан. Ниже представлены результаты этих работ.

Таблица 2.4. Химический состав глин в % по массе

№ пп	Месторождение глин	Содержание										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.
1	Сухановское	49,65	33,50		1,20	1,32	0,43	0,34	-		0,65	12,90
2	Кемергузское	48,60	34,60		1,50	1,65	0,70	0,17			0,80	12,40
3	Елюбайское	50,70	32,10		0,85	1,10	0,15	0,49			0,50	13,90
4	Шенгельдинское	72,19	16,70		2,03	-	0,13	0,45	0,20		2,18	5,25
5	Красноармейское	75,46	13,43		2,67		1,01	0,72	0,12		3,08	3,71
6	Мойское	68,97	16,00	2,50	0,26	0,86	1,37	-	0,63	0,25	0,25	3,25
7	Петропавловское	75,68	11,50	2,67	0,57	1,02	1,74	1,00	0,49	0,40	0,50	4,22
8	Ангренское	56,22	30,06		1,24		1,04	0,36	0,48		0,24	1,04
9	Кзылсайское	45,47	35,40		0,67	1,82	0,41	0,50		0,46	0,23	12,00
10	Алексеевское	68,8	21,00		0,80	0,70	0,30	0,30		1,0		6,9
11	Алексеевское Обогащенный каолинит	47,2	36,4		0,71	0,62	0,19	0,25	0,03	1,63	0,10	12,3

Таблица 2.5. Минералогический состав глин, % по массе

№ пп	Месторождение глин	Содержание минералов							
		Глинис-тые минералы	Кварц	Полевой шпат	Карбонаты	Оксиды (Fe)	Органика	Слюда, хлориты, пироксены	Примеси
1	Сухановское	преобладает каолинит							
2	Кемергузское	преобладает каолинит							
3	Елюбайское	преобладает каолинит							
4	Шенгельдинское	30	50	15	-	-	-	0,5	4,5
5	Красноармейское	10	20	50	10	4	-	5-7	-
6	Мойское	25	30	35	3-5	3-5	-	-	3
7	Петропавловское	5	50	40	-	-	-	-	5
8	Ангренское	45-50	20-25	25-30	-	-	-	-	3
9	Кзылсайское	преобладает каолинит							
10	Алексеевское	50	48	-	-	-	-	-	2

Таблица 2.6. Гранулометрический состав глин (фракция), % по массе

№ пп	Месторождения	Область	Фракционный состав 10-3 м					
			более 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	менее 0.001
1	Сухановское	Павлодарская		0.29	3.15	6.20	31.15	59.35
2	Кемертузское	Павлодарская			3.7	10.6	22.4	63.3
3	Елюбайское	Павлодарская		2.1	4.6	9.8	37.9	55.4
4	Шенгельдинское	Алматинская	9.21	29.91	20.24	3.16	14.88	22.60
5	Красноармейское	Павлодарская	33.00		50.00		17.00	
6	Мойское	Павлодарская	0.76	0.75	6.93	6.25	8.60	77.42
7	Петропавловское	Петропавловская	3.06	14.68	45.19	12.24	5.56	19.27
8	Ангренское	Северо-Казахстанская	-	-	8.9	15		76
9	Кзылсайское	Актюбинская		11.37	12.78	6.96	27.79	41.15

2.3. ПРОЦЕССЫ СУШКИ КЕРАМОГРАНИТА

2.3.1 Общие положения

Сушка – это удаление воды, содержащейся в веществе, выпариванием, то есть ее превращение из жидкого в газообразное состояние. Тенденция жидкости становится газом в большей степени зависит от химических свойств. Кинетическая энергия заставляет молекулы покидать жидкость в виде пара, а молекулы пара сжимаются.

Из-за низкого содержания воды процесс прессования практически неспособен вызвать выравнивание частиц, замеченное в прессованных изделиях. Механизм уплотнения во время прессования в значительной степени зависит от соответствующего гранулометрического состава и размера частиц, заполняющих все промежутки: кроме того, водная пленка, находящаяся между частицами, должна иметь консистенцию, которая склеивает последние, таким образом вызывая реакции агломерации во время обжига.

Также важно, чтобы материал не приклеивался к прессованной поверхности из-за одностороннего нового поглощения водной пленки, вытесненной из керамической массы с поверхности раздела керамики и металла или керамики и резины.

В определенных богатых глиной керамических массах может произойти явление ориентации, с отделением воды на плоскости, перпендикулярное направлению прессования, что приводит к расслоению, что является причиной проблем во время сушки или предварительного обжига в печи.

Удаление воды. Количество воды, добавленной в сырье для обработки (например, производство чистого каолина), очистки или размола, должно впоследствии быть уменьшено при формовании.

Существуют несколько методов:

- осаждение (например, очищение шлама);

- разделение центрифугированием (в керамике используется редко);

- фильтрация (например, фильтр-пресс в изготовлении санитарного фаянса или посуды);

- электроосмос (например, в некоторых видах глазурирования);

- испарение (обычно распылительная сушка);

- избирательная абсорбция, на твердых переносчиках, которые поглощают больше воды.

В сухом прессовании, наиболее используемой технике производства плитки, требуемое содержание воды варьируется в зависимости от требуемой пластичности и составляет 3-6 %.

Однако, даже эта вода должна быть удалена вместе с той, что была абсорбирована частично во время декорирования и глазурирования, перед тем, как плитка подается в печь. То есть, необходима сушка перед обжигом.

Даже при том, что количество воды, которая должна испариться, довольно невелико, стадия сушки является весьма деликатной из-за легкости, с которой неотвратимое механическое напряжение может влиять на все еще неустойчивый материал.

Вода, подобно всем жидкостям (и в меньшей степени твердым телам), имеет тенденцию преобразовываться в газообразное состояние, таким образом, поглощая энергию. Эмиссия пара не продолжается бесконечно: когда пар достигает точки насыщения, она прекращается. Таким образом, устанавливается равновесие между количеством молекул, которые испаряются, и количеством молекул пара, которые снова превращаются в жидкость: это равновесие соответствует некоторому давлению, известному как давление насыщения водяного пара. Давление водяного пара повышается при повышении температуры.

При повышении температуры давление пара равняется атмосферному давлению, происходит кипение (то

есть улетучивание пара не только с поверхности жидкости, но и изнутри, что обуславливает образование пузырьков).

Точка кипения уменьшается с давлением, и каждое вещество при определенной температуре имеет свое давление пара. Вода (рис. 2.21) имеет давление насыщения пара 1 атм. при 100°С.

Энергии, принимая во внимание и те, которые поглощаются во время стадии преобразования в жидкий пар, часто недооцениваются.

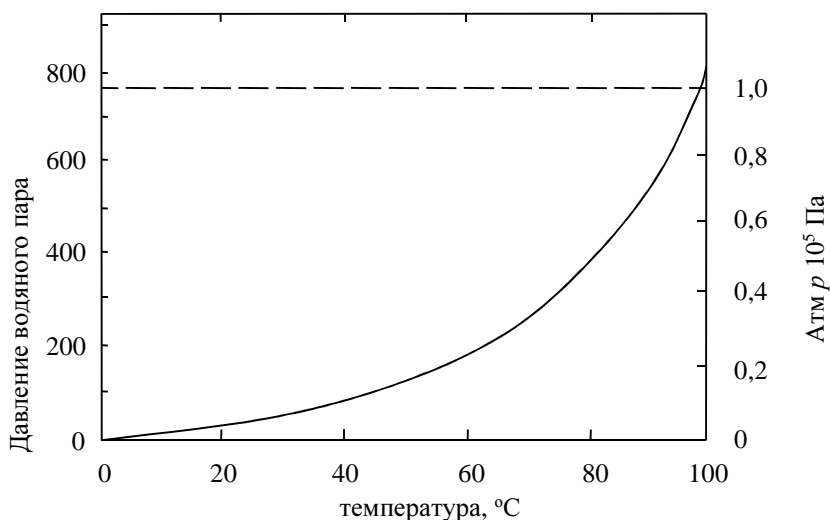


Рис. 2.21. Давление насыщенного водяного пара при различных температурах

Например:

(1) Энергия, необходимая для увеличения температуры 80 г глины, содержащей 20 г H₂O, с 20°С до 100°С, удаления воды посредством испарения:

$$20 \text{ г H}_2\text{O от } 20 \text{ до } 100 \text{ °С : } m \cdot C \cdot \Delta T = 20, 1.80 = 1 \text{ 600 кал}$$

$$\text{испарение } 20 \text{ г H}_2\text{O: } m \cdot q = 20 \cdot 540 = 10 \text{ 800}$$

$$80 \text{ г глины от } 20 \text{ до } 100 \text{ °С: } m \cdot C \cdot \Delta T = \frac{80 \cdot 0,2 \cdot 80 = 1280}{13680 \text{ кал}}$$

(2) Энергия, необходимая для увеличения температуры 80 г глины, с 100 до 1000°С.

$$80 \text{ г глины с } 100 \text{ до } 1000 \text{ °С: } m \cdot C \cdot \Delta T = 80 \cdot 0,2 \cdot 900 = 14,400 \text{ кал}$$

C - удельная теплоемкость (1 для H₂O, 0.2 для глины)

q - потенциальная теплота испарения.

Вышеприведенный пример иллюстрирует, что производственный процесс, например, экструзия, сушка, обычно рассматриваемый как энергетически умеренный, в действительности потребляет почти столько же тепла, сколько и процесс обжига.

Сушку в значительной мере можно рассматривать как процесс, обусловленный тремя факторами:

- «способность» к высыханию рабочей зоны, относительная влажность, скорость воздуха;
- силы, действующие на капиллярном уровне;
- усадка, вызываемая потерей влаги.

Разработка и оптимизация процессов сушки материалов, прежде всего, связаны с изучением их кинетики (рис. 2.22 и 2.23).

Процесс сушки включает передачу тепла из окружающей среды в керамическую массу и одновременно водяного пара в обратном направлении. Тепла (энергии), необходимой для формирования, можно достичь посредством конвекции, излучения или распространения: обычно сразу три варианта.

Наиболее распространенный эффект высыхания (при помощи горячей воздушной конвекции) может быть описан в следующей последовательности:

- передача тепла из воздуха изделию;
- преобразование воды из жидкости в пар;
- удаление пара с поверхности изделия;
- передача жидкой воды изнутри на поверхность.

Если скорость поверхностного испарения превышает внутреннюю капиллярную передающую способность,

начинается другая стадия высыхания, во время которой фронт испарения перемещается внутрь самого изделия.

Все это обычно представляется в соответствии с классическим описанием процесса высыхания типа конвекции для пористых и гигроскопичных материалов, согласно разделению кривой, по крайней мере, на три стадии, которые управляются различными градиентами скорости высыхания на разной глубине.

Во время первой стадии испарения воды высыхание происходит согласно законам, которые управляют испарением из водоема, такого как озеро, где постоянная площадь поверхности находится в контакте с воздушным потоком постоянной температуры и относительной влажности: скорость высыхания, таким образом, также постоянная.

Во время второй стадии скорость высыхания быстро снижается, поскольку объем воды, испаряющейся с поверхности, должен быть перемещен изнутри изделия капиллярным действием: скорость, с которой

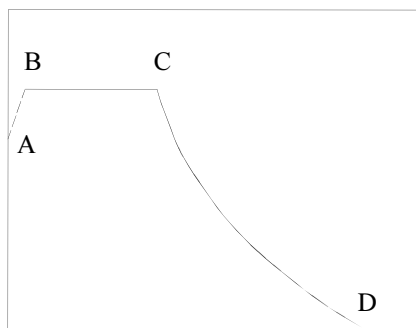


Рис. 2.22. Зависимость скорости сушки от времени

это происходит, зависит от степени нагрева изделия и изменений его размеров (которые влияют на давление пара жидкости и таким образом на скорость ее передачи).

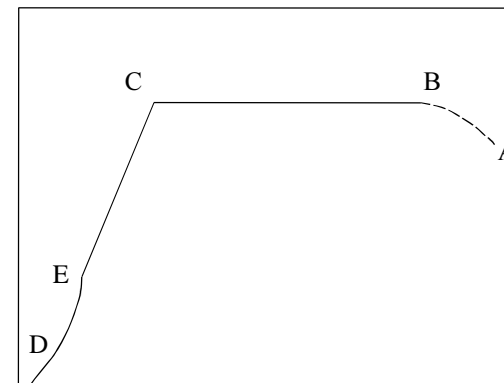


Рис. 2.23. Зависимость скорости сушки от влагосодержания

Поскольку фронт испарения перемещается глубже и глубже в изделие, скорость высыхания падает, так как капиллярное сопротивление диффузии увеличивается: это сопротивление обратно пропорционально размеру капилляров. Чем меньше средний диаметр капилляра, тем выше сопротивление (согласно функции $x = k \sqrt{rt}$, где x - скорость распространения жидкости, r - капиллярный радиус, t - время, и k - постоянная, которая принимает во внимание поверхностное напряжение и вязкость жидкости согласно закону Пуассона).

Таблица 2.14. Значения давления пара для воды в зависимости от капиллярного диаметра

Радиус, мм	Давление пара
$5 \cdot 10^{-5}$	0,1
$7 \cdot 10^{-5}$	0,2
$12 \cdot 10^{-5}$	0,4
$48 \cdot 10^{-5}$	0,8
$105 \cdot 10^{-5}$	0,9
$209 \cdot 10^{-5}$	0,95
$558 \cdot 10^{-5}$	0,98
$1070 \cdot 10^{-5}$	0,99

Согласно Нортону, диффузия воды внутри керамического изделия зависит от различных параметров, в которых наиболее представительной переменной выбора сырья, технологического процесса и характеристик керамического изделия, является p (проницаемость), на который сильно воздействует размер частиц, пластичность, уплотнение и т.д.

Глина и керамические смеси при сушке проходят последовательные модификации в условиях усадки и потери массы, вызываемыми испарением воды. Бареллатографический анализ, используемый для определения данных изменений, представляет кривые Бигота, которые иллюстрируют поведение материала в условиях усадки/потери массы, по отношению к постоянной T , или к другим полученным кривым.

Процесс сушки, показанный бареллатограммой, соответствует теоретическим моделям, выдвинутым Бурри (рис. 2.24 и 2.25). Эти диаграммы представляют процентное отношение керамической массы (по объему), занятой глиной, водой и порами в зависимости от времени сушки.

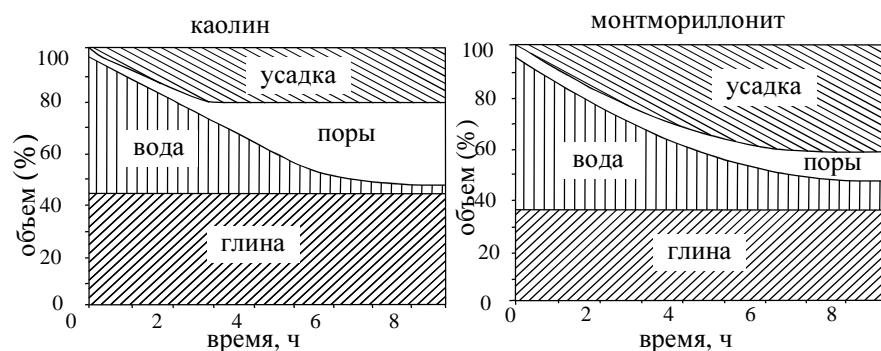


Рис. 2.24. Сушка или диаграмма Бури для каолина и монтмориллонита

Кривая ABC иллюстрирует усадку: в момент времени T_1 , например, керамическая смесь с начальным объемом 100, состоящая из 56 % глины + 15% воды + 8 % пор, подверглась усадке 21 %.

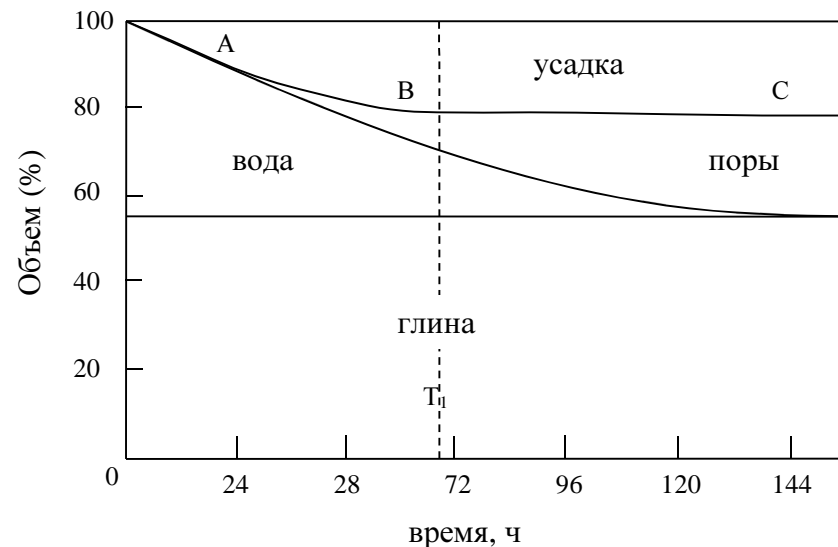


Рисунок 2.25. Диаграмма Бурри для сушки

По таким кривым, первоначально разработанным для технологий прессования, использующим медленные циклы сушки (при температуре и относительной влажности окружающей среды), можно также проследить создание соответствующих модификаций для изделий с низким содержанием водорода, подверженных быстрым, высокотемпературным циклам высушивания.

Как отмечено, один из наиболее существенных факторов, воздействующих на испарение во время сушки керамических материалов, - это поверхность материала, подлежащего сушке, которая непосредственно влияет на проницаемость материала. Скорость испарения также

находится под влиянием гидрометрических параметров в области высыхания: поток более сухого или совершенно сухого воздуха в значительной степени эффективен при увеличении испарения во время первой стадии сушки, в то время как его влияние уменьшается в капиллярной фазе перемещения, поскольку поверхностное испарение подходит к концу. Как только достигается критическая точка влажности, (точка перегиба на кривой Бигота), керамическая масса приобретает почти категорическую консистенцию и жесткость и менее легко приспособляется к напряжениям. Поскольку в первых стадиях сушки отмечена значительно большая усадка, чем в последующих, результирующая напряженность может привести к дифференцированной усадке, деформации или растрескиванию, при существовании чрезмерного градиента влажности между внутренней и внешней частями керамической массы. Распределение воды вокруг частиц и способ, которым последние сближаются во время процесса сушки, показаны на рис.2.26.

На этой стадии происходит частичное разрушение структуры частиц

Различная ориентация глинистых частиц и наличие частиц разных размеров других «твердых» материалов оказывают огромное влияние на сушку. Например, глинистые структуры с конфигурацией «замка из игральных карт» высыхают быстрее, чем те, что организованы как «колода карт».

Это обусловлено тем, что последние более компактны и обладают большей устойчивостью к испарению.

Иллюстрируя то, что происходит во время удаления воды в условиях ее взаимодействия с твердыми частицами в отличие от ее состояния в изделии, можно сказать, что сушка удаляет воду из пор и пустот, воду, абсорбированную на поверхности частицы минерала (особенно глинистого), или воду, введенную в их межслойную структуру.

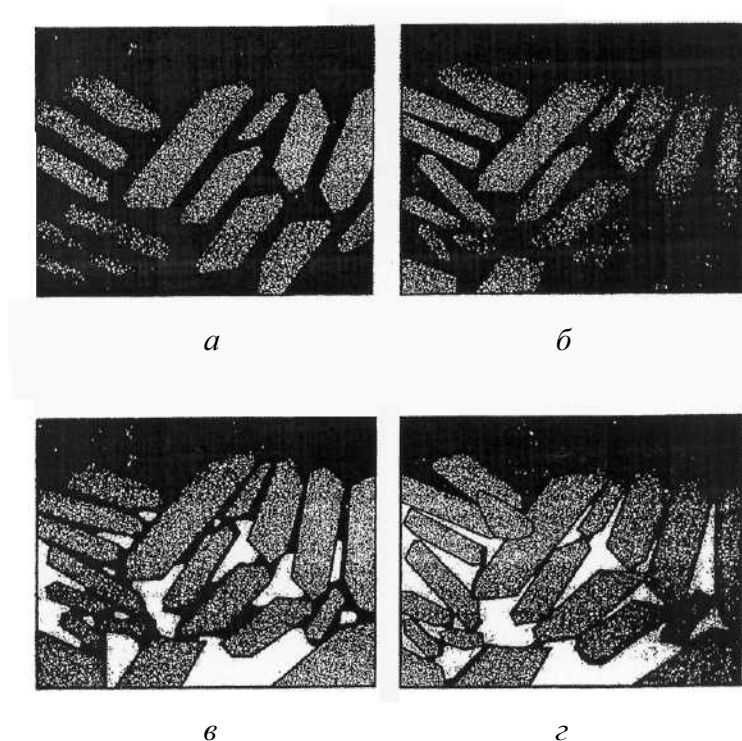


Рис. 2.26. Структурные перегруппировки во время последующей сушки

а – до начала сушки отдельные частицы отделены тонкой пленкой воды (серая область);

б – как только поверхностная вода начала перемещаться изнутри по капиллярам, перемещающиеся частицы могут контактировать друг с другом;

в – даже после второй стадии сушки значительное количество воды остается между частицами в порах;

г– финальной стадии сушки температура должна превышать точку кипения для удаления любого остатка

Ни один из этих "типов" воды не формирует часть кристаллической структуры глинистых минералов.

Свойства глин, связанные с сушкой (и пластичностью), главным образом, определяются размером и формой частиц, в соответствии с составом и структурой, ионной обменной способностью, заменяемыми типами иона и, наконец, их текущим состоянием гидратации. К этим характерным качествам должны быть добавлены несвойственные характеристики, такие как пространственные соотношения между частицами, размер пор и промежуточный гранулометрический состав, степень уплотнения и т.д.

Вода, отданная при средних температурах, не являющаяся частью кристаллической структуры, не относится к гидролизу OH^- в составе (так называемая «химическая вода», вытесненная при температурах от 500 до 800°C), может быть разделена на три категории:

- вода в порах, на поверхности и по краям частиц;
- межслойная вода, между элементарными глинистыми пластинами (например, в бентонитовой глине);
- вода в структурных каналах (например, в цеолите).

Удаление воды первой категории требует низкой, но все же постоянной энергии, как отмечено на рис. 3.2, и, следовательно, относительно низких температур (даже температуры окружающей среды там, где относительная влажность низкая). Температуры более 100 °C используются для ускорения процесса и увеличения теплового градиента между внутренней и внешней частями изделия.

С другой стороны, вода второй и третьей категории удаляются с меньшей или большей трудностью в зависимости от других различных параметров, тесно связанных со структурой и уплотнением материалов. Взаимодействие между глиной и водой зависит, фактически, от физической и химической реактивности поверхности глинистого минерала, где присутствуют кислород, гидроксиды - в зонах разлома - и другие элементы; распределение этих активных участков

определяет поверхностную деятельность глинистых минералов (обменная способность, ионная селективность); определенный поверхностный заряд, площадь поверхности и pH также играют важную роль.

Глинистые минералы - не совершенные кристаллы. С одной стороны, у грани их всегда обломаны и, следовательно, разорваны связи, которые остаются ненасыщенными. С другой стороны, изоморфные атомные замещения вводят катионы различных степеней окисления; они изменяют естественную электрически нейтральную структуру кристалла. Эти факторы обуславливают тот факт, что твердые частицы ведут себя так, как если бы они были большими, слабо (главным образом отрицательно) заряженными нерастворимыми ионами, поскольку изоморфные замещения недостаточного заряда являются более обычным случаем.

Эти заряженные частицы распределяются в контакте и внутри воды, которая «загрязнена» (то есть свободна от ионных зарядов из-за растворения солончака).

Все это обуславливает дальнейшее изменение структурной организации материала и усложнения водных связей. Следовательно, механизм испарения при сушке становится более сложным.

К настоящему времени мы исследовали концепции, которые оценивают сушку конвекцией. Процессов сушки, которые используют только проводимость, немного, и они не имеют большого значения из-за плохой теплопроводности керамических материалов. Возможности высушивания, предлагаемые излучением, несомненно, заслуживают краткого обзора, поскольку они предлагают более избирательную сушку, которая действует только для воды, фактически содержащейся в изделии.

Эти системы могут значительно ускорять процесс сушки и являются чрезвычайно эффективными в энергетическом плане, используя электромагнитное

излучение инфракрасных (IR) и микроволновых (MW) волн (рисунок 2.27).

В обоих случаях, хотя большая часть воды в изделии содержится в ее самых внутренних слоях и керамические материалы фактически являются прозрачными для излучения, происходит нагревание изнутри.

Это обуславливается тем, что вода преобразовывает лучевую энергию в тепловую.

Этому также содействует удаление пара, потому что, в отличие от конвекционного нагревания, поверхностная пористость не затронута структурными усадками (кроме, возможно, конечного этапа сушки). Инфракрасные сушилки подтверждают тот факт, что вода имеет почти унитарный коэффициент поглощения (0.92) при излучении с длиной волны $\lambda = 2.8 \mu\text{m}$, и все еще превосходящий коэффициент поглощения (0.91) при $\lambda = 5.95 \mu\text{m}$ (рисунок 2.27).

Для данных длин волн воздух полностью прозрачен и его присутствие становится несоответствующим: в плане сушки, тот факт, что он не нагревается, является негативным.

Водяной пар, образованный селективным нагреванием внутри изделия, также является отрицательным фактором, поскольку он поглощает часть падающего излучения.

Керамический масса, в зависимости от состава, цвета и степени уплотнения, будет поглощать различное количество падающего излучения и имеет тенденцию нагреваться.

Эти системы, которые достигли пика "популярности" в 80 годы, доказали свою высокую успешность, снизив время сушки от старого стандарта 40-45 до 12-15 мин.

Главная проблема с такими радиационными системами состоит в том, что уровни мощности ограничивают проникающую способность, таким образом, затрудняя их использование, особенно для крупных изделий, где большая часть энергии поглощается поверхностью изделия.

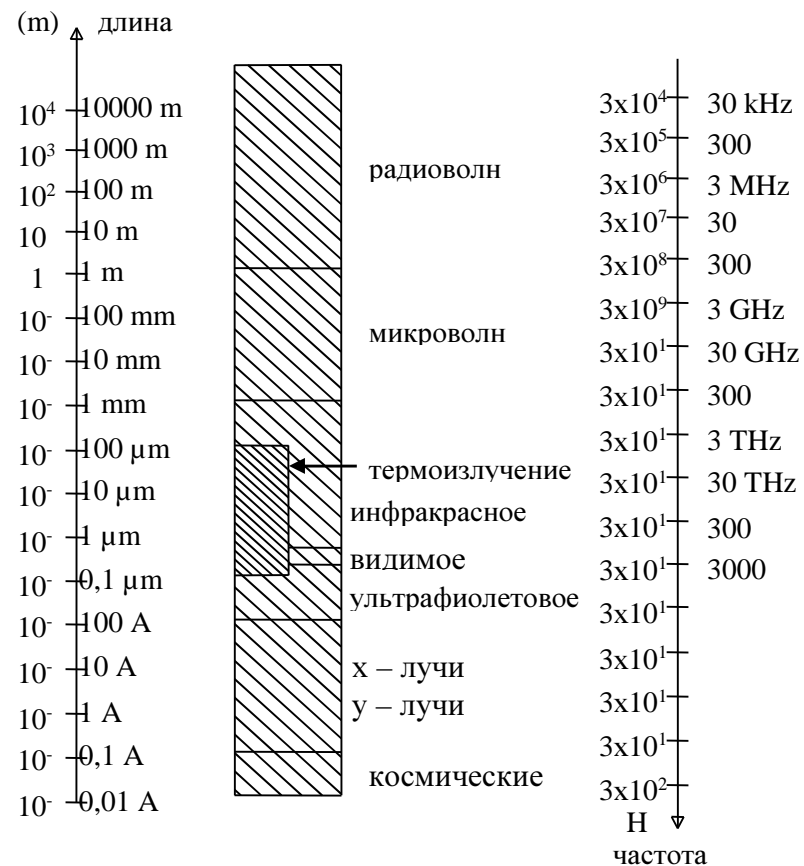


Рис. 2.27. Электромагнитный спектр

Однако, проблемы проникновения там, где используется микроволновое излучение с гиперчастотой 2450 МГц (122 мм), не существует: оно действует на молекулу воды избирательно благодаря селективному поглощению, вызванному высокой диэлектрической постоянной воды, которая имеет биполярную молекулу.

Обычная сушка горячим воздухом. Скорость сушки в большинстве случаев определена капиллярной диффузией воды внутри плитки.

В начале сушки (то есть на входном отверстии сушилки) температура спрессованной плитки очень низкая и диффузия очень медленная; скорости испарения должны сохраняться стабильно, чтобы предотвратить сжатие поверхностного слоя. Поэтому в стандартных сушилках входящий материал располагается в контакте с горячим воздухом, который имеет определенную относительную влажность. Нагревание поверхности спрессованной плитки (поверхность высушивания) происходит при конвекции; интенсивность нагревания спрессованной плитки зависит от теплопроводности, спрессованная плитка обычно имеет очень низкую теплопроводность. Скорость нагревания плиток регулируется изменением температуры воздуха и расходом потока.

Для данного материала определенной пористости время, необходимое для получения однородных температур нагревания, которые приводят к соответствующей диффузионной кинетике, существенно зависит от толщины плитки.

На цикл сушки влияет не только толщина, но и содержание влаги (влагосодержание) в материале. Штампованные или литые изделия за счет высокого содержания влаги проходят через фазы интенсивной усадочной сушки, уменьшающей усадочной сушки и нулевой, то есть безусадочной сушки; сушка спрессованной плитки включает в основном вторую фазу и полную третью фазу. Поэтому намного ниже и риск напряжения, вызываемого неоднородной усадкой.

Такое низкое содержание влаги и корреляционная «интенсивность усадки» привели в последние годы к разработке машин, которые используют чрезвычайно высокие нормы нагревания.

Целью данного подхода является противодействие естественной усадки (которая может вызвать трещины) с противоположной тенденцией материалов расширяться при сильном нагревании.

Теплотехнологические аспекты. В любом случае, надо принять во внимание, что:

- диффузия по направлению к поверхности требует градиента влажности;

- скорость диффузии повышается с градиентом; спрессованная плитка имеет первоначально однородное содержание влаги, которая в последствии сокращается на поверхности, таким образом, помогая кинетике переноса: имеется верхнее технологическое ограничение для данного феномена за счет растрескивания, которое появляется, когда сушка усиливается, хотя этого можно избежать, учитывая предостережения, указанные ранее.

- скорость диффузии пропорциональна пористости материала, которая зависит от химико-физических свойств формы (состав, размерное распределение частиц, количество и размерное распределение непластичных твердых материалов) и от процесса формования и рабочих параметров;

- нормы потока воды понижаются, так как маршрут прохождения увеличивается: поэтому плитка с большей толщиной имеет низкую скорость высыхания;

- вязкость воды задерживает кинетику переноса повышением сопротивления потоку. Чтобы сократить вязкость и увеличить диффузию, вода нагревается (нагревание применяется ко всей плитке).

Поверхностное испарение включает два обычных процесса:

- 1) поверхностное испарение (феномен равновесия жидкость - пар)

- 2) удаление пара (диффузный транспорт в виде градиента плотности), которое является функцией

температуры (или давление насыщенного пара воды) и окружающих термодинамических условий (на поверхности в газообразном состоянии).

В традиционных процессах сушки горячий воздух переносит тепло к плиточной форме и вызывает испарение, выводит пар.

Таким образом, интенсивность испарения воды и удаления пара повышается, так как повышаются температура воздуха и скорость потока, чему способствует низкая влажность воздуха.

Качественная сушка достигается, когда два процесса (диффузия и испарение) имеют кинетику, которая позволяет количеству воды, испаряемой за единицу времени, заменяться равным количеством воды изнутри прессованной плитки (норма испарения = норма диффузии); в стандартных условиях процесса более медленный из двух – это внутренняя диффузия.

Для любого данного материала (определенной геометрии, проницаемости, влажности) единственный параметр диффузии тот, который может регулироваться (через нагревание) – это вязкость воды.

Последнее наблюдение показывает прямую зависимость между температурой и давлением (давление насыщенного пара). При вышеуказанном равновесии пар относится к «насыщенному пару»; если давление ниже точки равновесия, пар будет «ненасыщенный».

Давления насыщенного пара – это функция температуры. Чтобы передвинуть равновесие, необходимо применить к системе определенное количество тепловой энергии, равное скрытой теплоте испаряемого вещества. Тепло – специальное для каждого вещества и определяется как «тепло, необходимое для трансформации стандартной единицы массы».

Паровая конденсация вызывает скрытую теплоту, чтобы выявить энергетическую теплоотдачу. Тепло

парообразования очень высоко, если рассматривать теоретически, то необходимо 605 ккал для испарения 1 кг воды при температуре воды до 100 °С.

Испарение воды уменьшается, когда степень насыщения пространства, находящегося выше воды, повышается.

В керамической промышленности проблемы испарения относятся к тому факту, что испаряемая вода связана с твердыми веществами, что ограничивает испарение. Вода формирует сетку из множества капилляров, которые прокладывают путь между твердыми частицами.

Проблема заключается в том, как перенести данную воду изнутри образца через капилляры на поверхность, где она может свободно испаряться.

Чтобы решить данную проблему, два фактора – и их соответствующая скорость – должны быть приняты во внимание: диффузия и испарение. Проблема сушки может быть решена, если скорость испарения не превышает скорость, с которой вода расплывается изнутри образца на поверхность, таким образом, вода может испаряться на скорости, которая достаточно устойчива в конкретных условиях, но которая не настолько быстрая, чтобы разрушить продукт.

Сушка регулируется скоростью диффузии воды внутри спрессованной плитки и последующей скоростью испарения.

Главными условиями испарения являются:

- поверхностное испарение: происходит в условиях термодинамического равновесия с окружающей средой, с жидкой водой, вытесненной изнутри спрессованной плитки в количестве, равном испаряемой воде.

- испарение в пластичных условиях: происходит в капиллярах и промежутках на жидкой – паровой поверхности в условиях равновесия, с одновременно передаваемым паром на поверхность через капилляры.

Процесс происходит в динамических условиях, с передачей интерфейсной зоны глубже в образец.

- внутреннее испарение без потока: подобно предыдущему, но не имеет достаточно влаги, чтобы генерировать поток или оседание глиняных частиц, а удаление воды генерирует промежуточную пористость.

Изучение графиков, приведенных в специальной литературе, показало, что:

- объемная устойчивость, которая сопровождается усадкой, вызванной высыханием, соответствует коэффициенту, характеризующему отношение объема образца к объему пустотности, и составляет примерно 75/25;

- промежуточная вода, которая достигла устойчивости после сушки, изменяется от 10 до 12 % по массе твердых веществ;

-размерные изменения, соответствующие содержанию влаги ниже 10-12 %, незначительны;

-динамическое равновесие спрессованной плитки достигается, когда степень испарения воды соответствует степени межклеточной диффузии воды внутри; таким образом, в каждой ситуации, имеется определенная скорость испарения, названная «критической», когда выше данной скорости размерные изменения могут создавать напряжения, которые, в свою очередь, могут вызвать повреждения;

-скорости испарения выше 1-й критической точки Бигота зависят при одинаковой температуре от внешних условий; ниже 2-й точки они зависят только от физико-химических характеристик керамического материала.

Скорость диффузии зависит от:

- минералогических характеристик материала, которые напрямую влияют на ориентацию молекулы воды и ее способность передвигаться;

- размера частиц и формы, которые влияют на ширину и форму капилляров, через которые распространяется вода;

- процента содержания воды в образце: так как содержание воды понижает сужение твердых частиц (усадка останавливается только когда частицы касаются друг друга). Данное сужение происходит в пустых капиллярах и блокирует некоторые из них, приводя к повышенной непроходимости спрессованной плитки;

- температуры спрессованной плитки;

- скорости и степени усадки, функции испарения;

- отношения между напряжением поверхности и испаряемой жидкостью и давлением насыщенного пара атмосферы, гигрометрическим состоянием, относительной влажностью.

При усадке капилляры сужаются, а некоторые из них блокируются, таким образом, повышается устойчивость диффузии воды через массу плитки. Согласно некоторым исследованиям, данная устойчивость обратно пропорциональна биквадрату диаметра капилляров.

Тем не менее, было обнаружено, что форма капилляров действует на диффузию больше, чем их размер, так как форма зависит от размера и структуры окружающих частиц. Диффузия может произойти, если на поверхности образца есть испарение. Так как испарение зависит от отношения поверхностного напряжения жидкости и атмосферного давления насыщенного пара над системой, то очевидно, что скорость диффузии зависит от данного отношения.

Скорость испарения зависит от:

-температуры воздуха: чем выше температура воздуха, тем выше количество воды, которое он может содержать в суспензии;

- гигрометрического состояния воздуха: определяет при данной температуре количество воды, которую можно удалить из материала;

- площади поверхности, подвергнутой воздуху, и угла наклона образца в направлении потока воздуха;
- скорости диффузии жидкости в материале;
- отношения между напряжением поверхности испаряемой жидкости и давлением насыщенного пара атмосферы.

Контроль объема воздуха, температуры и скорости происходит легче, если известно гигрометрическое состояние.

2.3.2 Термодинамика процессов переноса в керамике

Создание научных основ и внедрение новых технологий в производство в значительной мере связано с исследованиями сложных процессов переноса, протекающих при термической обработке капиллярно-пористых полифазных материалов, в частности керамогранита.

Ниже рассмотрены некоторые аспекты термодинамики параллельно протекающих и взаимно влияющих процессов переноса при фазовых, химических превращениях и структурных изменениях.

На основе термодинамики необратимых процессов общее кинетическое уравнение для удельного потока переносимой субстанции можно представить в следующем виде:

$$q = LX, \quad (2.1)$$

где L – кинетический коэффициент, характеризующий свойство проводимости среды данного потока; X – термодинамическая сила (движущая сила).

Используя термодинамическое понятие – потенциал переноса (Π) и учитывая, что движущая сила будет

пропорциональной потенциалу ($X = \text{Grad}\Pi$), уравнение 2.1 можно представить в следующем общем виде:

$$q = L \text{Grad}\Pi \quad (2.2)$$

Исходя из теории Онзагера [288-293] для описания параллельно протекающих и взаимно влияющих процессов переноса тепла, массы и деформации (напряжения) можно использовать систему уравнений:

$$q_1 = L_{11}X_1 + L_{12}X_2 + L_{13}X_3 \quad (2.3)$$

$$q_2 = L_{21}X_1 + L_{22}X_2 + L_{23}X_3 \quad (2.4)$$

$$q_3 = L_{31}X_1 + L_{32}X_2 + L_{33}X_3 \quad (2.5)$$

Из уравнений видно, что прямой эффект от действия соответствующей основной силы характеризуют диагональные члены, а влияние налагающихся явлений характеризуется перекрестными членами. Плотность потоков q_1 (пусть поток тепла), q_2 (пусть поток вещества) и q_3 (пусть поток деформации) пропорциональны соответствующим термодинамическим силам X_1 , X_2 и X_3 . Кроме того, в данном случае на эти скорости будут влиять и другие силы. Это учтено в приведенных уравнениях 3.3-3.5. Например, коэффициенты L_{12} , L_{13} в уравнении отражают влияние диффузионной силы X_2 и силы деформации X_3 на поток q_1 тепла. В других уравнениях аналогично.

Второй принцип термодинамически необратимых процессов – принцип взаимности – позволяет установить связь между некоторыми кинетическими коэффициентами в термодинамических уравнениях переноса.

Принцип взаимности может быть получен из принципа микроскопической обратимости. Согласно этому, в условиях равновесия любой молекулярный процесс,

обратный данному, протекает в среднем с одинаковой скоростью. Это означает, что наблюдается симметрия между взаимным влиянием различных потоков. Таким образом, влияние, например, потока тепла на поток вещества должно соответствовать влиянию потока вещества на поток тепла.

Аналитически это утверждение может быть записано для трех процессов, протекающих в системе одновременно, так:

$$L_{12} = L_{21}; L_{13} = L_{31}; L_{23} = L_{32} \quad (2.6)$$

Эти соотношения взаимности указывают на то, что существует симметрия во влиянии, например, диффузионной силы X_2 на скорость потока q_1 и тепловой силы X_1 на скорость потока вещества и т.д.

Результаты экспериментальных работ [82-84] по исследованию тепломассообмена и термической деформации при фазовых и химических превращениях в полифазных керамических материалах показали возможность учета влияния налагающихся эффектов через эффективные кинетические коэффициенты и эффективные потенциалы переноса. На основе этих данных уравнения переноса (2.3) – (2.5) можно переписать в следующем виде:

$$q_{1эф} = L_{1эф} X_{1эф} \quad (2.7)$$

$$q_{2эф} = L_{2эф} X_{2эф} \quad (2.8)$$

$$q_{3эф} = L_{3эф} X_{3эф} \quad (2.9)$$

где $L_{1эф}$, $L_{2эф}$, $L_{3эф}$ – соответственно эффективные кинетические коэффициенты переноса тепла, массы и деформации, $X_{1эф}$, $X_{2эф}$, $X_{3эф}$ – эффективные

термодинамические силы соответственно переноса тепла, массы и деформации.

С учетом потенциалов переноса уравнения (2.7) – (2.9) можно представить в следующем виде:

$$q_{1эф} = L_{1эф} \nabla \Pi_{1эф} \quad (2.10)$$

$$q_{2эф} = L_{2эф} \nabla \Pi_{2эф} \quad (2.11)$$

$$q_{3эф} = L_{3эф} \nabla \Pi_{3эф} \quad (2.12)$$

На основе приведенных результатов уравнения переноса тепла и массы, то есть уравнения Фурье и Фика, можно представить в следующем виде:

$$q_1 = -\lambda_{эф} \text{grad} T_{эф} \quad (2.13)$$

$$q_m = -D_{эф} \text{grad} \mu_{эф}, \quad (2.14)$$

где $\lambda_{эф}$, $D_{эф}$ – эффективные коэффициенты теплопроводности диффузии, учитывающие влияния налагающихся явлений переноса и термодинамическую сторону фазовых, химических превращений, а также структурных изменений, протекающих в полифазных материалах при термической обработке; $\mu_{эф}$ – эффективный химический потенциал.

Выше рассмотрены процессы переноса при стационарных режимах. В реальных случаях эти процессы протекают при глубоких нестационарных режимах.

Для изучения нестационарных полей температуры (T), массы (u) и деформации (ε) на основе кинетических уравнений (2.3) и (2.5) профессором А.В. Ралко получены следующие дифференциальные уравнения [293]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 T + \frac{\rho}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau} + \frac{\alpha}{\beta} \nabla^2 \varepsilon \quad (2.15)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \alpha_u \nabla^2 u + \alpha_u \delta \nabla T + \frac{v \delta}{\beta} \nabla^2 \varepsilon \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = v \nabla^2 \varepsilon + \beta \frac{\rho}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau} + \beta \nabla^2 T, \quad (2.17)$$

где α - коэффициент температуропроводности; ρ – теплота фазовых (химических) превращений; c – теплоемкость материала; β – коэффициент термического расширения; α_u - коэффициент потенциалопроводности для переноса массы; δ – термоградиентный коэффициент; v – кинематическая вязкость.

Как было сказано выше, учитывая влияние фазовых, химических превращений на процессы переноса, а также взаимовлияние потоков друг на друга через эффективные значения коэффициентов потенциалопроводности и градиента потенциалов, то есть на основе кинетических уравнений переноса (2.7) – (2.9), систему дифференциальных уравнений (2.15) - (2.17) можно привести в следующий упрощенный вид:

$$\frac{\partial T_{\text{эф}}}{\partial \tau} = \alpha_{\text{эф}} \nabla^2 T_{\text{эф}} \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial u_{\text{эф}}}{\partial \tau} = \alpha_{\text{эф}2} \nabla^2 u_{\text{эф}} \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_{\text{эф}}}{\partial \tau} = v_{\text{эф}} \nabla^2 \varepsilon_{\text{эф}} \quad (2.20)$$

В нашем случае для одномерной задачи (неограниченная пластина для керамогранитных плит длина

(l) и ширина (d) намного больше, чем толщина (h), то есть $l \gg h$, $d \gg h$ эти уравнения перепишем так:

$$\frac{\partial T_{\text{эф}}}{\partial \tau} = \alpha_{\text{эф}} \frac{\partial^2 T_{\text{эф}}}{\partial x^2} \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial u_{\text{эф}}}{\partial \tau} = \alpha_{\text{эф}u} \frac{\partial^2 u_{\text{эф}}}{\partial x^2} \quad (2.22)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_{\text{эф}}}{\partial \tau} = v_{\text{эф}} \frac{\partial^2 \varepsilon_{\text{эф}}}{\partial x^2} \quad (2.23)$$

С аналитической точки зрения, нахождение нестационарных полей эффективных потенциалов ($T_{\text{эф}}$, $u_{\text{эф}}$, $\varepsilon_{\text{эф}}$) переноса в материале связано с решением системы дифференциальных уравнений (2.21) –(2.23). Основываясь на аналитических решениях, разработанных А.В. Лыковым для дифференциального уравнения теплопроводности без внутренних источников (стоков) тепла при линейных (квазистационарных) режимах нагрева тела, для инженерных расчетов [83-85] предложены следующие решения уравнений (2.21) -(2,23), соответственно:

$$T(x, \tau) = T(R, \tau) - \frac{b_\gamma R^2}{2(\Gamma + 1)\alpha_{\text{эф}}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\} \quad (2.24)$$

$$u(x, \tau) = u(R, \tau) - \frac{b, R^2}{2(\Gamma + 1)\alpha_{\text{эф}2}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\} \quad (2.25)$$

$$\varepsilon(x, \tau) = \varepsilon(R, \tau) - \frac{b_i R^2}{2(\Gamma + 1)v_{\text{эф}}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\}, \quad (2.26)$$

где $T(R, \tau)$, $\varepsilon(R, \tau)$ – температура и относительная деформация поверхности тела; $u(R, \tau)$ – относительное массосодержание в центре тела; b_γ, b_u, b_I – скорости изменения температуры, относительной массы связанного вещества, относительной деформации образца; R – определяющий размер, для шара и цилиндра радиус, для пластины половина толщины; Γ – постоянное число, для неограниченной пластины $\Gamma = 0$, для неограниченного цилиндра $\Gamma = 1$, для шара $\Gamma = 2$.

Из решения (2.24) – (2.26) видно, что при линейном изменении потенциалов их поля в модельных образцах (пластина, цилиндр, шар) описываются по закону параболы, что подтверждается экспериментально.

На основе приведенных решений (2.24) – (2.26) нами разработаны экспериментальные методы по определению эффективных коэффициентов теплопроводности ($\alpha_{эф}$, $\alpha_{эфu}$, $\nu_{эф}$) при термической обработке полифазных капиллярно-пористых силикатных материалов, суть которых заключается в следующем. Экспериментально определив нестационарные поля теплопроводности в модельных образцах при их термической обработке, с помощью решений (2.24) – (2.26) можно решить обратную задачу и определить термодинамические характеристики, то есть эффективные коэффициенты теплопроводности материалов по соответствующим формулам:

$$\alpha_{эф} = \frac{b_\gamma R^2 \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\}}{2(\Gamma + 1)[T(R, \tau) - T(x, \tau)]} \quad (2.27)$$

$$\alpha_{эфu} = \frac{b_u R^2 \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\}}{2(\Gamma + 1)[u(R, \tau) - u(x, \tau)]} \quad (2.28)$$

$$\nu_{эф} = \frac{b_\varepsilon R^2 \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\}}{2(\Gamma + 1)[\varepsilon(R, \tau) - \varepsilon(x, \tau)]} \quad (2.29)$$

Для расчета эффективной теплоемкости применяется известная формула

$$C_{эф} = \frac{\lambda}{\alpha_{эф} \gamma},$$

где λ – коэффициент теплопроводности, принимается среднее значение в исследуемом интервале температур, γ – плотность материала.

Экспериментальные данные, полученные в работах [83-85] по такой методике при изучении нестационарных полей температуры и массосодержания связанного вещества в полифазных керамических материалах, дали хорошие результаты. На основе таких опытных данных получена возможность для дальнейшего аналитического и численного исследования подобных процессов переноса при физико-химических превращениях, протекающих в реальных изделиях в промышленных условиях.

Выше приведенные результаты, полученные для линейных режимов кинетики переноса, можно практически использовать для любого нелинейного режима. Любой сложный режим с достаточным приближением можно разбить на n линейных участков. В этом случае для i -того участка получим:

$$T_i(x, \tau) = T_i(R, \tau) - \frac{b_{\gamma,i} R^2}{2(\Gamma + 1)\alpha_{эфu}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\} \quad (2.31)$$

$$u_i(x, \tau) = u_i(R, \tau) - \frac{b_{ui}R^2}{2(\Gamma + 1)\alpha_{эфгш}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\} \quad (2.32)$$

$$\varepsilon_i(x, \tau) = \varepsilon_i(R, \tau) - \frac{b_{ui}R^2}{2(\Gamma + 1)v_{эфгш}} \left\{ 1 - \frac{x^2}{R^2} \right\} \quad (2.33)$$

Следовательно, коэффициенты теплопроводности для каждого *i*-го участка определяются по формулам (2.27) - (2.29).

Таким образом, полученные аналитические результаты могут быть использованы для инженерных расчетов по оценке и оптимизации динамики процессов обжига капиллярно-пористых полифазных силикатных материалов.

2.3.3 Механизм и кинетика сушки модельных образцов из керамогранитных смесей

В соответствии с современным представлением [288, 290] процесс сушки капиллярно-пористых тел включает два периода. Первый – период постоянной скорости, где испарение влаги происходит с поверхности образца, а внутри тела масса переносится в виде влаги. Второй – период падающей скорости, где поверхность испарения постепенно углубляется внутрь образца, а образованный в узкой зоне водяной пар диффундирует через высушенный слой (слой продукта) в окружающую среду. В практике используется полусухое формование с относительной влажностью массы 4-6 %, процесс сушки протекает по механизму второго периода. Керамогранитных плиты можно рассматривать как неограниченные пластины. Поэтому ограничимся изучением одномерной симметричной задачи.

Для изучения кинетики перемещения поверхности (зоны) испарения внутри керамических образцов – пластин – по зональному механизму, основываясь на современных представлениях о твердофазовых процессах, можно использовать дифференциальное кинетическое уравнение, полученное на основе 2.11 и 2.22 одномерной симметричной задачи [86-91, 92]:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \frac{\alpha_{эф·и}}{R^2} \cdot \frac{1}{\theta} \quad (2.34)$$

где $\theta = \frac{x}{R}$ (*x* – толщина высушенного слоя, *R* – определяющий размер, для пластины половина толщины) – параметрический критерий.

Уравнение 2.34 описывает линейную скорость зонального углубления поверхности испарения в процессе сушки керамических образцов – пластин во втором периоде.

После несложных преобразований с учетом уравнения 2.34 можно представить в обобщенном (критериальном) виде, а в результате его интегрирования с учетом начального условия ($\tau = 0, x = 0$), получим:

$$\theta = (Fo_{эф·и})^{\frac{1}{2}}; \quad (2.35)$$

Выражение в правой части полученного уравнения $\frac{\alpha_{эф·и}\tau}{R^2} = Fo_{эф·и}$ представляет собой массообменный критерий Фурье и в данном случае характеризует продолжительность процесса зонального углубления поверхности испарения внутри образца.

Для описания зонального механизма углубления поверхности испарения в керамических образцах с

помощью полученного уравнения 3.35 необходимо экспериментально установить эффективный коэффициент потенциалопроводности массопереноса (коэффициент диффузии водяных паров) в материале в соответствующем периоде сушки.

Экспериментальные работы проводили термогравиметрическим методом на специально собранной установке, включающей сушильный шкаф СНОЛ-3,5 с автоматическим терморегулятором, лабораторные электронные весы Э134, контрольный термометр и корзину из металлической проволоки для подвешивания изучаемого образца к весам.

Объектом исследования служили образцы-пластины, свежесформованные пластическим методом из глин полиминерального состава с преобладанием глинистых минералов, соответственно каолинита, монтмориллонита и гидрослюда. Образцы формовали различной толщиной ($d=10\div 65$ мм) размерами $65\times 65\times d$ мм³. После сушки глиняные образцы обжигали в муфельной печи при максимальной температуре 1000-1050 °С. Для сравнительного анализа изучали процесс сушки и обожженных керамических образцов после их насыщения водой. Для обеспечения одномерности процесса сушки образцов торцевые поверхности пластины и цилиндра изолировали тонкой металлической фольгой. Начальная относительная влажность глинистых образцов составила 18-20 %, а обожженных после их полного насыщения – 14-16 %.

Образцы сушили при температуре 1000° С в изотермическом режиме. В ходе эксперимента непрерывно контролировали изменение массы высушиваемого образца.

На основе полученных кинетических данных определяли среднее значение эффективного коэффициента потенциалопроводности массопереноса в керамических образцах в период падающей скорости. При этом установлено, что для глиняных образцов $a_{эф, u} = 2,75 \cdot 10^{-8}$

м²/с ($1,65 \cdot 10^{-2}$ см²/мин), а для обожженных керамических образцов $a_{эф, u} = 2,20 \cdot 10^{-8}$ м²/с ($1,32 \cdot 10^{-2}$ см²/мин).

Некоторые результаты исследований по кинетике углубления зоны испарения в глиняных и керамических образцах-пластинах в период падающей скорости сушки представлены на рис. 2.28.

Пучок кривых на рисунке 2.28 описывает кинетику углубления зоны (поверхности) испарения в глиняных (кривые 1, 2 и 3) и обожженных керамических (кривые 1', 2' и 3') образцах-пластинах по уравнению 2.35. По характеру кривых можно заметить, что углубление зоны испарения в образцах вначале происходит быстро, а затем по мере достижения центральных слоев материала значительно замедляется. В целом, зональный механизм процесса в данном случае относительно времени (τ) сушки подчиняется закону параболы.

Заметное отставание в скорости процесса сушки в обожженных образцах по сравнению с глиняными (сырец) образцами объясняется отличием из структуры и эффективной потенциалопроводности массопереноса ($a_{эф, u}$). Как было отмечено выше, среднее значение $a_{эф, u}$ сырца в 1,25 раза больше, чем обожженных керамических образцов.

Таким образом, если высушенный наружный нарастающий слой принять за продукт процесса, а диффундирующий через этот слой в окружающую среду водяной пар принять за подвижный реагент, то для описания кинетики зонального углубления поверхности испарения в керамическом образце- пластине с учетом налагающихся эффектов через кинетический коэффициент можно использовать вышеприведенные уравнения (2.34), (2.35).

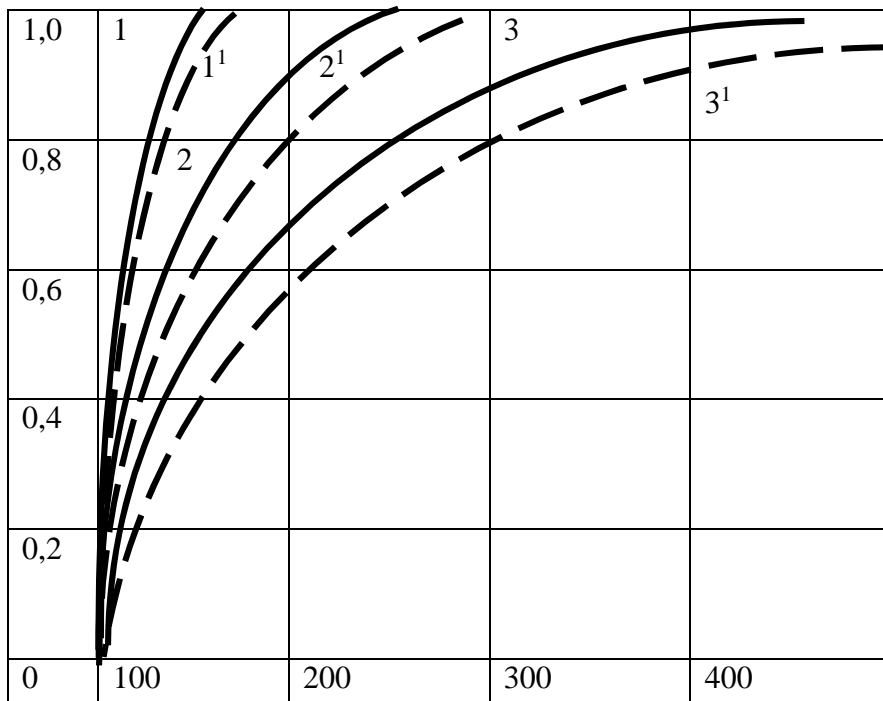


Рис. 2.28 - Кинетика углубления зоны испарения в керамических образцах-пластинах в процессе сушки в изотермических условиях при температуре 100 °С (по уравнению 2.35)
Сплошные линии – глиняный сырец (каолинитовая глина); штрихи – обожженные керамические образцы; 1, 1' - R = 1,5 см; 2, 2' - R = 2,5 см; 3, 3' - R = 3,25 см

Для количественной оценки кинетики массообменных процессов при сушке процесса используем связь между степенью сушки и параметрическим критерием образца-пластины

$$\frac{u_o - u}{u_o - u_p} = \theta, \quad (2.36)$$

где u_o – относительное влагосодержание образца в начале второго периода (критическое влагосодержание) сушки, u – среднее влагосодержание материала в ходе процесса, в любой момент времени τ (в начале процесса $u = u_o$, а в конце – $u = u_p$ или $u = 0$, d в зависимости от сушки образца до равномерного или абсолютно сухого состояния). При выводе уравнения (2.36) плотность влаги в образце считается равномерной. Подставляя (2.36) в (2.35) получим кинетическое уравнение диффузионного процесса в критериальной (универсальной) форме

$$\frac{u_o - u}{u_o - u_p} = (2Fo_{эф,u})^{\frac{1}{2}} \quad (2.37)$$

Текущее среднее влагосодержание соответствующего образца – пластины в процессе сушки можно определить из уравнения (2.37)

$$u = u_o - (2Fo_{эф,u})^{\frac{1}{2}}(u_o - u_p) \quad (2.38)$$

Для изучения кинетики диффузионных процессов сушки керамических образцов с помощью приведенных уравнений используем значение эффективного коэффициента теплопроводности массопереноса в заданных глиняных материалах.

На основе полученного уравнения 2.38 и экспериментально установленного значения эффективного коэффициента теплопроводности массопереноса изучали диффузионную кинетику сушки керамических образцов-пластин различной толщины.

Как видно из рисунка 2.29, процесс сушки в пластинах завершается при $Fo_{эф,u} = 0,5$ в следующем порядке: $R = 0,5$ см, $\tau = 7,5$ мин и $R = 3,25$ см, $\tau = 320$ мин (кривая 3).

Диффузионная кинетика сушки керамических (глиняных) материалов в период падающей скорости по уравнению 2.38.

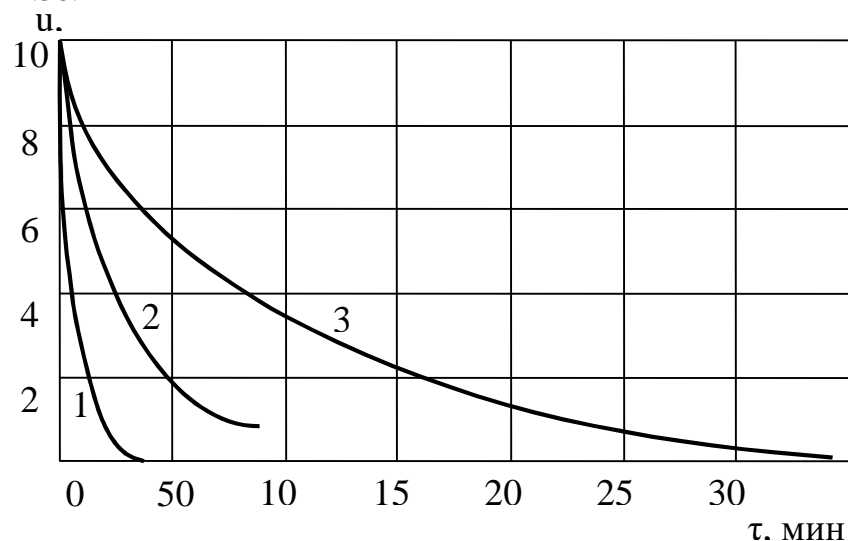


Рис. 2.29. Среднее значение эффективного коэффициента потенциалопроводности массопереноса глиняных образцов (каолинитовая глина)

$a_{эф,и} = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{мин}$; 1 – $R = 0,5 \text{ см}$, 2 – $R = 1,5 \text{ см}$, 3 – $R = 3,25 \text{ см}$

Зная степень сушки образца (θ), можно приближенно определить плотность потока испаренной влаги (q_m) за малый промежуток времени ($\Delta\tau$) по следующей формуле:

$$q_m = \Delta\theta \frac{\rho_{вл} V}{\Delta\tau S} \quad (2.39)$$

где $\Delta\theta$ – изменение степени сушки за время $\Delta\tau$, $\rho_{вл}$ – плотность связанной влаги в образце в начале процесса.

Если учесть, что $R_n = \frac{S}{V}$, то уравнение 2.39 примет вид:

$$q_m = \Delta\theta \frac{\rho_{вл} V}{\Delta\tau S} \frac{1}{R_n} \quad (2.40)$$

На рисунке 2.30 представлено изменение плотности потока испаренной влаги при сушке глиняных образцов – пластин в зависимости от обобщенного времени эффективного критерия Фурье для массообмена. Как видно из рисунка, q_m имеет высокое значение в начале процесса, когда зона испарения находится в поверхностных слоях образца. Затем по мере углубления зоны испарения вовнутрь образца скорость испарения сначала резко, затем медленно падает. Это подтверждается и характером изменения среднего влагосодержания образцов в процессе сушки (рис.2.29). Количественное различие между кривыми 1 – 3 объясняется геометрией образцов.

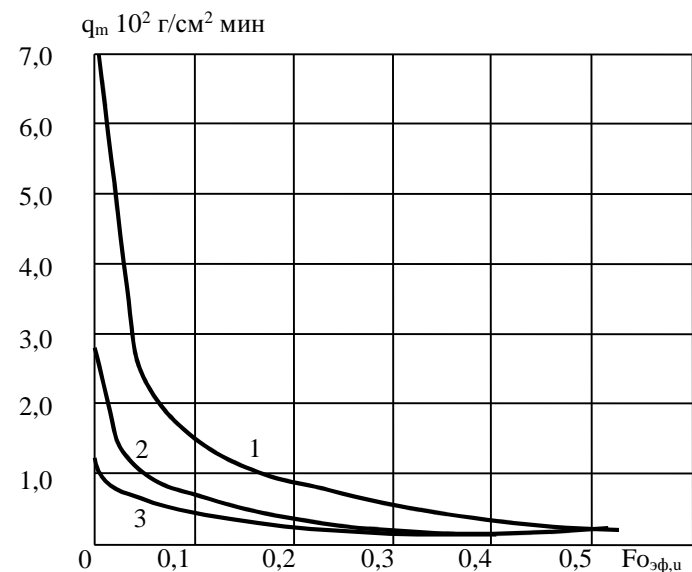


Рис. 2.30. Изменение удельного потока влаги (q_m) в процессе сушки глиняных материалов (каолинитовая глина).

2.3.4. Кинетика физико-химической сушки модельных образцов из местных глин.

Согласно классификации академика П.А. Ребиндера [33,93], формы связи влаги с материалом подразделяются на три большие группы: химическая связь (I); физико-химическая связь (II) и физико-механическая связь (III). По интенсивности связи (энергия связи) они расположены в убывающем порядке, то есть самая сильная связь у первой группы, связь средней интенсивности имеет вторая группа и слабую связь имеет третья группа. Соответственно, дегидратация, то есть удаление химически связанной воды (кристаллическая вода) происходит при относительно высоких температурах (450-550 °С и выше), физически связанная влага интенсивно испаряется при температуре до 100 °С и выше. Эти процессы условно можно назвать соответственно химической сушкой и физической сушкой. Процессы дегидратации и физической сушки капиллярно-пористых материалов изучены достаточно хорошо. Процессы, связанные с удалением физико-химической воды, то есть физико-химической сушка, изучены мало. Трещинообразование, иногда даже разрушение некоторых керамических материалов, наблюдаемое в процессе обжига в интервалах температур 150-400 °С объясняется неразрешенностью данного вопроса. В данном разделе приведены результаты изучения кинетики физико-химической сушки в местных глиняных материалах полиминерального состава. Удаление физико-химической связанной влаги в глинах происходит при температурах 150-200 °С и выше [27,94]. Экспериментальные работы проводились на специальной термогравиметрической установке, включающей лабораторную электрическую печь типа СНОЛ, снабженной электронным автоматическим программным устройством, обеспечивающим заданный режим термообработки; лабораторные электронные весы ВЛ-Э134, контрольный

термометр, корзину из металлической термостойкой проволоки для подвешивания образца к весам.

Объектами исследования служили образцы, заформованные пластическим методом из глин полиминерального состава с преобладанием глинистых минералов, соответственно монтмориллонита, монотермита и каолинита. Полиминеральный состав глин включает (мас. %) соответственно: указанные глинистые минералы – 20, 45 и 25; кварц 30, 25 и 30; полевошпат 25, 15 и 35; карбонаты 15; незначительное и 4; оксиды железа 5, 8 и 4; другие примеси. Формовочная относительная влажность образцов в среднем составила 24 %. Свежеформованные глиняные образцы сначала сушили в естественных условиях при комнатной температуре, затем в сушильном шкафу при температуре 100 °С до постоянной массы, то есть до конца удаления физически связанной влаги (24 % по массе). Высушенные таким образом образцы нагревали в электрической печи установки при квазистационарном режиме, то есть температура среды в печи изменялась по линейному закону. В процессе эксперимента непрерывно (периодически) контролировали изменение массы образца и температуру среды в печи. Опыт проводили до температур 400 - 450 °С, где происходит прекращение или минимальное изменение массы образца в связи с полным удалением физико-химически связанной влаги материала.

Кинетика физико-химической сушки в процессе нагревания глиняных материалов оценивалась по изменению относительного массосодержания связанной влаги (u) и плотности потока массы водяного пара через наружную поверхность образца в окружающую среду (q_m). При этом удельный поток массы определяли по формуле:

$$q_m = \frac{\Delta m}{\Delta \tau \cdot S}, \quad (2.41)$$

где Δm – массопотеря за время Δt ; S – наружная площадь образца.

Результаты экспериментальных исследований по кинетике физико-химической сушки представлены на рис. 2.31-2.33.

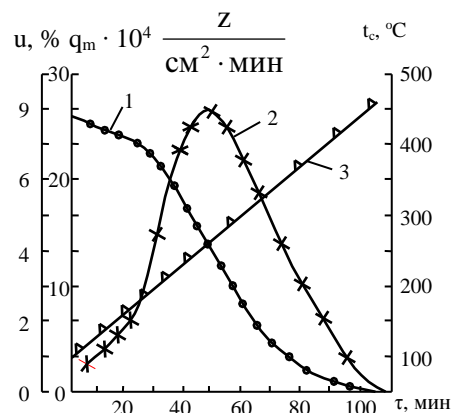


Рис. 2.31 - Кинетика физико - химической сушки образца из монтмориллонитовой глины

1 - кривая изменения относительного массосодержания физико - химически связанной влаги (u) в процессе нагрева; 2 - кривая изменения удельного потока массы через поверхность образца в окружающую среду (q_m); 3 - кривая изменения температуры среды в печи (t_c) по времени

Опыт показывает, что самое большое количество физико-химически связанной влаги (межплоскостная вода) содержится в монтмориллонитовой глине ($u_0 = 7,6\%$), а минимальное – в каолиновой ($u_0 = 1,1\%$). Монотермитовая глина в этом отношении занимает среднее положение ($u_0 = 3,15\%$). При этом в монтмориллоните представителем физико-химически связанной влаги в основном является межплоскостная вода, а в остальных глинах – адсорбционно-осмотически связанная влага.

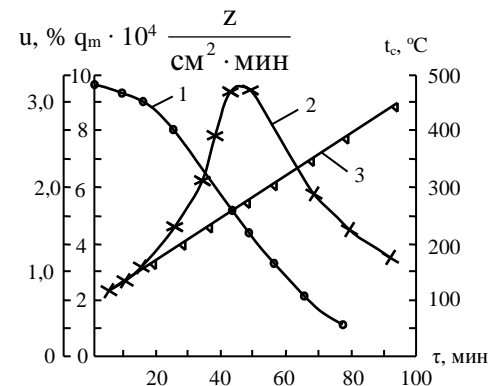


Рис. 2.32 Кинетика физико-химической сушки образца из монотермитовой глины

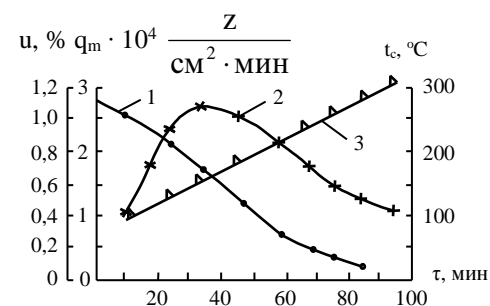


Рис. 2.33 – Кинетика физико-химической сушки образца из каолиновой глины

На кривых изменения массосодержания образцов (рис. 2.31-2.33, кривая 1) наблюдаются три характерных периода: первый (AB) и второй (BC) близкий к линейному, третий (CD) по характеру сложнее, чем предыдущие. Указанные периоды процесса можно приближенно описать эмпирическими уравнениями, соответственно:

$$u = u_0 \exp(-aKt); \quad (2.42)$$

$$u = u(\tau) \exp[\beta K(\tau_1 - \tau)], \tau \geq \tau_1 \quad (2.43)$$

$$u = u(\tau_2) \exp[\gamma K(\tau_2 - \tau)], \tau \geq \tau_2, \quad (2.44)$$

где u_0 – среднее массосодержание образца в начале процесса ($\tau = 0$); $u(\tau_1)$ и $u(\tau_2)$ среднее массосодержание образца, соответственно в начале второго и третьего периодов ($\tau = \tau_1, \tau \geq \tau_2$); a, β и γ – эмпирически установленные коэффициенты. K – коэффициент формы тела, для неограниченной пластины $K = 1$, для неограниченного цилиндра $K = 2$ и для шара $K = 3$. Для других тел конечного размера в зависимости от формы, значения K лежат в пределах $1 < K < 2$ или $2 < K < 3$. Опыт показывает, что в уравнения 2.42 - 2.44 для соответствующих периодов сушки соблюдается следующее соотношение между эмпирическими коэффициентами $a < \beta < \gamma$.

Учитывая, что температура среды в печи, следовательно, средняя температура образцов (приблизительно) в зависимости от времени изменяется по линейному закону ($t = b\tau + t_n$), уравнения 3.42-3.44 можно, соответственно, представить так:

$$u = u_0 \exp \left[(-aK \left(\frac{t-t_n}{b} \right)) \right], \quad (2.45)$$

$$u = u(\tau_1) \exp \left[\beta K \left(\frac{t_1-t}{b} \right) \right], \quad (2.46)$$

$$u = u(\tau_2) \exp \left[\gamma K \left(\frac{t_2-t}{b} \right) \right], \quad (2.47)$$

где t_n – температура начала процесса ($t = 100$ °C); t – температура в любой момент времени τ ; t_1 и t_2 – температуры соответственно в начале второго и третьего периодов процесса; b – постоянная скорость нагрева.

В результате вычислительных работ, проведенных на основе экспериментальных данных по кинетике физико-химической сушки (рисунки 2.13-2.15), установлены следующие значения эмпирических коэффициентов

$\left(\frac{1}{\text{мин}} \right)$ в уравнениях 2.42-2.44, 2.45-2.47: для монтмориллонитовой глины $a = 0,92 \cdot 10^{-3}$; $\beta = 7,32 \cdot 10^{-3}$; $\gamma = 23,8 \cdot 10^{-3}$; для монотермитовой глины $a = 1,28 \cdot 10^{-3}$; $\beta = 8,04 \cdot 10^{-3}$; $\gamma = 17,6 \cdot 10^{-3}$; для каолиновой - $a = 3,34 \cdot 10^{-3}$; $\beta = 10,28 \cdot 10^{-3}$; $\gamma = 19,16 \cdot 10^{-3}$.

При этом следует отметить, что коэффициент формы тела, в нашем случае для образцов-цилиндров конечного размера, имеет значение $K \approx 2,5$.

Как видно из рис. 2.13-2.15, изменение q_m образцов имеет экстремальный характер, что объясняется постепенным повышением температуры среды (материала) с одной стороны и геометрией образца-цилиндра, с другой стороны.

При этом количественное отличие между кривыми объясняются химико-минералогическим составом соответствующих глин и природой физико-химически связанной влаги. Наблюдаемые зависимости (рис. 2.31.-2.33), кривая 2) приближенно можно аппроксимировать эмпирическим уравнением, имеющим вид:

$$q_m = q_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^2 \exp \left[XK \left(1 - \frac{\tau}{\tau_0} \right) \right], \quad (2.48)$$

где q_0 – максимальное значение q_m при $\tau = \tau_0$; X – эмпирический коэффициент.

Уравнение 2.48 с учетом изменения температуры по линейному закону можно представить так:

$$q_m = q_0 \left(\frac{t-t_n}{t_0-t_n} \right)^2 \exp \left[XK \left(\frac{t_0-t}{t_0-t_n} \right) \right], \quad (2.49)$$

где t_0 – температура при $t = t_0$ ($q_m = q_0$).

На основе экспериментальных данных по изменению q_m в зависимости от времени (температуры) и

вычислительных работ установлены следующие средние значения эмпирического коэффициента X в уравнениях 2.48 – 2.49:

Для монтмориллонитовой глины $X = 0,52$ при $\tau < \tau_0$ и $X = 1,10$ при $\tau > \tau_0$; для монотермитовой глины $X = 0,65$ при $\tau < \tau_0$ и $X = 0,99$ при $\tau > \tau_0$; для каолинитовой - $X = 0,79$ при $\tau < \tau_0$ и $X = 0,72$ при $\tau > \tau_0$.

Значение q_m играет определяющую роль в разработке оптимальной технологии физико-химической сушки глиняных материалов. В результате опытных данных по кинетике установлено, что при значениях $q_m = q_0 > 20 \cdot 10^{-4}$ г/см²·мин в глиняных образцах наблюдалось заметное трещинообразование и разрушение целостности материала. Такие факты явно отмечены при термической обработке образцов из монтмориллонитовой глины, что объясняется значительным содержанием межплоскостной воды (7,6 %). При относительно высоких скоростях нагрева ($b > 4,5$ °С/мин) максимальное значение удельного потока массы в образцах из монотермитовой глины достигало $20 \cdot 10^{-4}$ г/см²·мин, где также наблюдалось заметное трещинообразование материала.

Таким образом, на основе полученных результатов по кинетике физико-химической сушки рекомендуется максимально допустимая скорость процесса, соответствующая $q_m = q_0 \leq 15 \cdot 10^{-4}$ г/см²·мин, где обеспечивается необходимое качество обжигаемого керамического материала. При использовании в керамогранитных смесях каолинитовой глины (до 12 % по массе) процессы физико-химической сушки практически отсутствуют. В случае применения глины монтмориллонитового содержания (до 38 % по массе) интенсивность процессов физико-химической сушки в керамограните в среднем снижается в 3 раза, чем в первом. Однако, в связи с высокой плотностью керамогранитных

образцов повышается роль диссипативных эффектов при диффузионных процессах физико-химической сушки.

Таким образом, одним из ответственных периодов теплотехнологического цикла керамогранита является температурный интервал 150-250 °С, где происходит диффузионное удаление физико-химически связанной воды, которое сопровождается интенсивными диссипативными эффектами в структуре образца.

2.3.5 Моделирование и получение обобщенных данных по кинетике сушки керамогранитных материалов

Кинетика процессов сушки изучалась на модельных керамогранитных образцах-пластинах различной толщины (55x55x7, 55x55x11 и 55x55x15 мм³), полученных в лабораторных условиях методом полусухого прессования из составов 1 и 2 (см. раздел 2.2.4). Формовочная влажность образцов-пластин колебалась в пределах 4-7 %.

Экспериментальные работы проводили на специальной термовесовой установке по вышеизложенной методике (см. разд. 2.3.8). Сушка керамогранитных образцов проводилась в горячей воздушной среде при температуре 105-110 °С до установления постоянной массы. В процессе сушки непрерывно измеряли изменение массы образцов. По полученным данным строили кинетические кривые сушки- изменение относительного влагосодержания (u) материала в зависимости от времени изотермической выдержки при заданной температуре. На основе полученных экспериментальных данных определяли средние значения термодинамической характеристики – эффективного коэффициента теплопроводности массопереноса ($a_{эф,и}$) при сушке керамогранитных образцов, которое для составов 1 и 2 соответственно составило: $a_{эф,и} = 0,325 \cdot 10^{-8}$ м²/с (0,195 · 10⁻² см²/мин) – для состава 1, $a_{эф} = 0,351 \cdot 10^{-8}$ м²/с (0,212

$\cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{мин}$) – для состава 2. На рис. 3.16 представлены кинетические кривые сушки керамогранитных образцов-пластин различной толщины, сформованных из состава 1.

Как видно из рисунка вначале процесс сушки в поверхностных слоях образца протекает быстро, затем по мере углубления зоны испарения внутрь образца замедляется. При этом характер изменения кривых относительно зависимости τ от θ показывает параболическую закономерность. Кинетические кривые подтверждают зональный механизм сушки, характерный для второго периода процесса, то есть периода падающей скорости.

С увеличением толщины срок сушки керамогранитных образцов возрастает пропорционально определяющему размеру (R - половина толщины пластины).

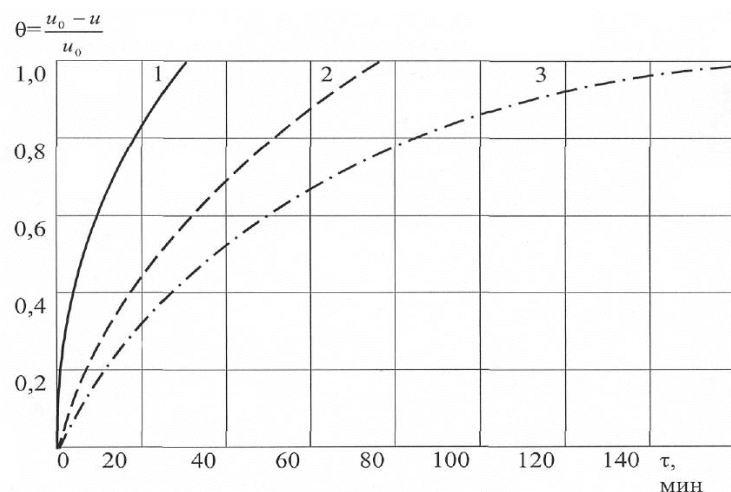


Рис. 2.34 - Кинетические кривые сушки керамогранитных образцов-пластин различной толщины, сформованных из состава 1

На рис. 2.35 приведены обобщенные кривые сушки керамогранитных образцов из состава 1. Характер этих зависимостей подтверждает выше приведенные

рассуждения о зональном механизме и диффузионной кинетике сушки керамогранитных материалов, присущих периоду падающей скорости процесса.

Подобные обобщенные данные по кинетике сушки, полученные для керамогранитных материалов из технологического состава 2, представлены в таблицах 2.14 и 2.15.

Анализ полученных данных показывает, что в механизме и кинетике сушки керамогранитных материалов из составов 1 и 2 наблюдаются общие закономерности.

Небольшое количественное расхождение между ними объясняется отличием составов смесей и формовочной структуры этих материалов.

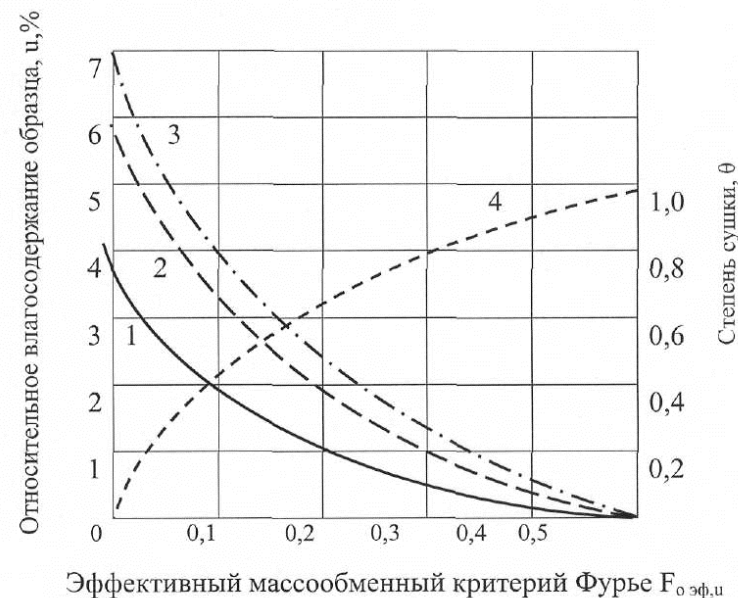


Рис. 2.35 - Обобщенные кривые кинетики сушки керамогранитных материалов из состава 1 ($D_{эф, u} = 0,325 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$)

1, 2, 3 - обобщенные кривые кинетики сушки керамогранита,
 $u = f(F_{0эф, u})$ при разных значениях начального влагосодержания (u_0),

1- $u_o=7\%$; 2- $u_o=5,5\%$; 3- $u_o=4\%$; 4-критерийные зависимости $\theta=f(Fo_{эф,и})$

Таким образом, полученные данные при моделировании сушки керамогранитных образцов в лабораторных условиях позволяют с помощью методов теории подобия обобщить их для реальных подобных процессов и установить научно-обоснованные промышленные режимы сушки.

Таблица 2.15 - Кинетика сушки керамогранитных образцов-пластин различной толщины (состав 2)

Время про-цес-са, т, мин	R=0,35 см	0	0,29	1,16	2,6	4,6	7,2	10,4	14,2	18,5	23,4	28,9
	R=0,55 см	0	0,71	2,8	6,4	11,4	17,8	25,7	35	45,7	57,8	71,3
	R=0,75 см	0	1,3	5,3	12	21,2	33,2	48	65	85	107	133
Степень сушки $\theta = \frac{u_o - u}{u_o}$		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Таблица 2.16 - Обобщенные данные по кинетике сушки керамогранитных материалов из технологического состава 2

$Fo_{эф,и} = \frac{\alpha_{эф,и} \tau}{R^2}$	0	0,005	0,02	0,045	0,08	0,125	0,18	0,245	0,32	0,405	0,5
Текущее вла-го-содер-жание образ-ца, и, %	Нач. вла-го-сод-е $u_o=7\%$	6,3	5,6	4,9	4,2	3,5	2,8	2,1	1,4	0,7	0
	$u_o=5,5\%$	4,95	4,4	3,85	3,3	2,75	2,2	1,65	1,1	0,55	0
	$u_o=4\%$	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0

2.3.6 Техника и технология сушки керамогранитных материалов

Сушилки, используемые в керамической промышленности, бывают вертикального и горизонтального типа. Хотя их технологические принципы практически одинаковые, динамика немного отличается в том, что переменные в циклах значительно изменяют время, за которое усадка, повышенный предел прочности при изгибе и т.д. оказывают влияние на их эффект.

Быстрые вертикальные сушилки. Быстрые вертикальные сушилки высокой производительности идеально подходят для автоматических линий производства плитки. Они разработаны, чтобы обеспечить оптимальные технологические результаты: низкое остаточное содержание влаги, однородные температуры плитки, оптимальный предел прочности при изгибе и низкое потребление энергии. Автоматическая вертикальная сушилка, главным образом, состоит из вертикального каркаса, в котором цепочная приводная система передвигает погрузочно-разгрузочные эстакады (корзины), которые состоят из роликов и которые переносят плитку.

На погрузочно-разгрузочную эстакаду плитка грузится автоматически, не касаясь друг друга при помощи роликов. Воздушный поток, генерируемый печами и вентиляторами, сушит плитку при помощи конвекции; данный процесс вырабатывает продукт, который подходит для последующих ступеней производственного процесса (глазирование, обжиг и т.д.), т.е. он имеет:

- низкое содержание влаги;
- оптимальный предел прочности при изгибе;
- установленную температуру.

На рис. 2.36 показаны основные части вертикальной сушилки, на рисунке 2.37 - план вертикальной сушилки с вентиляционным и охлаждающим устройствами на выходе. Рабочие условия в сушилке (температура воздуха,

влажность и скорость потока) контролируются тремя независимыми устройствами, которые формируют три разделенные зоны сушилки.

В первой зоне (где материал входит в сушилку и поднимается), плитка подвергается воздушному потоку, произведенному вентилятором и печкой, который запускается параллельно поверхности плитки. Входные и выходные решетки используются для распределения воздуха и направления его на различные уровни погрузочно-разгрузочной эстакады через сушилку. Если воздух прошел погрузочно-разгрузочные эстакады, он повторно возвращается во внутренний проход там, где большая часть воздуха повторно циркулируется вентилятором, а маленькие (регулируемые) порции вытесняются вытяжным вентилятором в атмосферу.

Схема во второй зоне (где плитка подается ниже) похожа на первую, но все происходит независимо от нее, так как она имеет собственный вентилятор, печь и внешний амортизатор воздушного входного отверстия.

Далее вентилятор контролирует зону стабилизации, последняя область предназначена для фактического цикла сушки. Значительные средства были направлены на развитие и усовершенствование данного отдела, и, следовательно, на соответствие необходимости в одинаковой температуре плитки.

Чтобы достичь стабилизации, плитку необходимо подвергнуть правильно направленному потоку воздуха с постоянной температурой, полученному при смешивании внешнего холодного воздуха – в количестве, накопленном модуляционным клапаном – с горячим воздухом, находящимся во второй зоне.

Данный процесс «стабилизации» контролирует свойства плитки, требуемые на следующих стадиях производственного процесса (глазирование, применение растворимой соли, сухое полирование).

Стандартный цикл сушки подвергает плитку высоким температурам (допуская, что она может выдержать быстрое первоначальное удаление воды), для того чтобы более низкие температуры (ближе к концу) могли быть установлены во второй зоне. Это увеличивает стабильность

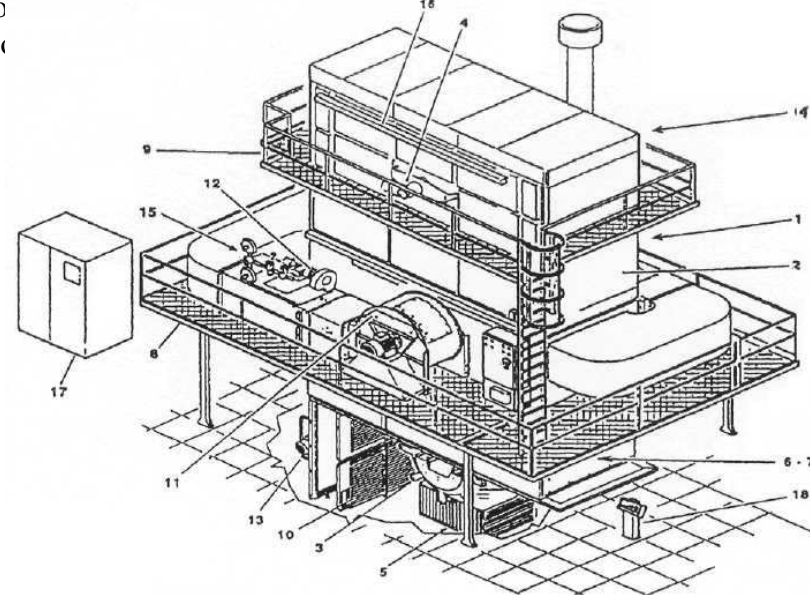


Рис. 2.36 – Схема в разрезе показывающая основные части вертикальной сушилки

- 1 - несущая конструкция; 2 - изоляционные панели; 3 - цепь погрузочно-разгрузочной эстакады (корзины); 4 - приводной механизм; 5 - погрузочно-разгрузочные эстакады (корзины); 6 - ролики; 7 - механизм смазки; 8 - сервисная платформа; 9 - верхняя сервисная платформа; 10 - внутренний проход; 11 - печной вентилятор; 12 - печь; 13 - стабилизационное устройство; 14 - вытяжная труба; 15 - пневматическая система; 16 - электрическая система; 17 - шкаф электроавтоматики; 18 - контрольная панель

Где плитка немного хрупкая, цикл может быть соответственно изменен: это достигается при создании (через амортизаторы) первоначальной зоны нагрева плитки с сокращенным потоком воздуха, который позволяет температуре постепенно подниматься.

Чтобы получить очень низкую выходящую температуру плитки (ниже 65°C), сушилка должна быть оборудована двумя осевыми вентиляторами, которые вводят воздух с температурой окружающей среды в нижнюю зону сушилки.

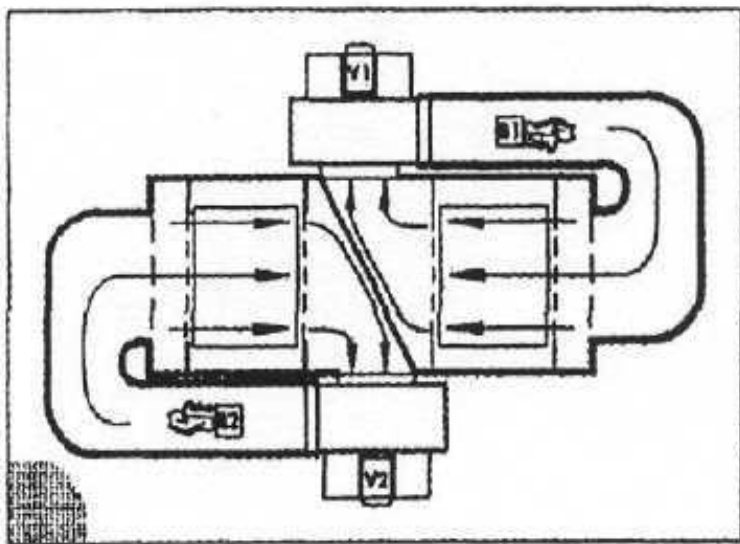


Рис. 2.37 - Циркуляция воздуха в охлаждающем устройстве.

При этом возможно достичь выходящей температуры плитки 40-50°C.

Гладкая загрузка и разгрузка плитки и многофункциональное размерное размещение плитки обеспечивается роликами, которые точно распределяют

плитку на погрузочно-разгрузочной эстакаде, двойной роликовой приводной системой, которая предотвращает скольжение, и датчиком, который контролирует вращение.

Движение погрузочно-разгрузочной эстакады контролируется инвертором на двигателе с цепным приводом; данная система обеспечивает максимальную точность, а также защищает от перегрузки. Более того, проводники, размещенные вдоль всего маршрута погрузочно-разгрузочной эстакады, обеспечивают соответствующее позиционирование на протяжении всего времени.

Погрузочно-разгрузочной эстакады поддерживаются на специальных кронштейнах, прикрепленных к цепи: это делает движение свободным от трения и сокращает поглощение энергии. Усиленная изоляция сокращает потерю тепла до минимума.

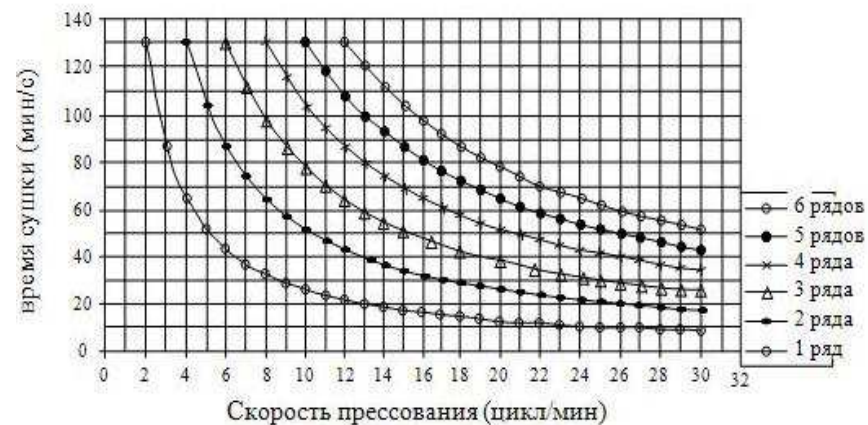


Рис. 2.38 - Отношение между выпускной мощностью пресса и временем сушки.

Таблица 2.17. Время сушки для плитки различного размера и толщины

Размеры необожженного образца, мм			Примерное время сушки, мин
Ширина	Длина	Толщина	
161	161	6	30
161	215	7	35
215	215	7	35
269	269	8	41
215	323	8	44
323	323	8	44
355	355	9	49
323	439	9	50
430	430	10	53
538	538	11	58
645	645	12	64

Горизонтальные сушилки. Опыт, полученный с первыми быстрыми сушилками, привел к пониманию некоторых фундаментальных концепций противоположной сушки спрессованной плитки с очень низким содержанием влаги (4-7%).

1. *Вентиляция:* поток воздуха должен быть параллельным поверхности плитки настолько возможно, чтобы гарантировать, что нагревание однородное и пар эффективно удаляется с плитки.

2. *Температура воздуха при сушке:* играет важную роль в скорости испарения

3. *скорость испарения воды:* имеет меньшее влияние скорости и относительной влажности воздуха, чем в вертикальных сушилках.

Горизонтальные сушилки могут иметь от одного до пяти рядов роликов (каналов).

Они прикреплены к изолированной камере, питающейся горячим воздухом, генерируемым

предназначенными для этого печами или выхлопным воздухом из печи для обжига и сушки.

На рисунках 2.39, 2.40 и 2.41 показано влияние главных переменных сушки плитки. Это:

W = процент влаги в плитке по массе;

V = скорость воздуха над плоской поверхностью плитки;

W_r = относительная влажность воздуха в сушилке;

T = температура воздуха в сушилке.

Примечание: термин скорость сушки относится к массе (кг) воды, вытесненной с поверхности 1 м^2 поверхности плитки за 1 ч.

Графики показывают, что скорости сушки намного выше при более высоком содержании воды в образце (например, 12%).

Заметьте также, что при более низком содержании воды в спрессованной плитке (5-7%) относительная влажность воздуха в сушилке незначительна.

Это является преимуществом, если быстрые сушилки работают прерывисто и может значительно изменяться относительная влажность воздуха, особенно в течение запуска и остановки сушилки.

При горизонтальной сушке (быстрый цикл) плитка ведет себя, с технологической точки зрения, более или менее хорошо.

Тем не менее, при очень низком содержании влаги в спрессованной плитке, испарение может ускоряться использованием нестандартного цикла сушки, который увеличивает температуру плитки до $100 \text{ }^\circ\text{C}$, меняя воду на пар, пока она находится в капиллярах.

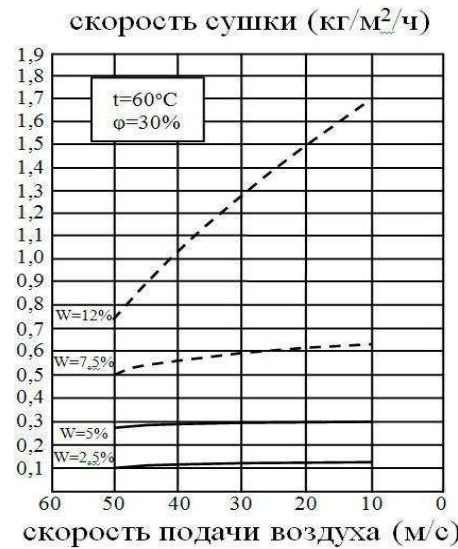


Рис. 2.39 - Отношение между скоростью воздуха и скоростью сушки, выраженной в $\text{кг} / \text{м}^2 \text{ч}$ (W = содержание влаги %)

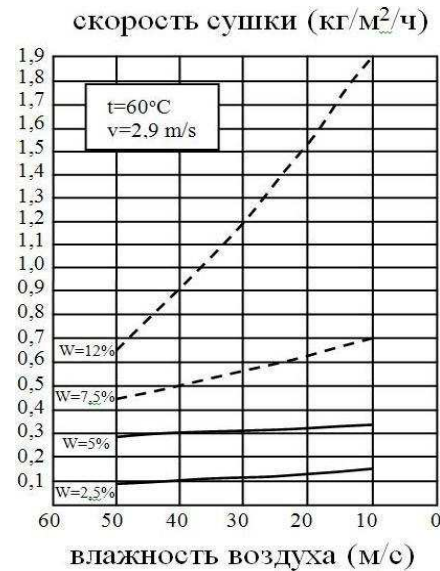


Рис. 2.40 - Отношение между влажностью воздуха (%) и скоростью сушки, выраженной в $\text{кг} / \text{м}^2 \text{ч}$ (W = содержание влаги %)

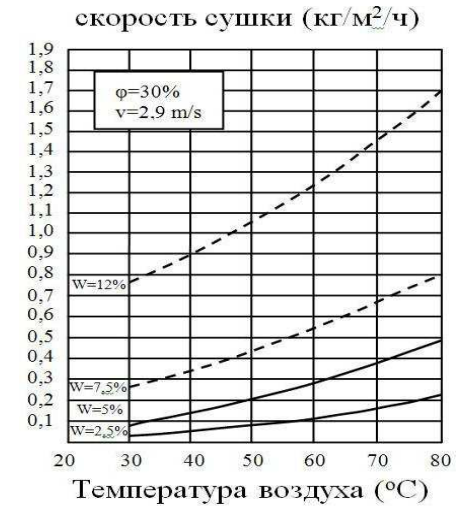


Рис. 2.41 - Отношение между температурой воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и скоростью сушки, выраженной в $\text{кг} / \text{м}^2 \text{ч}$ (W = содержание влаги %)

Условия испарения. Таблица 2.18 показывает максимальную скорость испарения для определенных материалов как функцию температуры обработки.

Таблица 2.18 Максимальные скорости испарения как функция температуры обработки ($V_{e \max}$ $\text{кг} / \text{м}^2 \text{ч}$)

Тип формы (изделия, высушенные распылением)	Температура обработки		
	180°	220°	260°
Красная монопороза, 5,3 мм толщиной, влажность 4 %	1,2	1,5	2
Белый одинарный обжиг, 8,8 мм толщиной, влажность 4,7 %	1,6	2,2	2,9
Красный одинарный обжиг, 8,8 мм толщиной, влажность 5,8 %	1,7	2,4	3,1

На рис. 2.42 показано в форме графика, как максимальная скорость испарения ($V_{e \max}$ кг/ м²час) изменяется в зависимости от температуры обработки.

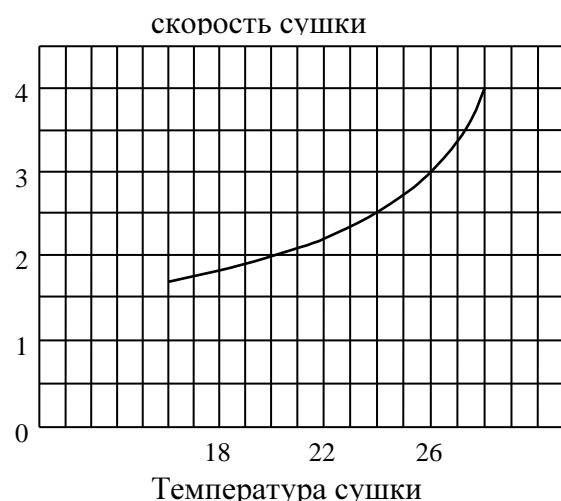


Рис. 2.42 - Скорость испарения (кг/ м²ч) как функция температуры обработки

Приняв во внимание скорости сушки, достигаемой для плитки различного размера и толщины, можно подтвердить, что высокие скорости испарения можно получить без каких-либо повреждений плитки, используя только горячий воздух, и без применения других систем сушки (описаны ниже).

Инфракрасные лучи. В отличие от сушки, это просто нагревание, потому что когда электромагнитная радиация с длиной волн 0,8-3 микрон сталкивается с керамической формой, она проникает только на несколько десятых миллиметра, так как вода блокирует лучи данных волн.

Поверхность плитки нагревается быстрее, чем внутри, так как тепло рассеивается внутри при помощи проводимости.

В то время как фактическая сушка всегда требует, чтобы поток воздуха удалял водяной пар, это происходит быстро только там, где температура плитки достаточно высокая, чтобы сократить вязкость воды в капиллярах.

Тем не менее, данный метод имеет два основных недостатка: во-первых, в нем используются высокотемпературные источники радиации, которые могут привести к перегреву материала, если плитка остановится под источником, и во-вторых, затраты электричества непомерно высокие.

Микроволны. Керамические формы могли бы нагреваться микроволнами в диапазоне 2,5 Гц. Они направляются на материал через специально разработанные волновые отражатели.

Молекулы воды, которые работают как резонирующие вибраторы, распространяют энергию, и поэтому возможно нагреть весь образец за раз (хотя и неоднородно, так как имеется побочный эффект, который необходимо принять во внимание).

Таким образом, генерированный пар удаляется горячим потоком воздуха.

Недостатки:

- очень высокие инвестиционные затраты;
- очень высокие затраты на сушку, так как энергия, хотя и используется эффективно, обязательно требует электрического источника;
- возможные проблемы безопасности и гигиены окружающей среды, в том, что утечка радиации может, при такой длине волн, быть опасной во многих отношениях и нанести вред центральной нервной системе человека.

Технологические аспекты. Технологические аспекты быстрых горизонтальных сушилок в целом

подобны аспектам вертикальных сушилок. Формулировка формы должна принять во внимание аспекты, описанные ранее и основные параметры сушки (время цикла сушки, скорость, влажность и температура сушильного воздуха).

Как и вертикальные машины, сушка требует:

- внимательной оценки параметров термогигрометрического процесса;

- соответствующей формулировки формы, которая переходит в сокращенную усадку и ограниченную деформацию;

- предел прочности при изгибе, который выдержит напряжение сушки и позволит управление в течение последующих стадий производств.

Принимаемые во внимание параметры для правильной формулировки формы те же, что и для вертикальной сушки.

Отношение между циклом сушки и толщиной (размером) плитки. Размер сушилки и длительность сушильного цикла зависят от размеров плитки. Тесты и сравнения результатов опытной установки, полученные по промышленной шкале, привели к принятию простой формулы, которая дает соответствующее время сушильного цикла как функции толщины плитки и самой длинной стороны.

Данные формулы представлены ниже и относятся к двум разным схемам:

пресс → сушилка → глазурирование

$$\tau = \left[(S)^{3/2} + (0.02 \times Lm)^{1.3} \right] \times K_o$$

где τ время сушки, мин, K_o коэффициент материала:

0,40 белый и красный одинарный обжиг

0,45 белая и красная монопороза

0,55 мозаичная керамическая плитка

(растворимая соль)

S общая толщина, мм, Lm длинная сторона, мм
пресс → сушилка → хранение

$$\tau = \left[(S)^{3/2} + (0.02 \times Lm)^{1.3} \right] \times K_o$$

где τ время сушки в минутах

K_o коэффициент материала:

0,50 мозаичная керамическая плитка

(плоскость, соль и перец)

0,55 мозаичная керамическая плитка

(крупные гранулы)

S общая толщина, мм, Lm длинная сторона, мм

Возможно использование очень высокой скорости испарения без нанесения вреда изделию.

Следовательно, имеется четкое желание установить сушилки с очень быстрыми циклами. Кроме того, на современных сушилках, наиболее желательный технологический параметр – это не короткая длительность цикла, а постоянная температура выходящих образцов, так как любые изменения в данном параметре могут серьезно подвергнуть риску результаты глазурирования.

Использование воздуха при температурах, которые обеспечивают контроль, при помощи специальных терморегулирующих устройств за температурой выходящих образцов, даже если процесс был завершен при помощи длительной остановки, возможно только при цикле сушки определенной длительности.

С точки зрения термодинамики, использование воздуха очень высокой температуры заставляет производителей работать с очень высоким содержанием пара, чтобы предотвратить большую потерю в трубе, но это может привести к нежелательной конденсации на самих образцах.

Основными требованиями данного типа сушки являются:

1) циклы сушки должны подходить для толщины плитки, а температуры не должны быть слишком высокими;

2) необходимо контролировать температуру выходящих образцов;

3) должно содержаться специфическое потребление энергии;

4) механика должна быть простой, а машины компактными.

В сущности, говоря, все типы пресса имеют собственную сушилку с входным отверстием, разработанным для принятия двойного количества плитки, произведенной при каждом цикле прессования; это приводит к меньшим затратам, простому использованию подающего устройства. Более того, необходимо меньшее пространство.

Установка машин с более широкими поперечным сечением стала возможным благодаря устройству, которое позволяет удаление роликов, даже когда имеется меньшее пространство.

Многослойная горизонтальная система сушки является первоначальной, так как она используется в промышленности тепловой обработки в течение десятилетия, и, более того, уже была утверждена (частично) на вертикальных сушилках плитки в моделях вентиляции с разделением воздушной струи.

Здесь сетка, с термогигрометрической точки зрения, полностью независима, так как она оборудована собственным вентилятором, генератором горячего воздуха, входным воздушным отверстием и портом отбора (который выносит использованный воздух через трубу).

Воздух повторной циркуляции входит и выходит в сетку через загрузочный канал через боковую стенку напротив приводных устройств, предоставляя большее

пространство и сбалансированную подачу воздуха на различных уровнях.

Система также использует «обратную» систему подачи (откачки) по всей длине сушильной сетки.

Воздух попадает через отверстия проема, а специально установленные каналы и дефлекторы гарантируют однородный поперечный поток.

В течение сушки плитка подвергается потоку воздуха, параллельному ее поверхности; каждый уровень сушилки окружен удаляемыми металлическими листами, которые определяют сетку обработки.

Выхлопной воздух извлекается на разработанной точке, чтобы использовать максимальную термодинамическую производительность (то есть где теплосодержание, или общее тепло, рециркулированного воздуха минимально).

Следующим важнейшим технологическим переделом в производстве керамогранита является обжиг.

2.4 ОБЖИГ КЕРАМОГРАНИТА

2.4.1. Общие положения и основные требования к обжигу.

Обжиг, возможно, самая важная ступень всего промышленного процесса, так как она фактически создает керамический материал путем преобразования сырого материала в новые кристаллические и стекловидные структуры, которые дают ключевые свойства: нерастворимость и твердость для сохранения формы, прочности на изгиб, пористости или непроницаемость, устойчивость к химикатам и т.д. Обжиг также является причиной плавления стекловидного покрытия и формирования непрерывного слоя, который закреплен и заблокирован элементом мозаичной формы, таким образом, обеспечивая необходимыми химическими, физическими и эстетическими характеристиками.

Обжиг состоит из нагрева, и таким образом передачи энергии прессованной высушенной плитке до постоянной температуры за установленное время, так что химические и физические трансформации заставляют форму и глазурь приобретать свойства, необходимые для конечного продукта. В конечной заданной температуре, время обжига и методы обжига были определены на практике; на сегодняшний день некоторые параметры установлены на базе химических знаний, понимания технических характеристик соответствующих сырых материалов и предварительных анализов, особенно термических.

Оборудование, доступное для современного производителя, позволяет ему контролировать производственные условия более точно и влиять на этапы обжига, что необходимо для стандартного массового производства.

Превращения, имеющие место во время обжига.

Обжиг происходит при запуске тепла внутрь печи и таким образом в сами керамические продукты.

Нагрев увеличивает амплитуду вибрации атомов в материале, таким образом, заставляя их расширяться.

Степень данного расширения зависит от химической природы материала, его кристаллической и стекловидной структуры, их соответствующего количества и превращений, происходящих во время нагрева; было продемонстрировано, что кристаллические структуры расширяются более чем стекловидные, так как плотные структуры расширяются больше, чем пористые.

В процессе обжига исчезают определенные структуры материалов и создаются новые; данные изменения показаны как расширение или уменьшение.

Точная природа данного явления зависит от начальной структуры вещества, превращений, которые происходят, и внутренней температуры печи; это объясняет, почему формы могут вести себя так различно во время первого и второго периодов обжигов, даже где достигнутые конечные температуры одинаковы: термальное расширение, генерируемое во время первого обжига необратимо, в то время, когда вещество уже обожжено и нагрето - обратимо (рис. 4.43).

Другое физическое превращение, имеющее место во время обжига, это плавка флюсов в формах и глазированных структур. В керамической промышленности эвтектические смеси выплавляются, чтобы позволить образование жидкой фазы при низкой температуре, чем те, фактически нуждающихся в плавке отдельных материалов; показано, что чем больше и сложнее эвтектики в числе оксидов, доставляемых сырьем, тем легче плавление структуры.

Если осуществляется плавка, это препятствует ранее описанному расширению и служит причиной серии

закрытых коррелированных превращений: уменьшает пористость → увеличивает плотность → твердофазную и адсорбционную реакции → улучшенные технологические свойства.

При повышении температуры количество расплавленного материала неуклонно возрастает, одновременно понижается вязкость. Постепенное ослабление плитки и серии событий, связанных с формированием фазы следующие: инфильтрация жидкости во впадине массы, растворение гранул, диффузия растворенного материала по всему остатку жидкой фазы, кристаллизация раствора в балансе с растворителем одновременно достигает точки насыщения.

Одновременно, имеется возрастание в реакциях, вызванное уменьшением вязкости образца, делая контроль кривой стеклообразования материала (усадка и всасывание воды как функции температуры) труднее и возможнее, приводя к дефектам искривления (например, пиропластические деформации), вызванным неидеальными выровненными поверхностями кафеля, так как это прогрессирует надвигающихся роликах.

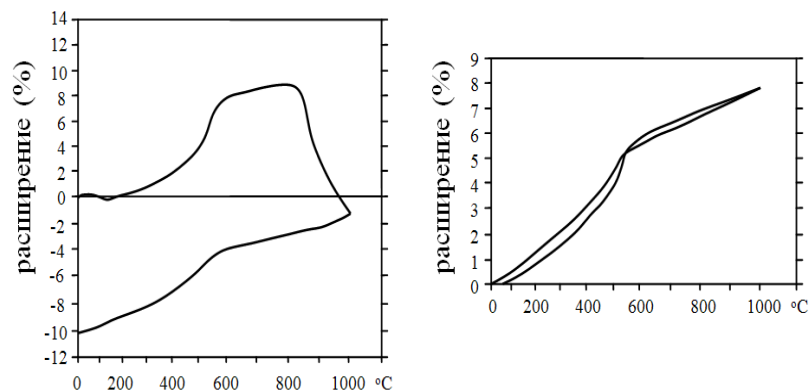


Рис. 2.43- Кривая расширения необожженного и обожженного кафеля

С глазурями структура богаче во флюсующих веществах и почти весь материал трансформируется в жидкость определенной вязкости: некоторые вещества, добавленные в целях создания определенных эффектов, таких, как непрозрачность стекла, или пигменты для придания цвета, могут остаться нерастворенными. Инфильтрация, растворение, диффузия и кристаллизация также происходят в зоне глазурования и отвечают за создание промежуточного слоя, который крепит глазурь к корпусу.

Глубина этого уровня зависит от невосприимчивости корпуса и его проходимости (рис. 2.44).

Так как процессы обжига и температуры в печи увеличиваются, материал проходит через множество критических тепловых зон, вообще определяется химическими реакциями, которые имеют место в пределах:

- до 100 °C: гигроскопическая вода удаляется (это - содержание влажности, оставленное после некачественного высухания или воды, повторно поглощенной в течение застекления или из окружающей среды);

- до 200 °C: цеолит или вода кристаллизации, молекулы, которые связаны поглощением в прозрачные структуры, устранены;

- между 350 и 850 °C: сгорание органических веществ в глинах и окислительном разложении минеральных сульфидов (например, Пирит FeS_2) с освобождением от диоксида серы;

- между 450 и 650 °C: устранение структурного водного и последовательного разрушения глинистой прозрачной решетки;

- при 573 °C: аллотропическое преобразование кварца α к кварцу β , причиняя увеличение в объеме;

- между 800 и 950 °С: декарбонизация известняка и доломита с освобождением от CO₂;
- более чем 900 °С: формирование новых кристалльных стадий, составленных из SiO₂, силикатов и комплексов кварца-алюмината;
- приблизительно более чем 900 °С: тепловое разложение других солей, таких как сульфаты и фториды;

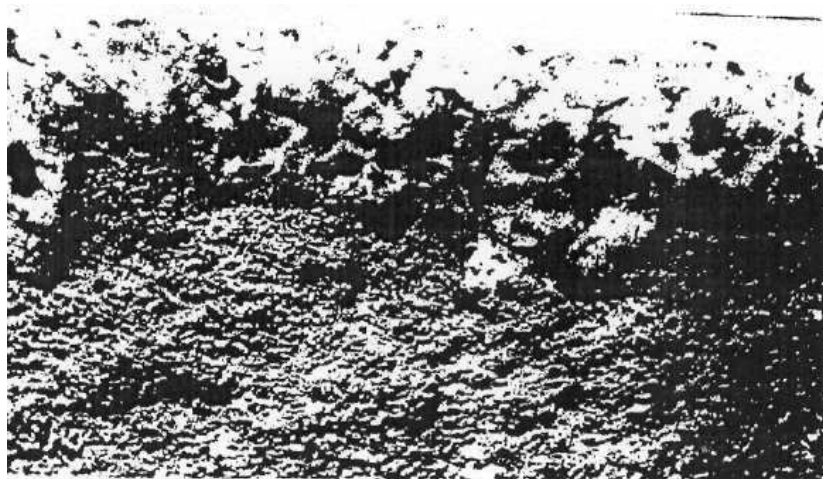


Рис. 2.44 - Промежуточный слой, закрепляющий глазурь к форме плитки

Если температура выше 1000 °С некоторые вещества и оксидные компоненты глазури, например оксид цинка и оксид бора, могут испариться.

В течение охлаждения расплавленные материалы обеспечивают формы и глазури силой сцепления.

Эта консолидация может в зависимости от компонентов в параметрах расплавленного материала и охлаждения привести к формированию стекловидных и/или кристаллических структур. В керамике эти два обстоятельства обычно сосуществуют по той причине, что расплавленный материал состоит из нескольких

компонентов. Ионы некоторых расплавленных материалов вследствие потери растворимости, вызванной понижением температуры, классифицируют согласно геометрии их прозрачной структуры, в то время как остальная часть жидкости укрепляется, формируя стекловидную стадию во время охлаждения, в то время не достаточно, чтобы позволить его полную кристаллизацию.

С глазурями расплавленное стекло становится более вязким и принимает вид, подобный пасте, одновременно сокращаясь.

Поскольку глазурь проникает через поверхностные поры плитки, она надежно прикрепляется. Первоначально глазурь сжимается, но, поскольку она является очень вязкой, она приспособляется к натяжениям, которые возникают между ней и плиткой; если стекловидная транзитная точка пройдена и образовались стеклянные "замки" и если их сокращение, впоследствии, не в состоянии соответствовать плитке, то могут возникнуть напряжения и произойти дефекты типа растрескивания или расслоения. Такие напряжения иногда остаются скрытыми и обнаруживаются позже (скрытое растрескивание).

Другое физическое явление, вызванное увеличенной температурой, – это обратимое полиморфное преобразование, которое изменяет кварц α в кварц β (при 575 °С), при еще более высоких температурах, в тридимит и кристобалит. Эти преобразования влекут за собой структурные перестановки, экспансивные во время нагревания, сжатие во время охлаждения.

В то время как полная структура плитки в течение нагревания, остается эластичной и достаточно свободной для поглощения расширения без трудностей, сокращение, связанное с преобразованием кварца β → кварц α в течение охлаждения имеет место в плитке, которая является уже твердой и обогащенной в новых фазах

хрупкости: циклы охлаждения, поэтому должны быть запланированы тщательно, особенно при данных температурах.

Тот же самый параметр относится к материалам, которые уже подвергались обжигу при высокой степени витрификации и обжигаются во второй раз: в этом случае подобные предосторожности должны быть предприняты в течение предварительного нагревания.

Применение тепловой энергии к сырью заставляет его разлагаться; составы, которые являются результатом этих реакций, становятся реагентами, ответственными за формирование минералов, которые составляют конечное керамическое изделие: эти изменения происходят при различных температурах, поскольку функция энергии, необходимая, чтобы вызвать их.

Такие реакции могут привести к формированию составов в газообразном состоянии, которые имеют тенденцию улетучиваться через межгранулированные промежутки: подходящая степень уплотнения плитки, не только оптимизирует спекание, но также обеспечивает проходимость, необходимую для изгнания данных пиролиз и газов окисления, позволяя газообразный обмен с атмосферой внутри печи (особенно если содержит воздух и кислород).

Фактически, газы, содержащиеся в атмосфере печи, могут реагировать с материалами в корпусе, глазурию и даже изделиями тех же самых реакций.

Воздух обычно направляется, чтобы регулировать реакции в желательном направлении; для тех преобразований, которые производят газ или требуют кислород, струи воздуха предназначены, чтобы помочь газообразному обороту и создать атмосферу окисления.

Наоборот, когда требуется бедная кислородом атмосфера, или когда уровень оксидов необходимо уменьшить, воздушное обращение может быть уменьшено

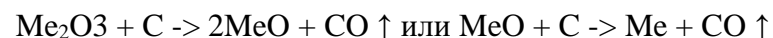
и/или вещества, которые производят газы типа CO и H₂O вводятся в атмосферу обжига.

Это может быть сделано, изменяя воздушный приток через регулирование вторичных вентиляционных каналов горелки или изменяя относительные газовые давления в различных секциях печи (устойчивые, увеличивая или уменьшая давление в различных частях печи).

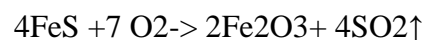
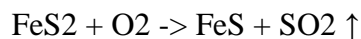
Например, органические вещества горят приблизительно при 300 и 850 °C, производя углекислый газ и водный пар; если нагревание постепенное, воздушная циркуляция хорошая, не происходит поверхностной витрификации и сгорание происходит в пределах 800 °C, заканчиваясь минимальными остатками и прекрасной пористостью.

Наоборот, если нагревание происходит слишком быстро, органические вещества могут подвергнуться дистилляции, сопровождаемой сокращением получения углерода и других продуктов, которые чернят плитку (черный дефект).

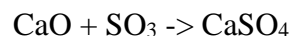
Только при более высоких температурах углерод реагирует с окружающими его оксидами, которые протекают следующим образом (Me = универсальный металл):



Данные реакции влекут формирование газообразного угарного газа и цветное изменение к серо-черному, локальному увеличению объема в массе и локальному чрезмерному обжигу. В пределах того же самого температурного интервала (350 - 500 °C) начинается окисление пирита (возможно, как примесь), завершающемуся при более высоких температурах:



Если атмосфера окисляется, диоксид серы переходит в SO_3 и, в реакции с основными оксидами (CaO) формы и глазури могут быть сформированы сульфаты:



Присутствие сульфата кальция в обожженной плитке разрушительно, поскольку он может раствориться в воде, содержащейся внутри формы и появиться как соляная плесень: она появляется на поверхности бисквита перед обжигом и может также послужить причиной отделения глазури. Разложение щелочных грунтовых карбонатов, вовлекающих выход углекислого газа и образование оксида металла имеют место при температуре 650-950 °С: первыми разлагаются карбонаты магния, кальция (для того же самого типа, сначала разлагаются дефектные или некристаллизованные структуры и затем хорошо кристаллизованные):



Поскольку это обратимая реакция, разложение помогает устранению изделий от среды печи: хорошая воздушная циркуляция и присутствие глинистых минералов, которые постепенно реагируют с негашёной известью, формируя силикаты и алюминаты кальция, полное разложение карбоната происходит с завершением обжига.

Прекрасное распределение размера частиц также помогает разложению: грубые частицы известняка, фактически разлагаются только поверхностно или, в

любом случае не позволяют негашёной извести полностью реагировать с другими оксидами. Структура, при высокой температуре, новообразованных прозрачных соединений типа силикатов и кварц - алюминатов кальция может привести структуру к расширению, таким образом противодействуя сжатию, которая предварительно произошла в течение разрушения кристаллической решетки глинистых минералов.

Это увеличение в объеме остается после охлаждения и объясняет, почему изделия с данными составами структуры, когда происходит обжиг при вышеупомянутых температурах, не сжимаются, а, скорее, расширяются.

Благодаря присутствию полевых шпатов, богатых щелочными элементами, жидкая стадия, сформированная при высоких температурах, является первоначально очень вязкой, и это позволяет изделиям поддерживать хорошую форму.

Вязкость тогда уменьшается, когда повышение температур происходит далее (это изменение в вязкости происходит быстрее в основной части натрия чем в основной части калия).

Полевые шпаты являются, таким образом, растворителем той витрификации, которая характеризует изделия с низкой пористостью: жидкая стадия, фактически, до пористости, и как температурные увеличения все более поглощают глинистые минеральные оксиды, осуществляя значительное сжатие и увеличение плотности в пределах массы.

Как только точка жидкой стадии будет достигнута, игловидные кристаллы муллита и алюминиевый отдельный силикат, переплетаются друг с другом в стекловидном теле, чтобы сформировать структуру силы изгиба.

Этот тип муллита (известный как вторичный муллит) типичен для структур с высоким содержанием глинозема, типа фарфора (50 %-й каолин, 25%-й кварц,

25%-й полевой шпат), обжиг при очень высоких температурах (1450 °С) с формированием обильной жидкой стадии.

Кристаллизация сохраняется, пока жидкость имеет достаточную текучесть.

Что касается обжига, составы состоят, главным образом, из фритты, не вовлекают никаких специфических химических реакций, в которых они происходят в течение спекания (температура плавления во фритте, обжиг выше чем 250-400°C). Составы глазури с более высоким содержанием сырья имеют реакционную способность, которая зависит от химического характера материалов непосредственно: иногда формирование эвтектики смешивает сплав, в то время как в другом случае имеет место расплавление материалов без химических преобразований (например фритта, к составу которой добавились силикат циркония и кварца). Самые существенные химические реакции касаются формирования новых составов, которые кристаллизуются в стекловидной массе (создание непрозрачного стекла или матовой поверхности) или тех, которые формируют красители или некоторые декоративные эффекты.

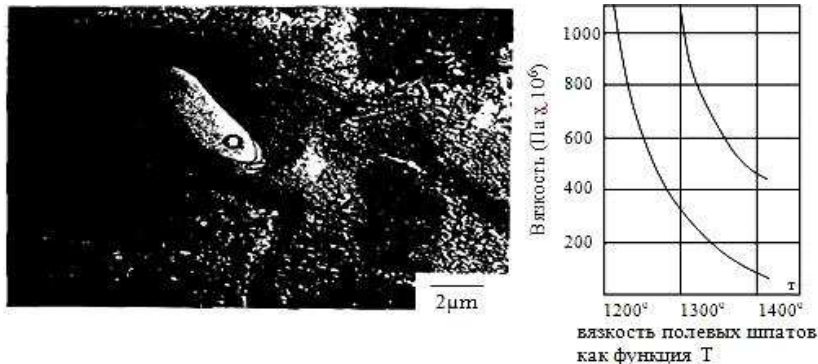


Рис. 2.45 - Формирование муллита

Муллит сформировался в основной части фарфора - S первичный муллит, А вторичный муллит, сформированный из полевошпатовой стекловидной стадии, V стекловидная стадия, Q распадающаяся гранула кварца. Вязкость полевых шпатов как функция T.

Цикл обжига. В процессе обжига изделие подвергается различным температурам изменяющейся продолжительности: эта температурная последовательность составляет цикл обжига. В керамике цикл обжига разделен по крайней мере на три стадии:

а) *нагревание*, до максимальной температуры, которая оптимизирует требуемые керамические свойства (определенные через испытания): норма температурного увеличения отрегулирована, согласно параметрам, свойственным работе печи и материалу.

б) *закрепление* (или "впитывание"), при максимальной температуре: продолжительность зависит от размера изделия и печи; чем больше плитка, тем больше потребность гомогенизировать температуру, чтобы гарантировать выполнение требуемых физических и химических превращений.

в) *охлаждение* в окружающей температуре: происходит по норме, которая принимает во внимание чувствительность плитки к тепловым градиентам; нужно также рассмотреть другие потребности (например, в этой стадии может быть необходимо содействовать явлениям кристаллизации, замедляя норму охлаждения в пределах некоторых температурных интервалов).

В зависимости от того, являются ли они эндотермическими или экзотермическими, химические и физические реакции, вызванные по причине дальнейших температурных изменений в пределах материального тела должны быть учтены при цикле обжига.

В основном, реакции разложения и обезвоживания и явления, ведущие к более или менее сжатому состоянию

(например, сплав или напыление), являются эндотермическими; окисление, сгорание и переключение от беспорядочного к более упорядоченному состоянию (как в кристаллизации) являются экзотермическими превращениями.

В пределах некоторых температур и интервалов может возникнуть большой температурный перепад, где соответственно ($\frac{\Delta T}{\Delta \tau}$ - температурный градиент) должен быть замедлен темп нагрева (охлаждения) соответственно, в то время как другие интервалы обжига могут разрешить более быстрые температурные нормы изменения.

Достижение соответствующих циклов обжига (то есть кривых температуры) зависит от полного понимания явлений процесса обжига и температур, при которых они происходят.

Все же градиенты нагревания и время впитывания зависят не только от факторов материала; но и в равной степени от размера плитки (то есть существуют различные циклы для определенного размера плиток), параметров загрузки (распространение высокой температуры более эффективно, если плотность груза ниже) и нормы распространения высокой температуры материала, в данной области поверхности, высокой температуры проводимости и плотности.

Планирование кривой обжига является, таким образом, нелегким процессом регулирования производительности печи с качеством изделия.

Обычно для выравнивания температуры в изделии и устранения высоких внутренних тепловых градиентов используются печи с огромными камерами для длительного обжига

К середине 70-х годов, с появлением роликовых печей, время обжига было значительно сокращено (до нескольких десятков минут).

Однако, исследования в сфере быстрого обжига показали, что даже там, где темпы нагрева ускорены, физико-химические превращения запаздывают из-за градиента, который формируется между температурой печи и изделием. Данное явление объясняется следующим фактом: необходимо определенное время для распространения тепла в печи, чтобы однородно распределиться по всей массе изделия. Также демонстрировалось, что такие температурные различия могут быть уменьшены, увеличивая коэффициенты передачи высокой температуры в материале.

Таким образом, практика изотермической выдержки при максимальных температурах обжига, как только они были достигнуты, столь же необходима при быстром обжиге, как это происходит и при медленном обжиге, потому что это выравнивает температуру и позволяет реакциям прогрессировать и завершаться.

Быстрый обжиг привел к радикальным переменам в загрузке печи, структуре печи и составе обоих материальных тел и глазури.

Плитки подвергают быстрому обжигу, вводят в печь путем максимизирования поверхностных областей, подвергнутых высокой температуре; плитки устроены в отдельном слое так, чтобы они могли получить высокую температуру с каждого направления однородно, насколько это возможно.

Темпы нагрева(охлаждения) замедлены только в пределах интервалов критических температур (как объяснено выше), в то время как для других интервалов могут применяться высокие градиенты.

Печи теперь изготавливают из материалов, невосприимчивых к низкой тепловой инерции, которые накапливают немного тепла при высокой температуре и хорошо распределяемой по печи серией горелок.

Благодаря данным модификациям изготовители имеют возможность удерживать уровни выпуска высокими.

Типы обжига. Обжиг может быть выполнен различными способами, которые зависят от вида изготавливаемого изделия.

В процесс обжига вовлекаются форма-плитка, глазурь и декор или глазурь и форма-плитка вместе.

Первый включает обжиг высушенной плитки, второй обжиг глазури - как часть двойного процесса обжига - и третий одинарный процесс обжига (рисунок 2.46).

Обжиг материала влечет достижение температур, которые определяют заключительные качества изделия (то есть прочность на изгиб, пористость или непроницаемость, цвет). Для некоторых объектов, типа терракоты, невосприимчивого, красного, неглазурованного кирпича и неглазурованной плитки фарфора этот обжиг - первый и заключительный.

При двойном обжиге, первый обжиг представляет только начальную стадию тепловой обработки, придавая твердость, прочность на изгиб и химически тепловую инерцию, необходимую на стадии глазурирования.

В процессе глазурирования плитка может быть перезапущена на еще более низкие температуры (обычно менее 30-40 °С), чтобы предотвратить реакцию недокристаллизованного стекла с любыми другими происходящими реакциями.

Данный процесс касается фаянса, керамики и мягкого фарфора (то есть стеновые плитки и низкое сжатие (сила сцепления столовой посуды)).

Комбинированный одинарный обжиг позволяет изготовителям получать желательную структуру и свойства глазурирования одновременно.

Данная техника имеет существенные преимущества в экономическом (более быстрый процесс производства, более низкие инвестиции, энергия и трудовые требования) и техническом (в течение всего обжига тесное взаимодействие на формах промежуточного слоя между глазурированием и структурой, таким образом, улучшение прилипания глазури к плитке).

Однако, появление этой новой техники обжига далеко в 70-х требует изменения и в компьютерной технике завода и в формировании плитки/глазури.

Для плитки необходима структура необожженного сухого состояния, достаточно сильного, чтобы противостоять напряжениям отливки(нажатия), глазурирования и декорирования; в течение обжига должно выйти минимальное количество газа перед тем, как глазурь станет полностью расплавленной, чтобы предотвратить образование дефектов типа крошечных отверстий и пузырей.

Вещество должно также поддерживать открытую пористость приблизительно до $t^{\circ} 800-850^{\circ} \text{C}$, чтобы позволить газообразный обмен с атмосферой внутри печи и, таким образом, предотвратить основные проблемы, связанные с этими процессами.

Наконец, вещество должно быть сформировано так, чтобы минимизировать сжатие, дабы избежать искажения художественных оформлений.

Глазурь, которая также включает, художественное оформление, должна иметь состав, который "сформировался" в той же самой температуре, в которой вещество достигает своих окончательных характеристик, должна таять, когда вещество уже прекратило производить газы и должна быстро распространяться и выравниваться, чтобы равномерно покрыть плитку; кроме того, нельзя подвергать воздействию газа/пара в печи и быть

достаточно агрессивной, чтобы реагировать с веществом и образовывать промежуточный слой.

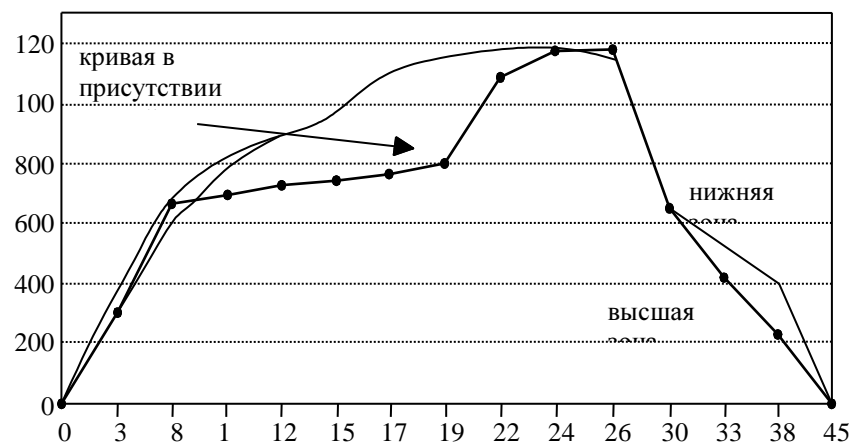
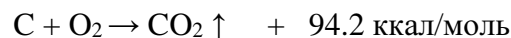


Рис. 2.46 - Кривая обжига остекленного материала, (отдельный обжиг)

Например, хранение и обработка глазурованного декорированного материала (будут запущены) и процессы загрузки (разгрузки) печи должны быть автоматизированы. **Топливо.** Тепло, необходимое для обжига плитки, обычно получают при сжигании жидкого или газообразного топлива или даже, используют электричество. Сгорание — это быстрая реакция окисления, таким образом, достаточно экзотермическая, чтобы использоваться для производства тепла. С помощью данной реакции топливо, состоящее из компонентов, таких как соединения углерода, водорода, серы, угарного газа, углеводов (после воспламенения) с кислородом в воздухе производит реакцию и тепло.



Высокая температура вызывает и обеспечивает продолжение горения. В условиях коммерческой ценности, главная часть плитки, которая дифференцирует топливо — их тепловая ценность; это зависит от состава топлива и определяется по его теплотворной способности (калорийности) — теплота, выделяемая при полном сгорании 1 кг твердого, жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива (см. таблицу 2.19)

Таблица 2.19 - Свойства газов, вовлеченных в сгорание при нормальных условиях (0 °C, 760 мм, сухой)

Газ	Символ	Молекулярный вес	Плотность кг/м ³	Ценность		Низкая калорийность / Nm ³	Требование к кислороду		Продукты сгорания		
				выс. кал. / Kcal/Nm ³	низ. кал. / Kcal/Nm ³		CO ₂	H ₂ O	N ₂		
Водород	H ₂	2	0.090	3050 12.770	10.760	0.5	2.38	-	1	1.88	
Метан	CH ₄	16	0.717	9520 39.858	8550 35.797	2	9.52	1	2	7.52	
Этан	C ₂ H ₆	30	1.356	16820 70.422	15370 64.351	3.5	16.66	2	3	13.16	
Пропан	C ₃ H ₈	44	2.019	24320 101.823	22350 93.575	5	23.80	3	4	18.50	
Бутан	C ₄ H ₁₀	58	2.703	32010 34.019	29510 123.552	6.5	30.94	4	5	24.44	
Этилен	C ₂ H ₄	28	1.261	15290 64.016	14320 59.955	3	14.28	1	2	1.28	
Пропилен	C ₃ H ₆	42	1.515	22540 94.370	21070 88.216	4.5	21.42	3	3	16.92	
Бутилен	C ₄ H ₈	56	2.501	29810 124.808	27840 116.560	6	28.56	4	4	22.56	
С. оксид	CO	28	1.250	3020 12.644	3020 12.644	0.5	2.38	1	—	1.88	
Кислород	O ₂	32	1.428								
Азот	N ₂	28	1.250								
Карбоната двуокись	CO ₂	44	1.997								
Сульфата двуокись	SO ₂	64	2.926								
Вода	H ₂ O	18	0.804								
Сухой воздух	-	29	1.293								

В процессе сгорания немногие вещества могут выделять высокую температуру, активизируя эндотермические процессы типа изменений структуры (например, жидкий газ) или просто при нагревании (например, азот в воздухе сгорания).

Чтобы выявить полную тепловую ценность топлива, оно должно быть смешано, при возможности с воздухом сгорания; последний должен также присутствовать в количествах, по крайней мере, равняются теоретическим ценностям, указанным реакцией сгорания.

Практически, исключая ситуации, которые требуют сокращение атмосферы, дефект, смешивающийся с воздухом сгорания, можно компенсировать, добавляя дополнительный воздух: этот показатель находится в порядке 40-50 %, 25-60 % и 10-50 % для твердого, жидкого и газообразного топлива, соответственно.

Газообразное топливо особенно выгодно тем, что оно полностью смешивается с воздухом, следовательно, сгорание может произойти с воздухом немного выше теоретических уровней. Кроме того, они могут быть сожжены рядом с изделиями, не причиняя им никаких повреждений, не образуя золу, не нуждаясь в предварительном нагреве, таким образом, могут использоваться горелки сравнительно простой конструкции.

Газообразное топливо обеспечивает очень высокие температуры благодаря высокой тепловой ценности и использования подогретого воздуха; оно также более эффективно контролирует нагревание воздуха в печи.

Природный газ - соединение метана, этана и ограниченных количеств других легких углеводородов: он обнаруживается только в газовых и нефтяных отложениях как газообразная стадия.

Имея энергетическую ценность, приблизительно 8500 килокалорий/м³, горит с очень чистым пламенем и

содержит незначительное количество серы. Это - таким образом наиболее обычно используемое топливо в печах с открытым пламенем (где газы сгорания входят в прямой контакт с изделием).

Жидкое топливо имеет некоторые преимущества: более легкая дозировка и распределение по различным секциям печи, хорошее смешивание с воздухом сгорания посредством распыления, ограниченное получение золы, маленькие горелки.

Чтобы гарантировать эффективное сгорание, могут применяться два метода смешивания топлива и воздуха:

- распыление жидкости в воздушном потоке, подаваемом вентилятором (самая распространенная система);

- жидкость выпаривается, используя часть своей собственной теплоты сгорания.

Жидкость распыляется, выкачивая ее в канал, который заканчивается в насадке. Горелки могут быть прикреплены на стенах или крыше печи сжигания; в последнем случае, горелки, в которые вводится заданное количество топлива, используются с интервалом времени.

Керамические печи могут также использовать жидкое топливо, так называемую "легкую нефть" и нефтяные продукты перегонки - керосин: он обычно предпочтителен из-за его цены. В основном, сгорание хорошее, но все же система сгорания в целом дорогая и нуждается в обслуживании чаще, чем системы с природным газом. При окружающей температуре "тяжелая нефть" имеет консистенцию смолы и поэтому должна быть подогрета, по крайней мере, до температуры 60 °С, чтобы быть достаточно жидкой для циркуляции по трубопроводу, и затем быть нагретой, по крайней мере, до 110 °С, чтобы гарантировать хорошее распыление. Сгорание данного вида топлива плохое и производит значительное количество углеродистых остатков. Если топливо лучшего

качества недоступно, возможно использование "бедных" газов низкой тепловой ценности, типа газов, полученных из обработки кокса или смесей водорода, метана и и т.д.

Самое подходящее жидкое топливо для современных горелок - несомненно жидкий нефтяной газ (LPG). Он чистый, имеет высокую тепловую ценность, в большинстве случаев, используется в горелках, как и природный газ; однако, хранение и системы распределения требуют хорошего знания его технологического процесса, поскольку извлекается в жидкой форме, но используется как газ. Это требует установки специальных устройств выпаривания (электрические или с горелкой). Подача топлива, которое спонтанно испаряется в резервуаре непосредственно в печи, не выполняема, поскольку невозможно удерживать состав газа последовательным (сначала испаряются более изменчивые элементы).

Чтобы остановить вход топлива в сеть распределения, в то время как все еще в жидком состоянии и предотвратить любое образование заморозки, когда топливное давление уменьшено к стандартному 500 - 600 мм Н₂O, это - хорошая практика, чтобы следовать указаниям, данным в следующих таблицах (таблицы 2.20 и 2.21).

Таблица 2.20 - Минимальные LPG температуры и линии подачи давления в камере сгорания.

Давление	Состав LPG, % по массе (пропан/н-бутан)										
	Про-пан 100/1	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70	20/80	10/90	н-бутан 0/100
0,5	6	6	6	6	6	6	9	12	15	18	21
0,75	7	7	7	7	7	9	12	16	19	22	25
1	8	8	8	8	9	13	16	20	23	26	29
1,5	9	9	9	10	14	19	22	26	29	32	35
2	10	10	10	15	20	24	27	31	34	38	41

Таблица 2.21 - Продукты сгорания

Газ	Газ (м ³) произведенный стехиометрическим сгоранием 1 м ³ газа с (сухим/влажным) воздухом.			
	CO ₂	N ₂	H ₂ O	Всего
Метан	0,998/0,998	7,470/7,470	1,934/2,046	10,491/10,603
Этан	2,011/2,011	13,174/13,174	2,924/3,121	18,266/18,463
Пропан	3,052/3,052	19,041/19,041	3,945/4,229	26,265/26,549
Бутан	4,147/4,147	25,226/25,226	5,025/5,401	34,698/35,074

Температура газа зависит от взвешенного процентного состава LPG, выраженного как смесь пропана и н-бутана и эффективного восходящего давления из блока управления печи (выраженный в барах).

Где используется LPG, состав не всегда известен и изменяется через какое-то время: следовательно, всегда желательно использовать давление приблизительно 0.5 бар, чтобы предотвратить образование жидких стадий или заморозки в оборудовании или системе.

2.4.2 Кинетика обжига модельных образцов из глиняных компонентов керамогранитных смесей

Физико-химические процессы обжига керамогранита до температуры начала спекания (1100°C) в основном определяются характером превращений, протекающих в глинистых компонентах смеси.

Физико-химические превращения глин в характерных интервалах температур сопровождаются тепловыми эффектами (преимущественно эндотермическими), массообменными и диссипативными процессами при диффузии газообразных продуктов через твердофазный слой в окружающую среду. Именно эти процессы лимитируют продолжительность данного периода обжига, что предопределяет необходимость всестороннего изучения их кинетики.

Объектами исследования служили модельные образцы-пластины (преимущественно размерами 65x65x35

мм³), изготовленные методом пластического формования из местных глин, входящих в вышеприведенные группы. Образцы сушили в сушильном шкафу при температуре 105-110 °С до постоянной массы.

Экспериментальные работы по изучению кинетики обжига модельных глиняных и керамогранитных образцов проводились на выше описанной специальной термовесовой установке.

Техника эксперимента заключалась в следующем. Для получения дифференциальных кривых нагрева (дифференциальные температурные поля) в модельные образцы-пластины помещали горячие спай двух дифференциальных платино-платинородиевых термопар (диаметр электродов 0,5 мм). Первой дифференциальной термопарой измерялась разность температур среды печи и поверхности образца, второй термопарой – разность температур среды печи и центра образца.

Температуры среды печи определялась третьей термопарой. Подготовленный таким образом модельный образец с вмонтированными в него дифференциальными термопарами нагрева по линейному режиму, то есть с постоянной скоростью 4,5 °С/мин до максимальной температуры 1050-1100 °С. Для проведения сравнительного анализа точно по такому же режиму нагревали и обожженные образцы, служащие в качестве эталона. Кинетика массообменных процессов в модельных образцах изучалась с помощью электронных весов ВЛ-Э134 при аналогичных тепловых режимах.

На дифференциальных кривых нагрева модельных образцов, записанных при линейном режиме нагрева, линии температурных полей своими изгибами четко отмечают начало и конец характерных термических эффектов в тех точках образца, в которых помещены горячие спай термопар. Таким образом, по записанным дифференциальным температурным полям и

массообменным кривым модельных образцов можно проследить за механизмом прохождения тепловых эффектов, связанных с физико-химическими превращениями и диссипативной работой при диффузии газообразных продуктов в материале. Ценность этих данных заключается еще и в том, что на их основе с помощью формул (2.47) и (2.49) можно определить эффективные термодинамические характеристики переноса, в частности эффективный коэффициент теплопроводности теплопереноса – коэффициент температуропроводности и эффективной теплоемкости. На рис. 2.47 - 2.49 представлены кривые кинетики обжига исследуемых глиняных образцов. Отклонение дифференциальных кривых вправо характеризует эндотермический, а влево – экзотермический эффект.

На дифференциальных температурных полях каолиновой глины (рис.2.47а) наблюдаются два эндотермических и один экзотермический эффект, соответственно в пределах температур 150-450 °С, 550-860 и 900-1000 °С. Первый эндоэффект объясняется удалением остаточной физически и физико-химически связанной воды, второй – кристаллической воды. При этом второй эффект протекает очень интенсивно в связи с значительным содержанием в каолините химически связанной воды. Об этом свидетельствуют кривые кинетики массообменных процессов (рис.2.47 б).

На кривых кинетики обжига образца из монтмориллонитовой глины наблюдается обратная картина (рисунок 2.48). Из двух эндотермических эффектов, имеющих место соответственно в пределах температур 150-400 и 600-900 °С первый значительно интенсивнее. В данном случае этот эффект связан с удалением межплоскостной воды, характерной только для монтмориллонита.

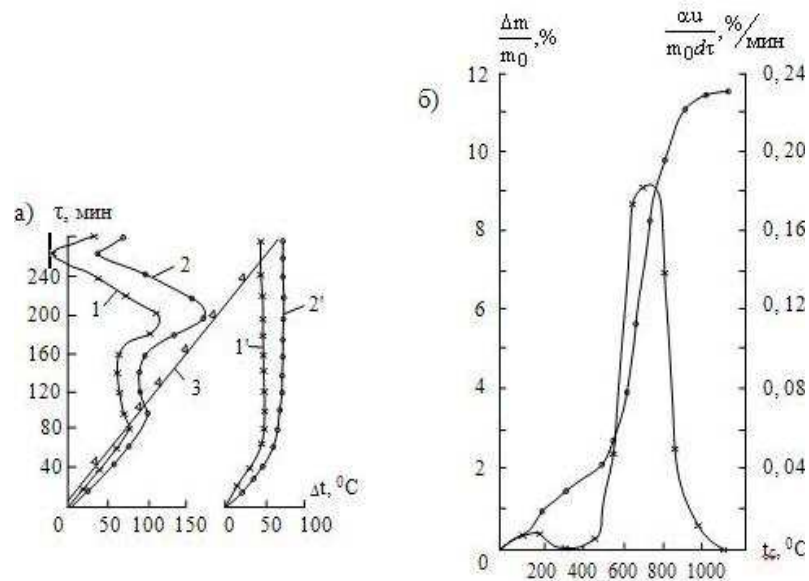


Рис. 2.47 - Кинетика обжига образца-пластины из каолиновой глины

а) дифференциальные температурные поля; б) массообменные кривые; 1, 1' - разность температуры между средой печи и поверхности, соответственно образца-сырца (1) и эталона – обожженного образца (1'); 2, 2' - разность температуры между средой печи и центром, соответственно образца – сырца (2) и эталона (2'); 3 - температура среды в печи 4 - относительная массопотеря; 5- скорость относительной массопотери

На дифференциальных и массообменных кривых нагрева монтмориллонито-каолиновой глины наблюдаются тепловые эффекты и массообменные процессы, характерные для двух предыдущих образцов, но менее эффективные.

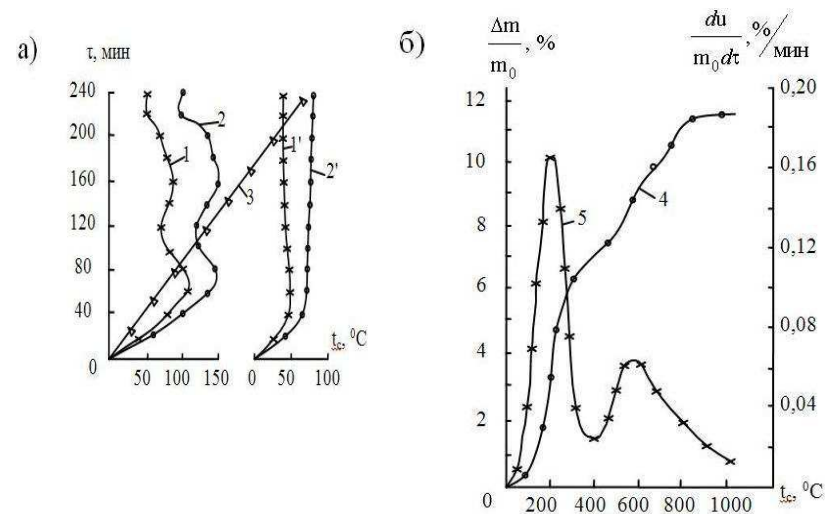


Рис. 2.48 - Кинетика обжига образца-пластины из монтмориллонитовой глины

а) дифференциальные температурные поля;
б) массообменные кривые

Из анализа полученных данных по кинетике обжига модельных глиняных образцов видно, что физико-химические превращения при нагревании в начале происходят в поверхностном слое пластины, затем по мере достижения соответствующих температурных и диффузионных условий постепенно перемещаются внутрь. При этом относительно большой интервал температурных эффектов объясняется зональным механизмом и диффузионной кинетикой наблюдаемых фазовых и химических превращений.

На всех дифференциальных кривых повторного нагрева обожженных образцов-эталона тепловые эффекты и массообменные процессы, характерные для физико-химических превращений в сырье, полностью отсутствуют, что показывает их необратимый характер.

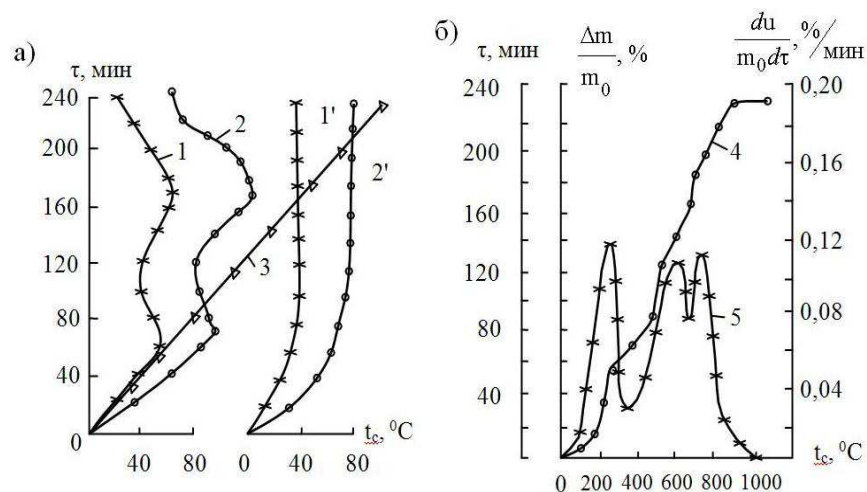


Рис. 2.49 - Кинетика обжига образца-пластины из монтмориллонито-каолиновой глины
 а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые

2.4.3 Кинетика обжига керамогранитных образцов-пластин

Изученные выше глины использовали при составлении керамических формовочных смесей для получения керамогранитных материалов на базе местного сырья. При этом, как было отмечено выше, в качестве плавня используется полевоы шпат. В качестве каркасообразующих компонентов вместе с пластичными и малопластичными глинами используется кварцевый песок.

Исходя из характера физико-химических процессов, протекающих при нагревании керамогранитных смесей, цикл их обжига можно разделить на два периода: расщепление и диффузионное удаление газообразных продуктов физико-химических превращений в глинистой части керамогранитных смесей; некоторое изменение в кристаллической решетке полевоы шпата и полиморфные

превращения кварца (1-й период); твердофазное и жидкофазное спекание и формирование плотной и прочной структуры керамогранита (2-й период).

Процессы, характерные для первого периода, протекают в пределах температур 100-1100 °С, обусловлены превращениями в глинистых компонентах смеси. При интенсивном нагревании процессы, связанные с газообразованием, могут переместиться в сторону более высоких температур, что недопустимо в технологии обжига керамогранита. Таким образом, основной задачей первого периода обжига керамогранита является полное завершение газообразующих процессов до начала спекания, в данном случае до 900 °С.

Ниже приведены экспериментальные результаты исследования кинетики процессов первого периода обжига керамогранитных материалов на базе местного сырья с использованием выше изученных глин.

Полевой шпат, который является основным сырьевым компонентом керамогранитных смесей, является инертным составляющим относительно газообразующих процессов первого периода.

Полевой шпат играет решающую и активную роль во втором периоде обжига, то есть при структурообразовании керамогранита путем спекания. Эти процессы рассмотрим в следующей главе.

Таким образом, имеем реальную возможность проанализировать сложные кинетические процессы первого периода обжига модельных образцов – пластин из керамогранитных смесей путем сравнения их с предыдущими данными, полученными по кинетике обжига глиняных материалов.

На рис. 2.50 – 2.55 приведены дифференциальные температурные поля и массообменные кривые при обжиге (первый период) модельных керамогранитных образцов-пластин с использованием каолиновых,

монтмориллонитовых, монтмориллонито-каолинитовых и других глинистых компонентов.

Сравнительный анализ кинетики обжига образцов из смесей «глина- полевой шпат – кварц (кварцевый песок)» в разных соотношениях компонентов показывает, что в первом периоде термообработки наблюдаются тепловые эффекты и массообменные процессы, связанные с физико-химическими превращениями, характерными для глинистой составляющей.

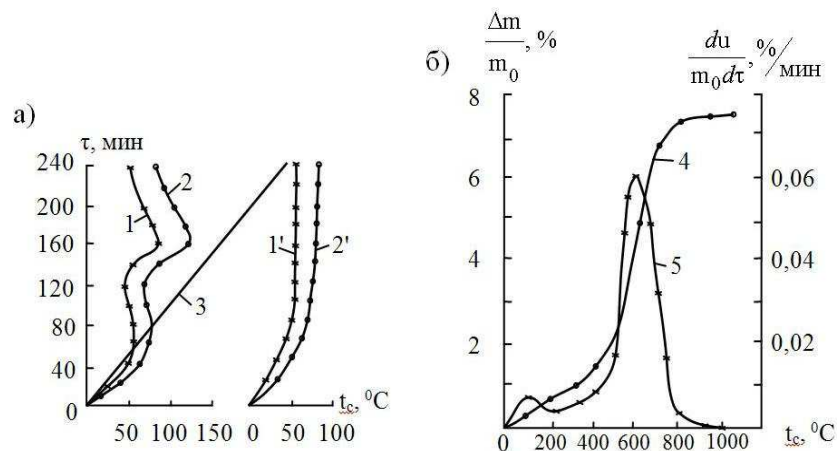


Рис. 2.50 - Кинетика обжига керамогранитного образца-пластины из смесей, близких к составу 1 (раздел 2.2.4)

- а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые; 1, 2 (1', 2') – разность температур среды – поверхности и среды – центра образца-сырца (1', 2'- обожженного образца-эталоны);
 3 – температура среды в печи; 4- интегральная кривая массообмена (общая относительная массопотеря); 5 – дифференциальная кривая массообмена (скорость массопотери)

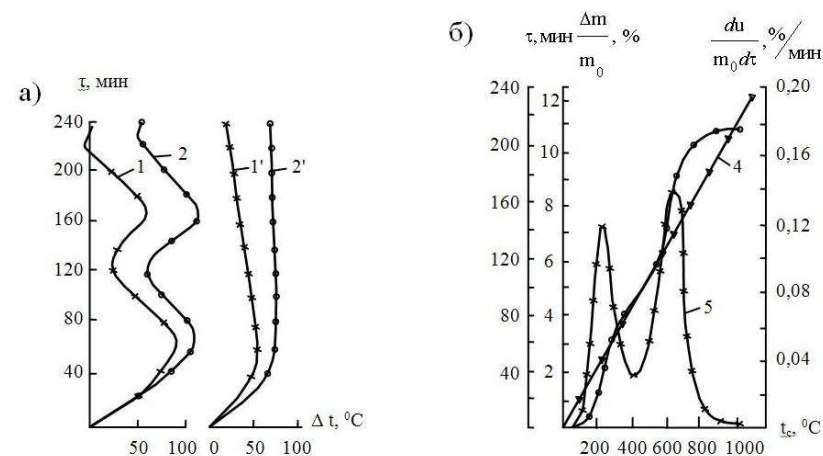


Рис. 2.51 - Кинетика обжига керамогранитного образца-пластины из смесей, близких к технологическому составу 2 (раздел 2.2.4)

- а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые

Интенсивность этих процессов снижается соответственно с уменьшением доли глинистых компонентов в керамогранитных смесях. Наблюдаемая при этом некоторая диспропорция между тепловыми эффектами и относительным содержанием глины в смеси в сторону увеличения первых объясняется возрастанием диссипативной работы при диффузии газообразных продуктов превращения в более плотной керамогранитной структуре.

На основе анализа приведенных экспериментальных данных (рис. 2.50 – 2.55) по кинетике обжига и известных научных положений [95,86] и др. в первом периоде обжига в керамогранитных смесях происходят следующие твердофазовые процессы:

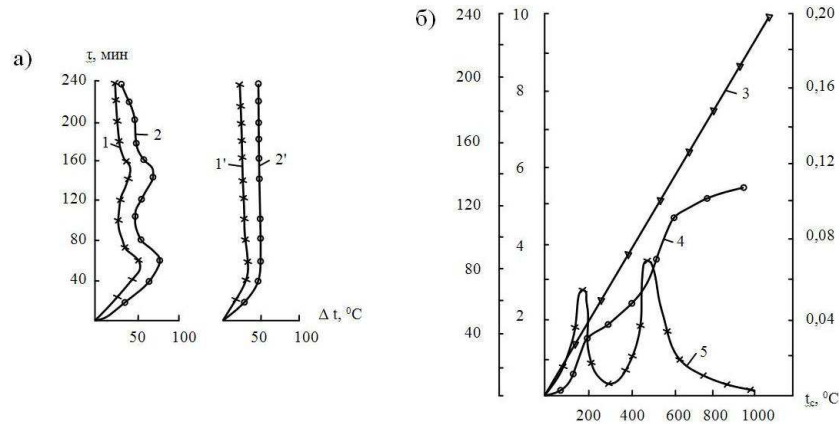


Рис. 2.52 - Кинетика обжига образца-пластины из смеси (масса. %): монтмориллонитовая среднепластичная глина 35, полевого шпат 50, кварц 10, карбонаты и др. примеси 5
 а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые

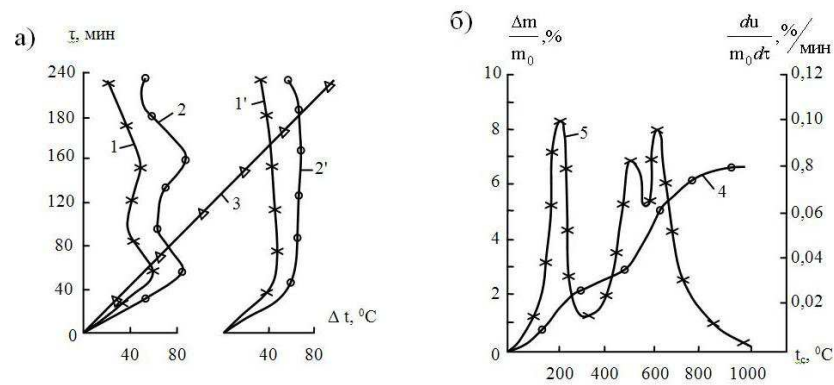


Рис. 2.53 - Кинетика обжига образца-пластины из смеси (масса. %): монтмориллонитовая глина 45, полевого шпат 45, кварц 5, примеси 5
 а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые.

- физико-химические превращения глинистых веществ при нагревании, сопровождаемые в характерных интервалах температур тепловыми эффектами, диффузионными (массообменными) процессами и диссипативной работой в системе «твердое – газ»;
- полиморфные превращения $\beta \rightarrow \alpha$ – кварца (573 °С);
- изменение внутри кристаллической решетки полевого шпата (500-1100 °С);
- образование небольшого количества эвтектической жидкой фазы (900-1100 °С).

Таким образом, после первого периода в обжигаемом материале содержится каолиновый или другой глинистый остаток, включающий первичный муллит и избыточный аморфный кремнезем, полевого шпат и кварц.

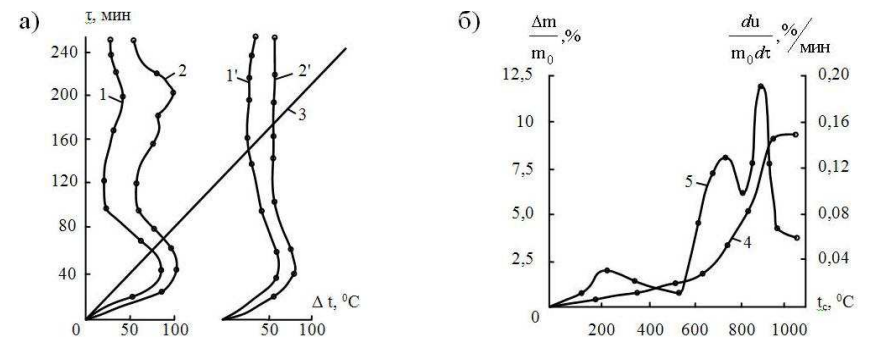


Рис. 2.54 - Кинетика обжига образца-пластины из смеси (масса. %): каолинит 7, полевого шпат 55, кварц 15, карбонаты 13, примеси 10
 а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые
 Обозначения те же, что и на рисунке 2.50

Обобщение полученных экспериментальных результатов моделирования и исследования кинетики обжига керамогранитных материалов позволяет установить научно-обоснованные температурные режимы первого периода термообработки. Эти вопросы рассмотрим в следующем разделе.

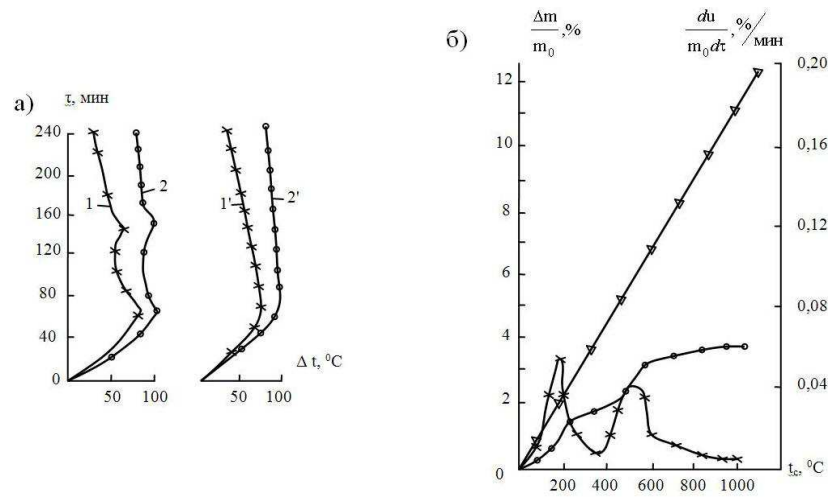


Рис. 2.55 - Кинетика обжига образца-пластины из смеси (масса. %): монтмориллонитовый глинистый минерал 5, полевого шпат 40, кварц 015, примеси 5
 а) дифференциальные температурные поля;
 б) массообменные кривые

2.4.4 Моделирование и получение обобщенных кинетических данных для первого периода обжига керамогранитных материалов

Методы теории подобия позволяют обобщить полученные экспериментальные результаты по кинетике обжига модельных образцов на любые подобные процессы. Первый период обжига (100-1100 °С) керамогранитных материалов (технологические составы 1 и 2) по характеру изменения дифференциальных температурных полей и массообменных кривых модельных образцов (рис. 2.50 и 2.51) можно условно разделить на три участка, соответственно: 100-500 (первый участок), 500-900 (второй участок) и 900-1100 °С (третий участок). Первый участок соответствует области физико-химической сушки, второй – химической сушки (дегидратации), третий – образования небольшого количества эвтектической жидкой фазы за счет легкоплавких компонентов смеси.

Для экстремальных точек каждого участка нагрева на основе термографических данных модельных керамогранитных образцов (рис. 2.50 и 2.51) с помощью формулы (2.27) определяем минимальное значение эффективного коэффициента теплопроводности теплопереноса ($a_{эф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности). Затем рассчитываем значение критерия Фурье для каждого участка обжига. Допустимые и оптимальные значения критерия Фурье для каждого участка первого периода обжига определяли экспериментально путем дискретного повышения скорости нагревания соответствующих участков. При этом жесткому режиму нагрева, приводящему к трещинообразованию в образце соответствует критическое значение $Fo_{эф.кр}$. Допустимое значение $Fo_{эф. доп} = 1,25 Fo_{эф.кр}$, а рекомендуемое оптимальное значение. $Fo_{эф. опт} = 1,25 Fo_{эф. доп}$.

В этой связи следует отметить, что минимальное значение эффективного коэффициента

температуропроводности соответствует наиболее жестким условиям режима обжига. Потому что, чем меньше его ($a_{эф}$) значение, тем медленнее прогревается образец. Это объясняется тем, что подводимое к обжигаемому материалу тепло в области эндотермических эффектов и диффузии газообразных продуктов превращения в большей мере расходуется на химические реакции и диссипативные работы. Вследствие этих процессов в образце резко возрастает температурный перепад, что приводит к возникновению значительных термических напряжений в материале.

При превышении термических напряжений запаса прочности образца-изделия материал разрушается, потеряв свою целостность и необходимые физико-механические свойства.

В таблице 2.22 и 2.23 приведены обобщенные данные по кинетике обжига керамогранитных материалов из технологических составов 1 и 2 (см. раздел 2.2.4). Полученные данные использовали для установления научно-обоснованных промышленных режимов обжига натуральных керамогранитных плит различного размера (раздел 6) из разработанных составов технологических смесей.

Таблица 2.22 - Обобщенные данные по кинетике первого периода обжига керамогранитных материалов из технологического состава 1

Характерные участки первого периода обжига		100-500 °С	500-900 °С	900-1100 °С
$a_{эф} \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{мин}$		30,42	10,41	19,20
$Fo_{эф.кр}$		2,50	2,50	1,25
$Fo_{эф. доп} = 1,25 Fo_{эф.кр}$		3,12	3,12	1,56
Продолжительность процесса, τ , мин	R, см			
	0,4	2,05	6,0	1,63
	0,5	3,20	9,37	2,54
	0,6	4,62	13,50	3,66

Средняя скорость нагрева, b , °С/мин	R, см			
	0,4	195	67	123
	0,5	125	43	78,74
	0,6	86	30	54,64

Таблица 2.23 - Обобщенные данные по кинетике обжига керамогранитных материалов из технологического состава 2

Характерные участки первого периода обжига		100-500 °С	500-900 °С	900-1100 °С
$a_{эф} \cdot 10^{-2}$ см ² /мин		23,0	9,62	12,83
$Fo_{эф,кр}$		2,50	2,50	1,25
$Fo_{эф,доп} = 1,25 Fo_{эф,кр}$		3,12	3,12	1,56
$Fo_{отн} = 1,25 Fo_{эф,доп}$		3,90	3,90	1,95
Продолжительность процесса, τ , мин	R, см			
	0,4	2,71	6,49	2,43
	0,5	4,24	10,14	3,80
	0,6	6,10	14,59	5,47
Средняя скорость нагрева, b , °С/мин	R, см			
	0,4	148	62	82
	0,5	94	39	53
	0,6	66	27	37

2.4.5 Техника и технология обжига керамогранитных материалов

Тепловой обмен в обжиговых агрегатах.

Печь - механизм, в котором обжигают плитки чтобы получить желательные характеристики изделия. В течение различных стадий во время обжига тепловой обмен происходит между источниками высокой температуры, жидкостями, конструкцией печи, обжигаемыми изделиями

и атмосферой, окружающей их: это влечет теплопроводность (ограниченной важности), конвекцию (главная форма передачи высокой температуры) и излучение (уместно только в зонах высокой температуры).

Передача тепла конвекцией. Конвекция транспортирует тепло посредством воздушной циркуляции (горячий воздух повышается, холодный воздух понижается), передавая количество тепла, при котором другие состояния остаются равными:

$$Q = p \times S \times \Delta T$$

где S - площадь поверхности в контакте с теплом, ΔT - температурная разница между керамической формой и газом и P представляет коэффициент конвекции, который сильно изменяется в зависимости от обстоятельств: данный коэффициент также указывает, как обмен высокой температуры зависит, в определенной степени, от температурной разницы между воздухом и горячими твердыми телами, в то время, как управление движением этого воздуха, очень важно для теплообмена. Воздушная циркуляция зависит от положения источника высокой температуры относительно потребления дыма трубой, печи высокой скорости и циркуляцией сквозняка.

Конвекции также помогают, при загрузке плитки так, чтобы воздух мог циркулировать свободно между ними; также устанавливая быстродействующие печи на противоположных стенах печи в пораженном образце конвекции, производя турбулентность и газовую циркуляцию под прямым углом к направлению подачи изделия.

Теплота также распространяется посредством радиации, передаваясь через инфракрасные лучи, испускаемые всеми горячими структурами. Количество

испускаемой высокой температуры зависит от температуры согласно следующему уравнению:

$$Q = \delta(T_2^4 - T_1^4),$$

где T_2 и T_1 - температура испускания (обычно пламя или стены в печи) и получаемого материала (обычно плитки или области охлаждения), соответственно.

Логически, важнее температуры печи есть еще в некоторых случаях явление, где огонь находится в непосредственной близости от плиток, их поверхности защищены невосприимчивым материалом. Передача теплоты излучением типична для муфельных печей, и где изделия содержатся в капсулах. Это, фактически, невосприимчивый материал, который излучает свою накопленную высокую температуру плиткам.

Излучение может также использоваться в целях ускорения охлаждения изделий, которые подвергались обжигу при высокой температуре. В этом случае, излучение, подаваемое конструкциями, захватывается кремниевыми трубами карбида (с высокой инфракрасной поглотительной способностью), через которые циркулирует окружающий воздух.

Конструкция печи. Сегодня, самый обычный тип печи для обжига плитки - тип одного уровня, где только один слой материала проходит через печь на наборе вала. Его длина соответствует требуемому времени обжига. Все еще используются двойные валовые печи, поскольку они требуют меньше места.

При входе в печь плитки подаются через зоны устойчивого увеличения температуры (подогревающей), пока они не достигают максимальной температурной зоны. Впоследствии плитки входят в быструю зону охлаждения, где градиент немного сглаживается, чтобы предотвратить проблемы, связанные с присутствием кварца и делается

снова сильней до выхода из печи, где температуры изменяются между 40 и 60 °C. Цикл обжига определяется временем, взятым для плиток, чтобы передвигаться с одного конца печи к другой и с способностью загрузки и числом каналов является ключевым детерминантом отгрузочной способности.

Плитки обычно проходят через печь при постоянной скорости.

В основном, плитки транспортируются через печь на валах. Печь разделена на модули, каждый приблизительно 2 метра длиной, вплотную; они сделаны из трубчатых рамок и листовых металлических панелей, которые поддерживают изолирующий слой, выполненный из тугоплавкого кирпича и изоляционного раствора на полу и тугоплавких плит и Z-блоков на стенах и крыше.

Рис. 2.56 показывает изоляцию печи, состоящую из слоев различных материалов и иллюстрирующую эксплуатационную характеристику изоляции. Состав модуля изменяется в зависимости от требований производства: вообще, отдельное производство обжига плитки предполагает печи длиной 60-120 м, с большими секциями 1.3-3 м. (полезной площадью 80-360 м.²), разделенной, приблизительно, следующим образом:

Предпечь	(10 % полной длины печи)
разогревание	(31%)
обжиг	(19%)
быстрое охлаждение	(6%)
медленное охлаждение	(20%)
завершающее охлаждение	(14%).

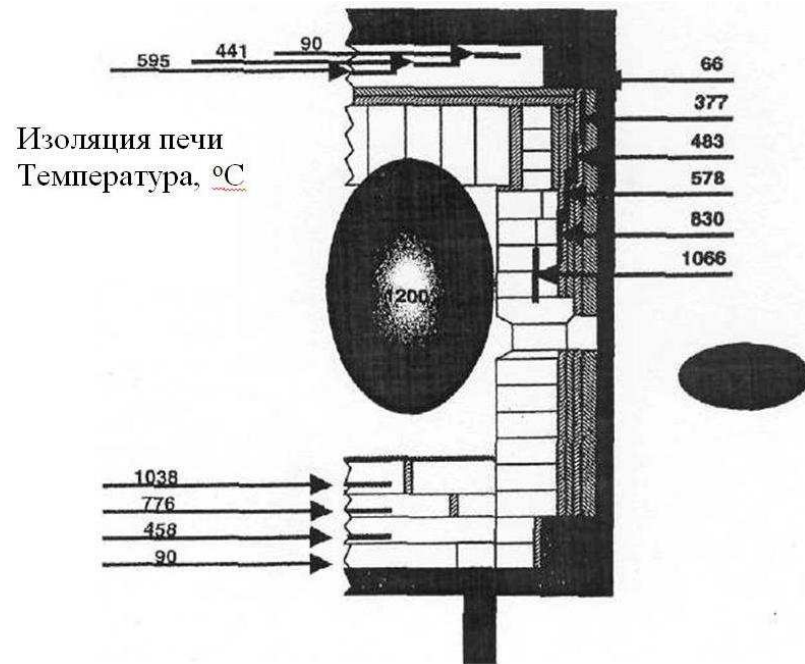


Рисунок 2.56 - Иллюстрация пустого указателя печи, показывающего тепловую изоляцию

Вертикальная пересекающая секция камеры сохранена на абсолютном минимуме, чтобы ускорить скорость дыма и таким образом увеличить обмен теплоты/дыма плитки. Вентиляционная струя создается вентиляторами (их обычно шесть), которые выполняют, начиная с подачи в печь, следующие функции:

- выхлоп дыма;
- вход воздуха сгорания;
- быстрый вход воздуха охлаждения;
- медленно охлаждающийся выхлоп теплообмена;
- финальный выхлоп горячего воздуха для охлаждения;

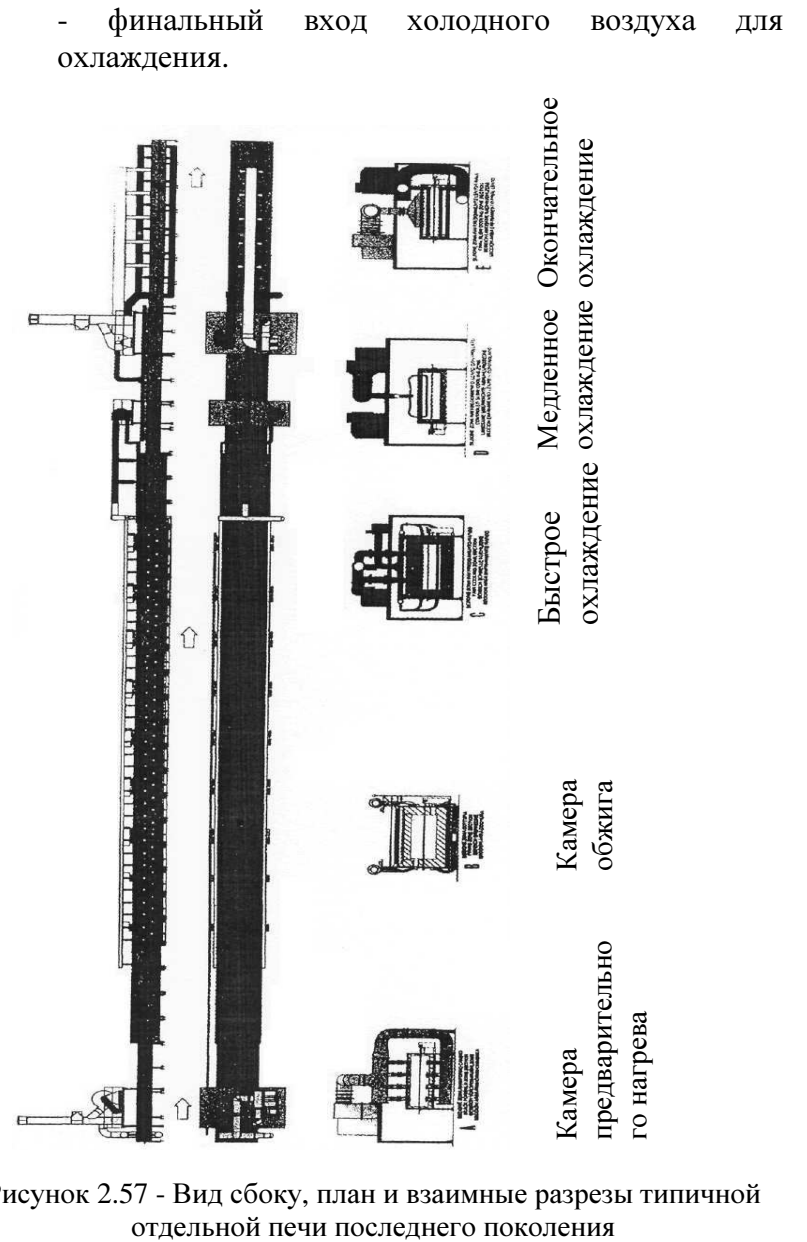


Рисунок 2.57 - Вид сбоку, план и взаимные разрезы типичной отдельной печи последнего поколения

Эта диаграмма также иллюстрирует эффективное использование газа сгорания; в большинстве печей зона обжига характеризуется потоком паров, который бежит против направления подачи плитки, паров, исходящих через главный стек, расположенный в зоне входа печи.

Эта установка имеет важность управления энергией, потому что позволяет использовать высокую температуру, создаваемую в зоне обжига в целях подогрева; где ядовитая или нежелательная эмиссия присутствует в зоне подогрева, они отправляются через стек непосредственно для обработки и очищения.

Система сгорания. Газообразное или газифицированное топливо типа метана и LPG сжигаются непосредственно в камере сгорания и затем удаляются как пары внутри печи. В печи топливо смешивают с воздухом через трубопровод. Такой воздух может быть определен как любой первичный (воздух горения) или вторичный (используемый в точно регулируемом в процессе обжига).

В большинстве случаев смешивание топливного воздуха происходит непосредственно в насадках: изменяя диаметр первичного выхода из камеры сгорания различных поперечно-рассеченных образцов можно получить необходимые распределения теплоты. Предельные температуры в камере сгорания требуют использования специально разработанных материалов, типа карбида кремния или иногда SiSiC. Настройка вентиляционной струи позволяет получить горячие газы, которые выходят из печи на скорости 100 м/с и больше, производя направленные струи, чем поддерживают одинаковую температуру по всей длине, которая обычно соответствует ширине печи. Поскольку печи устроены в чередовании, приводя в колебания образцы выше и ниже валов, турбулентность дыма максимизируется, таким образом гарантируя максимум однородности нагревания.

Традиционные системы модуляции печи:

- установленный воздух / модулируемый газ
- модулируемый воздух / модулируемый газ.

В прежнем количестве воздух, достигающий печи, предварительно отрегулированный, остается постоянным независимо от изменений в загрузке или чем -нибудь еще, которые могли бы изменить температуру в зоне обжига: температурная регулировка поддерживается только через газовую модуляцию.

С этой системой, очевидно, что печь будет работать в правильном газо/воздушном стехиометрическом отношении, только в пределах узкого операционного диапазона, поскольку самая обычная ситуация - дополнительный воздух. Эта система имеет простой проект, дает хорошую стабильность давления в печи, где существуют интервалы в загрузке, все же является дорогостоящей в отношении потребления топлива.

Газ и воздух могут модулироваться таким образом (в постоянном отношении), чтобы компенсировать промежутки в загрузке плитки в печь или других факторов, которые могли бы изменить температуры в зоне. Температура сохраняется, при изменении воздушных и газовых потоков одновременно и, следовательно, действуя на объемы в печи. Необходимо обратить внимание также на то, что с этой системой печи работают в необходимом стехиометрическом отношении, которое оптимизирует топливное потребление.

Однако, отрицательные аспекты типа неустойчивости давления, вызванного промежутками в загрузке, больших конструктивных сложностей и трудностей в избежании максимума температуры могут причинить серьезные проблемы, особенно где печи особенно широки и длинны. Высокая мощность (широкая подача) обжига и очень быстрые циклы разжигания сужают толерантность размера плитки. Следовательно, использование импульсных систем в обжигательных печах колебалось между

противоположными стенами печи и систем, регулируемых распределение пламени, которые используют тугоплавкие трубы или дефлекторы, становятся все более и более обычными. Оба этих решения оптимизируют управление высокой температуры, которая благодаря развитию надежной контрольной электроники и измеряющих систем, ограничивают температурное колебание только до несколько градусов Цельсия, таким образом, обеспечивая превосходные результаты в одновременном нагревании от стены к стене. Для подведения итога описания системы сгорания, должно быть указано, что огромные усилия были сделаны, чтобы уменьшить потребление энергии. Это подтверждается простым фактом, что в 1980 требовалось 967 ккал, чтобы произвести 1 кг из 300 x 300 мм, глазурованной плитки с водным поглощением 5-6 %, в то время как сегодня необходимо только 450-500 ккал. Одно простое, очень эффективное решение в этом отношении - использование подогретого воздуха сгорания. Даже там, где воздух нагрет только к 100 °С, запасы топлива составляют порядка 5-6 %.

Более радикальное восстановление высокой температуры (с охлаждающей зоны) позволяет воздуху сгорания использоваться при температурах выше 230-250 °С, с конечными запасами приблизительно 12-14 % (см. табл. 4.6). Не затрагивая достоинства размещения завода, следующая таблица показывает потребление для печи с подачей 2.5 м полной шириной и длиной 110 м., 47 мин цикла поджигания, T_{max} 1220 °С для обжига плиток фарфора, сжатие 8 %, вес 20 кг/м², выпуск 6400 м²/сут (5350 кг/ч продукции обжига). Последовательность нагрева и соответствующая структура печи могут быть описаны в терминах реакций, которые происходят в некоторых температурах. Ниже рассмотрим схему продвижения плитки через различные зоны печи.

Таблица 2.24 Удельное потребление в отдельном слое обжига как функция температуры горения воздуха.

Температура горения воздуха	30° С	100°С	160°С	220 °С
Удельное потребление, ккал/кг необожженный)	485	456	440	420 (-13.4%)

1 – Вход печи. Это - входное отверстие печи, предназначенное для устранения любой остаточной гигроскопической воды, оставленной после процесса высыхания, собранной в течение глазирования или поглощенной после неправильного хранения: максимум допущения водосодержания - 2 % в развес. Здесь также начинается устранение воды цеолита в глине.

Эта часть печи обычно не имеет собственного аппарата нагревания, но полагается, вместо этого, на передачу паров с зон обжига через дымовые трубы, расположенные выше и ниже валов входа печи. Температура проверена термопарой в кровле. Диапазон температур предпечи колеблется от 200 до 300 °С, но касательно скорости цикла и эндотермического характера испарения сам материал достигает температур только 50-200 °С.

Единственное установленное температурное устройство - заборник воздуха, расположенный на крыше и полу предпечи, регулируемый посредством вентельных клапанов.

Вертикальная высота печи минимизирована, чтобы ускорить скорость дыма и, следовательно, увеличить обмен тепла и дыма.

Стены и крыша изолированы твердыми плитами, сделанными из специальных волокон, закрепленными к металлической рамке модуля. Дно, вместо этого, ограждено более твердыми изоляционными кирпичами, способными противостоять периодическим удалениям обломков плитки.

2 – Подогрев. Здесь, ключевой момент - дегазирование керамической структуры, обязательного для предотвращения раздувания, пузырьков и воронок глазированных тел и цветовых изменений.

Соответствующий температурный диапазон зависит от типа обжигаемых изделий и, что еще более важно, от типа глазирования. Концептуально, конечное подогривание, где начинается расплавление глазури, и поверхностная пористость плитки начинает понижаться, являясь причиной внезапного падения в газовой проницаемости.

Диапазон температур подогрива может быть в порядке 500 - 700 °С или, если глазурь имеет хорошее качество - 500-1000 °С. Для исключительно расплавленных структур и глазури он может доходить до 1100 °С. Подогривание также влечет тонкое аллотропическое превращение кварца α в кварц β . Это должно быть закончено без напряженности, созданной внезапным увеличением в объеме керамического тела, приводящее к различным деформациям: короче говоря, подогривание должно быть эффективно и подходить для характеристик плитки.

Зона подогрива имеет ряд горелок, установленных на стенах выше и ниже валов. Печи для второго глазирования не имеют горелок ниже валов, за исключением зоны обжига. Горелки подразделены на несколько наборов мультигорелок на двух модулях печи, расположенных симметрично по правым и левым сторонам печи. Ряды горелок выше и ниже роликов всегда регулируются отдельно.

По сравнению с предпечью, секция подогрива выше, и модули больше, поскольку они требуют более сильной изоляции. Самый внутренний слой стен сделан из изоляционного кирпича и вторичного слоя. Крыша выровнена легкими изоляционными блоками, скрепленными металлическими сцеплениями к конструкции труб на модульной раме. В дополнение к блокам есть также второй слой из огнеупорных волокон и третий слой из изолирующего цемента.

Дно полностью состоит из различных типов изоляционного кирпича или огнеупорного. Для защиты от любого механического воздействия, пол отделан тонкой, смонтированной всухую плиткой из плотных огнеупорных материалов. Изоляция стен выполнена закупориванием мест нахождения валов с изоляционным волокном.

3 – Обжиг. То место, где температуры превышают 1000 °С и находятся в максимуме.

Изоляция: самые внутренние слои стены выполнены из огнеупорных изолирующих кирпичей с максимальной огнеупорностью; обшивка выполнена из изоляционного волокна. Обратите внимание, что толщина изоляции изменяется в зависимости от температур, требуемых для определенных характеристик изделия. Чтобы изолировать должным образом при температурах 1100-1250 °С, используются три различных слоя изоляции, таким образом, обеспечивая хорошую работу печи при оптимальных эксплуатационных расходах.

Полная зона обжига оборудована установленными на стене горелками выше и ниже валов. Именно в зоне обжига фактически устанавливаются все окончательные характеристики плитки - размер, матовость, витрификация и глазирование. Следовательно, необходимы точный контроль температуры и совершенно плоская поверхность вала, поскольку плитки могут значительно размягчаться.

Влияние смежной зоны охлаждения также нуждается в уменьшении: это достигается, путем установления двух барьеров на конце зоны обжига, каждый состоит из стены, которая отрезает более низкую часть канала обжига между полом, валами и жесткими плитами из изоляционных волокон, вставленные через отверстие в крыше печи для разделения канала над валами.

Установка подобных барьеров в зоны обжига или подогрева, будучи источником свободной, а иногда дорогостоящей работы, редко дает заметные результаты. Следовательно, они устанавливаются только там, где это необходимо (например, в очень коротких печах или печах для изделий со специальными требованиями).

4 - быстрое охлаждение. Эта стадия охватывает интервал между максимумом температуры воздуха и приблизительно 600 °С. Процесс предназначен для охлаждения плитки, с такой скоростью как это возможно, но не должен продолжаться к точке, где имеет место аллотропическое преобразование кварца (573 °С).

Поскольку эта стадия влечет острое снижение температуры и превращение и тела, и глазури к твердому состоянию, это - несомненно один из наиболее критических в полном процессе обжига. Быстрое охлаждение достигнуто посредством труб стеклодува, размещенных в стенах, выше и ниже роликов: воздух выходит из труб и входит в камеру печи через ряд выровненных отверстий, которые гарантируют даже воздушное распределение по грузу и вообще сделаны из аустенитной стали или, где подвергнуто очень высоким температурам, кремниевому карбиду.

Управление температурой в зоне быстрого охлаждения обеспечен установленными термопарами выше и ниже роликов. Одинаково важный - теплообменник высокой температуры, состоящий из ряда стальных труб, бегущих поперечно к печи ниже крыши; воздух, текущий через эти

трубы - фактически воздух сгорания, продвигающийся к горелкам.

Следовательно, теплообменник имеет двойную функцию охлаждения плиток и подогревания воздуха сгорания горелки, обычно к 100-120 °С.

В этих температурах воздух уже достаточно расширен, без влажности и, таким образом, не будет повреждать внутреннюю часть печи, в случае закрытия горелки.

Стенная изоляция в зоне быстрого охлаждения состоит из начального слоя изоляционного тугоплавкого кирпича и затем слой волокна изолирования. Изоляция здесь более тонка в результате относительно низких температур.

5 - медленное охлаждение. Это - стадия, в которой имеет место очень тонкое аллотропическое преобразование кварца, случай, который вовлекает острое уменьшение в объеме керамического тела. Поскольку подзаголовок выше это подразумевает, охлаждение должно произойти медленно и постепенно так, чтобы это превращение имело место одновременно по всей плитке: иначе напряженные отношения, произведенные в уже твердой керамической плитке, могут легко воспроизвести характеристику "взламывания" которая в средне-высокой витрификации дает гладкий, жирный перелом с острыми гранями.

Температуры в этой части печи находятся в порядке 600-450 °С, соответствуя фактическим температурам плитки 700-500 °С.

Обмен высокой температуры обеспечен гнездом труб, управляющих ниже свода печи; вентилятор втягивает холодный окружающий воздух и распространяет это через трубы.

Поток разбит так, чтобы воздух в смежных трубах распространялся в противоположных направлениях. Некоторые трубы могут быть отключены закрытием клапанов на горячих вентиляционных каналах.

Как в предпечи, свод печи ниже и модули являются меньшими, потому что более низкие температуры требуют более тонкой изоляции. Палата свода изолирована твердыми плитами волокна, присоединенными к конструкции модуля, в то время как стены изолированы кирпичом в самом внутреннем слое и затем волокном; пол выполнен из изоляционного кирпича.

В этой части печи роль невосприимчивости изоляции высока, гарантируя, что температуры остаются достаточно высокими, когда есть промежутки в потоке плитки. Конец зоны медленного охлаждения отмечен двумя поперечными барьерами, помещенными близко друг к другу.

Оба отделяют стены от ролика нижнего уровня и аустенитных стальных плит, выдолбленных через отверстие в своде печи выше; края данных отделок подняты так, чтобы случайно перекрытые части могли пройти.

Цель этих барьеров состоит в том, чтобы управлять воздушным противотоком в отделении заключительного охлаждения

6 – Заключительное охлаждение. В этом пункте плитка прошла критический пункт превращения кварца. Заключительное охлаждение, таким образом, предназначено для понижения скрытой высокой температуры изделия в максимально возможной степени.

Холодный воздух введен непосредственно выше и ниже плиток наборами трубопроводов, состоящих из регулируемых просверленных тройных труб. Нормы потока в отдельном трубопроводе могут быть отрегулированы посредством щитового вентиля на системе подачи воздуха.

Второй вентилятор забирает воздух, который неизбежно нагревается в контакте с плитками, удаляя его через трубы в своде печи.

Этот поток устремляется в зону медленного охлаждения: часть его остается между этими двумя барьерами, отделяющими зоны медленного и заключительного охлаждения, и другая помещается вверху от барьеров, непосредственно: последнее полезно, когда печь нагревается и в установлении необходимого равновесия относительно объемов воздуха, текущих в зону обжига.

Средства движения ролика. Ролики вообще приводит в движение система передачи механизма, обычно это винтовой угловой механизм.

Ряд моторных механизмов прикреплен винтами к стальному валу, по одному для каждого модуля печи. Валы двух, трех или четырех модулей могут быть соединены вместе. Вал (или группа валов) управляется редукторным двигателем и системой передачи цепи. Скорость отрегулирована автоматически программным обеспечением. Моторные преобразователи, ведомые модуляторами частоты, также становятся обычными.

Все механизмы ограждены изолированными трубами, которые также действуют как сборник топлива. Циркуляция воздушных объемов и давлений в печи

Баланс объемов воздуха в печи имеет большое значение, подразумеваются и размеры вентилятора. Вентилятор горения воздуха, вентилятор быстрого и заключительного охлаждения, охлаждающий воздуховод, они все вводят существенные объемы воздуха в печь. Точно так же вентилятор дыма и горячий вентилятор удаления воздуха в зоне заключительного охлаждения извлекают существенные объемы.

Поглотители дыма в начале предпечи расположены симметрично выше и ниже роликов (см. первый разрез на рисунке 2.57). Они не поворачиваются к поступающему потоку дыма: они просто производят вакуум, к которому пары текут автоматически.

Поток потребления отрегулирован - индивидуально выше роликов и поскольку набор ниже – регулированием клапанов: они позволяют пользователю балансировать потоки и оседания выше и ниже роликов.

Норма потока вентилятора дыма может быть отрегулирована несколькими способами: обычно, вручную управляемый клапан, установлен вверх по течению от вентилятора. Альтернативно, клапаны могут быть отрегулированы серводвигателем (управляемый через пульт управления печи) или модулятором частоты (инверторы) на вентиляторе, непосредственно: эти системы могут также включать автоматическое устройство регулирования давления печи.

Также присутствует заборник воздуха на стеке дыма: это - обычно руководство, клапан, позволяет температурам дыма быть пониженными, когда это не под силу вентилятору; это также действует как прекрасный регулятор количества выхлопного дыма.

Однако, системы, которые распределяют всасывание дыма между секциями выше и ниже роликов имеют ограниченную эффективность: даже когда приблизительно 10-12 метров от потреблений пара, уже имеют тенденцию следовать за "естественным" маршрутом выше роликов. Этой тенденции помогает селекторная связь, предоставленная промежутками между роликами (где не покрыты плитками).

Точное количество воздуха сгорания, поставляемого к горелкам (количества обычно изменяется между 5 и 35 м³/ч), зависит от требований. Расширенный высокими температурами, этот воздух представляет существенную пропорцию объемов, которые должны быть эвакуированы.

К этим объемам, по крайней мере, добавляется часть воздуха быстрого охлаждения; воздух, унесенный в секцию быстрого охлаждения частично или полностью истощен

вентилятором дыма или заборниками горячего воздуха в секции заключительного охлаждения.

Там, где уже очищенный от дыма этот воздух, имеет положительный эффект на топливное потребление, потому что уже нагрет (так что менее холодный воздух подается к горелкам) и обеспечивает хорошее насыщение кислородом внутри печи (рисунок 2.59).

Куда, вместо этого, течет в зону заключительного охлаждения в том же самом направлении, куда и плитки, этот воздух может иметь значительное значение в сохранении жара внутри печи, в случае больших промежутков в загрузке плитки; это защищает ведущий ряд плиток в печи от изменений объема, связанных с преобразованием кварца (рисунок 2.58).

Количество введенного воздуха модулируется автоматически, чтобы поддержать правильные температуры в зоне быстрого охлаждения; следовательно, особенно где подача плитки прерывиста, и параметры терморегуляции не оптимальны, давление обжига может колебаться. Заключительный охлаждающий воздух внезапно появляется через устроенные трубы турбонадува выше и ниже роликов. Воздушные выходы через отдушины помещены перпендикулярно к загрузке плитки.

Это оптимизирует эффективность и увеличивает возможности для восстановления энергии, поскольку воздушные объемы при 110-160 °С легко используются в другом месте.

Давление важно для регулирования печи, но, сам по себе, не имеет большого влияния на результаты обжига (за исключением плоскостности).

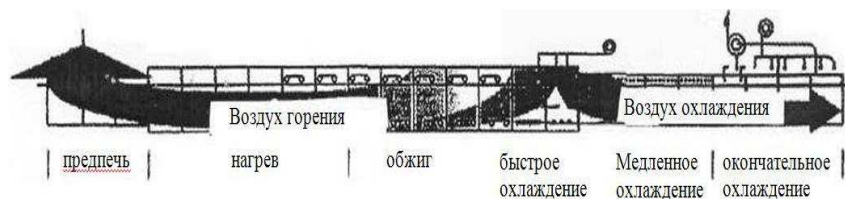


Рисунок 2.58 - Воздушная циркуляция с частичным выхлопом охлажденного воздуха

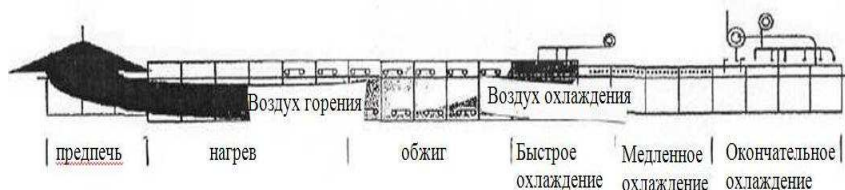


Рисунок 2.59 - Воздушная циркуляция с перевозкой к главному стеку

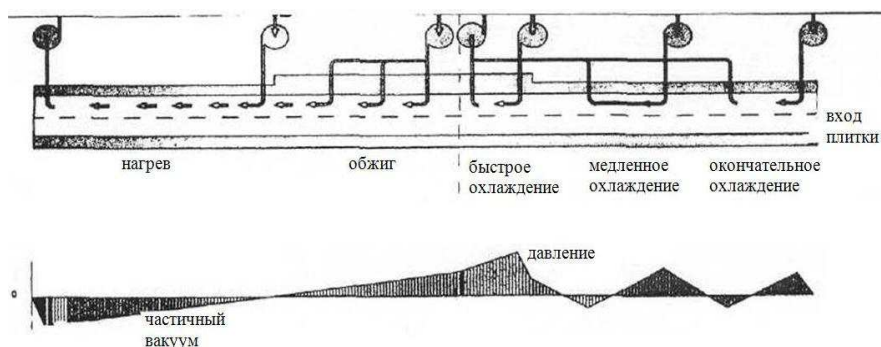


Рисунок 2.60 - Изменение давления по различным зонам печи

Когда предпринято снятие показаний давления печи, это относится только к отдельной точке в полном канале горения: имейте в виду, что давление - в минимуме в местах извлечения дыма в предпечи и в максимуме в зоне

быстрого охлаждения из-за больших объемов вводимого воздуха. В пределах данной зоны, давление выше уровня крыши, минимум на уровне дна, различия часто являются значительными. В целях удобства, давление печи обнаруживается на уровне горелки, выше валов, как раз перед последним модулем зоны обжига.

Другой, менее технический, все же практически значащий метод состоит из ограничения ± 0 точек давления между частичным вакуумом подогревания и давления зоны горения.

В любом случае, давление печи не должно превышать предел приблизительно 0.3 мм, и тяга должна быть сбалансирована так, чтобы пары, произведенные в зоне горения, не были оттянуты к выходу плитки печи: последний может увеличить топливное потребление и доставить проблемы дегазирования в подогревании.

Контроль. Надлежащее управление керамической печи включает целый диапазон контроля: состав паров, переходящих к стеку, состав (или по крайней мере содержание кислорода) атмосферы в печи, скорости вентиляторов и нормы потока и т.д. Все же ключевое требование параметров контроля - давление и температура.

Давление может управляться простыми измерительными приборами, которые указывают низкие уровни давления/вакуума в различных зонах печи. Могут использоваться простые трубчатые стеклянные манометры, с одним открытым концом, связанным с окружающей атмосферой и другим концом, связанным с камерой горения специальной стойкой к высокой температуре трубой. Даже вода может использоваться как заполняющая среда, как различие в уровне относительно равновесия, указывающего градус давления или вакуума. Также используются манометры наклонной трубы, которые работают по тому же самому принципу и дают хорошее решение (до 1/20 мм). Существуют различные

приборы контроля температур, каждые использующие различные принципы измерения. Главная проблема - получение точной картины того, как высокая температура распределена между плитками, и структурой печи, в этом измерении вообще может происходить без прямого контакта, так как плитки двигаются, и палата горения большая и герметична. Одно из самых простых и самых широко распространенных приборов измерения высоких температур - термоэлектрический пирометр, также известный как термопара; он состоит из двух несходных проводников, которые соединяются вместе в своих концах, посредством эффекта Seebeck, производят термоэлектрическое напряжение между этими двумя соединениями, пропорциональными температурному различию между соединениями.

Различные типы металла соединены в зависимости от температурного проверяемого интервала. Обычно используются медь до 600 °С и сплав меди/никеля; используются до 1000 °С сплавы хрома/никеля (сromel) и сплава алюминия/никеля (alumel), в то время как для более высоких температур предпочтительны приблизительно до 1600 °С, различные платиновые сплавы с родием (Pt/Pt-Rh).

Однако, как упомянуто, проблема состоит в получении измерения "контакта": термопары вообще используются для непрерывного контроля различных зон печи и случайных материальных проверок (например, устанавливая их в валах на различных глубинах печи).

Оптические пирометры - также эффективное средство измерения температуры. Эти приборы определяют температуру очень горячей поверхности от ее раскаленной яркости; изображение поверхности сосредоточено в плоскости электрически горячего провода, и поток через провод отрегулирован, пока провод смешивает изображение поверхности.

Еще лучшее выполнение достигается с пирометром измерением луча IR. В этом случае надлежащая калибровка прибора, произведенного посредством выбора подходящей коэффициента излучаемости (ϵ), является чрезвычайно важной.

Температура плитки может быть оценена, посредством передачи некоторых керамических объектов известного отношения температурного сжимания через печь. После утомления кольцо измеряется снова и различия в размере, могут быть переведены в температуру, через таблицу преобразования. Однако, такие измерения имеют" ограниченное использование, поскольку они сильно зависят от времени, взятого для колец, чтобы пройти через печь, таким образом давая относительное, а не абсолютное определение температуры. Однако, они являются полезным контролем перекрестной секционной температурной стабильности. Имейте в виду, что неутомленный кольцевой диаметр не калиброван, так эффективное различие между необожженными и обожженными диаметрами должно быть зарегистрировано точно, без заключений, полученных только на основе обожженных диаметров.

Наконец, специально через экранированные рекордеры можно пройти печь вместе с плитками. Всюду по циклу обжига, они получают и делают запись сигналов от различных связанных термопар.

Правильное расположение термопар, таким образом, обеспечивает ценную информацию, относительно тепловой инерции плиток и распределение температуры между их внутренностью и внешностью.

Подробное описание оптимального управления печи, особенно определенное потребление топлива и электричества и т.д. не охватывается в данном объеме.

Однако, читатель несомненно найдет балансы высокой температуры на рис. 2.61 и 2.62, обеспечивающих хороший

краткий обзор того, как распределена и использована энергия. Диаграммы иллюстрируют производственные ситуации плитки с воздухом сгорания в окружающей температуре (рис. 2.61) и подогревание при 200 °С (рис. 2.62).

Ролики. Ролик - один из самых важных компонентов в печи. Как и сама печь, непосредственно, он изменился в последние годы.

Поскольку температуры горения повысились, размеры подачи обжига увеличились, и циклы горения становятся быстрее, возникла необходимость на постепенный переход с металлических роликов до керамических. Появление температур горения более чем 1160-70°С, привели, опять же, к отказу от металлических роликов, поскольку они быстро портятся при таких температурах, даже если сделаны из дорогих, качественных сталей типа INCONEL 601.

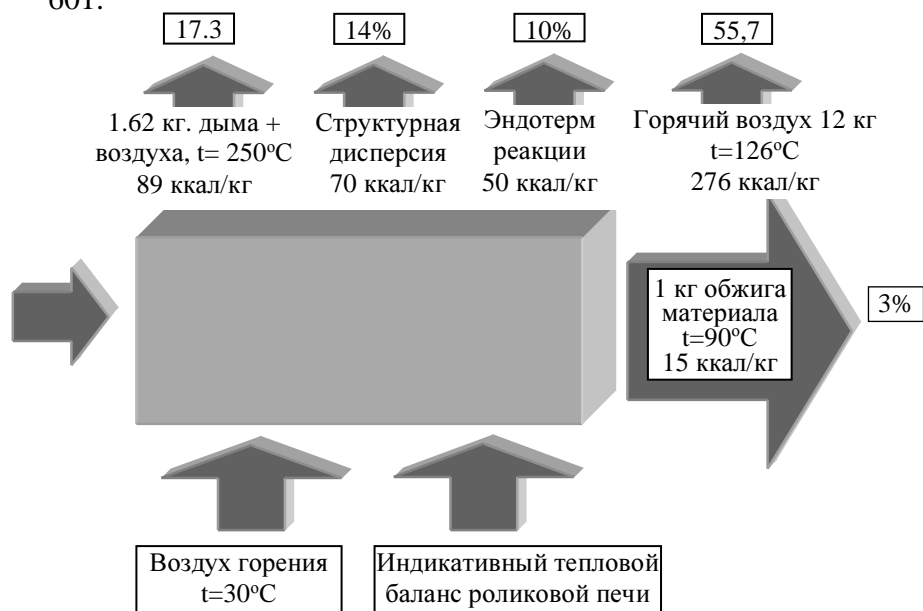


Рис. 2.61 - Приблизительный баланс высокой температуры для валового обжига с воздухом сгорания

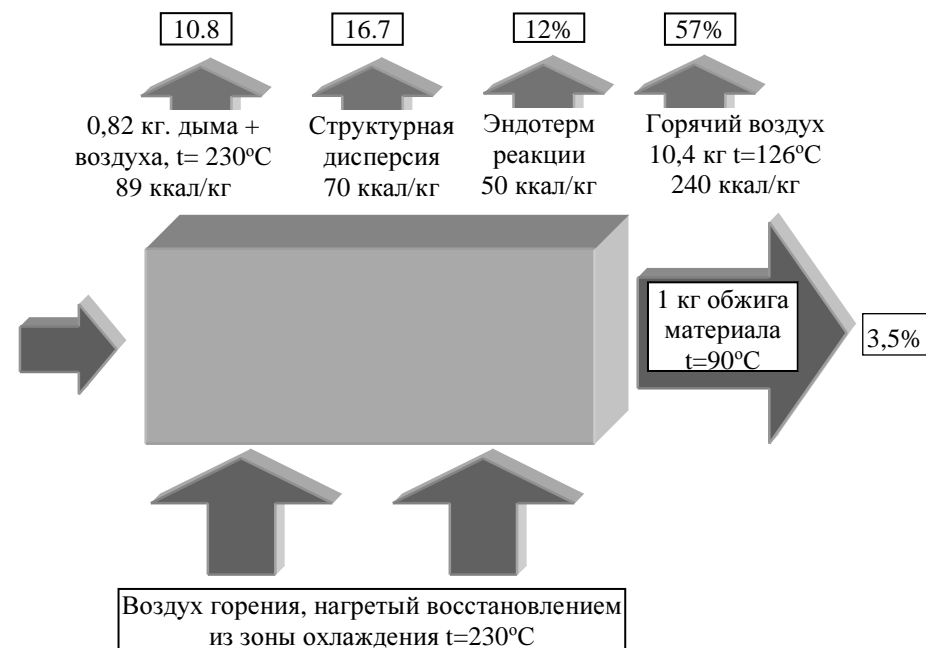


Рисунок 2.62 - Приблизительный баланс высокой температуры для роликового обжига с воздухом сгорания при $t=200^{\circ}\text{C}$

Керамические ролики имеют преимущества и по стоимости, таким образом, делая металлические ролики фактически устаревшими (они, тем не менее, иногда используются при выходе печи).

Первоначально, роликовые печи использовали только металлические ролики, от простого ролика Mannesman до безупречного стального ролика, роликов лучшего качества, используемых и как опора в обжиге.

- Mannesman для температур до 300 °С Aisi 310 S для температур до 900 °С

- Inconel 601 для температур до 1170 °С.

Металлические ролики имеют следующие преимущества:

- они легко чистятся: потому что имеют намного более высокий коэффициент расширения, чем керамические материалы, которые прикреплены к нему. Следовательно, любая керамическая пыль имеет тенденцию отделяться от роликов, когда ролик внезапно охлажден. Просто извлечение горячего ролика обычно будет достаточно, чтобы очистить его.

- нечувствительный к тепловому удару: металлический ролик не затронут экстренными отключениями печи. Нагревание требует меньшего количества предосторожностей, так что печи с металлическими роликами и внутренней изоляцией слоя могут быть включены и отключены неоднократно, даже еженедельно.

- они длительны: пока нет никаких активных химикалий в атмосфере печи.

- они остаются прямыми: это особенно важно в зонах печи с существенными различиями между температурами выше ролика и ниже ролика. Это качество происходит от хорошей проводимости, которая предотвращает дифференцированное нагревание и, таким образом, деформацию. Тем не менее, металлические ролики применяются, хотя они также имеют некоторые неудобства:

- стоимость: вообще в три/четыре раза дороже, чем керамические ролики.

- длительность: ограничена, где атмосферы печи химически агрессивны; составы серы особенно разрушительны, поскольку они реагируют с никелем в стали, чтобы формировать низкую плавку сульфида никеля; в чрезвычайных ситуациях данная реакция может перфорировать ролик только через 72 часа.

- невозможность использования в высоких температурах из-за быстрого разрушения и изгибов, которые имеют место при температурах более чем 1160 °C,

таким образом, исключая их использование в изготовлении отдельных плиток и изделий фарфора вообще.

Так как вышеупомянутое представляет только узкий диапазон изготовителей продукции промышленности, вообще предпочтительно оптимизировать тела, улучшить нижнюю сторону плитки, выполнение чистки и улучшить полный контроль печи, чтобы не использовать металлические ролики.

Керамические ролики. Развитие технологии производства керамических плиток и появление новых типов керамической плитки привели к параллельным разработкам физических, химических, керамических составов роликов.

Формулировка новых составов ролика для использования с высокими температурами, более быстрыми циклами и большими плитками, дает возможность уменьшить деформацию плитки, особенно дефекты поверхности. Производители ответили на эти потребности, обеспечивая определенные виды роликов, которые отвечают и высокой температуре, и типу материалов, эти ролики могут быть использованы и при транспортировке.

Соответственно, ролики той же самой категории, сделанные различными поставщиками могут иметь различные формулировки, различия в долговечности и подразделяются на следующие классы:

- стандартные ролики
- полутехнические ролики
- технические ролики
- специальные ролики.

Поскольку расход логически изменяется от одной категории до другой, это стало обычной практикой, чтобы использовать различные типы роликов в различных зонах печи, чтобы содержать инсталляционные затраты.

Сырье и формулировки. Изготовители используют сырые и полузаконченные материалы высокого качества, которые имеют значительное влияние на заключительную стоимость.

Следующие таблицы показывают стандартные составы для наиболее обычно используемых роликов:

Таблица 2.25 Состав ролика

Сырье ролика	Стандартный кордиеритный ролик	Стандартный MULLI-TIC ролик	Полутехнический/технический
Оксид алюминия	50-55	60-65	50-55
Цирконий -муллит	-	-	10-15
Глины	10-15	10-20	10-15
Каолин	10-15	15-20	10-15
Тальк	5-10	-	-

Кристаллические стадии в роликах

Фазы	Стандартный кордиерит	Стандартный муллит	Полутехнический	Технический
Муллит	30-35	52-58	68-74	65-70
Корунд	35-40	34-38	18-22	20-25
Кордиерит	15-18	-	-	-
Шпинель	0-3	-	-	-
ZrO ₂	-	-	4-6	5-10
Стекловидная фаза	4-6	5-10	2-4	1-3

Обжиг роликов в различных циклах и температурах заставляет стадии кристаллизации формироваться в различных количествах и качествах, таким образом, это определяет характеристики законченного ролика.

Основные общие причины поломки ролика. Ролики по существу ломаются из-за механических проблем. Будучи сделанными из керамики, ролики довольно хрупкие и механические напряжения, типа ударов или чрезмерного давления, могут повредить их даже когда они новые. Следовательно, они должны быть обработаны с осторожностью, начинающейся с их удаления от упаковки.

Другая задача, требующая должной осторожности и внимания — это очищение: это сделано, используя специальный механизм, которая должна быть отрегулирована точно так же, не подвергая напряжению ролика. Есть также риск поломки, когда ролик вставлен в печь: если это не было полностью высушено, внезапный выпуск воды мог бы серьезно повредить это.

Утомление. Как упомянуто выше, коммерчески доступные ролики отличаются в терминах минералогической конституции и максимума рабочей температуры. Изготовители ролика снабжены таблицами, которые иллюстрируют эти пределы: все же температура - действительно не больше, чем индикатор относительно эксплуатационных пределов, поскольку последний также зависит от груза ролика, характеристики обжига и характеристики запускаемого материала.

Механическое напряжение на ролике может быть рассчитано посредством следующей формулы:

$$\delta(N/mm^2) = M/W$$

где

$$M = (P1 L/8) + [P2 (2L-I)/8]$$

$$W = \pi/32 (De^4 - Di^4) / De$$

M = статический момент (Nмм)

W = сила модуля (мм³)

P1 = вес ролика между поддержками (N)

P2 = величина загрузки (N)

L = расстояние между типичными держателями (мм)

I = ширина груза (мм)

De = внешний диаметр (мм)

Di = внутренний диаметр (мм).

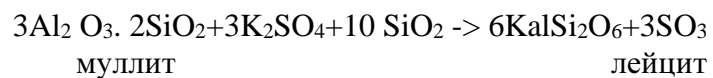
Химическая агрессия. Это - главная причина ранней поломки роликов. И она может произойти в печи в течение обычного действия, когда ролики извлечены для

очистительных целей или в случае чрезвычайной остановки, а также в результате плановой остановки – для обслуживания. Повреждение представляет собой форму продольной трещины - несколько десятков сантиметров длинных или поперечных трещин, которые отделяют ролик в несколько цилиндров, каждый длиной 15-20 см.

Поломка обычно происходит в секции печи длиной приблизительно 10 метров, расположенной между зоной подогревания и началом зоны обжига, где диапазон температур приблизительно от 680 °С до 880 °С.

Состав солей, главным образом K_2SO_4 и $K_3Na(SO_4)_2$, указывает на присутствие щелочных и серных паров в атмосфере печи: прежний происходит из запускаемого материала, в то время как последний имеет их происхождение, главным образом, в топливе.

Глубокие изучения были выполнены, где сырье было глиной с высоким растворимым содержанием соли, составленным из сульфата натрия и меньших количеств сульфата кальция и комплекса калия и солей натрия ($SO_3=0.8\%$). Ролики были подвергнуты воздействиям щелочей, главным образом, калием, заканчиваясь формированием стадий кристаллизации типа лейцит, кальцилит и санидина. Некоторые теории говорят о той щелочной агрессии, когда сульфат калия размещен на поверхности и порах роликов, и реагирует с муллитом, содержащимся там следующим образом:



Меры предосторожности. При нормальном рабочем состоянии продолжительность работы ролика может максимизироваться и оптимизироваться просто, соблюдая следующее.

- Всегда сушить ролик, насколько это возможно, перед вводом их в печь. Желательно сушить их в предпечи, так как размещение их выше или рядом с печью нежелательно.

- В целях предотвращения проникновения влажности, ролики всегда хранят в теплом, сухом месте, и ни в коем случае, на открытом воздухе.

- Чтобы гарантировать гомогенное нагревание по полной длине ролика, ввод должен быть выполнен должным образом только квалифицированным персоналом.

- Скорость вращения горячего ролика в течение извлечения и вставки должна быть близка, насколько это возможно к стандартной управляющей скорости. После извлечения ролик должен держаться, поворачиваясь в течение нескольких минут.

- Извлеченные ролики не должны входить в контакт с холодными металлическими частями; они должны быть обработаны инструментами, изолированными керамическим волокном. Чтобы останавливать ролики, особенно технические, которые охлаждаются слишком быстро, они должны быть охвачены керамическим волокном.

- В зонах максимальных температур, ролики, удаленные для того, чтобы их очистить, должны быть заменены новыми. Очищенные ролики должны вновь устанавливаться к началу обжига, на места чистых, которые будут перемещены в максимальные температурные зоны. Температура ролика не должна понизиться ниже 500 °С в течение всей этой процедуры.

- Химическая агрессия, вызванная "эффектом дымохода" в полости ролика может быть уменьшена керамическим волокном.

- Чтобы минимизировать очистку ролика и предел (в максимально возможной степени) формирование корок,

ролики могут быть ангобированы. Задняя часть плиток, для этого, должна быть ангобирована. Могут использоваться следующие типы ангобирования.

Обратное ангобирование для карбонатной пористой плитки и плитки фарфора (может также использоваться для ролика ангобирования):

Обезвоженный оксид алюминия	80.0 %
Каолин	20.0%

Обратное ангобирование для остеклованных плиток (только для плиток, а не для роликов):

NHYDROUS оксид алюминия	12%
Магнезит ($MgCO_3$)	88%

Универсальный ангоб для роликов:

Сломанные ролики	80%
Каолин	20%

Подготовка и методы для всех типов ангоба:

- Размол остатка: 1.0 % на 45 сетях микрона

- Склеивание: 0,3 % СМС

- Вода: 68-72%

Прикладная плотность: 1100-1200 г/литр

Исходя из современных научно-технологических положений и основных требований к обжигу путем моделирования изучалась кинетика диффузионных физико-химических и теплотехнологических процессов, протекающих при термической обработке керамогранитных материалов и их глиняных составляющих компонентов. При этом получены следующие основные результаты:

1. На дифференциальных температурных полях модельного образца каолиновой глины (2.47 а) наблюдаются два эндотермических и один экзотермический эффект, соответственно в пределах температур 150-450, 550-800 и 900-1000 °С.

Первый эндоэффект связан с удалением физически (остаточной) и физико-химически связанных вод, а второй, более интенсивный, - химически связанной воды.

На аналогичных кривых нагрева образца из монтмориллонитовой глины (рисунок 2.48 а) также наблюдаются два эндоэффекта, соответственно в пределах температур 150-400, 600-900 °С, где первый значительно интенсивнее второго.

Указанные процессы сопровождаются диффузионными процессами соответствующей интенсивности, о чем свидетельствуют массообменные кривые этих образцов (рисунки 2.47 б, 2.48 б).

На кинетических кривых обжига образцов из монтмориллонито-каолиновой глины наблюдаются аналогичные тепловые эффекты и диффузионные процессы, характерные двум предыдущим глинам, но менее интенсивные (рисунки 2.49 а,б).

2. По характеру физико-химических превращений, протекающих при нагревании керамогранитных материалов цикл их обжига разделен на два периода. Первый период включает температурный интервал 100-1100 °С, где в основном происходят вышеприведенные физико-химические превращения, характерные глинистой части смеси в зависимости от содержания первой в составе керамогранитных материалов. В данном периоде также происходит некоторое изменение в кристаллической решетке полевого шпата (500-1100 °С) и полиморфные превращения кварца (573 °С).

Во втором периоде (1100-1250 °С) происходит твердофазное, жидкофазное спекание и формирование

плотной и прочной структуры керамогранита. Результаты исследования этих процессов приведены в следующем разделе работы.

3. Получены обобщенные кинетические данные для первого периода обжига керамогранитных материалов на базе технологических составов смесей из местного сырья (табл.2.22 и 2.23). При этом первый период обжига керамогранитных материалов по характеру изменения дифференциальных температурных полей и массообменных кривых модельных образцов (рисунки 2.50 и 2.51) разделен на три участка, соответственно 100-500 (1 участок), 500-900 (2 участок) и 900-1100 °С (3 участок). Для каждого характерного участка экспериментально делались допустимые и оптимально рекомендуемые значения эффективного значения Фурье ($Fo_{эф}$) теплопереноса (табл.2.22 и 2.23). Полученные обобщенные кинетические данные позволили установить научно-обоснованные режимы обжига натуральных (промышленных) керамогранитных плит различного размера.

2.5 ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ КЕРАМОГРАНИТА

При всей важности рассмотренных в предыдущем разделе физико-химических процессов, происходящих в первом периоде термической обработки керамогранитных смесей, основу технологии обжига и структурообразования этих материалов составляет процесс спекания протекающий в основном во втором периоде обжига (1100-1250 °С).

В результате спекания керамогранитный материал превращается из конгломерата тонкодисперсных частиц, компонентов смеси, слабо связанных между собой преимущественно силами трения и адгезии, в единое твердое каменное тело, скрепленное вновь возникшими прочными связями- межатомными силами, действующими в кристаллической решетке, в стекловидном веществе и соответствующих пограничных слоях. Тем не менее, процессы спекания в значительной мере зависят от исходной структуры, условия подготовки компонентов смеси и формования (прессования) полуфабриката. Сначала остановимся на некоторых исходных факторах, включающих процессы формирования конечной структуры керамогранита.

2.5.1 Исходные факторы формирования физических и структурных свойств керамических материалов

Многие свойства сырья, обожженного или нет, связаны с его химическим и минералогическим составом. Хотя другие параметры, такие как размер и форма частиц, их структура и способ, которым они контактируют друг с другом, - сама структура керамической массы – имеют не меньшую важность. Подобные факторы существенно влияют на химические и физические изменения, которые происходят при наличии потребляемой энергии, связанной

с обжигом. По этой причине, большинство керамических материалов должны дробиться до размеров, которые оптимизируют последующие производственные процессы: эта цель может быть достигнута при помощи ряда методов, в целом известных как измельчение.

Процесс измельчения состоит из приложения энергии к частицам до тех пор, пока они не раздробятся или разделяться для формирования более мелких частиц: реактивность отдельных частиц, конечно, будет варьироваться в зависимости от сопротивления сжатию и изнашиванию, прочности, эластичности и характеру частиц, продиктованным типом отложений, их разломом и общей геологической историей (давление, температура и т.д.).

Не описывая подробно принципы процесса дробления, рассмотрим основные способы измельчения. Дробление или прессование частиц между очень твердыми поверхностями в дробилке. В теории эффективность данного вида измельчения варьируется в зависимости от сопротивления сжатию керамического материала, хотя неправильная форма частиц также существенно влияет на силы, которые дробят их. Дробление в целом образует относительно равномерные по размеру частицы и немного порошка.

Растирание частиц, при котором измельчение происходит при трении и дроблении частиц друг о друга и использовании фиксированной или подвижной среды растирания, вытекающее в постепенное уменьшение среднего размера частиц и одновременное образование тонкого порошка и соответственно более широкого гранулометрического состава.

Ударное разрушение включает новые принципы измельчения: сила прилагается к краям/углам частиц и, таким образом, эффективно действует вдоль линий «разлома» в самих частицах. Разлом обычно происходит

вдоль естественных линий ослабления структуры (связанных с минералогическим характером материала) или при столкновении с отличными минералами.

Вообще говоря, машины для измельчения сырья используют комбинацию вышеописанных принципов. Основная проблема заключается в резком падении эффективности растирания при уменьшении размеров частиц. Поэтому обычно используют отсеивающие системы с обратной подачей, которые фильтруют уже измельченный материал по мере его формирования.

Гранулометрический состав. Сырье, состоящее из частиц различного размера и формы, можно определить, как сыпучую систему: гранулометрический состав гранул в подобной системе чрезвычайно важен, хотя его весьма трудно измерить.

Если бы они были совершенно сферичными, было бы легко сортировать их по размеру и гравиметрии (принимая постоянную сферическую плотность): хотя для глинистой системы вопрос более сложный, поскольку трудно точно определить, что подразумевается под термином «частица». Хотя уже описано, что глина состоит из чрезвычайно мелких частиц (мицелл), также известен факт, что данные мицеллы, в керамических массах и самом сырье, скопляются, таким образом, затрудняя изоляцию в своей свободной форме.

Частицы, образованные при растирании глины, будут в значительной мере состоять из небольших агломератов неправильной формы и различным поверхностным/периферийным зарядом, что влияет на поведение в водной суспензии и во время обжига.

Первая проблема при попытке измерить размеры керамических частиц их распространение – должна решаться при помощи обращения к размерам отдельных частиц или же, наоборот, агломератов.

Подобным образом, выбор дисперсных систем предварительного анализа будет иметь решающее значение, поскольку они могут разрушить агломераты/частицы или даже вызвать дальнейшую агломерацию: анализ размеров частиц в материале, рассеянном в воде с реологическими добавками, приводит к результатам, которые в значительной степени отличаются от измерений, выполняемых для того же порошка в его сухом состоянии.

Дальнейшее измельчение основывается на огромном разнообразии гранулометрических размеров в пределах керамической массы, особенно если она была измельчена сухим способом: однако, даже материал, измельченный влажным способом, содержит частицы с размерами от нескольких десятых $\mu\text{м}$ до десятков мм , и не существует инструментальных возможностей обеспечить надлежащую точность в таком широком диапазоне.

Наконец, форма частиц измельченного керамического материала, особенно глинистого, далека от сферической формы, а зачастую бывает пластинчатой.

Такие частицы смешиваются с другими материалами, разрушаемые для формирования частицы, которые будут иметь существенно различающуюся плотность.

Тем не менее, использование статистической оценки и поправочных уравнений для формы частиц, которые дают эквивалентные сферическим диаметры, делает возможными надежные измерения гранулометрического состава твердых частиц в суспензии (обычно в водном растворе) для оценки поведения комбинаций во время измельчения, формирования, сушки и обжига.

Основные методы размерной классификации перечислены в следующей таблице, которая располагает методы в соответствии с минимальным и максимальным обнаруживаемым размером.

Таблица 2.26 - Методы размерной классификации

Метод	Интервал выявления, $\mu\text{м}$
просеивание	>50
микро-просеивание/фильтрация	0,2-50
оптический микроскоп	25-2500
SEM – электронный микроскоп	0,5-1000
AFM – атомный микроскоп	0,001-5
осаждение	1-50
отмучивание	2-50
центрифугирование	0,05-5
рентгеновская дисперсия	0,05-100
лазерная дифракция	0,05-200
газопроницаемость	0,1-300

Порошковая классификация всегда выражается согласно национальным стандартам на основе эквивалентной классификации решетки, в соответствии с ISO (международные), BS (британские), UNI (итальянские), DIN (германские), NF (французские) значениями. Однако, классификация MESH ASTM (США) широко используется по всему миру. Эквивалентные размеры представлены далее.

Вышеприведенная таблица показывает ограничения методов просеивания. Использование этих методов ограничено весьма приблизительным исключением: с другой стороны, гидродинамические методы, долгое время используемые для более тонкого анализа, сложные и длинные (особенно, что касается мелких частиц). Лучшим компромиссом является применение взаимодействующих инструментов коротковолнового падающего излучения (рентгеновского или лазерного) по модификациям закона Стока.

Таблица 2.27 - Эквивалентные размеры

Отверстие A.S.T.M	Микрометр ($\mu\text{м}$)	Отверстие / см^2
5	4000	3
6	3350	4
7	2800	6
8	2360	9
10	2000	11
12	1700	14
14	1400	19
16	1180	26
18	1000	35
20	850	50
25	710	75
30	600	100
35	500	140
40	425	200
45	355	270
50	300	380
60	250	590
80	180	1100
100	150	1600
120	125	2400
170	90	4700
200	75	6200
230	63	9500
270	53	12350
325	45	18200
400	38	26000

Он выражается следующим уравнением:

$$V = \frac{2(\rho_1 - \rho_2)gr^2}{9\pi}$$

где V - скорость падающей частицы в см/сек, получается из значений: η вязкости растворной среды [вода = 0.013 (10 °C), 0.010 (20 °C), 0.008 (30 °C) пуаз], ρ_1 - плотность частицы, ρ_2 - плотность растворной среды, g - ускорение свободного падения, r - радиус частицы, принятый как сферический (см).

При постоянной температуре, когда все постоянные параметры известны и измерена скорость осаждения комплекта частицы, можно рассчитать средние размеры самих частиц.

Применив уравнение Стока для частицы с плотностью примерно 2,5 г/см³ и диаметром 1 мм, можно проследить, что она будет опускаться в воде при 20 °C, при отсутствии любого взаимодействия с самой водой, со скоростью до 1,2 см/ч. Соответствующие практические модификации в уравнение, в зависимости от реальной частицы, снижают скорость примерно на 0,3 см/час, таким образом, объясняя, сколько времени придется проводить гидрометрический анализ размеров частиц там, где требуется осаждение, по крайней мере, 20 см (т.е. ждать около 64 ч).

Какая бы система не использовалась, гранулометрический состав может быть представлен двумя графиками (рис. 2.62): реальные % больше или меньше, чем определенный размер или совокупные % против размера в логарифмическом масштабе по оси x .

Промышленное производство включает ряд тестов гранулометрического состава для обеспечения желаемого выпуска: в действительности, это необходимо для:

а) Проверки размеров сырья, предназначенного для дробления, чтобы оптимизировать контроль самого процесса.

б) Удаления крупного (ограниченного решетками) материала, неподдающегося процессу дробления, устранив или вернув его обратно для дробления.

в) Проведения ряда проверок, с соответствующим решетками, для обеспечения плавной работы насосов распылительной сушилки, распылительной сушилки, прессов и станций нанесения глазури (ангоба) шелкотрафаретной печати вдоль производственной линии.

Все это в значительной степени основано на принципе «не больше чем...» при использовании соответствующих решеток. Поэтому важно прояснить, с практическим акцентированием на дроблении (и гомогенизации), влияние различных переменных размера частиц на процесс и характеристики, и классификацию готового продукта.

Понимание и контроль гранулометрического состава нужен для обеспечения оптимальной текстуры керамической массы и равномерности, а также требуемой пористости, удельного веса и модуля упругости при разрыве.

Текстура материала существенно зависит от типа и степени дробления. Это объясняется тем, что дробление изменяет размер и форму отдельных гранул, и способ, которыми они связаны, таким образом, влияя на «укладываемость» частиц и конечную плотность.

Различные исследования максимально достижимой плотности размещения были проведены в отношении систем шаровидных частиц с не частичной деформацией и для изоморфных сферических систем: данные исследования показали идеальное распределение, которое имеет два возможных решения: «открытое размещение» со сферами, расположенными по кубической симметрии, когда пустые зазоры насчитывают 48 % от всего занятого объема, и «закрытое» тетраэдрально-симметричное расположение с зазорами, насчитывающими всего 26 % от всего объема.

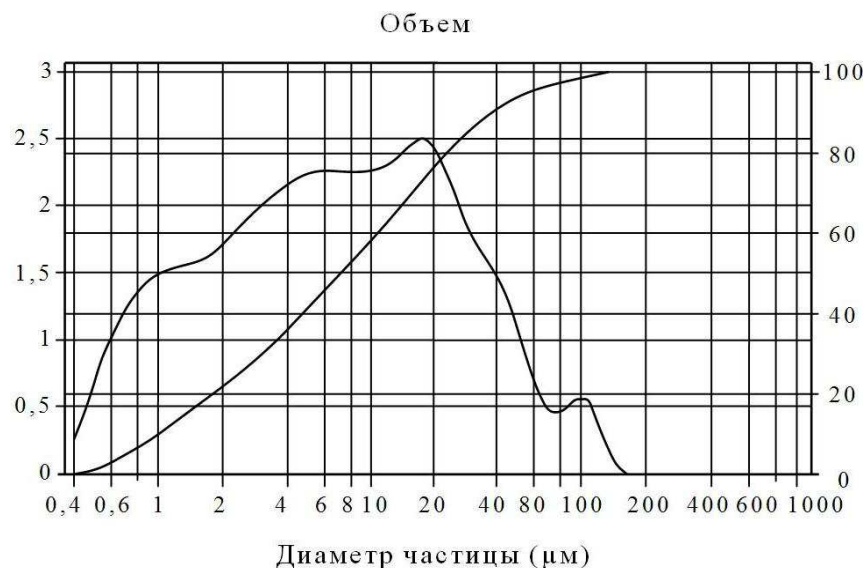


Рис. 2.62 - Кривые дифференциального и совокупного гранулометрического состава.

Системы, характеризующие смеси различных, всегда сферических гранул, обуславливают более сложные теоретические модели, которые чрезвычайно оптимизируют использование пространства: например, трехмодульная система, основанная на соответствующим образом калиброванных сферах (обладающими предполагаемым отношением диаметров 50:8:1) с большой средой (62 % объема) и маленьким (2 %) размером, будет, в теории, очень эффективно заполнять пространство, оставляя всего 5 % воздушных зазоров ($62+24+9+5=100$ %). Хотя отдельные частицы в керамической массе обычно больше угловые, чем сферические – может быть применен объясненный выше принцип – за исключением случаев, когда частицы чрезвычайно удлинены в одном направлении – поскольку приемлемо, хотя и не точно, существование множества других неудобств, связанных с

тем фактом, что неправильная форма частиц тормозит их скольжение друг по другу. С другой стороны, эта неправильность будет, статистически, вызывать возможность формирования более интенсивных областей более плотной агломерации и, в конце концов, снижение средней пористости.

В целом, процесс измельчения, который включает начальное ударное дробление с последующим абразивным измельчением (в шаровой мельнице), дает оптимизированные результаты в отношении достижимой плотности, особенно когда обработанный материал имеет различную твердость и плотность: это допускает совместное существование относительно крупных частиц (полевой шпат, кварц и т.д.) и других с намного меньшим гранулометрическим составом (например, глина). Очевидно, что системы контроля гранулометрического состава, состоящие из только одного просеивания (так называемый остаток на сите) служит только для определения того факта, остается ли производственная деятельность, включающая данную технологию, в пределах операционных параметров. Рис. 2.63 показывает две керамических массы (кривые гранулометрического состава которых показаны) с идентичным остатком примерно 2 % при 63 μm: хотя очевидно, что они существенным образом отличаются в отношении гранулометрического состава, поскольку керамическая масса А обладает распределением Гаусса примерно 15 μm, а керамическая масса В – бимодальным распределением примерно 0,6 μm со средним размером около 9 μm. Технологическое поведение двух керамических масс, которое кажется одинаковым лишь в свете анализа остатка, в действительности, будет радикально отличаться, поскольку В более компактная, чем А.

«Неукладываемость» дробленого сырья и силы, прикладываемые во время процесса формирования

(прессовка, экструзия), делают производство керамической массы без какого-либо пустого пространства совершенно невозможным, вне зависимости от того, какой точной может быть селекция и гранулометрический состав.

Все керамические материалы, за исключением некоторых видов стекла, имеют поры и пустые пространства: пористость материала определяется количеством содержащегося в нем воздуха. В научной литературе представлены шесть различных видов пористости (рис.2.64).

Существует два типа закрытых пор: сформированные прессовкой полуобработанного изделия и произошедшие от открытых пор, которые уплотняются материалом, который плавится или формируется во время обжига. В обоих случаях, но главным образом в последнем, закрытые поры заполнены воздухом, водяным паром, SO_2 , CO_2 или CO или даже O_2 . При нагреве керамической массы давление внутри пор увеличивается и прилагает значительное усилие по отношению к окружающему твердому материалу: это может привести к растрескиванию, расслоению и даже взрывам, пока материал остается твердым (низкая температура), но когда последний начинает смягчаться при температурах близких к температуре витрификации и за ее пределами, давление, оказываемое запертым газом, может привести к расширению самого материала и создать пузырьки, которые, в свою очередь, сформируют новые макроскопические поры.

Впадины или «булавочные отверстия», видимые на обожженной глазури, часто происходят также из-за закрытых пор: они формируются карбонатами, сульфатами и другими обусловленными пиролизом составами, которые выделяет газ при высоких температурах: если это происходит в то время, когда стекло в глазури почти стало пластиком, глазурь блокирует выход таких газов.

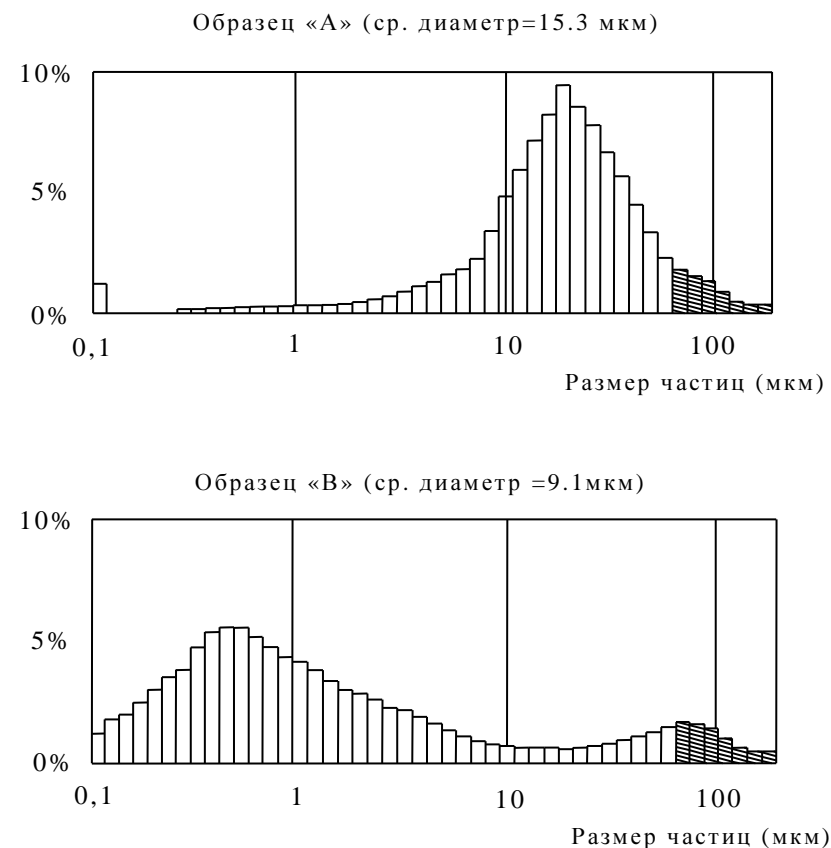


Рис.2.63 - Анализ гранулометрического состава двух керамических масс, обладающих одинаковым остатком, но различными гранулометрическими составами

Открытые поры (т.е. соединенные с поверхностью капиллярными каналами различной длины и ширины) могут формироваться вследствие исходной конфигурации расположения частиц, удаления водяных паров во время сушки или начальных стадий обжига, удалением газа во время обжига, микроструктурных изменений во время

сушки и т.д. Наличие таких пор тесно связано с размером частиц керамической массы и их расположением.

В целом, поскольку жидкости (дождевая вода в отношении устойчивости к замерзанию и чернилам, маслу и т.д. для параметров окрашивания и очистки) могут проникнуть и покинуть открытые поры, то для обжигаемого продукта предпочтительнее иметь открытые поры очень большого ($>300 \mu\text{m}$ для обеспечения легкой эвакуации воды или введения моющих растворов) или очень маленького диаметра ($<40 \mu\text{m}$, чем меньше тем лучше), чтобы затруднить проникновение жидкости и предотвратить захват воды при замерзании в результате чрезвычайно сильных капиллярных сил: отсюда следует, что материалы со значительным количеством открытых пор среднего размера (от 40 до 300 μm) остаются под угрозой.

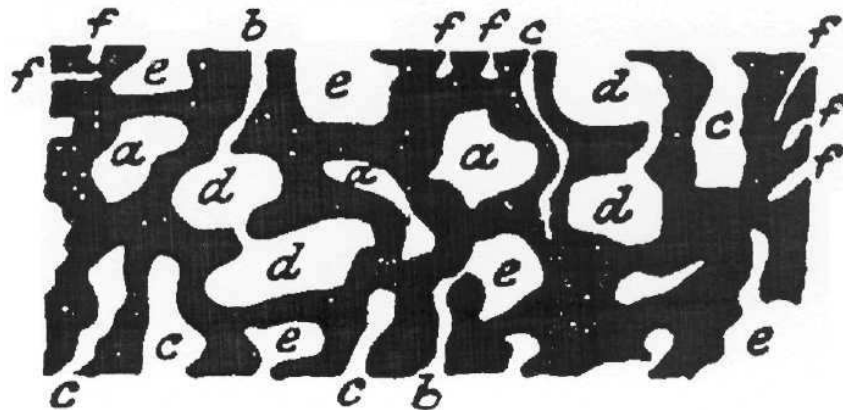


Рис.2.64- Различные типы пористости. (Гримшоу, Химия и физика глины)

- a) *Закрытые поры,*
- b) *Капиллярные каналы, соединяющие закрытые поры*
- c) *Глухие поры*
- d) *Взаимосвязанные поры*
- e) *Открытые поры*
- f) *Микropopы (столь маленькие, что не допускают попадания воды или других жидкостей).*

Такой широкий диапазон сценариев делает возможным измерение двух различных параметров керамической массы: общую и кажущуюся пористость.

Фактическая (реальная) пористость керамической массы – это отношение объема всех (открытых и закрытых) пустых пространств к общему объему, тогда как гораздо чаще используется параметр кажущейся пористости, который определяется как отношение между объемом воды, которую может абсорбировать керамическая масса при определенных условиях (во время длительного кипячения или вакуумной обработки), и общим объемом изделия.

Подобные типы пористости несомненно будут зависеть от размеров, формы и расположения частиц, химического характера материала, составляющего керамическую массу, и применяемой технологической обработки во время производства: зачастую недооцененный параметр – это внутренняя пористость отдельных частиц.

В зависимости от минералогического образования, глины обладают в значительной степени различными структурами с межслойными пространствами, лежащими в диапазоне от 5 до 20 или более Å ; в этом отношении они существенно отличаются от кварца или других частиц плотных материалов.

По этой причине, керамические массы с глинистой основой, содержащие большое количество песка и полевого шпата, особенно если последний имеет соответствующий гранулометрический состав, будут менее пористыми, чем те, которые обладают преимущественно глинистой керамической массой.

Кроме данных морфологических свойств, текстура керамической массы и гранулометрический состав будут играть важную роль в физической и химической

реактивности во время обжига, как это будет проиллюстрировано далее.

Любое изменение гранулометрического состава, в действительности, будет влиять в дальнейшем на площадь специфической поверхности порошков и повлияет немедленно на межчастичные поверхности, резко увеличивая площадь поверхности реактивности, которая из-за жидкостных реакций между твердыми элементами или между твердыми и вязкими элементами (высокотемпературные керамические массы) имеет первичную важность для соответствующей агломерации.

Пример на рис.2.65 показывает матрицу керамической массы, состоящую из относительно крупных частиц полевого шпата (П) и кварца (К), содержащихся в кирпичеподобных структурах глинистых частиц:

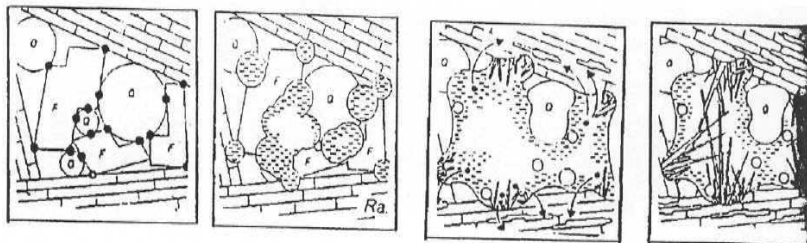


Рис.2.65 - Прогрессивная гипотеза реакции синтеза

Процесс агломерационного обжига начинается при температуре контакта частиц, когда впервые начинает проявляться флюсующее действие полевого шпата (черные точки на крайнем левом рисунке).

Следуя за исходной реактивностью, которая стремится вовлечь более мелкие частицы в более тесный контакт с флюсующими агентами, формируется жидкостная фаза: она продолжает вовлекать, частично, окружающую глинистую структуру.

Во время процесса, и особенно во время остывания, формируются кристаллические нео-фазы и укрепляют феномен агломерационного обжига в массе.

Важность гранулометрического состава в керамическом производстве не ограничена лишь необходимостью соответствующего измельчения: также должен быть надлежащий контроль порошковых агломератов с низким влагосодержанием (3-6%).

Подобные порошки могут образовываться при сухом измельчении (т.е. с плотными, неправильными по форме и зачастую острыми по краям твердыми частицами) с последующим соответствующим добавлением воды, или при влажной обработке с последующей распылительной сушкой, которая образует (иногда полые) гладкие сферические частицы, которые могут агломерироваться.

В обоих случаях важно, чтобы порошки плавно перетекали из бункера в подающее устройство пресса без сегрегации и заполняли полость пресса как можно равномернее: для этого они должны быть гранулированы соответствующим образом.

Размер гранул чрезвычайно важен для достижения после прессования «сырой» плитки, которая равномерно спрессована и не имеет дефектов.

В обоих предыдущих (гранулометрический состав естественный или вызванный измельчением сырья) и в последнем (гранулометрический состав полуобработанных изделий) случаях, важно оценить относительное количество различных классов гранул, для обеспечения наилучшей смеси и оптимальной компактности.

Влияние воды на структурообразование керамики. Вода играет жизненную роль в керамике. Большинство видов керамического сырья являются осадочными по природе и сформированными в водной среде.

Много ключевых минералов имеют вторичное происхождение, обусловленное вызванной водой эрозией материнской породы.

Кроме того, вода добавляется в большинстве стадий процесса керамического производства, чтобы помочь завершению форменных полуобработанных изделий.

Хотя вода оказывает существенное воздействие на любой тип сырья, она играет особенно важную роль для глины благодаря вышеописанным структурным характеристикам: они включают межчастичные пространства и электростатические заряды, которые делают возможным интенсивное взаимодействие с водными молекулами, которые, из-за того, что кислород и водород имеют различные электронные свойства, могут быть увидены как маленькие диполи с частичным отрицательным зарядом на О и частичным положительным зарядом на Н.

Когда вода смешивается с порошками в количествах, приблизительно равных пятой части непосредственного веса порошка, получаются пластичные керамические массы. Если эта пропорция возрастает до значения между третьей частью и половиной, результатом становятся суспензии чрезвычайно дифференцированных реологических характеристик: учитывая размеры глинистых частиц, они могут рассматриваться как коллоидные суспензии.

Учитывая сложную природу воды, эти "основные" межслойные электростатические взаимодействия сопровождаются другими, зависящими от структурных или химических нарушений, в целом, влияющих на поверхность частиц:

- a) Искаженные ионные группировки
- b) Нарушенные поверхностные связи, ненасыщенные связи, скользящие и дробящие плоскости

c) Катионы ненасыщенного заряда или катионы, которые создают зарядные дефекты в кристаллической решетке и т.д. Если основная плоскость кристаллической решетки теоретически находится в электрическом равновесии, а поверхность, наоборот, имеет избыточный/недостаточный заряд (в основном вызываемый высоким числом атомов кислорода - в керамическом материале), то разлом будет в значительной степени нарушать такое равновесие, развивая различные сценарии притяжения/отталкивания, включающие водные молекулы (рис.2.66).

В целом, тем не менее, поверхности частицы считаются достаточно заряженными, чтобы притянуть, по крайней мере, один слой воды, который остается прикрепленным сильной электростатической связью и отличается от свободной воды, поскольку является более плотным (подобно льду): этот первый слой молекул, ориентируемых согласно притяжению частицы на диполе, известны как «двойной электрический слой» и были изучены и характеризованы существенным образом. Он изменяется по толщине приблизительно от 7 до 60 Å.

Глубокий анализ двухслойных взаимодействий не входит в данную работу. Многие эксперты интерпретируют это как своего рода молекулярный конденсатор, (zeta) потенциал которого может быть рассчитан при изучении изменения потенциальной энергии системы. Здесь мы просто исследуем макроскопические изменения, вызванные нарушением этих электростатических взаимодействий на молекулярном уровне.

Перед более подробным рассмотрением этих изменений, следует прояснить такой параметр, которым часто пренебрегают в академических работах, но который имеет большую важность в промышленной практике:

время. То есть время контакта между водой и керамическим материалом.

Это – фактор, от которого зависит завершение многих реакций: такие реакции могут иметь огромное влияние на заключительные характеристики суспензии, которая подлежит распылительной сушке или заливке, керамической массы, которая подлежит экструзии, полусухого порошка, который подлежит прессованию.

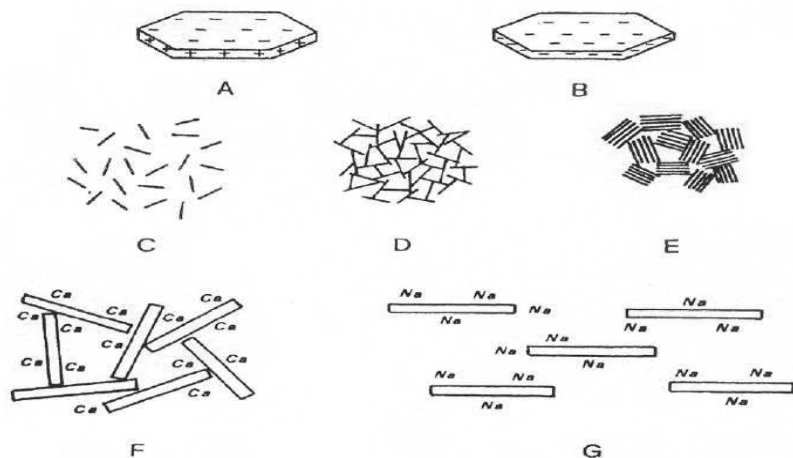


Рис.2.66 - Кристаллы каолинита с положительными и отрицательными зарядами сторон (A и B соответственно), дефлокуляцией (C), флокуляцией от края до поверхности (D), флокуляцией от поверхности до поверхности (E), флокулированной кальциевой глиной (F), дефлокулированной натривой глиной (G).

Фактор времени вовлекает и физические и химические изменения. Они лежат в диапазоне от степени гидратации, знаменательно влияющей на пластические свойства, до растворения настоящих веществ. Последнее может заканчиваться освобождением ионов, изменением pH или содействием окислению катионов в железе и сульфидах.

Другое важное – и все же часто пренебрегаемое – изменение существенных макроскопических включений – это эмиссия теплоты гидратации, которая, в глинистом сырье, может варьироваться от 0.1 до более 600 калорий на грамм, хотя обычно незначительно в другом керамическом сырье (0.0015 к/г для кварца, 0.04 для полевого шпата).

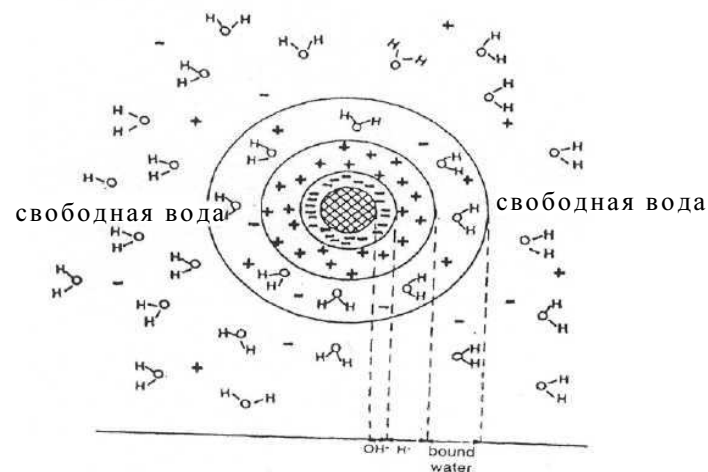
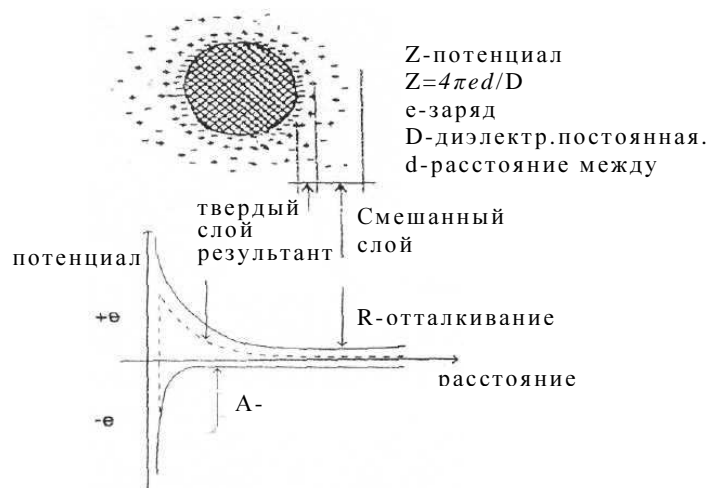


Рис.2.67 - Распределение зарядов и воды, связанной и свободной, вокруг частиц глины в суспензии. *Заштрихованная область внутри – глинистое ядро.*

Что касается водных суспензий керамических масс, то главные события, которые должны контролироваться и управляться, - это флокуляция и ее противоположность, дефлокуляция. В предыдущей, быстрое отложение осадка совокупностей "расслоенных" частицы большей плотности, легко отделенных от системы, созданы из гомогенной суспензии частиц в воде. В последней предприняты попытки содействовать дисперсии совокупностей, использующих соответствующие добавки, таким образом, получая частицы, которые остаются в суспензии в течение длительных периодов даже в отсутствии возмущения. Эта

последняя характеристика, конечно, является особенно искомой после влажного измельчения глинистых керамических масс.

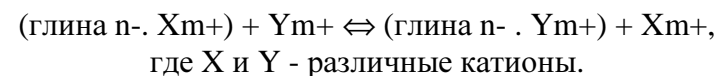


Слабый двойной слой: R слабое преобладает притягивание флокуляция

Рис.2.67 - Притягивание и отталкивание потенциалов в радиальном направлении, начиная с поверхности гранул, рассредоточенных в растворе

Оба эффекта - результат нарушения твердо-водных электрических слоев частицы: флокуляция обычно вызвана введением маленьких - и поэтому с высокой плотностью заряда - двух- или трехвалентных катионов; они могут серьезно изменять электростатическое равновесие суспензии. Дефлокуляция в целом достигается при добавлении органических или неорганических полимерных молекул, которые "изолируют" частицы друг от друга, отделяя их на основании их структурных характеристик. Здесь также, присутствие соответствующих катионов (Na^+ , NH_4^+), которые изменяют равновесие двойного слоя, помогает эффективности добавок.

Поскольку керамические частицы отрицательно заряжены, они легко притягивают положительно заряженные катионы. Стремление катионов быть абсорбированными показано для наиболее распространенных из них: $\text{H}^+ > \text{Al}^{3+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$, так что полезные катионы, такие как натриевые и калийные, имеют небольшой шанс, чтобы действовать. Эффект (который будет зависеть от отношения их зарядов и объема) может использоваться для изменения электрических характеристик суспензии или, добавляя избыток, чтобы воздействовать на обменное равновесие



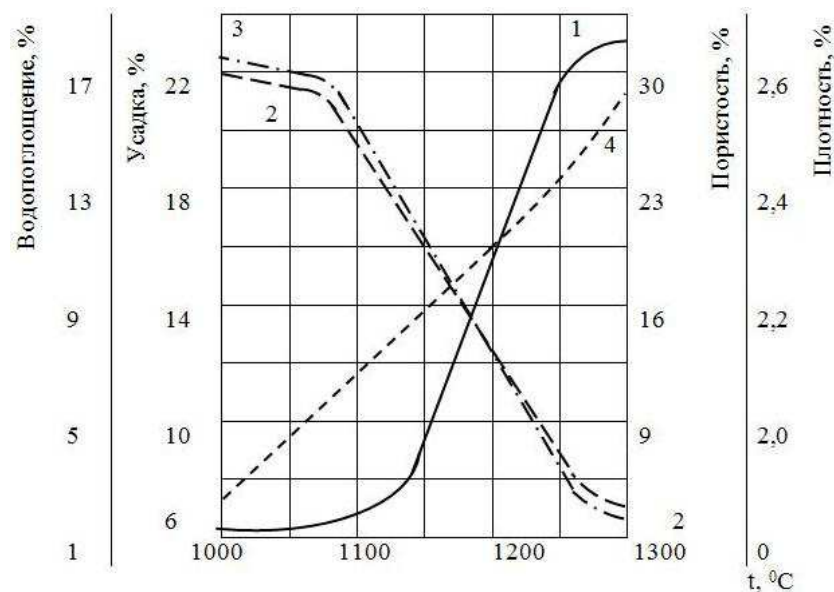
2.5.2 Кинетика усадки и уплотнения глинистых и непластичных компонентов керамогранитных смесей.

С макроскопической точки зрения кинетику процесса спекания керамогранитных материалов можно оценить через их усадки и уплотнения. Характер этих процессов в керамогранитных смесях, в значительной мере зависит от поведения глинистых и непластичных (полевой шпат, кварц) компонентов в период спекания. Кинетика усадки и уплотнения изучалась на специальной дилатометрической установке, включающей трубчатую электрическую печь с электронным программным устройством, кварцевые трубки и часовые индикаторы ИЧ (0,01) °

Модульные образцы-пластины (цилиндры) изготавливались по вышеприведенной методике. Физические характеристики: плотность, пористость и водопоглощение определялись по известным методикам [96].

Изучение кинетики усадки и уплотнения образцов из различных глин во втором периоде обжига (рис. 2.69-2.74) показывает, что их усадка и уплотнение в интервале

температур 1100-1250 °С происходит практически по линейному закону. При этом на кривых усадки глин в области температур наблюдается один небольшой излом: для каолиновых глин при температуре 1200 °С (рис. 2.69 и 2.70); для глины Кзылсайского месторождения – 1250 °С; для пластичной привозной глины (Италия) – 1150 °С (рис. 2.73) и для малопластичной глины с высоким содержанием кварца при температуре 1160 °С (рис. 2.74).



1 – кривая усадки; 2 – изменение пористости в зависимости от температуры;
3 – водопоглощение; 4 – плотность

Рис. 2.69 - Кинетика усадки и уплотнения образцов из обогащенного каолина Алексеевского месторождения во втором периоде обжига

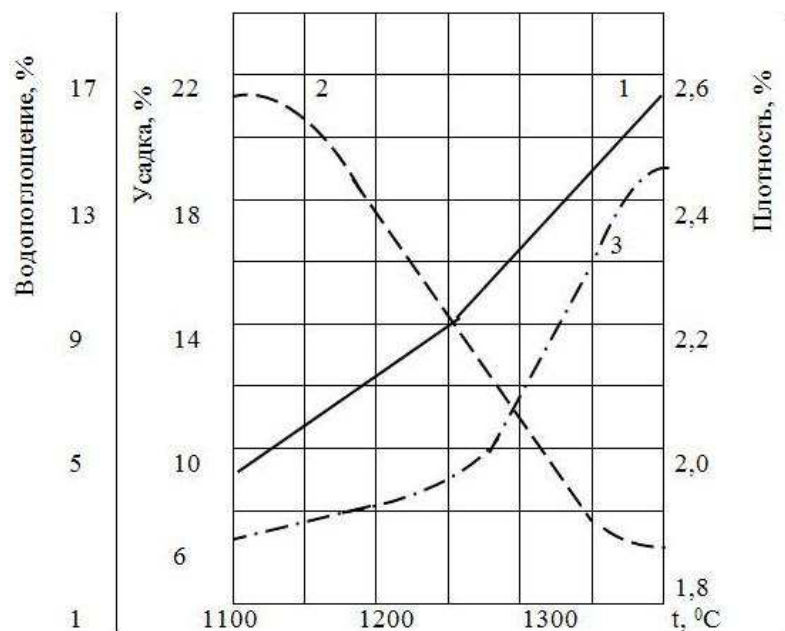
Водопоглощение и плотность глин в указанных интервалах температур также изменяется по линейному закону.

Усадочные процессы в глинах объясняются образованием новых кристаллических фаз и появлением жидкой фазы за счет легкоплавких соединений.



1 - кривая усадки; 2 - изменение пористости
Рис. 2.70 - Кинетика усадки и уплотнения каолиновой глины Сухановского месторождения при обжиге во втором периоде

Исследования физико-химических превращений в основных группах глин, происходящих в исследуемых интервалах температур. В обожженных образцах из каолиновых глин значительное количество муллита рентгенографически обнаруживается при температуре 1150-1200 °С. При повышении температуры до 1250°С количество муллита растет. При этой же температуре образуется кристобалит, содержание которого при повышении температуры увеличивается.



1 – кривая усадки; 2 – водопоглощение; 3 – плотность образца

Рис. 2.71 - Кинетика усадки и уплотнения глины Кзылсайского месторождения во втором периоде обжига

Исследования изменения в этих глинах [27] показали кристаллизацию крystalлалита при 1300 °C. При обжиге другой каолиновой глины образование муллита рентгенографически отмечается при температуре

1150 °C. При этой же температуре кристаллизуется крystalлалит. При повышении температуры обжига содержание муллита и крystalлалита растёт.

В обожженных образцах из глины крystalлалит рентгенографически отмечается только при температуре 1300°C. Кристаллизация муллита происходит при температуре 1150°C. С повышением температуры содержание муллита в обожженных образцах увеличивается. При обжиге каолиновой глины Мугоджарского

месторождения муллит и крystalлалит образуются при температуре 1150 °C. При обжиге горностаевской глины муллит образуется при температуре 1100 °C. Кроме того, в обожженных при температурах 1050-1250°C образцах из горностаевской глины кристаллизуется гематит. При температуре 1300°C он исчезает. В обожженных образцах каолиновой глины месторождения Устье-Брынкино муллит образуется при температуре 1100 °C. Количество его с повышением температуры значительно увеличивается. При обжиге глины месторождения Устье-Брынкино в интервале температур 1000-1300 °C крystalлалита не образуется вообще. От других каолиновых глин глина месторождения Устье-Брынкино отличается более высоким содержанием щелочей, которые присутствуют в ней в виде полевого шпата. Присутствие щелочей в каолиновых глинах исключает образование крystalлалита, что соответствует литературным данным, приведенным выше.

Таким образом, рентгенографические исследования показывают, что при обжиге малощелочных каолиновых глин в них образуются муллит и крystalлалит. В малощелочных каолиновых глинах с высоким содержанием Fe₂O₃ образуется гематит. Температура образования муллита и крystalлалита для различных глин различна и обусловлена природой содержащихся в них примесей. В каолиновых глинах, содержащих значительное количество щелочей (>1,5%), крystalлалита в интервале температур 1000-1300 °C не образуется.

Для каолино-гидрослюдистых глин, содержащих более 30% кварца и до 25% гидрослюда, характерно образование крystalлалита при температуре обжига выше 1250 °C. При этом содержание крystalлалита в образцах при одинаковых условиях обжига зависит от отношения кварц/гидрослюда. Крystalлалит в данных глинах, как правило, не образуется при значениях этого отношения

меньше 1,7. При обжиге каолинито-гидрослюдистых глин с содержанием кварца ниже 30%, а гидрослюды 18-20% и выше кристобалита не образуется. При обжиге глин указанного минерального состава образование муллита отмечается при сравнительно низких температурах – 1000-1050 °С. В образцах никифоровской глины, обожженных при 1100-1250 °С, отмечается кристаллизация гематита. При температуре выше 1250 °С гематит исчезает. При обжиге других каолинито-гидрослюдистых глин гематита не образуется, хотя в некоторых из них содержится более 3% Fe₂O₃.

Каолинитовые глины с примесью монтмориллонита и гидрослюды. Фазовые превращения, происходящие при обжиге глин этой группы, носят сложный характер и определяются, по-видимому, отношением глинистых минералов и содержанием примесей.

При обжиге глин со сравнительно высоким содержанием гидрослюды (спасская, новоалексеевская, искринская) образование муллита на рентгенограммах отмечается при температуре 1100 °С. С повышением температуры содержание муллита увеличивается. При обжиге глин отмечается кристаллизация кристобалита при температуре 1250 °С в весьма незначительном количестве. При увеличении температуры обжига с 1250 до 1300 °С кристобалит на рентгенограммах исчезает.

При обжиге глин с содержанием гидрослюды менее 15% (обской, берлинской, вороновской и др.) интенсивная кристаллизация муллита отмечается при температуре 1150 °С. С повышением температуры содержание муллита в обожженных образцах увеличивается. Кристобалит в обожженных образцах из этих глин рентгенографически отмечается при температурах 1150-1200 °С, с увеличением температуры обжига содержание кристобалита увеличивается.

При обжиге каолинито-монтмориллонитовых глин в интервале температур 1000-1300 °С всегда образуется кристобалит. Образование кристобалита рентгенографически отмечается при различных температурах. Температура образования кристобалита зависит от соотношения каолинита и монтмориллонита, а также от природы и количества примесей. Муллит при обжиге этих глин образуется при температурах 1000-1150 °С. Температура образования муллита, так же, как и кристобалита, зависит от соотношения каолинита и монтмориллонита, и содержания примесей. При обжиге каолинито-монтмориллонитовых глин с высоким содержанием монтмориллонита при температурах 1280-1300 °С отмечается незначительная кристаллизация кордиерита.

В этих же глинах при температурах 1100-1120 °С образуется шпинель, которая при температуре 1300 °С разрушается. При обжиге каолинито-монтмориллонитовых глин месторождения Красная Яруга, диликаурской, кумакской образуется гематит. В обожженных в интервале 1000-1300 °С образцах кумакской, нижеуевельской и владимирской глин кристаллизация гематита не отмечается. При обжиге этих глин содержащийся в них F₂O₃ переходит в стекло.

Смеси глин различного минералогического состава.

Выше показано, что одним из факторов, влияющих на природу кристаллических фаз, образующихся при обжиге глин, является их минералогический состав. Природа же кристаллических фаз оказывает существенное влияние на свойства изделий. Следовательно, изменяя минералогический состав масс путем смешивания различных глин, можно влиять на фазовые превращения и свойства изделий. В связи с этим рассмотрим результаты некоторых исследований фазовых превращений при обжиге глин различного минералогического состава. При

проведении исследований в просяновский каолин, каолиновые глины Каменского и Горностаевского месторождений, каолинито-монтмориллонитовые глины месторождения Красная Яруга Диликаурского и Кумакского добавлялись 20 и 40% каолинито-гидрослюдистой глины Федоровского месторождения. Глины перемешивались шликерным способом. Из приготовленных смесей формовались образцы, которые обжигались, а затем исследовались по физико-химическим методам

Установлено, что добавка 20% Федоровской каолинито-гидрослюдистой глины в просяновский каолин и каменскую глину снижает температуру образования муллита на 50 °С. Крстобалит в этом случае образуется только при температуре 1300 °С. Добавка 40% этой глины снижает температуру образования муллита на 100 °С. При этом в интервале температур 1000-

1300 °С крстобалит не образуется. Добавка 20 и 40% Федоровской глины в Горностаевскую каолиновую глину снижает температуру образования муллита примерно на 50 °С. При добавке Федоровской глины в Горностаевскую глину кристаллизация крстобалита не исключается, однако, содержание его в обожженных образцах значительно уменьшается, а температура начала кристаллизации незначительно повышается.

Добавка 20 и 40% Федоровской каолинито-гидрослюдистой глины в каолинито-монтмориллонитовые красноярскую и диликаурскую глины, содержащие 40-45% монтмориллонита, не устраняет кристаллизацию крстобалита, хотя содержание его в обожженных образцах значительно уменьшается. Добавка же 40% указанной глины в кумакскую каолинито-монтмориллонитовую глину, в которой содержится 15-17% монтмориллонита, полностью исключает кристаллизацию крстобалита в интервале температур 1000-1300 °С. При

20%-ной добавке Федоровской глины наблюдается незначительное образование крстобалита. В обоих случаях температура образования муллита снижается.

При обжиге многих глин жидкая фаза появляется при температуре ниже 1000°С, когда продукты дегидратации глинистых минералов по крайней мере имеют видимую аморфную структуру. При этом появлении жидкой фазы за счет эвтектических расплавов обуславливает монотонное снижение вязкости. Превращение продуктов дегидратации в новые кристаллические фазы обуславливает увеличение жесткости каркаса, вследствие чего увеличивается предельное напряжение сдвига, что при постоянном крутящем моменте вызывает повышение вязкости системы. Как известно, экзотермические эффекты на кривой нагревания обусловлены образованием новых кристаллических фаз. В работе экспериментально было показано, что максимумы или площадки на кривой вязкости глин по температуре совпадают с экзотермическими эффектами на дифференциальной кривой этих же глин. Поэтому можно предполагать, что образование максимумов и площадок на кривой вязкости и экзотермические эффекты на кривой ДТА обусловлены одними и теми же процессами. В работе приведены терморентгенограммы глин Каменского и Берлинского месторождений, снятые при равномерном нагреве со скоростью 10 °С/мин. Было показано, что кристаллизация муллита при обжиге каменской глины в указанных условиях нагрева начинается при температуре около 1250 °С, а крстобалита – около 1300 °С. Кристаллизация муллита при обжиге берлинской глины начинается при температуре около 1150 °С, а крстобалита – около 1250 °С. Сравнение этих данных с другими литературными данными, показывает, что температура начала образования кристаллических фаз при непрерывном нагреве

соответствует температуре начала повышения вязкости при обжиге этих глин.

Таким образом, экспериментально доказано, что максимумы на кривых вязкости обусловлены физико-химическими, термодиффузионными и кристаллизационными процессами, протекающими при обжиге огнеупорных и тугоплавких глин.

Вторым фактором повышения вязкости глин является повышение вязкости расплава, образующегося при их обжиге. Первичная жидкая фаза при обжиге глин появляется за счет эвтектик. Например, двухкомпонентные системы K_2O-SiO_2 дают эвтектики соответственно при температуре 742 и 793°C, трехкомпонентная система $Na_2O-CaO-SiO_2$ – при температуре 725 °C.

Эвтектический расплав имеет низкую вязкость, что обеспечивает его хорошую растворяющую способность. С повышением температуры в эвтектическом расплаве начинает растворяться аморфный кремнезем, выделяющийся в результате процесса муллитизации. При температуре 900°C выделяется 26-30% кремнезема, при 1100°C-65-67% общего содержания его в глинистом минерале.

Если принять, что содержание R_2O в расплаве постоянно, а количество перешедшего в расплав свободного SiO_2 увеличивается с повышением температуры, то вязкость расплава быстро нарастает. В действительности зависимость вязкости от состава будет еще более сложной, если учесть не только взаимодействие двух компонентов, но и влияние других окислов, содержащихся в глине. В образовавшееся в обжиг глины кремнеземистое стекло всегда вовлекается то или иное количество Al_2O_3 и других оксидов.

Растворение аморфного кремнезема в эвтектическом расплаве, а также образование химических соединений приводит к образованию сложных анионов Si_xO_{z-y} , что

повышает вязкость расплава и системы в целом. После первого максимума на кривой кажущаяся вязкость глин снижает монотонно. Это свидетельствует о том, что в интервале монотонного снижения вязкости не происходит образования кристаллических фаз. В жидкой фазе, содержащейся в системе, с ростом температуры увеличивается среднее расстояние между частицами и падает их энергия взаимодействия. Происходит дробление кремнекислородных комплексов, что и обуславливает снижение вязкости.

Образование новых кристаллических фаз при обжиге глин обуславливает формирование тех или иных свойств керамических изделий, изготавливаемых на их основе. В связи с этим представляло интерес исследование изменений вязкости смесей, составленных из глин различного минералогического состава.

Исследовались вязкость каменной глины без добавок и этой же глины с добавкой различного количества каолинито-гидрослюдистой глины Федоровского месторождения. Установлено, что при увеличении содержания в смеси каолинито-гидрослюдистой глины Федоровского месторождения кривая вязкости сдвигается в область более низких температур. При увеличении содержания в смеси Федоровской глины до 50% на кривой вязкости между 1000-1100 °C появляется максимум. Вязкость Каменской глины без добавок начиная от 1250 °C повышается вплоть до 1350 °C. Добавка 50% Федоровской глины вызывает образование максимума при 1250 °C, после чего следует снижение вязкости.

Таким образом, фазовые превращения, происходящие при обжиге глин, могут быть определенным образом изменены путем составления смесей, состоящих из глин различного минералогического состава. Таким образом, анализ вышеприведенных результатов исследований позволяет объяснить установленные нами

экспериментальные зависимости кинетики усадки и уплотнения образцов из глин, входящим в вышеприведенным группам глинистого сырья.

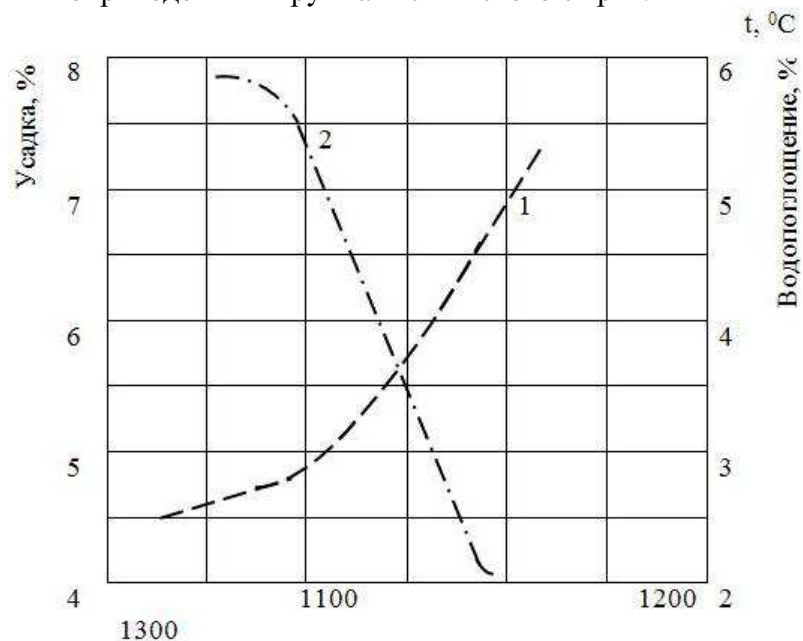


Рис.2.72 - Кинетика усадки и уплотнения пластичной глины при обжиге во втором периоде
1 – кривые усадки, 2 – водопоглощение

В технологии керамогранита наряду с глинистыми компонентами имеет важное значение поведение полевого шпата при нагревании. Кинетика усадки и уплотнения образца из полевого шпата во втором периоде обжига (рисунок 2.67) показывает, что его интенсивное плавление происходит при температуре 1160 °С и выше. Эти данные подтверждаются известными литературными данными [282 и др.] в этой области.

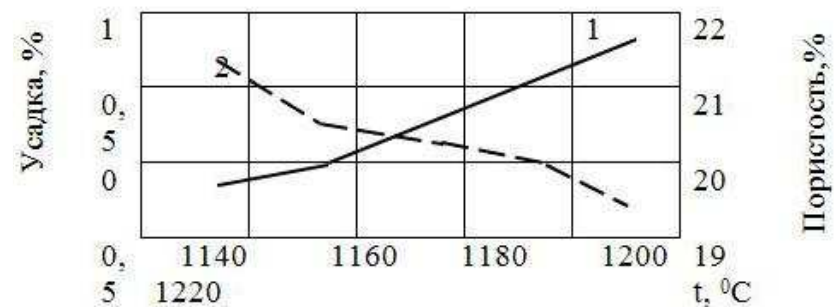


Рис. 2.73 - Кинетика усадки и уплотнения малопластичной глины с содержанием свободного кварца (до 50%)
1 – кривая усадки, 2 – изменение пористости образца в зависимости от температуры во втором периоде обжига

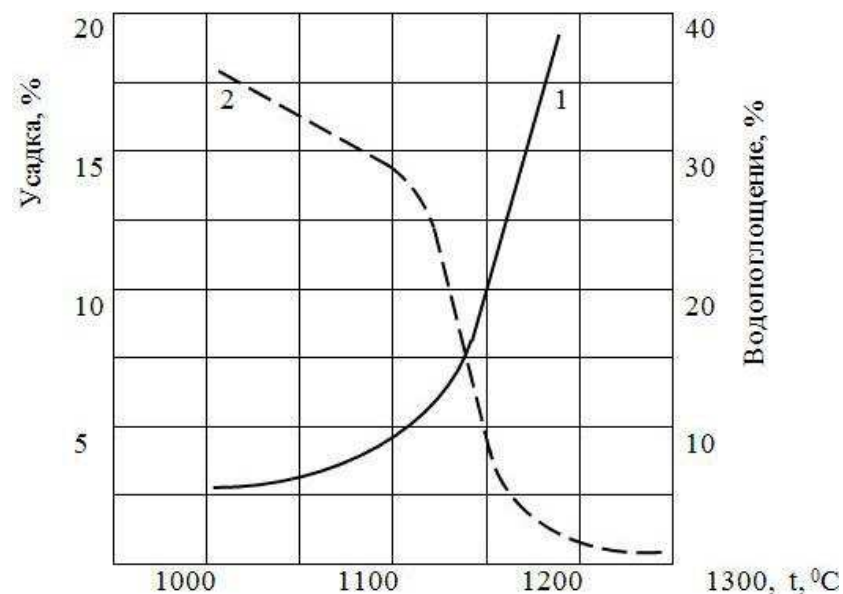


Рис.2.74 - Кинетика усадки и уплотнения образца из полевого шпата
1 – кривая усадки; 2 - водопоглощение

Как показали экспериментальные результаты усадочные процессы в образцах из кварца во втором периоде обжига не превышают 0,2-0,3 %. В этой связи надо отметить роль кварца (кварцевого песка) в процессах структурообразования в керамогранитных материалах.

2.5.3. Кинетические процессы диффузионного спекания керамогранитных материалов

Изучение кинетики процессов усадки и уплотнения керамогранитных образцов из технологических составов смесей (1 и 2) показало, что они в качественном и количественном отношении подчиняются практически одним закономерностям. Поэтому ниже будем говорить об одной модельной обобщенной керамогранитной смеси.

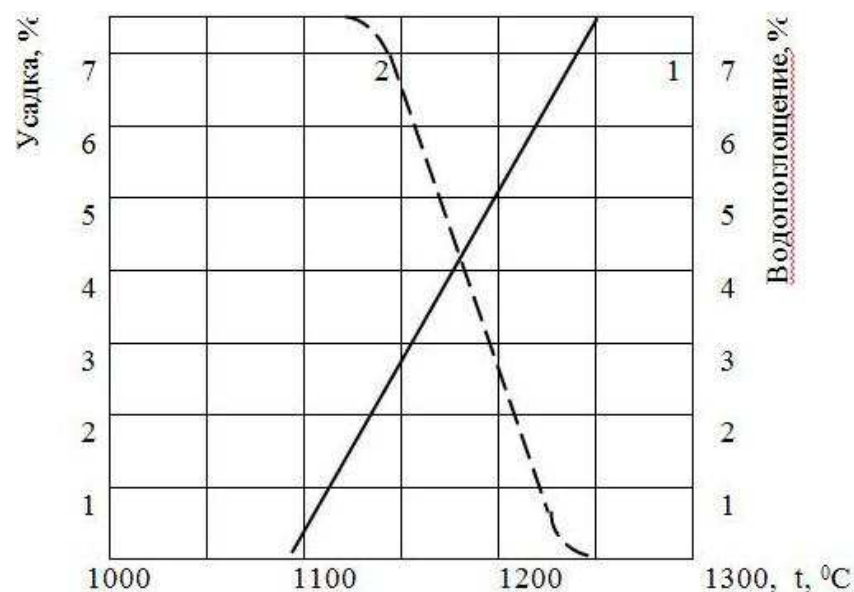


Рис.2.75 - Кинетика усадки и уплотнения образца из керамогранитных смесей
1 – кривая усадки, 2 – водопоглощение

На рис.2.75 представлены кривые кинетики и усадки, и уплотнения керамогранитных образцов во втором периоде обжига. Здесь наблюдаются наложения усадочных процессов, характерных для глинистых и полевошпатовому компонентам смеси.

В исследуемых интервалах температур усадочные кривые керамогранитных образцов имеют линейный характер. При этом, линейное уравнение аппроксимации относительной усадки (ε) керамогранитных образцов имеет следующий вид:

$$\varepsilon = 0,05 \cdot (t - 1080) \quad (2.50)$$

Известно, что и твердофазное и жидкофазное спекание, в конечном счете лимитируется диффузионными процессами в керамогранитных образцах. Для обобщенного описания диффузионных процессов спекания в керамогранитных материалах на основе (2.50) можно получить следующее кинетическое уравнение:

$$a = \frac{D_{np} \cdot \tau}{R^2} \quad (2.51)$$

где $a = \frac{\varepsilon T}{\varepsilon K}$ - степени диффузионного спекания; (ε - текущая усадка, %, εK - конечная усадка при максимальной температуре обжига 1250 °C, в нашем случае $\varepsilon K=8,5\%$); D_{np} - приведенный коэффициент диффузионного спекания, τ - время, R - определяющий размер - половина толщины керамогранитной пластины.

При линейном нагреве образцов, уравнение (2.51) можно представить так

$$a = \frac{D_{np}}{R^2} \left(\frac{t - t_n}{b} \right), \quad (2.52)$$

где t – текущая температура процесса; t_n – температура начала процесса интенсивной усадки спекания, в нашем случае $t_n=1080$ °С, b – скорость нагрева.

Экспериментально установлено, что для второго периода обжига керамогранитных материалов 1080 (1100 °С) – 1220 (1250 °С) среднее значение приведенного коэффициента диффузионного спекания составляет

$$D_{np} = 5,30 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{мин}$$

Обобщенные данные кинетики диффузионного спекания керамогранитных материалов представлены в табл. 2.28.

Таблица 2.28. Обобщенные данные кинетики диффузионного спекания керамогранитных материалов во втором периоде обжига

$$(D_{np}=5,3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{мин})$$

$\alpha=1$ $Fo_{np} = \frac{D_{np} \tau}{R^2} = 1$	Продолжительность процесса спекания, τ , мин			Средняя скорость нагрева, v , °С/мин		
	R=0,4см	0,5 см	0,6 см	R=0,4см	0,5 см	0,6 см
	3,0	4,72	6,8	56	36	25

Заметный процесс диффузионного спекания в керамогранитных материалах начинается при температуре $t=1080$ °С (при этой температуре $\tau=0$, $\alpha=0$, $\varepsilon=0$).

Как видно из критериального (обобщения) кинетического уравнения (2.51), степень диффузионного процесса спекания (α) керамогранитных смесей фактически определяется приведенным значением диффузионного критерия Фурье ($Fo_{кр}$).

Таким образом, на основе обобщенных данных, полученных по кинетике диффузионного спекания можно оценить скорость подобных процессов в различных размерах (толщина) керамогранитных плит и обосновать для них рациональные режимы второго периода обжига.

2.5.4 Физико-химические процессы обжига в системе «глина-полевой шпат - кварц»

Изучение физико-химических процессов керамогранитных материалов, прежде всего, связано с исследованием этих процессов в системе «глина – полевой шпат – кварц». Наиболее близкими результатами для нашего случая являются данные, полученные по исследованию процессов обжига в системе «каолин – полевой шпат - кварц», имеющих место в технологии фарфора. Обсудим основные моменты этих результатов [86]. Для экспериментального исследования тройных составов в [86] применяли каолин, кварц и полевой шпат, характеристики которых приведены в предыдущих разделах. Для установления влияния количества полевого шпата (стеклообразующего компонента) на высокотемпературные процессы изучаемые составы были подобраны таким образом, чтобы внутри треугольника составов они располагались по определенному двойному разрезу, в котором одной вершиной является точка, соответствующая 100% полевого шпата, а второй вершиной – точка, отвечающая весовому соотношению каолин:кварц - 60:40 [88].

В таблице 2.29 приведены составы изученных автором смесей. Лабораторные образцы приготавливали и обжигали так же, как при исследовании двухкомпонентных составов.

Таблица 2.29. Состав трехкомпонентных смесей

Минеральный состав, %			Приведенный химический состав, %		
каолин (прокаленный)	Кварц	полевой шпат	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O
60	40	0	71,97	25,92	2,11
54	36	10	71,32	25,26	3,43
48	32	20	70,65	24,59	4,76
42	28	30	69,99	23,93	6,08
36	24	40	69,33	23,27	7,40
24	16	60	68,1	21,95	10,04
12	8	80	66,70	20,63	12,67

Рассматриваемые трехкомпонентные смеси каолина, кварца и полевого шпата входят в тройную систему K₂O - Al₂O₃ - SiO₂ диаграмма равновесия которой, по данным Шерера и Боуэна представлена на рисунке 2.76.

Возможности использования диаграмм равновесия для рассмотрения процессов обжига керамических материалов ограничиваются по следующим причинам.

1. При обжиге составов, содержащих каолин, кварц и полевой шпат, вследствие невысоких температур и кратковременности нагрева система приходит в метастабильное состояние. Высокая вязкость, характерная для полевошпатных расплавов, весьма затрудняет кристаллизацию фаз, соответствующих равновесному состоянию.

2. Диаграмма состояния не учитывает важнейшего фактора – времени и не отражает промежуточные процессы – диффузию, рекристаллизацию, реакции в

твердом состоянии и др., которые предшествуют достижению равновесного состояния.

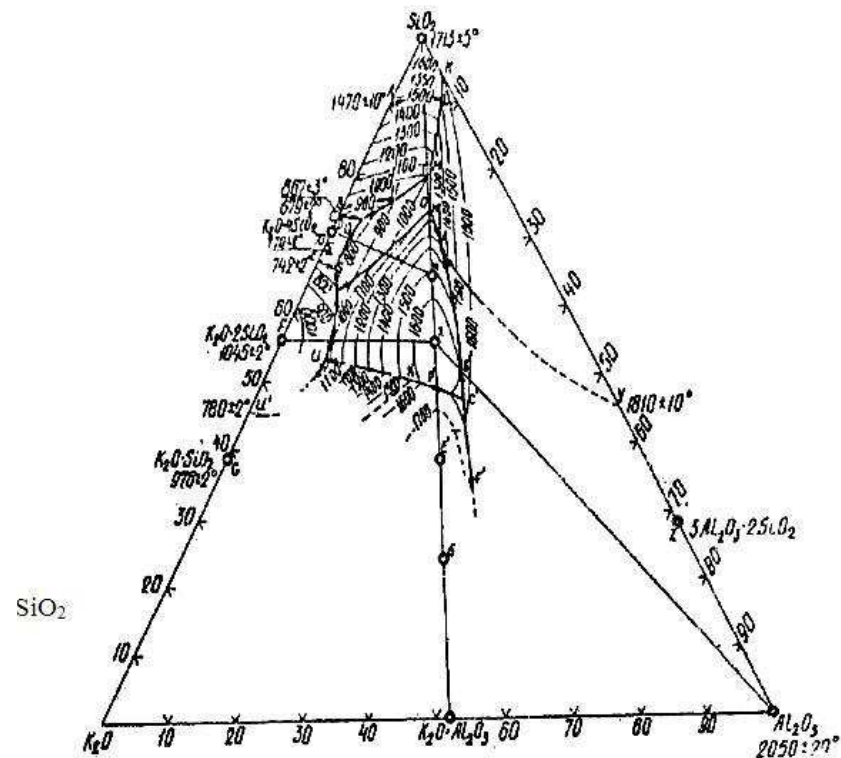


Рисунок 2.76 Диаграмма равновесия системы K₂O-Al₂O₃-SiO₂

3. Керамические продукты характеризуются микрогетерогенностью. Неоднородность наблюдается даже в пределах отдельных зерен: очень часто в шлифах можно видеть зерна, состоящие из внутренней кристаллической части и наружной остеклованной оболочки.

4. Диаграмма состояния относится к смеси чистых компонентов, керамические же массы кроме основных компонентов содержат также примеси.

Положительное значение диаграммы состояния заключается в том, что она дает возможность определить, как последовательность выделения твердых фаз, так и предельное состояние, к которому стремится система; этим определяется направление процессов обжига.

В соответствии с диаграммой состояния в системе $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ имеются двойные ($K_2O \cdot SiO_2$; $K_2O \cdot 2SiO_2$; $K_2O \cdot 4SiO_2$; $2K_2O \cdot SiO_2$; $K_2O \cdot Al_2O_3$, муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) и тройные (калиофилит $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, лейцит $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ и калиевый полевой шпат $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) соединения.

Рассматриваемые составы помещаются в пределах элементарного треугольника $SiO_2 - 3 Al_2O_3 - 2SiO_2 - K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ и, как видно из рис. 2.76, первичной фазой кристаллизации является муллит, а конечными продуктами кристаллизации будут калиевый полевой шпат, тридимит и муллит.

В рассматриваемой области находится точка тройной эвтектики М – кремнезем – полевой шпат – муллит с температурой плавления $985^\circ C$; этой эвтектической точке соответствует состав $K_2O - 9,5\%$; $Al_2O_3 - 10,9\%$; $SiO_2 - 79,6\%$. Таким образом, в соответствии с диаграммой состояния жидкая фаза появляется при $985^\circ C$; нагрев при более высоких температурах увеличивает количество жидкой фазы и изменяет состав последней.

В работах Августиника и др. описаны способы упрощенного выражения химического состава поликомпонентной керамической массы и приведения его к трем компонентам соответствующей диаграммы состояния. Такое упрощение было выполнено и для рассматриваемых трехкомпонентных составов, так как для их приготовления были применены сравнительно чистые материалы. Для сырьевых материалов, примененных в наших исследованиях, их приведенные составы указаны в табл. 2.30.

При помощи диаграммы состояния системы $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ для рассматриваемых смесей была построена диаграмма изменений фазового состава при нагревании (рис.2.77). Для этих же составов после их обжига были получены рентгенограммы и характеристики физико-механических свойств (рис.2.78).

Таблица 2.30. Приведенные составы исходных материалов

Исходные компоненты	Содержание, %		
	SiO_2	Al_2O_3	K_2O_3
Каолин (прокаленный)	52,7	43,65	3,58
Кварц	100	-	-
Полевой шпат	66,38	19,68	13,94

Петрографическим исследованием образцов, обожженных при разных температурах (от 1150 до $1450^\circ C$), было установлено следующее.

В температурной области $950-1050^\circ C$ образцы состоят из кварца, полевого шпата и криптокристаллического вещества; последнее является продуктом изменения глинистого вещества. Зерна кварца остались без изменения и имеют неправильную угловатую форму; размер их $4-120$ мк; преобладают зерна размером $10-40$ мк. В малоизмененных зернах полевого шпата отчетливо видно полисинтетические двойники. При $1050^\circ C$ замечается слабое оплавление зерен полевого шпата. По мере повышения температуры обжига зерна полевого шпата постепенно теряют характерную полевошпатовую структуру. Много открытых пор неправильной формы, размеров $18-70$ мк, иногда до 140 мк.

При $1150^\circ C$ - неоднородное криптокристаллическое вещество, в скрепленных николях наблюдается слабое двупреломление. Зерна кварца угловатой формы размером $5-120$ мк; преобладают зерна размером $8-60$ мк. Вокруг зерен кварца наблюдается очень тонкая каемка

метастабильного кристобалита. Зерна полевого шпата по краям частично оплавлены; в них редко встречаются полисинтетические двойники. Поры – открытые неправильной, извилистой формы, размером 20-130 мк, иногда до 200 мк.

При 1250 °С – криптокристаллическое вещество, в котором при скрещенных николях наблюдается слабое двупреломление. Зерна полевого шпата в преобладающей части остеклованы. По участкам бывших зерен полевого шпата имеется стекло с показателем преломления 1,510. Очень редко встречаются анизотропные зерна полевого шпата с весьма слабо выраженными полисинтетическими двойниками.

Зерна кварца сохранили первоначальную угловатую форму и окружены очень тонкой изотропной оболочкой метастабильного кристобалита с показателем преломления 1,485. Встречаются трещиноватые зерна кварца. Размер кварцевых зерен 5-140 мк, преобладающий размер 10-40 мк. Поры встречаются двух видов – замкнутые округлой формы и открытые неправильной формы.

Преобладающий размер пор 15-80 мк.

При 1350°С – преобладающая масса криптокристаллического строения имеет показатель преломления от 1,490 до 1,505. Произошло заметное оплавление зерен кварца, окруженных каемкой метастабильного кристобалита. Размер зерен кварца 5-140 мк; преобладают зерна размером 5-50 мк. Зерна полевого шпата не встречаются. Полевой шпат полностью остеклован. Участкам бывших зерен полевого шпата соответствует стекловидное вещество. Стекло по структуре неоднородно; в некоторых участках встречаются мелкие иглы муллита. Промежуточное пространство также заполнено тонкокристаллической муллитизированной массой. Поры двух видов, преобладают замкнутые округлой формы; в значительно меньшем количестве

открытые поры неправильной формы. По сравнению с предыдущими образцами размеры пор значительно увеличились и доходят до 120-340 мк, редко до 700 мк.

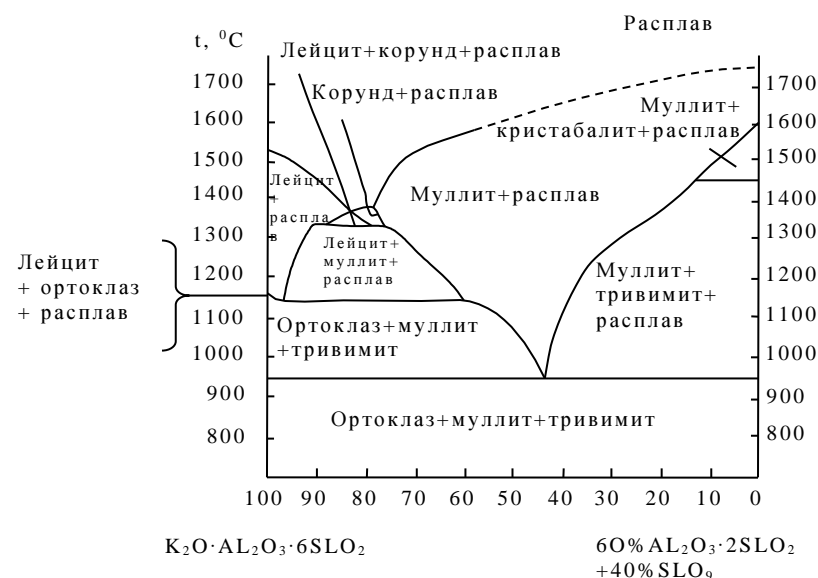


Рис. 2.77- Диаграмма фазовых изменений по разрезу ортоклаз - состав с 60% $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 + 40\% SiO_2$

При 1450°С основными компонентами являются криптокристаллическое вещество, муллит, стекло и остаточный кварц. Стекло бесцветное, в преобладающей своей части имеет показатель преломления от 1,489 до 1,495. В некоторых участках в стекло вкраплены мелкие иглы муллита. Переплетение муллитовых игл часто наблюдается вблизи сферических пор в среде полевошпатового стекла. Криптокристаллическое вещество с показателем преломления 1,530 образует участки неправильной формы размером 25-250 мк и представляет собой желтоватую полупрозрачную изотропную массу, иногда слабо муллитизированную.

На рисунке 2.78 представлена зависимость

керамических свойств от температуры обжига трехкомпонентных составов.

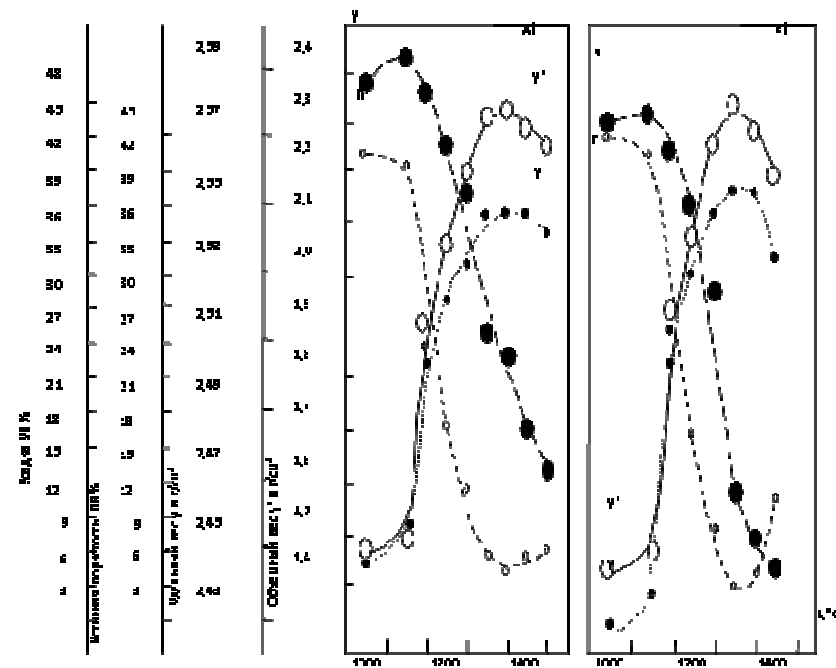
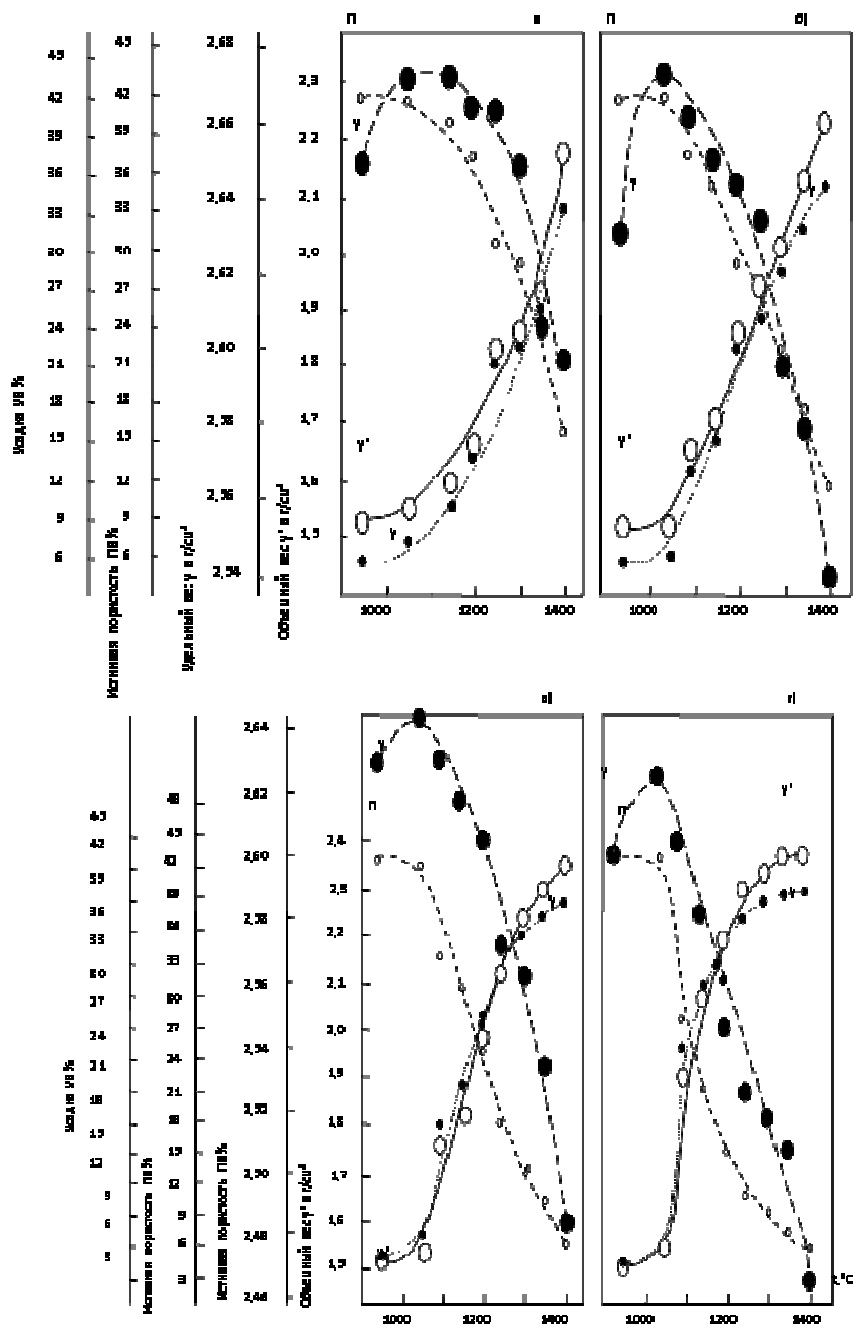


Рис.2.78 - Зависимость керамических свойств от температуры обжига трехкомпонентных составов

Длина иголок муллита не превышает 3-5 мк. В небольшом количестве встречаются оплавленные зерна кварца размером 60мк, окруженные оболочкой метакристаллита. Однако, много замкнутых пор округлой формы размером 20-350 мк, иногда до 800 мк. При этом интенсивное порообразование наблюдается преимущественно в стекловидных участках.

Характеристика фазового состава обожженных образцов трехкомпонентных составов приведена в таблице 2.31.

Таблица 2.31 Фазовые составляющие обожженных образцов трехкомпонентных смесей (каолин: кварц+60:40)

Температура обжига, °С	Состав без полевого шпата	Составы, содержащие полевой шпат
1050	кварц, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	кварц, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и малоизмененный полевой шпат
1150	кварц, муллит	кварц, муллит и измененный полевой шпат
1250	кварц, муллит, кристобалит (слабые линии)	кварц, муллит и кристобалит (слабые линии)
1350	кварц, муллит, кристобалит	кварц, муллит и кристобалит
1450	кварц, муллит, кристобалит (интенсивные линии)	-

В составах с повышенным содержанием полевого шпата (80 %) фазовые изменения после обжига в температурной области 1150- 1350 °С имеют следующие особенности.

При 1150 °С четко наблюдается оплавление зерен полевого шпата. Кроме того, присутствуют крипстокристаллическое вещество и кварц. При 1250 °С образец представляет собой остеклованную массу с редкими зернами малоизмененного кварца и небольшими скоплениями очень мелких игл муллита.

В преобладающей своей части стекло имеет показатель преломления около 1,500. Зерна кварца окружены тонкой оболочкой метастабильного кристобалита. Поры преимущественно замкнутые, округлой формы, размером 15-70 мк, иногда до 170 мк.

При 1350 °С образец состоит из стекловидного вещества и небольшого количества зерен кварца. Стекло по составу неоднородно, его показатель преломления колеблется в пределах 1,495-1,505.

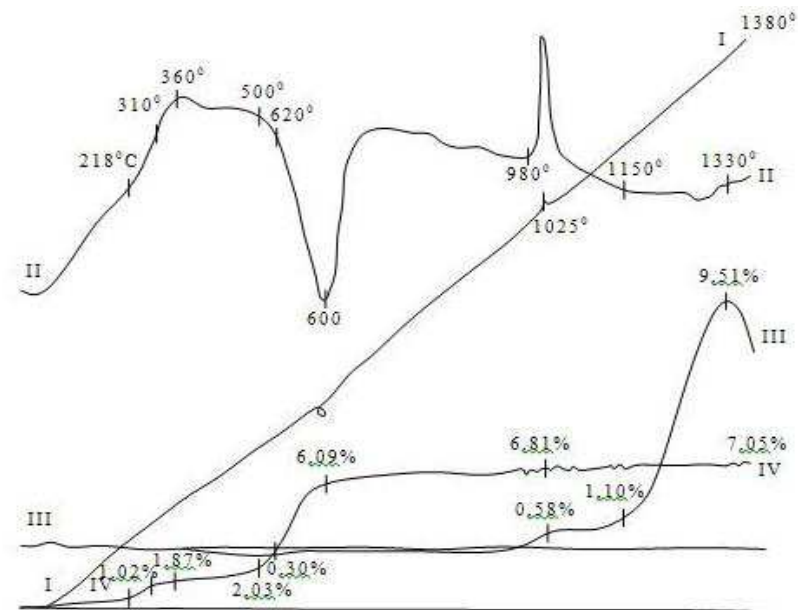


Рис.2.79 - Комплексная термограмма трехкомпонентного состава с 30% полевого шпата
 I-температурная кривая нагрева; II-дифференциальная температурная кривая; III-дилатометрическая кривая; IV-кривая изменения веса

Размер зерен кварца 10-80 мк; они окружены тонкой пленкой метастабильного кристобалита. Большое количество замкнутых пор округлой формы, размером 20-160 мк, иногда до 320 мк.

Термографические данные для тех же составов были получены на приборе комплексного термического анализа (рис. 2.80).

Наблюдаемые тепловые эффекты (кривая II), а также изменения веса (кривая IV) при нагревании связаны с дилатометрическими данными (табл.2.32) и обусловлены

высокотемпературными фазовыми изменениями тонкокерамических составов.

На основании приведенных данных можно сделать следующие заключения о процессах обжига трехкомпонентных составов, содержащих каолин, кварц и полевог шпата (каолин:кварц=60:40).

Таблица 2.32 Дилатометрические изменения при обжиге трехкомпонентных составов

Периоды дилатометрической кривой	Характер объемных изменений	Температурные границы периодов дилатометрической кривой, °С		
		состав без полевого шпата	состав с 30 % полевого шпата	состав с 60 % полевого шпата
I	Расширение	20	20	20
		↓ 525	↓ 520	↓ 505
II	Усадка ускоренная	↓ 660	↓ 600	↓ 580
	Усадка медленная	↓ 965	↓ 980	↓ 985
III	Усадка ускоренная	↓ 1030	↓ 1025	↓ 1040
	Усадка медленная	↓ 1140	↓ 1150	↓ 1150
IV	Усадка ускоренная	↓ 1310	↓ 1330	↓ 1325
V	Расширение	↓	↓	↓

1. Интенсивное уплотнение масс наблюдается при 1150°С, что по микроскопическим наблюдениям соответствует плавлению полевого шпата и нарастанию количества стекловидной фазы.

2. Увеличение содержания полевого шпата способствует уплотнению обожженных образцов и снижению температурной области спекания. Для состава с различным содержанием полевого шпата максимальное

уплотнение происходит в результате обжига при следующих температурных условиях:

Содержание полевого шпата, %	До 20	20-30	30-40	40-60
Температурная область максимального уплотнения, °С	>1350	1300-1400	1250-1370	1200-1330

3. Для составов, содержащих 30 % и выше полевого шпата, наблюдается точка максимального уплотнения, после которой повышение температуры обжига сопровождается снижением объемного веса и увеличением пористости. Последнее по микроскопическим данным связано с вторичным порообразованием и развитием стекловидной фазы.

4. Обусловленное дегидратацией каолина резкое уменьшение веса образцов закономерно связано с эндотермическим тепловым эффектом при 580-630 °С.

5. На дилатометрических кривых наблюдается зависимость объемных изменений от содержания каолина в массе. В области высокотемпературных процессов спекания, протекающих с участием жидкой фазы, на объемные изменения значительное влияние оказывает количество полевого шпата в массе.

Результирующее действие двух явлений – термического расширения и процесса усадки в результате физико-химических изменений массы при нагреве – выражается дилатометрической кривой, на которой можно выделить пять периодов обжига, отличающихся по характеру объемных изменений (рис. 2.80).

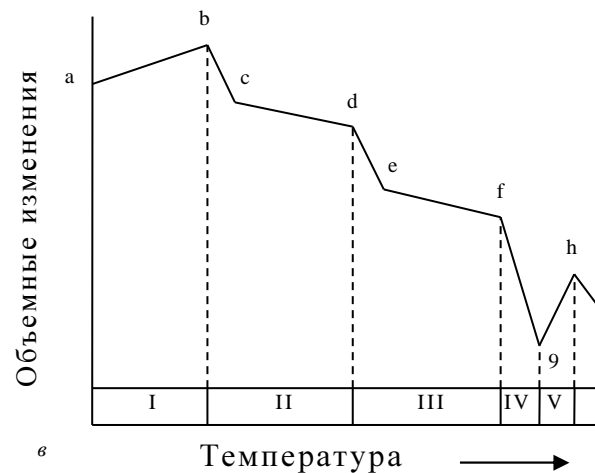


Рис.2.80 Основные периоды нагрева на dilatометрической кривой для составов, содержащих каолин, кварц и полевошпат

I период ab соответствует термическому расширению массы в области сравнительно невысоких температур, когда еще не происходит существенных структурных изменений масс. Первый период обжига вызывает небольшое изменение веса (до 2-3%), связанное с удалением адсорбированной влаги.

II период bd: значительная усадка, связанная с твердофазовыми изменениями массы. На участке bc сравнительно ускоренная усадка соответствует эндотермическому тепловому эффекту дегидратации каолина, и на кривой весовых изменений наблюдается участок резкого уменьшения веса. Усадка на участке cd продолжается с небольшой скоростью.

III период df: ускоренная усадка на участке de, соответствующая первому экзотермическому эффекту, связана с изменениями каолинового остатка. По мере

уменьшения содержания каолина в массах этот участок становится менее четким. После завершения экзотермического эффекта на участке ef усадка замедляется.

IV период fg: резкое уменьшение объема, связанное с плавлением полевого шпата и жидкостным спеканием.

V период gh: наблюдается некоторое увеличение объема, что может быть объяснено как вторичным порообразованием в стадии пережога, так и полиморфными превращениями кварца. Расширение тем более, чем выше содержание кварца в массе; максимальное расширение наблюдается в массе с высоким содержанием кварца (40%). В составах без кварца такого расширения нет.

7. Рассматриваемые процессы обжига тонкокерамических масс сопровождаются следующими микроструктурными изменениями:

а) в точках контакта кристаллических зерен с полевошпатовым расплавом происходит наиболее интенсивные микроструктурные изменения. Микроскопические наблюдения показывают, что зерна полевого шпата являются теми узловыми точками, где происходят основные процессы взаимодействия фаз и возникают новые фазы;

б) в завершающей стадии обжига происходит интенсивное стеклообразование, увеличивается количество стекла вокруг кварца (кремнеземполевошпатовое стекло) за счет уменьшения количества кварца; одновременно появляется метакристобалит. В этой стадии характерной особенностью муллитизации является выделение значительного количества вторичного, игловидного муллита, тесно пронизывающего стекловидную фазу;

в) обращает внимание, что в одном и том же образце некоторые участки полевошпатового стекла содержат много включений игловидного муллита, в то время как на

других таких же участках их нет. Последнее может быть объяснено недостаточной однородностью массы, а также незаконченностью диффузионных процессов гомогенизации.

Большое значение имеет также и характер двойного контакта: очевидно, что на участках контакта: полевого шпата с глинистым остатком будет происходить муллитизация полевошпатового стекла; в остальных случаях (контакт кварц – полевой шпат) полевошпатовое стекло не будет иметь муллитовых включений.

Температурная последовательность микроструктурных изменений схематично представлена в табл. 2.33. данные этой таблицы показывают, что в завершающей стадии обжига в шлифах наблюдаются муллит, стекло, остаточный кварц, в небольших количествах метакристобалит и поры, главным образом закрытые, округлой формы.

Таким образом, как показали результаты сравнительного анализа основная часть вышеизложенных процессов, протекающих до температуры 1250 °С (максимальная температура обжига керамогранита) в качественном отношении практически аналогична, а в количественном отношении с незначительным отклонением имеет место в технологии обжига керамогранитных материалов.

Таблица 2.33 Изменения фазового состава и структуры фарфора при обжиге трехкомпонентных составов

Компоненты	Температура обжига, °С			
	950-1100	1100-1200	1200-1350	1350-1450
Каолин (N=1,56)	Криптокристаллическое вещество со слабым Двупреломлением; продукты изменения каолинита	Криптокристаллическое вещество, содержащее зачаточный дисперсный муллит	Муллитизированное криптокристаллическое вещество; по контакту со стеклом содержит игловидный муллит	Муллитизированная масса (муллит, содержащийся в игловидной форме)
Полевой шпат (N=1,52)	Неизменная структура полевого шпата с полисинтетическими двойниками	Слабое оплавление по краям зерен. Редкие зерна с полисинтетическими двойниками	Неоднородное полевошпатовое стекло, содержащее игловидный муллит	Развитая стеклофаза (N 1,49 – 1,50), пронизанная игловидным муллитом; часто наблюдается на границе округлых пор
Кварц (N=1,54)	Угловатые зерна кварца без изменений	Малоизмененные угловатые зерна с тонкой каемкой метакристобалита (N=1,485)	Заметное оплавление зерен, окруженных каемкой метакристобалита. Кремнеземполевошпатовое стекло (N=1,46)	Оплавленные зерна кварца с каемкой метакристобалита. Кремнеземполевошпатовое стекло (N=1,462)
Поры	Много открытых пор неправильной формы (18-170 мк)	Заметное уменьшение пористости (20-110 мк)	Отдельные замкнутые поры округлой формы (15-80 мк)	Преобладают замкнутые сферические поры (120-340 мк); часто просматриваются в полевошпатовом стекле)

2.5.5. О механизме спекания и структурообразования керамогранитных материалов при обжиге

Вопросам теории и практики процессов спекания и структурообразования керамики посвящено достаточно много работ [50-53 и др.]. Основываясь на научных результатах этих работ и на базе собственных результатов, проведем анализ механизма спекания и структуру образования керамогранитных материалов в различных

периодах обжига (включая изотермическую поддержку при максимальной температуре обжига 1120-1150 °С).

Для сравнительного анализа приведена макроструктура керамогранитных образцов после сушки и обжига при разных температурах, а также из их составляющих компонентов – глин (рисунки 2.81-2.83) и полевого шпата.

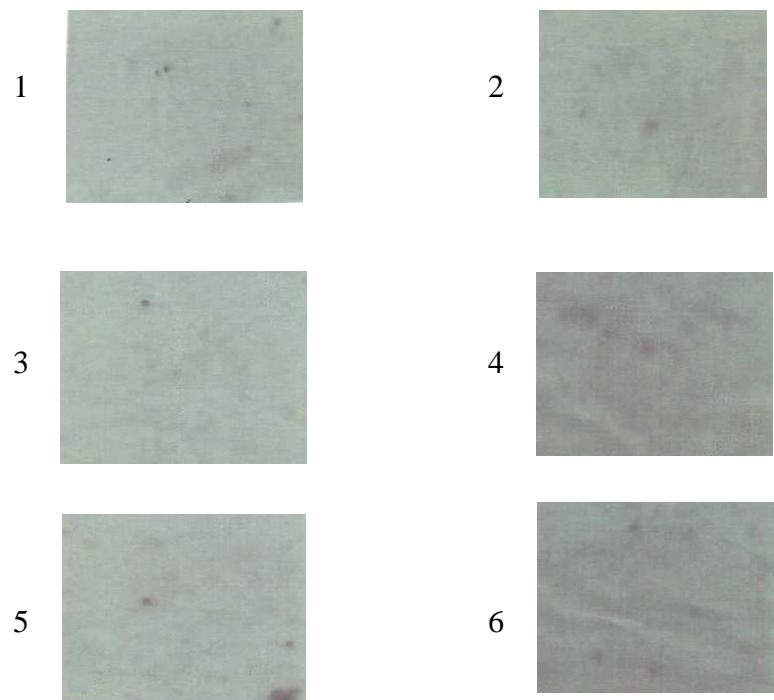


Рис.2.81 - Структура образцов из Алексеевского каолина, обожженных при разных температурах
1,2 – 1180 °С; 3,4 – 1200 °С; 5,6 – 1220 °С; 1,3,5-увеличение в 50 раз; 2,4,6-увеличение в 200 раз

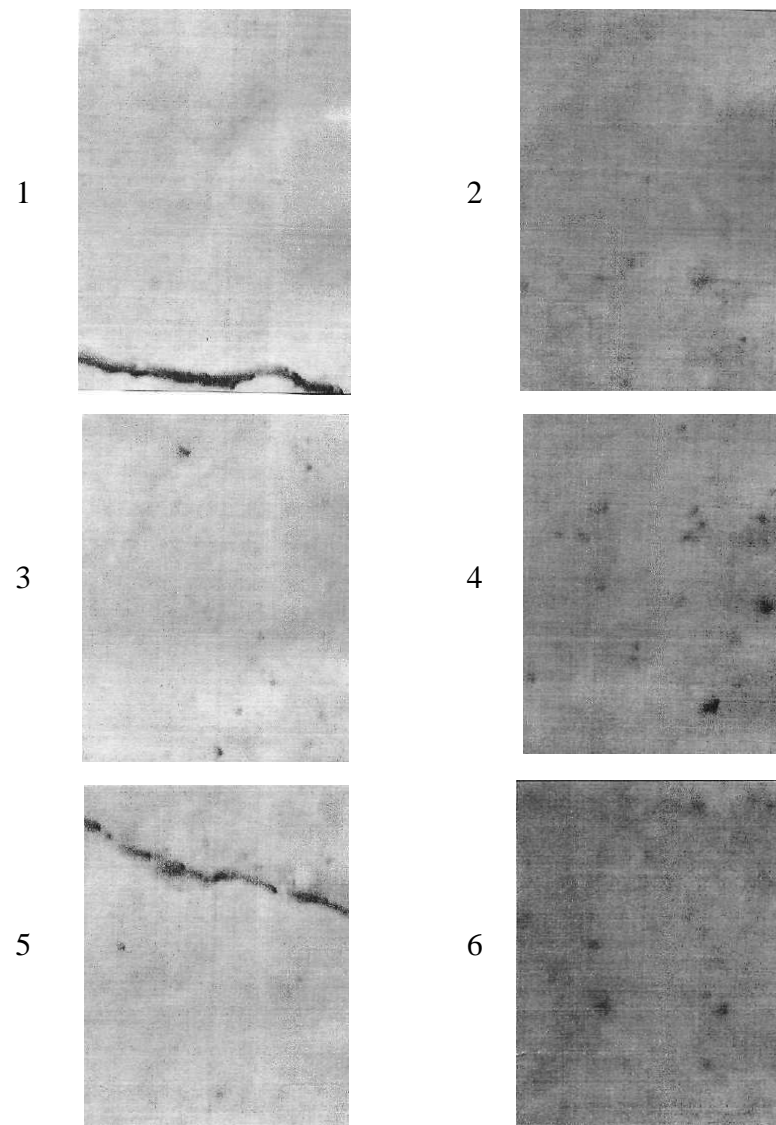


Рис. 2.82- Структура образцов из сухановской глины, обожженных при разных температурах
1,2 – 1180 °С; 3,4 – 1200 °С; 5,6 – 1220 °С; 1,3,5- увеличение в 50 раз;
2,4,6-увеличение в 200 раз

Наибольшей сложностью характеризуется состав стекловидной фазы; последняя меняется в зависимости от температуры нагрева и количественного соотношения трех компонентов сырьевой смеси. Кроме того, гомогенизация стеклофазы весьма замедляется из-за высокой вязкости расплава, отсюда неоднородность стекла даже в пределах одного и того же участка, что подтверждается измерением показателя преломления. Несмотря на значительные колебания состава стекол отдельные исследователи пытались классифицировать их на группы по составу, свойствам, чаще всего по величине показателя преломления.

Наиболее законченное исследование выполнено Лапиным [86,97,98], который на основании тщательных измерений показателей преломления описал следующие разновидности стекол:

а) стекловидная каемка вокруг зерен кварца с $N = 1,468$, которая отличается от чисто кварцевого стекла ($N = 1,456$);

б) полевошпатовое (чистое) стекло с $N = 1,491$;

в) полевошпатовое стекло, сохраняющее форму зерен полевого шпата и содержащее иголки муллита, с $N = 1,495$;

г) стекло в пределах частиц каолинитового остатка с $N = 1,550$.

В пределах каолинитового остатка стекло может образовываться в основном как продукт взаимодействия избыточного аморфного кремнезема с полевым шпатом, то есть это должно быть опять-таки кремнеземполевошпатовое стекло [86].

Результаты исследования процессов фазообразования и микроструктурообразования керамогранитных плит и их составляющих компонентов представлены на рисках 2.84-2.103.

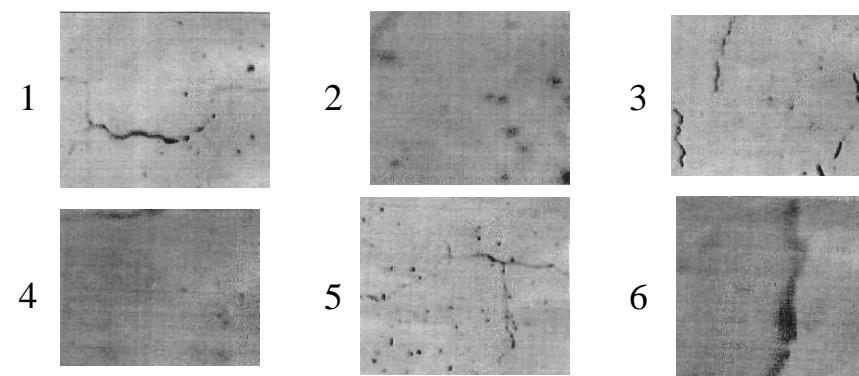


Рис.2.83 - Структура образцов из пластичной глины, обожженных при разных температурах
1, 2 – 1180 °С; 3,4 – 1200 °С; 5,6 – 1220 °С; 1,3,5- увеличение в 50 раз;
2,4,6-увеличение в 200 раз

На рисунках 2.84 - 2.91 представлены дифрактограммы и участки дифрактограмм образца AR 0733, обожженного при различных температурах.

По данным РФА фазовый состав образцов представлен кварцем и муллитом.

Изменение интенсивности дифракционных максимумов основных минеральных фаз наблюдается при изменении температуры обжига образцов. Так, при постоянной интенсивности дифракционных максимумов, принадлежащих кварцу, наблюдается повышение интенсивности дифракционных максимумов, принадлежащих муллиту, что свидетельствует о муллитизации образца с повышением температуры обжига.

Характер изменения фазового состава образца в зависимости от температуры представлен в виде графика зависимости (рисунок 2.91) относительной интенсивности дифракционных максимумов основных минеральных фаз от температуры обжига.

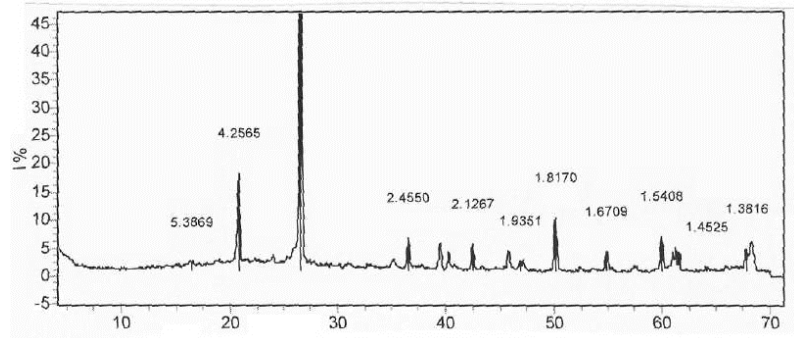


Рисунок 2.84 - Дифрактограмма образца из алексеевского каолина, обожженного при температуре 1180 °С

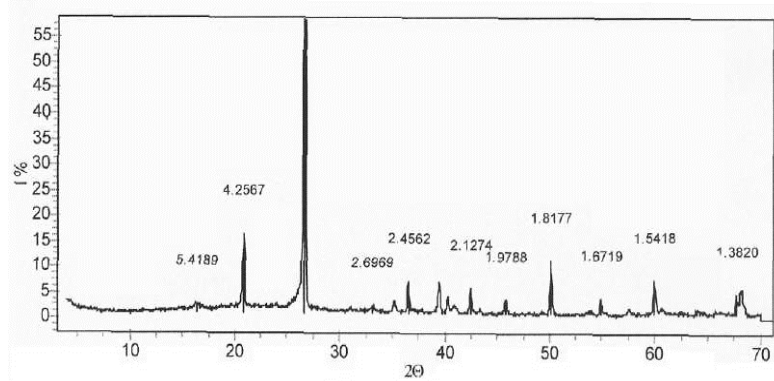


Рисунок 2.85. - Дифрактограмма образца из алексеевского каолина, обожженного при температуре 1200 °С

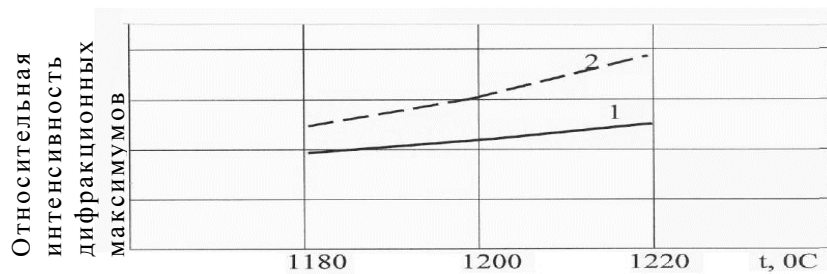


Рис.2.86 - Изменение фазового состава обожженных плиток из алексеевского каолина
1 – кварц, 2 – муллит

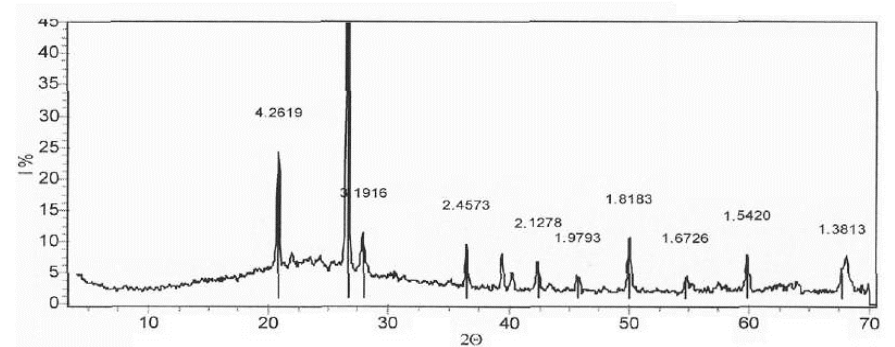


Рис.2.87 - Дифрактограмма образца из полевого шпата Белогорского ГОК, обожженного при температуре 1200 °С

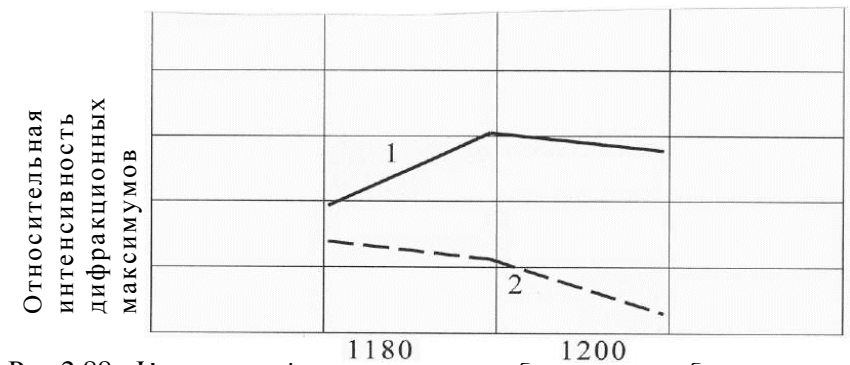


Рис.2.88 - Изменение фазового состава обожженных образцов – плит из полевого шпата Белогорского ГОК

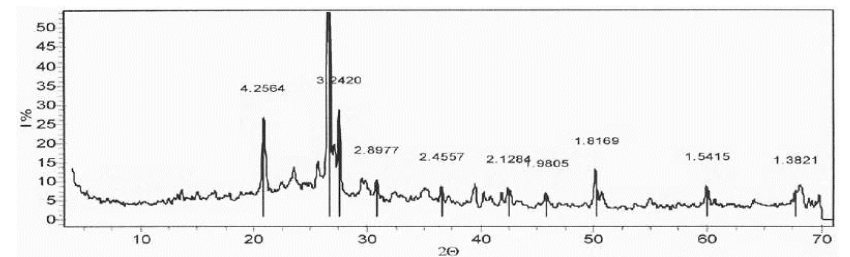


Рис.2.89 - Дифрактограмма керамогранитного образца, обожженного при температуре 1180 °С

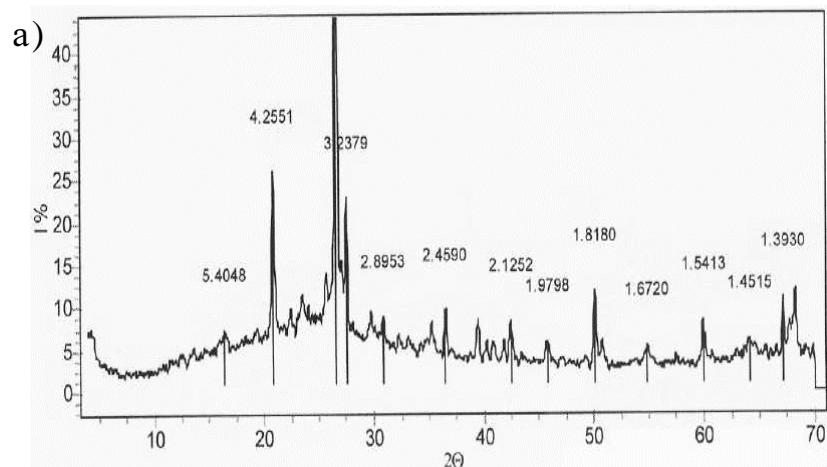


Рис. 2.90 - Дифрактограмма керамогранитного образца, обожженного при температуре 1200 °С (а)

Результаты рентгенофазового анализа керамогранитных образцов, обожженных при разных температурах, из состава 1 приведены на рис. 2.84-2.91 в виде дифрактограмм и фрагментов дифрактограмм.

По данным рентгенофазового анализа фазовый состав образцов в зависимости от температуры обжига изменяется.

При температуре обжига 1180 °С в образце обнаружен кварц и калиевый полевой шпат ($d = 3,24 \text{ \AA}$), после обжига при температуре 1200 °С в образце кроме кварца и калиевого полевошпата появляется муллит ($d = 5,404 \text{ \AA}$) и аморфная фаза (рентгеноаморфное гало в области $2\theta = 20-30^\circ$).

При увеличении температуры обжига до 1220 °С фазовый состав образца не изменяется (образец содержит кварц, муллит, калиевый полевой шпат и аморфную фазу), однако соотношение интенсивностей дифракционных максимумов изменяется.

В образце, обожженном при 1200 °С, содержится максимальное количество кварца, муллит не обнаружен.

При повышении температуры до 1220 °С увеличивается количество аморфной фазы при снижении количества кварца и полевого шпата и постоянном содержании муллита, и очень незначительном снижении количества калиевого полевого шпата. Характер изменения фазового состава керамогранитных плит в зависимости от температуры обжига представлен на рисунке 2.91.

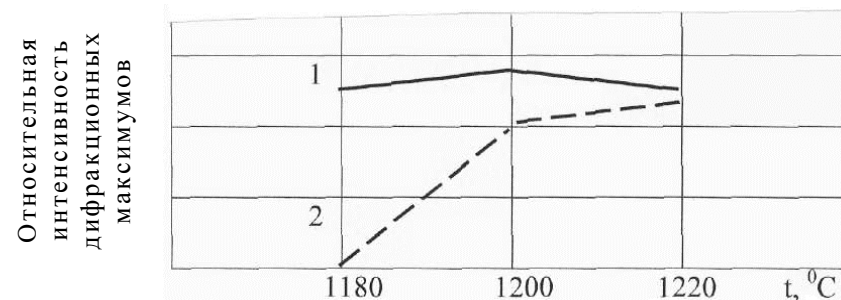


Рис. 2.91 - Изменение фазового состава обожженных керамогранитных плит из состава 1

Полученный в завершающей стадии обжига керамогранит включает в себя, следующие кристаллические и стекловидные фазы: остаточный кварц, первичный муллит, вторичный игловидный муллит, стекло и в небольших количествах метастабильный кристобалит.

Только с оговоркой о все еще недостаточной изученности стеклофазы следует принять, что в тонкокерамических продуктах типа фарфора содержатся стекла четырех видов: полевошпатовое, кремнеземполевошпатовое, окружающее зерна остаточного кварца; кремнеземполевошпатовое, содержащее первичный муллит; кремнеземполевошпатовое, содержащее как первичный, так и вторичный муллит.

Для установления основных периодов процесса обжига принимаем также, что обжигаемая масса имеет микрогетерогенный характер и состоит из мельчайших

микроучастков. Нами рассмотрены процессы внутри такого элементарного участка.

На электронно-микроскопических снимках микроструктура каолинита представлена хорошо образованными шестиугольными плоскими пластинами, с заметным удлинением, часто края частиц скошены (рис.2.92).

При обжиге каолинита основной фазой формируется муллит.

Муллит – соединение, сообщаемое ряд ценных свойств керамическим изделиям.

Наибольший выход муллита наблюдается при обжиге каолиновых глин. Хотя этот процесс наиболее интенсивно протекает при температурах 1100-1250 °С, известно, что в обжигаемом каолините уже при 950 °С появляется муллитоподобная фаза, характеризующаяся диффузной линией на рентгенограмме и неопределенностью состава, то есть появляется структурно неупорядоченный муллит, который при повышении температуры приобретает упорядоченную решетку и игольчатый габитус.

Образование муллита из шпинели (рис.2.93) идет также, как шпинели из метакаолинита, то есть путем выделения из нее части кремнезема. В интервале температур 1100-1300 °С муллитовая фаза постепенно превращается в муллит, имеющий определенный состав и четкие игольчатые формы, характерные для него (рисунок 2.98).

Муллит имеет состав от $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ до $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Важным является вопрос о кристаллической структуре муллита. Ионы алюминия в муллите распадаются на две группы - четверной и шестерной координации.



Рис. 2.92. - Микроструктура каолина Платиноуглеродная обволакивающая реплика с отдельных частиц, отделение химическое, увеличение в 20000 раз

Муллит рассматривается как неупорядоченная фаза алюмосиликата, занимающего промежуточное положение между упорядоченными фазами силлиманита и андалузита.

Это определяется незакономерным распределением атомов кремния и алюминия в тетраэдрической координации и замещением части кремния алюминием, компенсирующим недостаток валентности, который возникает в связи с отсутствием атомов кислорода в некоторых позициях кристаллической решетки.

При термообработке каолиновых глин степень их муллитизации определяется совершенством исходной структуры.

Так, при термообработке Алексееского каолина формируются крупные игловидные кристаллы муллита (рисунок 2.94), а каолинит из Сухановской глины формирует муллитизированные участки с игловидными, расположенными под углом 60° друг к другу мелкими кристаллами муллита (рис.2.93).

На рисунках 2.97 и 2.98 представлены микрофотоснимки шлифов полевого шпата, по которым видно, что с повышением температуры в образце увеличивается количество стеклофазы, уменьшаются размеры оплавленных зерен полевого шпата, формируя значительное количество стеклофазы, при температуре 1220°C в образце присутствуют только зерна кварца и стеклофаза (рис. 2.95).

Следует обратить внимание на то, что присутствующие зерна полевого шпата очень мелкие и не могут выполнять роль армирующих структуру элементов, кроме того, стеклофаза образца образуется с очень незначительным количеством пор (рис.2.96).

На рис. 2.97 и 2.98 представлены микрофотоснимки шлифов каолина, термообработанного при температурах 1180 , 1200 и 1220°C , по которым видно, что на фоне аморфизованной матрицы, состоящей из метакаолина, присутствует значительное количество зерен кварца, а остаточные частицы каолина существенно муллитизированы (рис.2.97). Обращает на себя внимание

то, что аморфизация каолина сопровождается сильной поризацией образца с образованием однородных закрытых пор (рис.2.98).

На рис. 2.99 и 2.100 представлены микрофотоснимки шлифов образца керамогранита, термообработанного при температурах 1180 , 1200 и 1220°C , по которым видно, что образец имеет однородную зернистую структуру, в которой зерна кварца, аморфизованная, существенно муллитизированная фаза распределены в скрепляющей стекловатой матрице. Обращает на себя внимание усиление процесса муллитизации зерен каолина в присутствии полевого шпата (рис.2.99). Кроме того, повышение температуры является структурирующим фактором. Отдельные зерна перераспределяются в подвижной матрице.

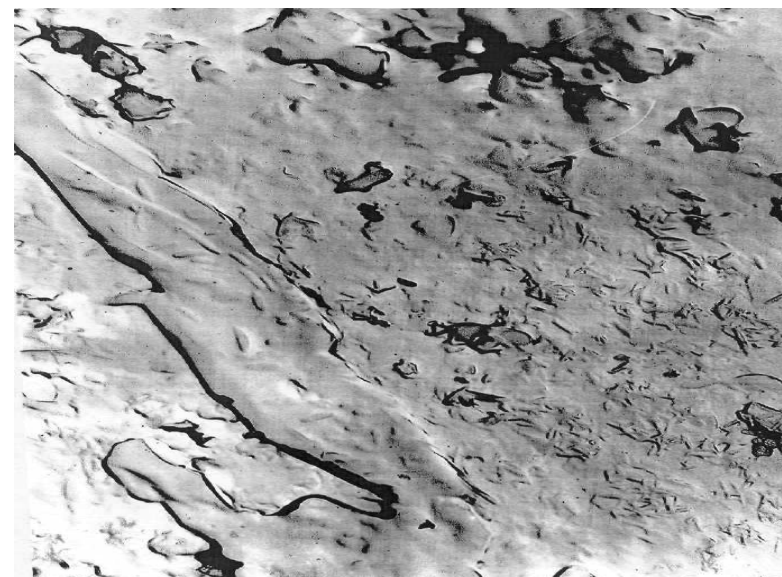


Рис.2.93 - Микроструктура муллитизированной частицы метакаолинита из Сухановской глины. Платиноуглеродная реплика с отдельных частиц, отделение химическое, увеличение в 20000 раз



Рис. 2.94. Микроструктура муллитизированной частицы метакаолина из Алексеевского каолина. Платиноуглеродная реплика из отдельных частиц, отделение химическое, увеличение в 20000 раз

На микрофотоснимке четко прослеживается процесс упорядочения структуры образца с созданием непрерывной сетки, препятствующей усадке, а значит, деформации и разрушению образца. Процесс перераспределения отдельных элементов структуры в сетчатую форму диктуется стремлением системы к самой низкой межповерхностной энергии при определенном стабильном распределении всех фаз.

Роль армирующих жестких элементов выполняют наиболее тугоплавкие фазы, каковой в данной системе является кварц, роль укрепляющей матрицы отводится в основном стеклофазе, а глинистая составляющая и продукты ее превращений (в основном муллит) служат амортизирующей буферной средой.

На рис. 2.101, 2.102, 2.103 представлены микрофотоснимки шлифов образцов полевого шпата (рис. 2.101), каолина (рис. 2.102) и керамогранита (рис. 2.103), термообработанных при различных температурах (1180, 1200, 1220 °С), по которым видно, что монофазные системы не образуют оптимальную макроструктуру, для них характерны рыхловатость поверхности (рис.2.101), наличие значительного количества стекловатых пор (рис.2.102), способные привести к разрушению поверхности при эксплуатации.

Макроструктура поверхности образца керамогранита (рис.2.103) представлена равномерно распределенными в однородной матрице зернами кварца. Кроме кварца в образце обнаружены зерна полевого шпата, расплавившегося по периферии, а внутри частично остеклованные, но сохранившие кристаллическую структуру.

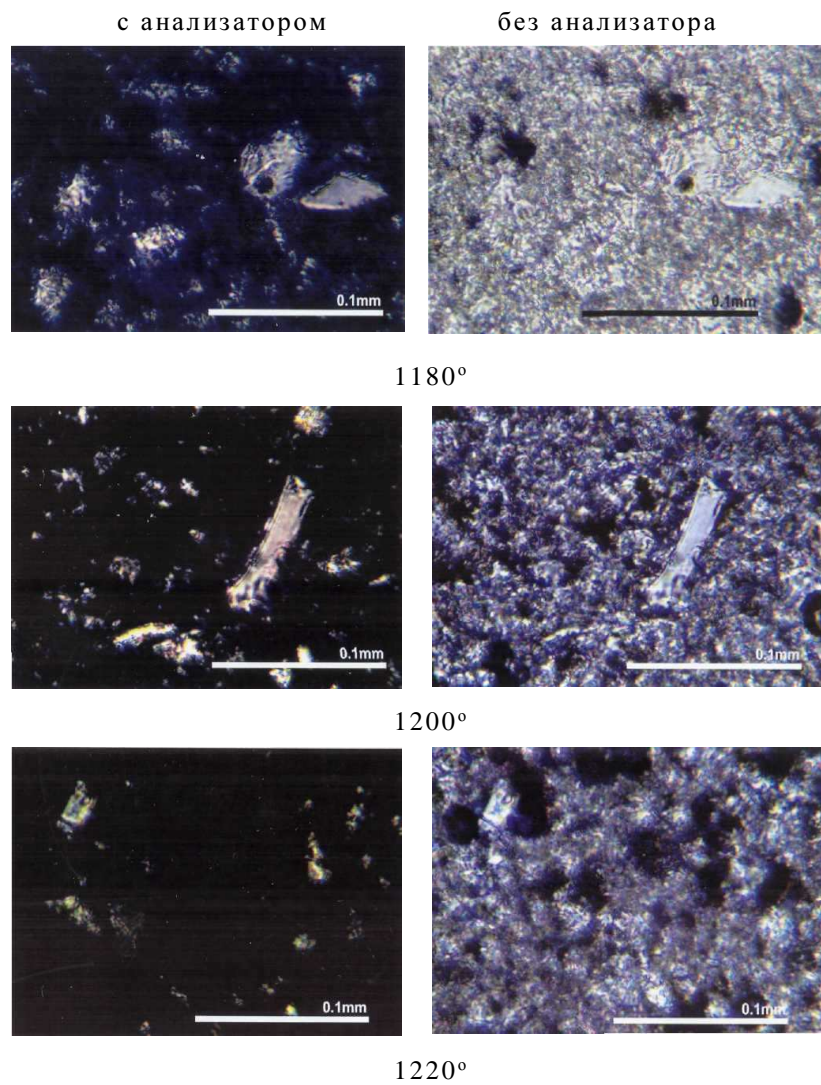


Рис. 2.95 - Микрофото в проходящем поляризационном свете образцов из полевого шпата Белогорского ГОК, обожженных при разных температурах

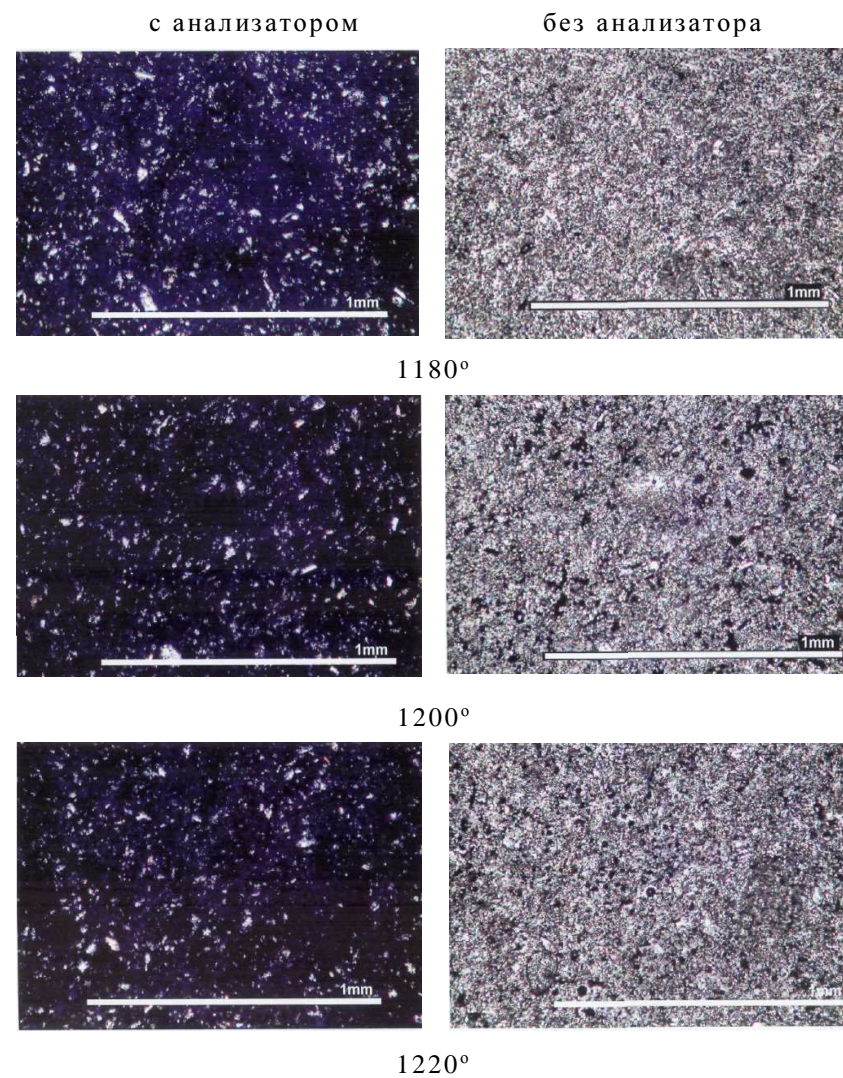


Рис. 2.96. Микрофото в косом отраженном свете образцов керамогранитных образцов состава 1, обожженных при разных температурах

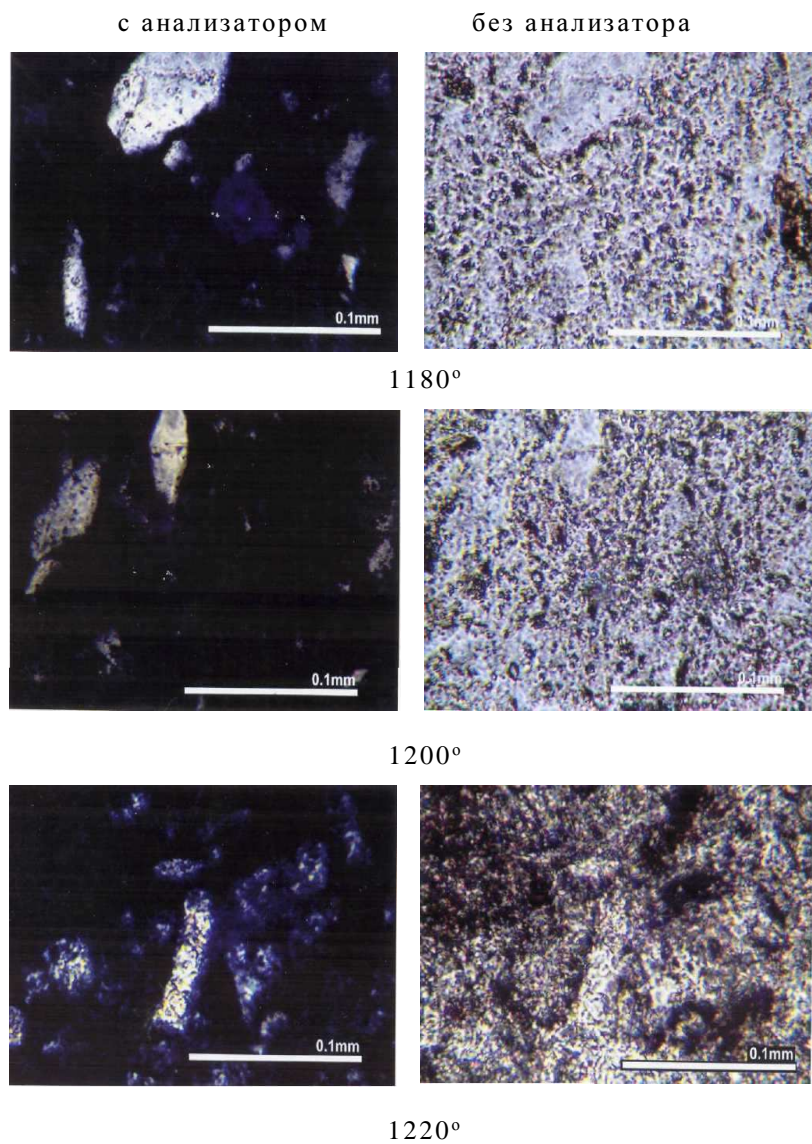


Рис. 2.97 - Микрофото в проходящем поляризационном свете образцов алексеевского каолина, обожженных при разных температурах

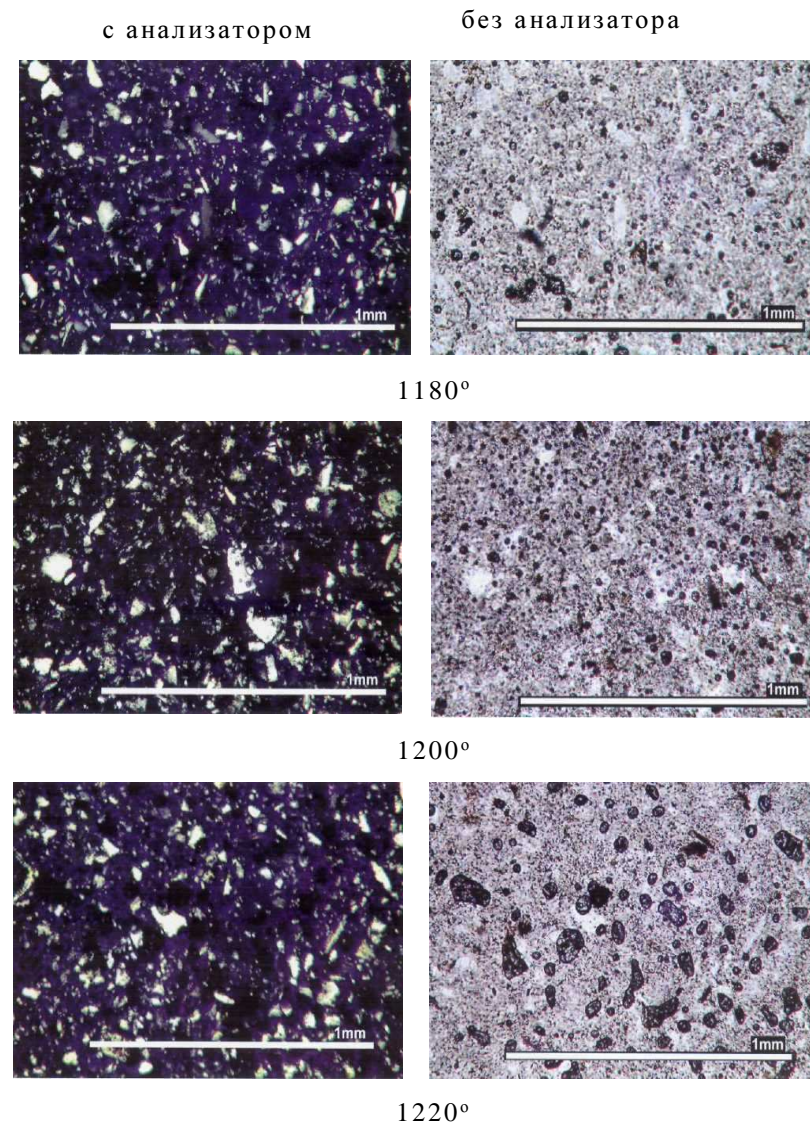


Рис.2.98. Микрофотоснимки шлифов полевого шпата

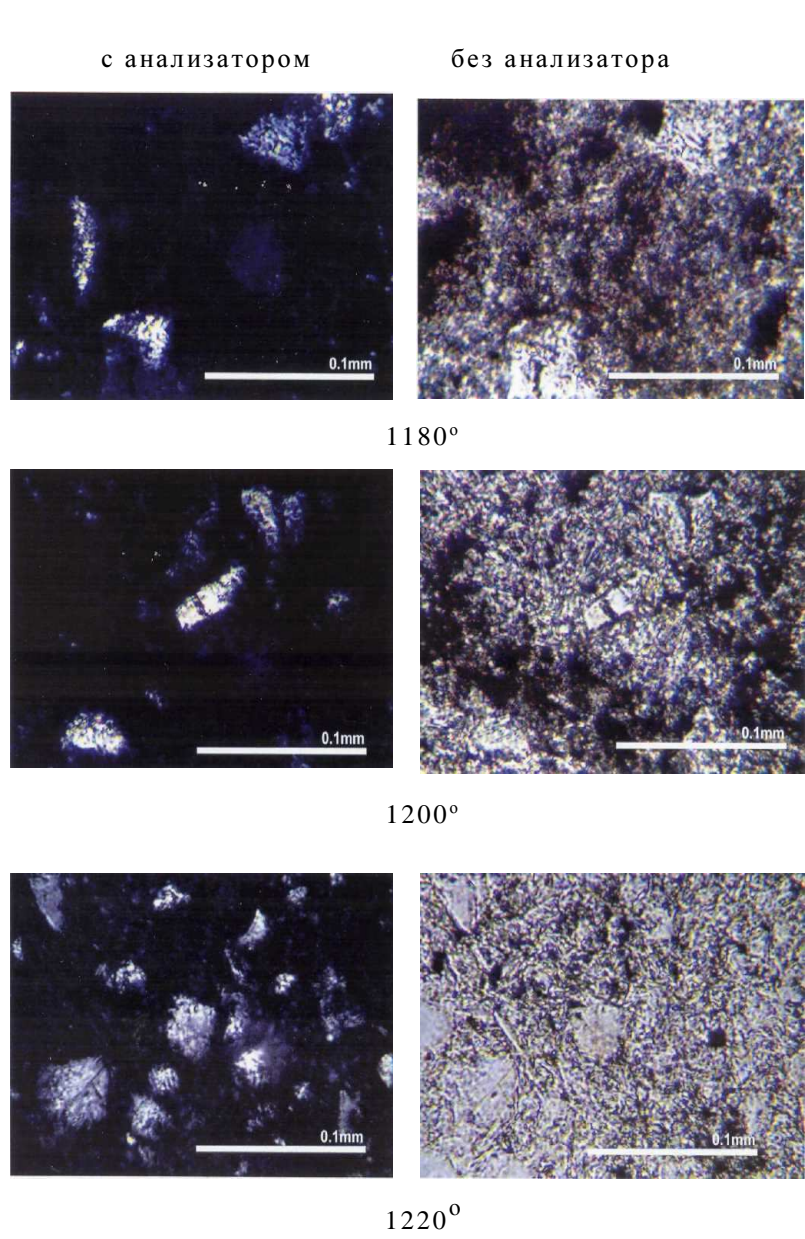


Рис. 2.99 - Микрофото в проходящем поляризационном свете образцов керамогранитных образцов состава 1, обожженных при разных температурах

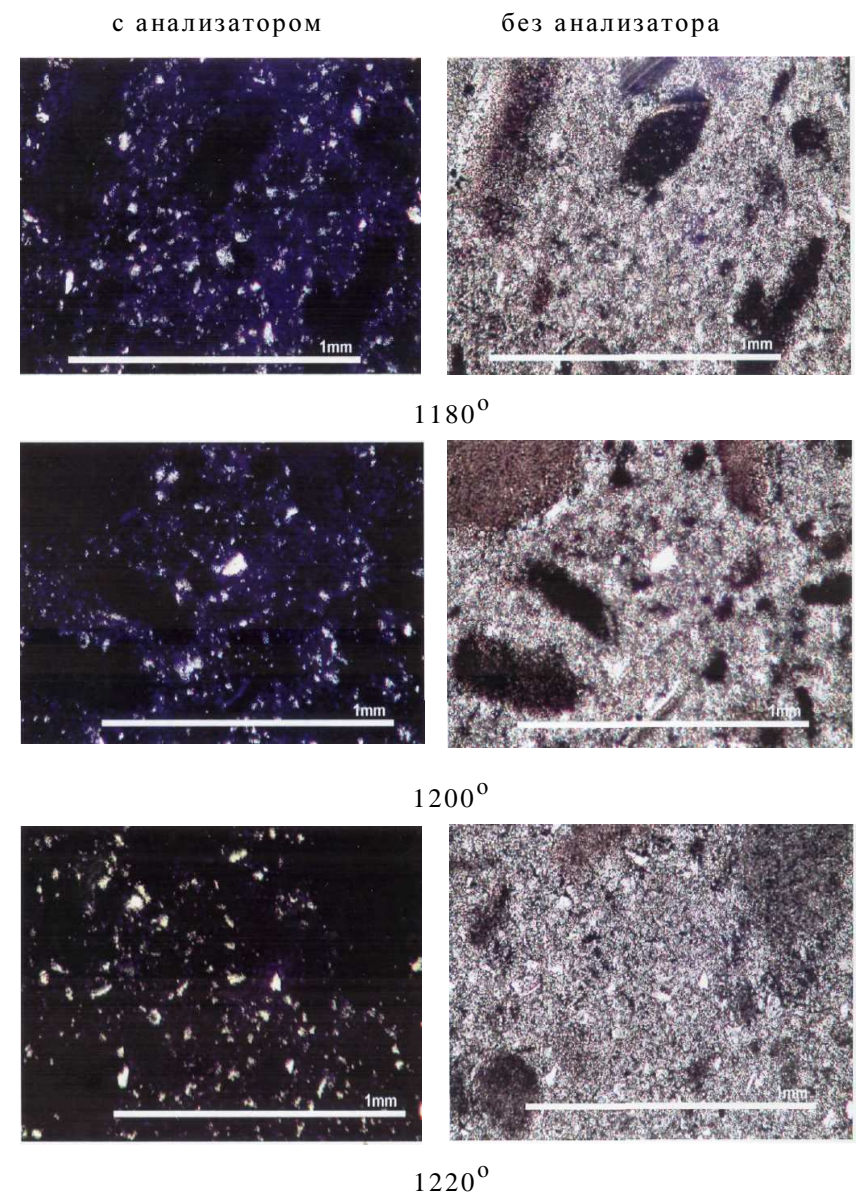


Рис. 2.100. Микрофотоснимки шлифов образца керамогранита

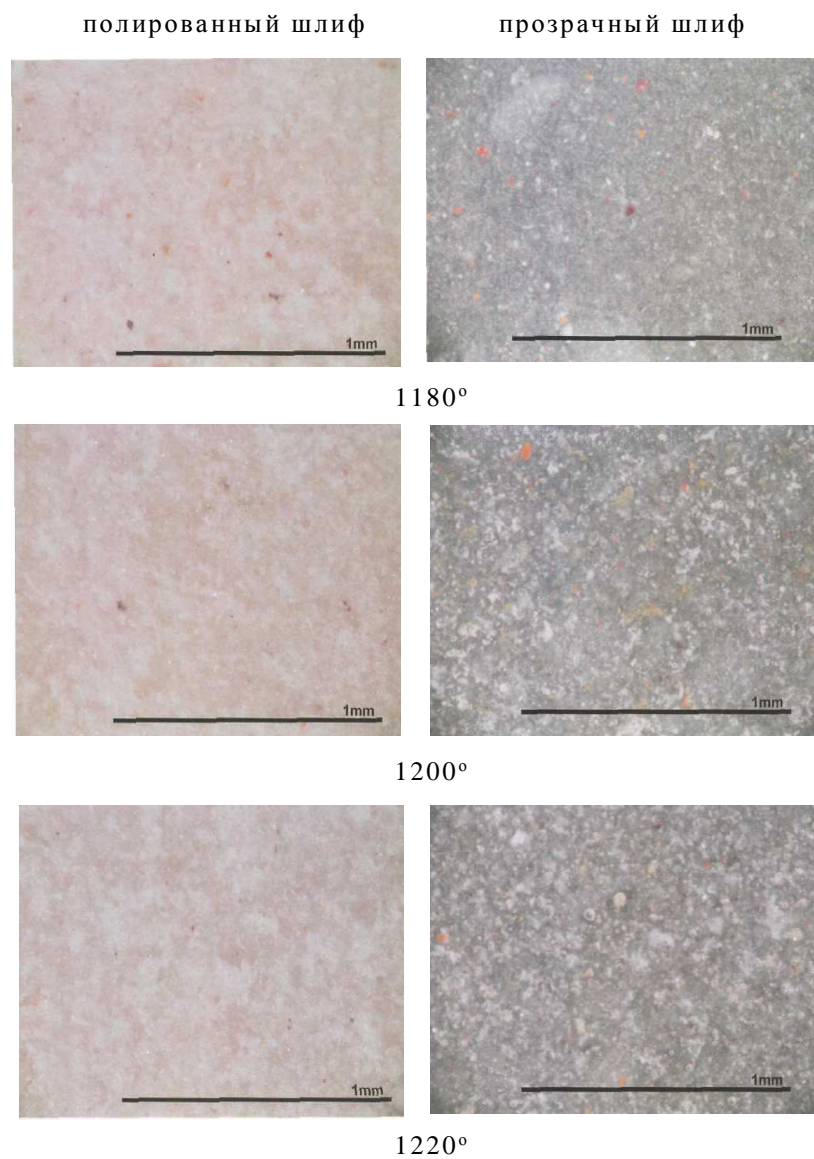


Рисунок 2.101- Микрофото в косом отраженном свете образцов из полевого шпата Белогорского ГОК, обожженных при разных температурах

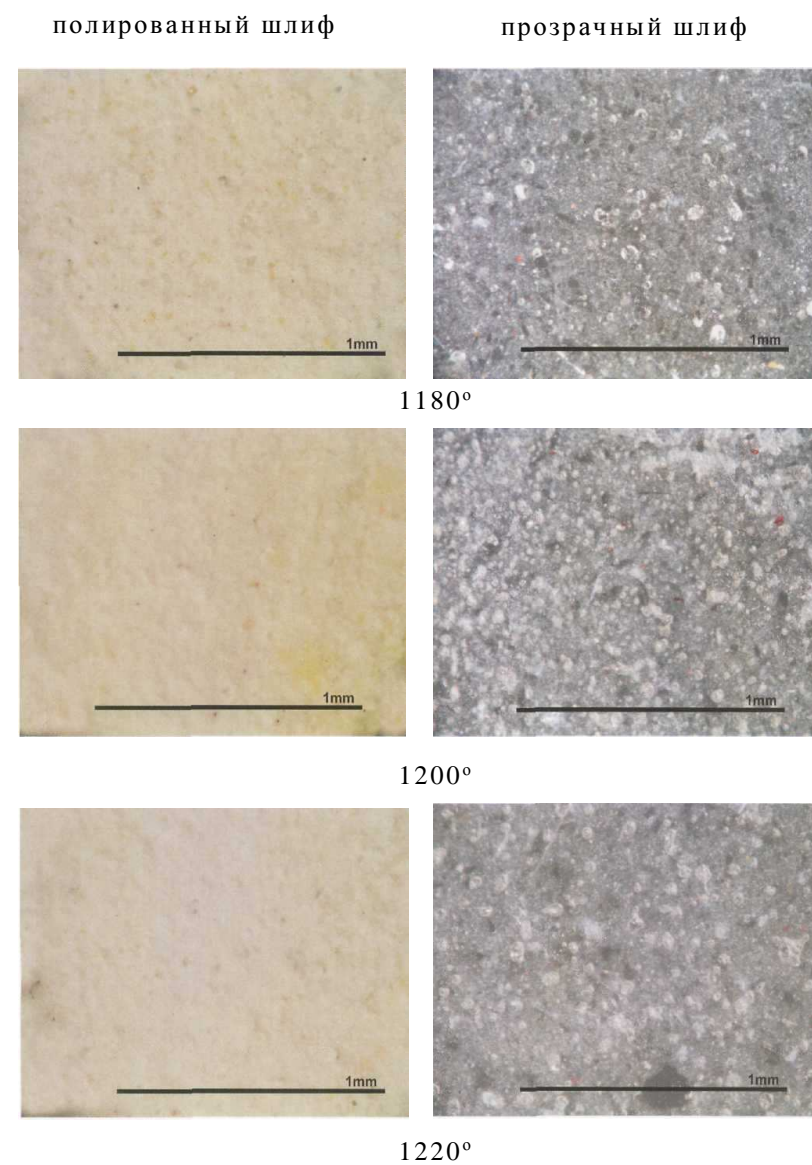


Рис.2.102 - Микрофото в косом отраженном свете образцов алексеевского каолина, обожженных при разных температурах

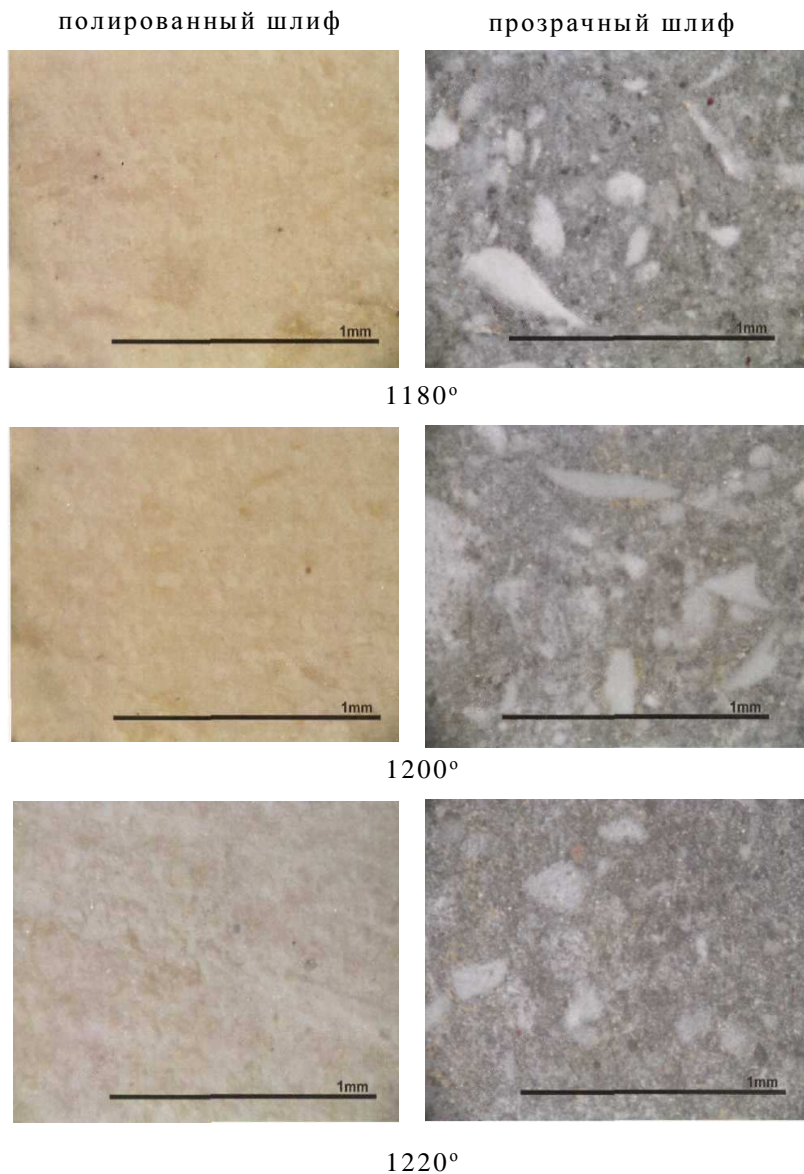


Рис.2.103 - Микрофото в косом отраженном свете образцов керамогранитных образцов состава 1, обожженных при разных температурах

Таким образом, после первого периода обжигаемая масса содержит каолиновый остаток, включающий первичный муллит и избыточный аморфный кремнезем, полево шпат и кварц.

II период (1150-1250 °С) – на первом этапе плавление полевого шпата и последующее взаимодействие полевошпатового расплава с твердыми частицами, вызывающее уплотнение массы и уменьшение пористости в результате стягивания зерен кварца и изменений каолинита.

На втором этапе (включая изотермическую выдержку при максимальной температуре обжига – 1250 °С) взаимодействие полевошпатового расплава с твердыми частицами:

а) растворение каолинового, избыточного кремнезема в полевошпатовом расплаве с образованием кремнеземполевошпатового расплава;

б) оплавление зерен кварца по контурам и образование жидкой фазы, представляющей собой также кремнеземполевошпатовый расплав.

Продуктами завершающего этапа данного периода обжига являются кремнеземполевошпатовый расплав, включающий муллит, полевошпатовый расплав, частично оплавленный кварц, участки малоизмененного каолинового остатка (первичный муллит и аморфный кремнезем) и кремнезем полевошпатовый расплав вокруг зерен кварца. Соответственно этим процессам продолжают усадка, рост механической прочности массы.