

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт машиностроения, материалов и транспорта

Работа допущена к защите

Руководитель ОП

_____ С.В. Ганин

«__» _____ 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ

по направлению подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль)

22.03.01_01 Материаловедение и технологии новых материалов

Выполнил
студент гр. 3332201/60101

Ю.Н. Пахнина

Руководитель
должность,
доцент, к.т.н.

С.А. Котов

Консультант
по нормоконтролю

Р.А. Паршиков

Санкт-Петербург

2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
Институт машиностроения, материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

С.В. Ганин

« _____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студенту Пахниной Юлии Николаевне, гр.3332201/60101
(фамилия, имя, отчество (при наличии), номер группы)

1. **Тема работы:** Внедрение новых материалов при производстве керамической плитки
2. **Срок сдачи студентом законченной работы:** июнь 2020 г.
3. **Исходные данные по работе:** 1. Литература и интернет-ресурсы. 2. Данные отчетов по НИР и диссертациям. 3. Результаты производственных экспериментов.
4. **Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):** 1. Литературный обзор. 2. Анализ технологии изготовления керамической плитки. 3. Экспериментальная часть. Исследование процессов формования керамической плитки при внедрении новых материалов. Анализ полученных результатов. 4. Выводы и рекомендации. 5. Список использованной литературы. 6. Приложения
5. **Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей):** Количество слайдов 8-10.
6. **Консультанты по работе:**
7. **Дата выдачи задания** февраль 2020 г.

Руководитель ВКР _____
(подпись) _____
фамилия

С.А. Котов
инициалы,

Задание принял к исполнению февраль 2020 г.
(дата)

Студент _____
(подпись) _____
фамилия

Ю.Н. Пахнина
инициалы,

Примечание: 1. Это задание прилагается к законченной ВКР и вместе с ВКР представляется в ГЭК.

2. Кроме задания, студент должен получить от руководителя календарный график работы над проектом (работой) на весь период проектирования (с указанием сроков исполнения и трудоемкости отдельных этапов)

РЕФЕРАТ

На 40 страниц, 7 рисунков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КЕРАМИКА, КЕРАМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИКИ, КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЛИТКА, ОБЛИЦОВОЧНАЯ ПЛИТКА, СЫРЬЕ ДЛЯ КЕРАМИКИ, ИСТОРИЯ КЕРАМИКИ.

Тема выпускной квалификационной работы: «Внедрение новых материалов при производстве керамической плитки»

Данная работа посвящена анализу зарождения керамики и керамической плитки и ее исторического развития, и ее изготовления на современном производстве. В ходе исследовательской части были осуществлены проверка и анализ нового сырьевого материала – фритты, которая затем была успешно запущена в производство.

Задачи, которые решались в ходе исследования:

1. Анализ истории развития керамики и керамической плитки
2. Изучение технологии производства керамической плитки в России на примере ОАО «Нефрит-Керамика» и сравнение ее с некоторыми иностранными технологиями.
3. Исследовательская часть: осуществление проверки и анализа нового сырьевого материала на производстве ОАО «Нефрит-Керамика».

Работа проводилась на ОАО «Нефрит-Керамика», где проводились эксперименты и опыты, необходимые для проверки материала.

В результате была проанализирована история и технология производства керамической плитки. Описано проведение экспериментов и замеров различных свойств глазури, полученной из исходной фритты.

ABSTRACT

40 pages, 7 figures.

KEYWORDS: CERAMICS, CERAMIC INDUSTRY, CERAMIC MANUFACTURING, CERAMIC TILES, FACING TILES, RAW MATERIALS FOR CERAMICS, THE HISTORY OF CERAMICS.

The subject of the graduate qualification work is «The implementation of new materials in the production of the ceramic tiles»

The study is devoted to studying the history of ceramics and ceramic tiles, as well as studying the tile production process at the modern manufactory. The research part focuses on experiments on the new raw material for the glaze - glass frit, which was later successfully launched into production.

The research set the following goals:

1. The study of ceramics and ceramic tiles production history
2. The study of modern tile production process at Nefrit-Ceramica factory, and comparison of this technology with some foreign technologies.
3. Research part: participating in the implementation of new materials in the production of the ceramic tiles

The research took place at Nefrit-Ceramica factory, various experiments and measurements for glaze quality were conducted there.

As a result, the history and technology of ceramic tile production was analyzed. Experiments and measurements of various properties of the glaze obtained from the initial frit are described.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Литературный обзор.....	8
1.1 История возникновения и развития керамики.....	8
1.2 Глазурованная керамика.....	11
1.3 История керамической плитки.....	16
Глава 2. Современная технология производства плитки.....	19
2.1 Сырье.....	20
2.2 Процесс подготовки сырья для черепа и его производство.....	20
2.3 Подготовка ангоба и ангобирование.....	24
2.4 Подготовка глазурей и глазури.....	26
2.5 Проверка, сортировка готовой продукции.....	28
Глава 3. Исследовательская часть.....	29
3.1 Определение водопоглощения.....	31
3.2 Определение предела прочности при изгибе.....	32
3.3 Определение термической стойкости глазури.....	33
3.4 Определение химической стойкости глазури.....	34
3.5 Определение коэффициента температурного расширения.....	36
3.6 Итоги.....	37
Заключение.....	39
Список использованных источников.....	40

Введение

Керамикой называют изделия из неорганических соединений (чаще всего глины) с минеральными добавками. Масса далее подвергается воздействию высоких температур (обжига).

Керамика известна человечеству с глубокой древности. Первыми изделиями из керамики были предметы быта, такие как посуда, а также различные фигурки и статуэтки. В настоящее время область применения керамики огромна: машиностроение, промышленность, строительство, искусство, медицина. Свойства керамических материалов определяются в первую очередь их химическим составом и кристаллической структурой, большую часть керамических материалов можно охарактеризовать как хрупкие и ломкие, но устойчивые к химическому воздействию и высоким температурам (1000-1600 °С).

В России керамику условно делят на тонкую и грубую. Тонкая керамика имеет стекловидную или мелкозернистую структуру, к ней относятся фарфор, фаянс, майолика и другие. Грубая или гончарная керамика, наоборот, имеет крупнозернистую структуру. Также керамические материалы могут классифицироваться по основному материалу в составе: керамика циркониевая, карбидная, нитридная и другие.

Одна из широко известных областей керамики – керамическая плитка.

Керамическую плитку в общем можно описать как обожжённое керамическое тело определенной (чаще квадратной или прямоугольной) формы. Плитка может быть глазурированной и неглазурированной. Ее используют в основном для облицовки пола или стен помещений, причем требования к плитке разнятся в зависимости от места ее применения (полы, стены, отделка), а так же от внешних условий (облицовка разных типов помещений, наружная облицовка зданий). Важную роль играет покрытие керамической плитки – глазурь. В исследовательской части были определены свойства новой глазури, внедряемой на производстве ОАО «Нефрит-Керамика»

Целью данной работы является изучение исторических аспектов изготовления керамики и анализ технологии внедрения новых материалов при производстве керамической облицовочной плитки.

Для осуществления данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ истории развития керамики и керамической плитки
2. Изучение технологии производства керамической плитки в России на примере ОАО «Нефрит-Керамика» и сравнение ее с некоторыми иностранными технологиями.
3. Исследовательская часть: осуществление проверки и анализа нового сырьевого материала на производстве ОАО «Нефрит-Керамика».

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 История возникновения и развития керамики

Находки самых ранних использований керамики датируются примерно 26000 годом до н. э. На территории бывшей Чехословакии были найдены осколки фигурок [1]. Технология была очень проста: часто встречающийся на территории лёсс формовали и обжигали в примитивных так называемых «подковообразных» [1] печах, температура обжига не превышала 800-900°C.

Предполагалось, что на территории Японии и Китая гончарное мастерство зародилось около 18000 годов до н.э., однако находки 2012 года показали, что это произошло гораздо раньше. Археологи обнаружили в китайских пещерах Сяньрен части глиняных горшков и кувшинов, датируемых примерно 20000 годами до н.э. [2]. Более поздние похожие находки около японского города Нагасаки датируются примерно 12000 или ранее годами до н.э. [1].

В целом, керамические изделия находили на многих археологических объектах, часто в виде терракотовых фигурок и предметов посуды и их осколков. Такие артефакты были найдены на территории Сибири (датируются 12000 годами до н.э.), более поздние были найдены на территории уже упомянутого Китая, в провинции Цианси (11000 лет до н.э.). Также стоит отметить находки 8000 лет до н.э. в Месопотамии [1].

Резкое увеличение использования керамических материалов отмечается в Азии и на ближнем Востоке в 7000-6000 до н.э. [2].

Все вышеперечисленные керамические артефакты были довольно похожи по свойствам, все они являлись так называемой «мягкой» керамикой, обладающей высокой пористостью, и были обожжены при температурах не больше 1000°C. Древние гончары уже тогда пытались добавлять минеральные и органические добавки в керамическую массу, так как природные породы не давали нужного результата при обжиге [4].

Состав керамических масс различался от региона к региону, однако методика создания везде была примерно одинаковой: нужная форма достигалась с помощью формования руками, реже применялись более сложные методы, такие как моделирование из тонких полос или пластин из массы. Большим прорывом стало изобретение древнего примитивного гончарного круга. Предположительно такая методика впервые появилась в азиатском регионе около четвертого тысячелетия до нашей эры, а чуть позднее она начала применяться на ближнем Востоке [1]. В Америке гончарный круг, по всей видимости, не был известен до прибытия конкистадоров. Стоит отметить, что появление гончарного круга сильно повлияло на состав керамических масс: технология позволяла делать более тонкие стенки у изделий, соответственно, масса должна была быть более гомогенной.

Печи и искусство обжига развивалось бок о бок с развитием керамических материалов. Первые печи представляли собой дыру в земле, прикрытую ветками, по ходу развития в печах стало возможно достигать больших температур, разных атмосфер, а так же лучше их контролировать, появилась возможность использовать печи повторно, и общий их КПД был значительно выше, что позволяло более эффективно использовать топливо. Уже в 4 веке до нашей эры греки использовали вышеописанные печи [3].

Также развивались способы украшения изделий, изначально все ограничивалось выдавленными на стенках узорами, однако искусство стремительно развивалось. Всем известны греческие вазы, кувшины и амфоры с узорами и рисунками в отличительных черных и красно-оранжевых цветах, пример представлен на рисунке 1.1:



Рисунок 1.1 Греческая амфора, 8 век до нашей эры.

Технология производства таких узоров довольно сложна. Красная глина, из которой и производились греческие амфоры, содержит железо и при обжиге в стандартных условиях приобретает красный цвет. Греческие гончары формировали изделие на гончарном круге, высушивали его на солнце, а затем расписывали, используя водную декантированную суспензию той же глины, из которой состояло изделие – это можно было назвать первым шликером. Суспензией покрывали области, которые должны были быть черного цвета. Далее проводился трехфазный обжиг:

- Первая фаза: окислительный обжиг при температуре 900°C, изделие приобретало насыщенный красный цвет, железо находилось в составе оксида Fe_2O_3

- Вторая фаза: печь закупоривалась, а в топливо добавляли свежую древесину, что создавало восстановительную атмосферу, железо в оксидах восстанавливалось до FeO или Fe₃O₄
- Третья фаза: печь открывалась, в нее начинал поступать кислород, но вновь приобрести красный цвет могли только те области, которые имели пористость, в то время как области, покрытые суспензией, остекленевали из-за наличия в глине калия, который действовал как флюс. Так получались стеклянно-черные узоры на матово-красной или оранжевой поверхности изделия. Эта техника была открыта только в 1948 году [1].

Более простые методы, позволяющие получить двуцветное покрытие, существовали также в древнем Египте и Италии. Египтяне создавали вазы с красной нижней частью и черной горловиной путем создания специальных печей, где изделие частично зарывалось в землю. Защищенная землей часть обжигалась до красного цвета, а верх, доступный для атмосферы печи, обжигался до черного цвета [5]. Похожим способом создавались узоры на итальянской керамике, однако использовался однофазный окислительный отжиг [4].

1.2 Глазурованная керамика

В области декорирования керамики господствующее место занимают глазури. Греческие узоры часто сравнивают с глазурями, однако технологически такое сравнение некорректно. Первые глазури были обнаружены около 7000 лет тому назад на территории Египта, Сирии, Ирака, Месопотамии и Индии. Она состояла из смеси стекла, растительной золы, карбоната натрия, свинца, и различных оксидов, которые обеспечивали цвет или непрозрачность глазурей. Помимо украшения глазурь играла еще одну важную роль – гидроизоляцию пористого черепка [1].

Первые глазури датируются примерно вторым тысячелетием до нашей эры. Такая задержка в появлении глазурей относительно керамики в общем

связана с большой сложностью процесса: масса для глазури должна быть идеально однородной и иметь невысокую температуру плавления, так как печи того времени не могли создать температур высоких. И самый сложный критерий: масса для глазурования должна была иметь строго определенные свойства (КТР, поведение при нагревании и охлаждении), подходящие черепу, при несоответствии этих свойств изделия в лучшем случае искривляются, в худшем это вызывает неконтролируемые реакции (взрывы и трещины) при обжиге [1].

По последним данным одними из первых найденных глазурей были найденные на территории Сирии и Ирака глазурованные вазы и статуэтки, датируемые 1600-1500 годами до н.э. Первые глазури были щелочные, чаще всего голубые или зеленые из-за оксидов меди в составе. Позднее (1 век нашей эры) глазури появились в Римской империи, Англии и на территории Азии. Они уже содержали оксиды свинца, однако данных глазурей было найдено достаточно небольшое количество, несмотря на хорошие технические характеристики: низкая температура плавления, хорошая адгезия, необычные цвета. В Европе после падения Римской империи керамика была довольно простой, часто без украшений и глазурей. Но глазури с оксидами свинца еще будут использоваться – они вернуться в ремесло около 9 века н.э [4].

Отдельного упоминания заслуживает керамика мусульманского Востока и ее новое открытие: люстр. Люстром называют группу добавок, которые придают глазури металлический или перламутровый блеск. Первые декорированные таким образом изделия появились в 8-9 веках н.э., а к 13 веку технология дошла до Египта и Персии [6].

Первые люстры состояли из солей драгоценных и цветных металлов (золота, серебра, меди) и различных связующих веществ. Изделие с нанесенным люстром обжигалось при низких температурах (240 °С). Частицы металла впекались в глазурь, которую после низкотемпературного обжига полировали, получая интересные вариации металлического блеска.

Те же мусульманские мастера внесли большой вклад в создание и развитие непрозрачных глазурей. Данная технология была недостижима довольно долгое время, однако гипотетически имела множество преимуществ, таких как сокрытие не слишком эстетичного цвета черепка, а также большее количество возможностей декорирования [7-8].

Рассматривалось несколько способов добиться непрозрачной глазури. Например, присутствие пузырьков газа в больших количествах, дававшее эффект непрозрачности; присутствие не до конца расплавившихся крупных зерен или веществ, не расплавлявшихся до конца, таких как полевой шпат. В конце концов, желаемый эффект был достигнут путем применения смеси свинца и олова, олово во время обжига окислялось до касситерита – минерала состава SnO_2 . Касситерит давал мелкие нерастворимые вкрапления, которые придавали глазури непрозрачный белый цвет.

Начиная с 13 века н.э. искусство керамики начинает активно развиваться на территории Испании и Италии. Испания чаще использовала люстр, в то время как итальянские мастера сосредоточились на майолике. С самого начала эпохи Возрождения керамика на территории этих стран переживает грандиозный подъем [1].

Интересны так же технологии древнего Китая. Во всем мире керамика имела довольно большую пористость и обжигалась примерно при 1000-1050°C. Китай же сосредоточился на фарфоре – гораздо менее пористом (1-5% в зависимости от вида) материале [2]. Такая керамика требовала обжига при 1200-1300°C. Китайская технология требовала, во-первых, тщательно подобранные материалы и, во-вторых, печи, способные достигать таких высоких для тех времен температур. Некоторые находки фарфора на территории Китая датируются первым веком до н.э. Геологически Китай располагает богатыми запасами каолина с высоким содержанием алюминия. Каолиновые глины при обжиге приобретают белый цвет, покрытия в основном были белые или светлых цветов, например, как на рисунке 1.2:

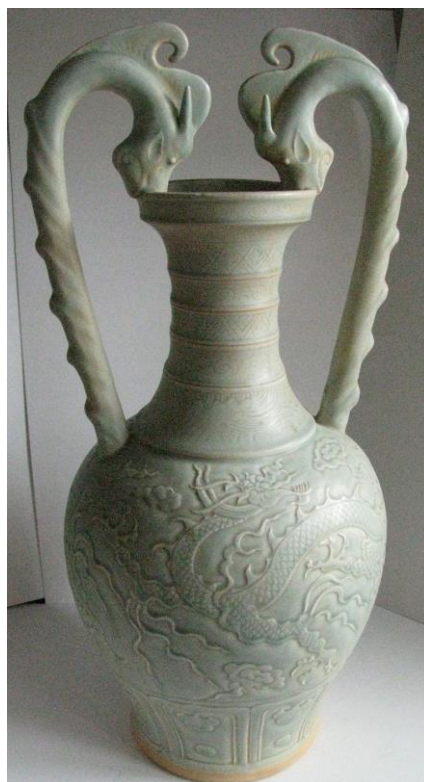


Рисунок 1.2 Китайская фарфоровая амфора, покрытая селадоном, Династия Сон (960 – 1279 года н.э.)

Первые упоминания керамики, произведенной в Европе, относятся к Германии. В 1709 году немцы сумели создать фарфор, который, однако, отличался по составу от китайского, главным компонентом которого был каолин. По немецкому методу керамика так же обжигалась при высоких температурах, однако шихта содержала большие количества кальция (до 5%), который и позволял выдерживать большие температуры. По мере развития технологии, в шихту стали так же вводить полевой шпат [1].

Во Франции, в коммуне Севр, так же были созданы образцы фарфора. В 1767 году на территории Сент-Ирье во Франции были найдены богатые залежи каолина, затем там же появилась новая модификация печей: цилиндрической формы с двумя камерами. Такие печи были способны достигать очень высоких температур. В сочетании с новыми рецептами шихты и глазури, содержащими полевой шпат в форме пегматита, это придавало изделиям идеально белый цвет.

С 16 века Голландия экспортирует большое количество фаянсовых ваз с бело-синими узорами.

Похожая технология появилась и в России примерно в 17 веке и получила название Гжель. Деревня Гжель и область вокруг нее славилась своими особыми глинами, которые по приказу царя Алексея Михайловича в 1663 году начали доставлять в Москву для производства сосудов под аптекарское дело. В начале 19 века около деревни Минино были найдены залежи светлой серой глины, которую стали использовать для производства грубого и непрочного так называемого полуфаянса. С тех же времен прижилась роспись гжели синей краской. Во второй четверти 19 века гжель переживает расцвет: постоянно улучшается состав массы и, как следствие, и качество готовой продукции. Современная гжель использует кобальтовые краски на белой глине [10]. Образец кувшина в технике гжель показан на рисунке 1.3:



Рисунок 1.3 Кувшин в технике Гжели

Как и большая часть производств, производство керамики прошло через фазу индустриализации в 20 веке. Способы приготовления материалов,

окрашивания, декорации и обжига многократно продвинулись благодаря использованию электричества. Вместе с тем, была расширена сфера применения керамики. Производители из разных областей стали обращать внимание на керамику как на перспективный материал, предоставляющий большое количество возможностей, важнейшими из которых были способность выдерживать высокие температуры и отсутствие электропроводности. Эти два свойства, например, пришлись очень кстати, для изоляторов свечей зажигания автомобилей. Немецкий инженер Готтлоб Хонольд предложил делать изоляторы из алюминиево-оксидной керамики, так как она могла выдерживать температуры до 1000 °С и напряжение до 60000В [4].

1.3 История керамической плитки

История керамической плитки как материала для облицовки стен и полов идет бок о бок с историей керамики в целом.

Одни из первых находок, представлявшие собой покрытые глазурью керамические кирпичи, приходится на территорию современного Ирана и датируются тринадцатым веком до н.э. Глазурованные и окрашенные керамические плитки использовались как отделка в древней Месопотамии, например, знаменитые Ворота Иштар (рисунок 1.4), построенные в 575 году до н.э. в Вавилоне отделаны глазурованными плитками и барельефами. Глубокого синего цвета древние мастера добивались благодаря наличию меди в глазури.

Высушенные на солнце глиняные кирпичи были самым распространенным материалом для строительства зданий в Месопотамии. Междуречье Тигра и Ефрата было бедно камнем, зато глинистой породы было в избытке, что и подталкивало людей к появлению печей и попыткам использования глины как альтернативы камню. Обожженные в печах глиняные кирпичи вскоре стали использовать поверх обожженных на солнце для придания большей прочности важным строениям, таким как храмы, дворцы, ворота и прочее [9].



Рисунок 1.4 Ворота Иштар, 575 год до н.э., реконструкция, Музей Передней Азии, Берлин

Комнаты с отделкой плиткой были обнаружены на территории Индии. Во втором веке в Индии использовали полированную фарфоровую плитку для отделки полов и бассейнов. Судя по качеству плитки и ее выкладке, технологии Индии были чрезвычайно развиты.

В Иране керамика применялась в качестве отделки для мечетей, например, мечеть Имама в Исфахане (рисунок 1.5). Часто использовались синий и бирюзовый цвета [6].

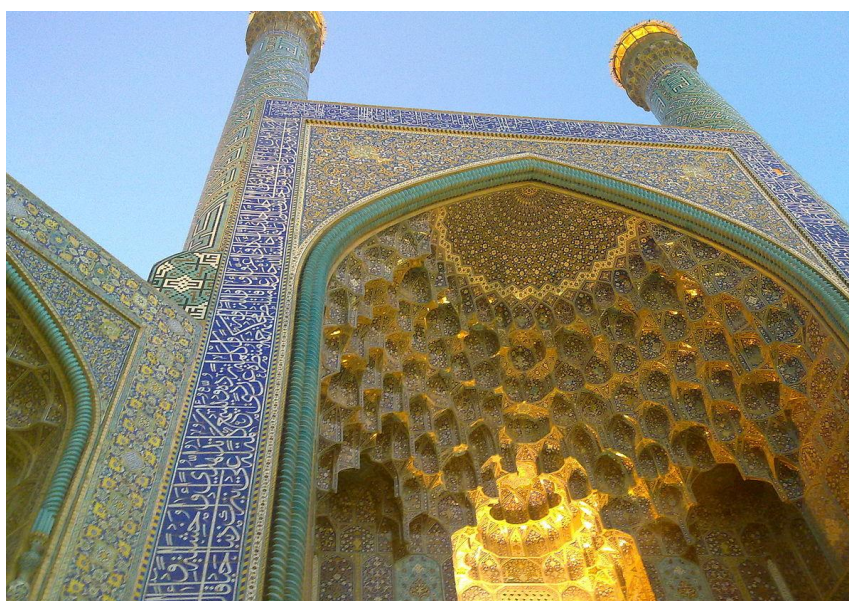


Рисунок 1.5 Отделка Мечети Имама, построенной в 1611-1641 годах н.э., Исфахан, Иран.

Золотой век развития исламской плитки приходится на времена империи Тимуридов, 1370-1507 года н.э.

Тут же стоит упомянуть плитки гирих, часто использовавшиеся в отделке мечетей и усыпальниц. гирих представляют собой орнаменты из плиток различных геометрических форм (шестиугольники, пятиугольники, ромбы и так далее), у которых все ребра равны, а углы кратны 36° , ниже на рисунке 1.6 представлены узоры, выложенные из пяти- и шестиугольных плиток гирих:



Рисунок 1.6 Отделка плиткой гирих на арке Зеленой мечети в Бурсе, Турция, 1424 год н.э.

Применение керамических плиток и орнаментов продолжается в исламской архитектуре по сей день.

В Средневековой Европе так же использовали керамические плитки, однако сохранилось их немного. Здесь плитки в основном использовались для религиозных сюжетов.

В России использовали плитки из уже упомянутой гжели для отделки, чаще всего они применялись на каминах [10].

В 19-20 веках процесс производства плиток упрощается. Плитки стали производиться массово с помощью машинного труда (конвейеры, печи и так далее) и, соответственно, стали гораздо дешевле и доступнее. Плитки стали применяться в облицовке стен и полов в ванных комнатах, уборных, кухнях, некоторые виды плитки, например, керамогранит, нашли свое применение в отделке полов и стен промышленных помещений и публичных зон.

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТКИ

Современный процесс массового производства керамических изделий и плитки в частности максимально упрощен для человека и роботизирован.

Рассмотрим современный процесс производства керамической облицовочной плитки на ОАО «Нефрит-Керамика».

Плитки керамические глазурованные облицовочные для внутренних помещений изготавливаются методом полусухого прессования с последующей сушкой, затем плитка проходит первый (утельный) обжиг, далее наносятся глазурь или ангоб и глазурь, далее плитка поступает на второй (политой) обжиг. Данные плитки предназначены только для внутренней облицовки стен зданий [12].

Прессование является самым распространенным способом получения сырца для плитки, однако существует и другой способ – экструзия, или выдавливание массы через отверстие. Так же в странах-лидерах по производству плитки и керамики в общем – Италии, Испании – все чаще применяется однократный обжиг. Он дешевле и быстрее двойного, однако является более сложным в техническом плане – сырье должно предназначаться специально для однократного обжига. На российских предприятиях для производства облицовочной плитки для стен в подавляющем большинстве случаев используется именно двукратный обжиг.

2.1 Сырье

Сырьевыми материалами на производстве керамической плитки являются: глина кембрийская, глина новорайская, глина латненская, каолин, известняк, жидкое стекло, техническая сода, песок формовочный и кварцевый, керамические красители и шпат, фритты для глазурей, триполифосфат натрия, карбоксиметилцеллюлоза, соль, так же пигменты для окрашивания глазурей.

Сырье принимается на территорию и распределяется в соответствующие отсеки для хранения. Большая часть твердого сырья (глины, песок, шпат) поставляются железнодорожным транспортом.

2.2 Процесс подготовки сырья для черепа и его производство.

Для производства шликера сначала подготавливают раствор электролита. Для приготовления электролита используется сода кальцинированная, жидкое стекло и вода. Сода и жидкое стекло взвешиваются на весах, вода дозируется с помощью расходомера. Соотношение материалов при загрузке: сода:жидкое стекло:вода – 1:5:4,5. Приготовлением электролита занимается оператор. Готовый электролит имеет плотность 1,3кг/м³.

Твердые составляющие шликера – глины, известняк, бой обожжённых изделий, полевой шпат – дробятся и подаются в мельницы.

Операция приготовления шликера производится в барабанной мельнице непрерывного действия. Мельница предназначена для мокрого помола керамических смесей при помощи мелющих тел, которые при вращении мельницы измельчают материал путем истирания и удара. Внутренняя футеровка мельницы изготовлена из специальной износостойкой резины.

Мокрый помол материалов является частью полностью автоматизированного цикла, который состоит из: систем взвешивания и дозировки материалов, системы загрузки материалов в мельницу, помола, системы разгрузки, транспортировки и хранения шликера.

Для приготовления шликера используется техническая и невская вода.

Мельница состоит из двух независимых последовательно установленных модулей. Загрузка шихты, воды, электролита производится в первый модуль, полуфабрикат перемещается во второй модуль, из которого выгружается готовый шликер. В качестве мелящих тел используются алюбитовые шары плотностью 3,57 кг/дм³. Слив шликера производится через вибросито с сеткой. Непросеянный материал удаляется в контейнер.

Далее из жидкого шликера получают пресс-порошок путем высушивания в башенной сушилке.

Тонкораспыленная струя шликера, направленная вверх внутри башенной сушилки, наталкивается на горячий противоточный воздух, образованный газовым генератором. Данный воздух подается в верхнюю часть башенной сушилки через стальной трубопровод при температуре 400-600 °С. Это способствует испарению воды и образованию гранул порошка в виде полых сфер.

Вывод влажного газа из башенного сушила происходит с помощью трубы - заборника, соединенной с вентилятором, который создает в корпусе разряжение.

Выгрузка распыленного пресспорошка производится из конического днища атомизатора через механический клапан при температуре в среднем более 60°С на ленточный транспортер. При этом температура выводимых наружу газов составляет 80-120°С. Очистка газов от твердых частиц производится в циклонах.

Размер отверстий сопел форсунок задает гранулометрический состав порошка от 60-550 мкм, при этом 60-70 % - с размером 250-400 мкм. При увеличении отверстий сопел до предельного допуска, необходима замена. При средней влажности шликера – 36-37 % количество работающих форсунок – 8, диаметр сопла – 2,5 мм.

Полученный пресс-порошок порциями с заданной массой подается в гидравлические прессы. Отпрессованные плитки, называемые сырцами,

должны иметь правильную геометрическую форму, четкие углы и грани, гладкую лицевую поверхность, не иметь зазубрин и щербин на кромках.

После прессования сырец поступает в сушила для сушки, и затем подается в нижний ярус печи для первого (утельного) обжига. В зависимости от состава пресс-порошка выбирается время и температура обжига. Время первичного обжига обычно составляет 40-70 минут, максимальное значение температуры 1080-1090°C.

Этапы утельного обжига:

- Предварительная часть печи:

Это входная зона, в которой плитка должна выделить из себя остаточную гигроскопическую воду. Этот сегмент обжигового канала не имеет горелок и обогревается продуктами сгорания, поступающими из участка обжига.

Температура измеряется термопарой на своде и варьируется в пределах 200-300°C. Ввиду быстроты цикла и эндотермичности испарения, материал имеет температуру в пределах 50-200°C.

В модуле, следующем за модулем всасывания продуктов сгорания имеется большой люк под роликовой поверхностью нижнего яруса, который обеспечивает доступ к обжиговому каналу в случае необходимости выполнения осмотра или непланового обслуживания.

- Предварительный нагрев:

На этом этапе керамическая масса дегазируется, чтобы не допустить образования во время производства вздутий, пузырей, отверстий, пористости эмали или несоответствия тона. Этот этап завершается тогда, когда начинается плавление, и пористость поверхности плитки уменьшается, быстро теряя газопроницаемость. Температура находится в пределах 500-1000 °C, в зависимости от типа продукта. Участок предварительного нагрева оборудован горелками, расположенными в стенах, над и под роликовой поверхностью каждого яруса.

Во всех модулях серия люков с несовпадающим расположением между правой и левой стороной, позволяет осматривать и очищать под. На стенах выполнены смотровые отверстия, защищенные горловинами с крышками, для наблюдения за проходящим материалом.

- Обжиг:

Это этап, на котором достигается максимальная температура, свыше 1000°C . Все зоны оборудованы горелками над и под роликовой поверхностью каждого яруса, кроме печей, предназначенных для обжига глазури. Многочисленные конечные характеристики плитки (размеры, плоскостность, спекание и т.д.) достигаются в этой зоне, следовательно необходима тщательная проверка температуры и состояния роликовой поверхности, учитывая, что определенные виды продукции могут значительно деформироваться в этой зоне.

- Быстрое охлаждение:

В этой зоне температура быстро опускается с максимальной до приблизительно 600°C .

Плитка быстро охлаждается до температуры, которая обязательно превышает температуру аллотропного преобразования кварца (573°C).

Оборудование для быстрого охлаждения состоит из труб для наддува, встроенных в стену, над и под роликовой поверхностью, которые подают воздух в обжиговой канал.

Температура контролируется термопарами над и под роликовой поверхностью для каждого яруса.

Распределяя должным образом охлаждение над и под роликовой поверхностью, можно корректировать некоторые дефекты плоскостности плитки.

- Медленное охлаждение:

На этом этапе происходит очень деликатное преобразование в кварц, что вызывает сильное снижение объема керамического тела, этот процесс должен

выполняться медленно и постепенно, чтобы предотвратить возникновение напряжений и разрушение изделия.

Температура составляет от 600 до 450 °С, которой соответствует температура плитки от 700 до 500°С.

Под сводом обжигового канала проходят трубы теплообменников, через которые вентилятор прогоняет холодный воздух, забираемый снаружи.

Температура в обжиговом канале контролируется термопарой на своде, которая подключена к регулятору типа PID, управляющему приводом, при помощи которого модулируется количество циркулирующего в теплообменнике воздуха.

На своде печи имеется люк, через который обеспечивается доступ к обжиговому каналу для выполнения обслуживания.

- Конечное охлаждение

Это последняя стадия процесса, на которой у продукции, уже преодолевшей критическую точку преобразования кварца, отбирается как можно больше тепла. Зона оборудована системой наддува холодного воздуха непосредственно над и под материалом при помощи поперечных перфорированных труб.

Второй вентилятор забирает в обжиговом канале воздух, который нагрелся при контакте с продуктом, используя воздухозаборники на своде, состоящие из вытяжек, установленных над и под роликами каждого яруса с регулировочным дроссельным клапаном.

Эта система использует небольшие и хорошо распределенные объемы воздуха. Таким образом, можно использовать воздух при температуре 100-160°С. Для нужд сушки или для отопления отстойника сырой продукции или же в качестве воздуха сгорания [12].

2.3 Подготовка ангоба и ангобирование

Ангоб – это смесь глинозема, каолина и прочих добавок, наносимая на обожженный череп перед нанесением глазури. Ангобирование не является

обязательным процессом и зависит от наносимой глазури: некоторые из них (так называемые моно-глазури) не требуют предварительного нанесения ангоба. Ангоб наносится для:

- Перекрытия красно-коричневого цвета черепа (сам ангоб имеет белый цвет из-за добавок в составе (цирконовый концентрат)
- Компенсации коэффициента термического расширения глазури. КТР черепа, ангоба и глазури подбираются так, чтобы после второго обжига изделие приобрело требуемый по ГОСТ 13996-2019 изгиб.

Приготовление ангоба производится путем мокрого помола материалов в шаровых мельницах. Материалы для приготовления ангоба помещаются в бункера, расположенные над путем движения весовой тележки. Дозирование материалов производится с помощью шнекового питателя в специально предназначенный контейнер, взвешивание производится с помощью электровесовой тележки. Предварительно взвешенные материалы помещают в мельницу мокрого помола, расположенную территориально в отделении приготовления глазури.

Загрузку компонентов производят по рецепту:

- Каолин сухого обогащения - 15%
- Глинозем - 70%
- Цирконовый концентрат - 15%
- КМЦ - 0,05%
- воды до общей влажности полученной смеси 70%.

Помол суспензии производится до остатка на сите №0063 – 2%. Плотность суспензии составляет 1,2-1,25 г/см³.

На конвейерных линиях производится операция ангобирования плитки-сырца. Установка для нанесения ангоба устанавливается после формователя ряда отпрессованной плитки перед сушилом. Приготовленный в отделении приготовления глазури ангоб транспортируется с помощью

электропогрузчика к установке ангобирования и заливается в емкость. С помощью насоса суспензия ангоба закачивается в расходную ванну. Ангоб на российских заводах чаще всего наносится с помощью установок «Колокол» или Vela. Первая представляет собой конусообразный купол, на одну из сторон которого подается ангоб, который ровным слоем стекает с колокола на едущую по конвейерной ленте обожженную плитку. Установка Vela имеет похожее устройство, но в ней ангоб льется через щель тонким плоским потоком, перпендикулярным вектору движения плитки по конвейерной ленте [12].

2.4 Подготовка глазурей и глазурирование

Глазурь – внешняя декоративная часть плитки. Для приготовления глазурей используются мельницы мокрого помола периодического действия.

Глазури состоят из фритт и мельничных добавок, обеспечивающих поддержание суспензий глазури во взвешенном состоянии и реологических свойств глазурей. Для создания покрытия облицовочной плитки чаще всего используются глазури на основе фритт испанских и итальянских фирм.

Примерный состав глазури для помола:

- Фритта – 100%
- Каолин – 7%
- Триполифосфат натрия – 0,15-0,20%
- Карбоксиметилцеллюлоза – 0,03-0,04%
- NaCl – 0,04%
- Вода – 35-37%

В зависимости от фритты и подобранной температуры обжига, свойства полученной глазури могут варьироваться. Можно получить глазурь с глянцевым или матовым покрытием, белую, прозрачную или полупрозрачную. В настоящее время большинство рисунков и узоров наносятся на глазурированную не прошедшую второй (политой) обжиг плитку с

помощью специальных принтеров (например, KeraJet), которые наносят на влажную глазурь специальные пигменты. Иногда с целью экономии пигментов принтера или по художественным соображениям окрашивается сама глазурь, тогда полученная плита имеет однородный цвет, на который так же можно нанести рисунок.

Для приготовления окрашенных глазурей в качестве красителей используются керамические пигменты. Операция окрашивания производится следующим образом:

- подготавливается неокрашенная глазурь с рабочими параметрами
- пигменты измельчаются в водной среде
- суспензия пигментов помещается в неокрашенную глазурь, проходя ситовое и магнитное обогащение
- полное перемешивание глазури и пигмента производится в расходной емкости при постоянном вращении мешалки
- время перемешивания глазури не менее 2 часов

Операция нанесения глазури аналогична вышеописанной операции нанесения ангоба.

Далее плитка поступает на политой обжиг. Время и температура обжига зависит от вида выпускаемой продукции и формата плитки.

Обжиг производится при сильно окислительной среде, полном сгорании газа, без видимого факела пламени, с достаточным избытком воздуха. Управление скоростью приводов происходит за счет изменения частоты питающего напряжения с помощью частотных преобразователей.

Температурный режим подбирается теплотехником и технологом конвейерных линий в зависимости от:

- типа, размера плитки;
- вида используемой глазури;
- вида выпускаемой продукции.

Время обжига 39-55 мин, так же в зависимости от типа и размера плитки, вида глазури и вида выпускаемой продукции подбирается технологами и операторами печи.

Стадии политого обжига так же схожи с вышеописанными стадиями уфельного обжига [11].

2.5 Проверка, сортировка готовой продукции

Для проверки качества лицевой поверхности плиток из разных мест партии контролер отбирает 50 штук. Отобранные плитки подвергаются внешнему осмотру на соответствие требованиям ГОСТ 6141-91. Далее плитки проверяют на соответствие размеров и формы, термическую стойкость, водопоглощение [15].

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Мной было принято непосредственное участие во внедрении нового материала – глазури – на производстве ОАО «Нефрит-Керамика».

Как уже было упомянуто выше, на российских заводах в основном используются иностранные – испанские или итальянские – фритты для глазури. Их состав постоянно изменяется и обновляется, производители пытаются достигнуть меньшей стоимости при лучших качествах.

На обжиг глазури может влиять большое количество факторов. По сути, основным процессом политого обжига является спекание мелких частиц фритты, в результате чего получается однородное стеклообразное покрытие. Важную роль играет температура обжига. Если она слишком низкая – материал не спечется полностью, и из-за оставшихся частиц поверхность будет шероховатой. Если температура слишком высока – глазурь на обжиге начинает «кипеть», образуются пузыри, в худшем случае глазурь может начать отрываться от черепа, пачкая печь. Еще один важный параметр – расход глазури, то есть среднее количество грамм глазури на одну плитку, из-за слишком большого или слишком малого количества глазури на плитке так же могут возникать проблемы при обжиге, такие как пузыри или вмятины, а так же изгиб плиток не будет соответствовать ГОСТ 6141-91 [15].

Параметры обжига так же отличаются, на предприятиях используются различные печи, соответственно, промежутки нагрева, обжига и охлаждения могут сильно различаться даже при равных заданных максимальной температуре и времени обжига, так же роль играет состояние самой печи, качество отвода воздуха из нее, изношенность роликов, возможные неисправности горелок и так далее.

Все вышеуказанное подводит нас к тому, что даже загрузив одинаковую фритту и проведя обжиг при одинаковых температуре и длительности, на двух предприятиях скорее всего будут получены разные результаты. Поэтому все материалы сначала проверяются и обкатываются либо небольшими тестовыми

партиями, либо поштучно; в последнем случае образцы изготавливают в лаборатории вручную.

При тестировании конкретно глазури чаще всего пробная партия (500г новой фритты и соответствующее количество добавок по рецепту завода (указан выше) или по рецепту производителя) смалывается в маленьких лабораторных мельницах. После помола глазурь сливают и дают остыть, после чего измеряют плотность, текучесть и остаток на сите. Полученные данные технолог сравнивает со средними значениями на производстве, и на основе этого сравнения делает предварительные выводы о качестве глазури. В случае, если глазурь слишком густая, может добавляться вода или 10% водный раствор триполифосфата натрия [14].

После слива из лабораторной мельницы получается довольно небольшое количество готовой глазури – 400-500г. Технолог берет обожженный ангобированный или голый утель, если планируется двойной обжиг изделия, или спрессованный сырец, если обжиг одинарный, и вручную наносит глазурь. Для ручного нанесения используются специальные кюветы, которые можно описать как параллелепипеды с отсутствующими двумя параллельными гранями и небольшой выемкой на одной из граней. Подбирается нужная по ширине кювета и устанавливается на край плитки таким образом, чтобы в нее можно было налить глазурь. Кювета спроектирована так, что в таком положении одна из стенок как бы приподнята над поверхностью плитки, что позволяет глазури вытекать. Кювету плавно ведут по всей поверхности плитки и получают достаточно ровное для тестов покрытие, толщину которого можно регулировать как подбором кюветы с целью определенного размера (обычно 0,2-0,7мм), так и скоростью ведения кюветы по поверхности плитки.

Полученную в результате заглазурированную плитку ставят в печь. Перед этим возможно нанесение тестового рисунка на струйном принтере, чтобы оценить цветопередачу имеющихся чернил на новой глазури.

Покрытие, нанесенное таким ручным способом, скорее всего будет иметь неровности и залысины, однако оно достаточно точно отражает качество глазури, подходят ли ей выставленные температура и длительность обжига, а так же полученную обожженную плитку можно измерить на изгиб, что позволяет оценить ее КТР.

Если полученный результат устраивает производителя плитки, обычно запускается первая пробная производственная партия. Смалывается количество глазури, являющееся минимальным для установленных на производстве мельниц, обычно это 1, 2 или 5 тонн. Глазурь подается на «колокол» или установку Vela, в зависимости от того, что применяется на данном производстве. Полученная партия идет на различные тесты, регламентируемые «ГОСТ 27180-2019 Плитки керамические. Методы испытаний.»[13].

Ниже представлены описания методов испытаний, которые были проведены мной в ходе лабораторного тестирования партии новой фритты на ОАО «Нефрит-Керамика»

3.1 Определение водопоглощения

Черепок плитки, в отличие от глазури, имеет некоторое количество пор, в которые может набираться вода. Количество воды, которое может впитать череп плитки, поделенное на массу самой плитки, называется водопоглощением. Оно является скорее отрицательной характеристикой, плохо влияющей на долговечность плитки, однако добиться малого значения этой характеристики довольно тяжело и, как следствие, дорого. Облицовку жилых помещений чаще всего производят плиткой со средним водопоглощением, так как она является оптимальной по соотношению цены и нужных характеристик. ОАО «Нефрит-Керамика» производит облицовочные плитки со средним водопоглощением, то есть 3-10% по ГОСТ 13996-2019.

Водопоглощение измеряют на глазурированных и обожженных плитках, так как сплошное водонепроницаемое покрытие одной из сторон плитки, очевидно, влияет на водопоглощение черепа в сторону его уменьшения.

Метод измерения водопоглощения довольно прост. Некоторое количество плиток высушивают, охлаждают и взвешивают, получаемую массу фиксируют. Далее образцы погружают в специальное устройство для кипячения так, чтобы они не соприкасались друг с другом, и заливают водой так, чтобы ее уровень был выше верхних краев образцов на 50мм и более. Воду доводят до температуры кипения и выдерживают в ней образцы в течение часа, затем оставляют остывать на 4 часа в той же воде. После чего образцы извлекают, протирают губкой от капель воды и взвешивают.

Водопоглощение W (%) рассчитывают из полученных данных по формуле:

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100\%, \quad (3.1.1)$$

где W – водопоглощение в %;

m_2 – масса образца после эксперимента в г;

m_1 – масса образца до эксперимента в г.

Округляют результат до 0,1%. Затем высчитывают W среднее арифметическое для всех образцов, его и принимают за водопоглощение партии [13].

3.2 Определение предела прочности при изгибе

Прочность на изгиб может измеряться у необожженного сырца, обожженного утеля и у готовой плитки, причем прочность готовой плитки будет больше прочности утеля, который, в свою очередь, гораздо прочнее сырца. Если прочность сырца и утеля на производстве измеряют в целях контроля производства, прочность готовой плитки является требованием ГОСТа к продукции.

Испытание проводят при помощи специальной установки, показанной на рисунке 3.1:

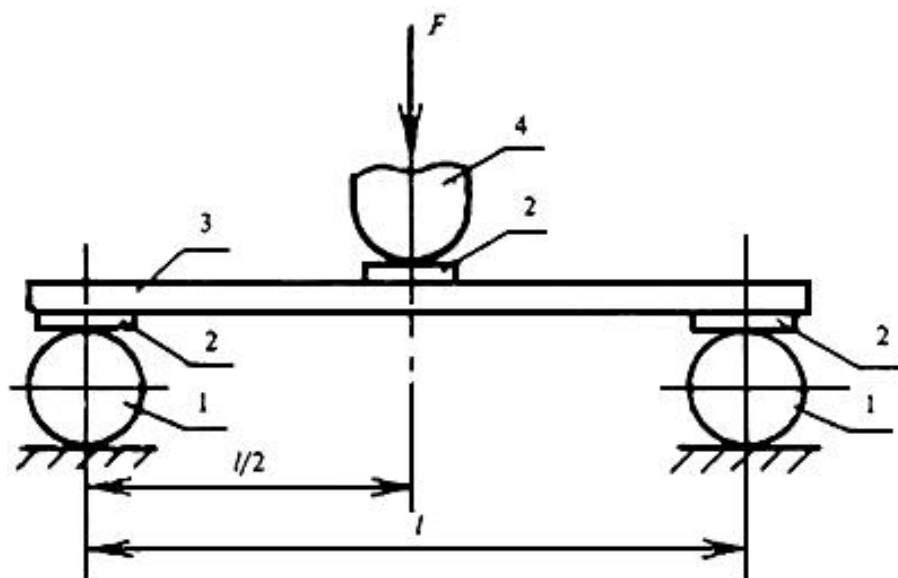


Рисунок 3.1 Схема устройства для испытания на изгиб. 1 – опора, 2 – резиновая прокладка, 3 – образец, 4 – нагружающая деталь.

У высушенных образцов, не подвергавшихся до этого никаким другим испытаниям, измеряют толщину и ширину в трех точках, беря их средние значения за h и b соответственно. Затем образцы кладут на подкладки лицевой поверхностью вверх, причем расстояние между подкладками должно составлять 80-90% от длины образца. Затем образец нагружают, повышая нагрузку со скоростью 17-25 Н/с до разрушения образца, получая значение разрушающей нагрузки.

Предел прочности на изгиб $R_{\text{изг}}$ (МПа) вычисляют по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (3.1)$$

где $R_{\text{изг}}$ – предел прочности на изгиб в МПа;

F – разрушающая нагрузка в Н;

l – расстояние между подкладами в мм;

b – ширина образца в мм;

h – толщина образца в мм.

Округляют результат до 0,1 Мпа. Так же, как и с водопоглощением, за прочность партии берется среднее арифметическое пределов прочности измеренных образцов.

Некоторые производства имеют в распоряжении установки нового типа, которые рассчитывают $R_{изг}$ в автоматическом режиме, если перед испытанием задать измеренные параметры толщины и ширины плитки и расстояние между подкладками [13].

3.3 Определение термической стойкости глазури

Плиткой часто отделывают те поверхности, которые часто будут иметь контакт с водой и паром, а также с резким перепадом температур. Соответственно, целесообразно проверять продукцию на стойкость в таких условиях.

Для испытания на термостойкость глазури используется лабораторный сушильный шкаф, способный поддерживать постоянную температуру до 150°C. Целые плитки, не участвовавшие ни в каких испытаниях, осматривают на наличие сколов и царапин, при отсутствии таковых образцы кладут в сушильный шкаф на специальную перфорированную подставку. Важно, чтобы образцы не соприкасались друг с другом в сушильном шкафу. Плитки выдерживаются в сушильном шкафу при температуре $150 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 30 минут, затем достаются и сразу же погружаются в емкость с проточной водой температурой $15 \pm 5^\circ\text{C}$. Образцы должны быть полностью покрыты водой. По ГОСТ 27180-2019 это испытание нужно проводить с одними и теми же образцами 10 раз. После 10 циклов плитки визуально осматриваются на предмет появившихся дефектов. Так как глазурь прозрачна, иногда недавно появившийся дефект сложно заметить, поэтому на поверхность образца наносят органический краситель или чернила и протирают ее мягкой тканью.

Краситель проникает в свежие сколы и трещины, делая их визуально заметными.

При отсутствии дефектов на всех проверенных образцах, партия плитки считается термически стойкой [13].

3.4 Определение химической стойкости глазури

Глазурь на плитке носит две основные функции – декоративную и защитную. Облицовочная плитка должна выдерживать действие химически агрессивных веществ и их растворов, так как очень вероятно, что в процессе эксплуатации она так же будет подвергаться их действию – например, во время очистки помещений.

Определение химической стойкости по ГОСТ 27180-2019 производится следующими растворами:

1. раствор хлористого аммония 100 г/дм³
2. раствор гипохлорита натрия 20 мг/дм³, изготавливается растворением чистящего средства «Белизна» в дистиллированной воде
3. раствор соляной кислоты 3% (по объему)
4. раствор лимонной кислоты 100 г/дм³
5. раствор гидроксида калия 30 г/дм³
6. раствор соляной кислоты 18 % (по объему)
7. раствор молочной кислоты 5 % (по объему)
8. раствор гидроксида калия 100 г/дм³

Образцы перед опытом проверяют на отсутствие дефектов поверхности, лицевую поверхность очищают органическим растворителем.

Проверку проводят двумя различными методами: методом частичного погружения и методом контактного пятна.

Метод частичного погружения

Образцы помещают в ёмкость с одним из растворов 1-8 так, чтобы одна грань плитки была полностью погружена в жидкость. В растворах 1, 2 и 4 образцы выдерживаются в течение 24 часов, а в растворах 3, 5, 6, 7 и 8 – 96 часов. Затем образцы извлекают, протирают сухой тканью и сушат в сушильном шкафу при температуре $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут.

Далее плитку осматривают на наличие изменений на гранях, лицевой поверхности. В зависимости от применяемого для опыта раствора, а так же наличия изменений поверхности и их расположения (границы или лицевая сторона), образцам определяется класс химической стойкости по таблицам ГОСТ 27180-2019.

Метод контактного пятна

Способ идентичен вышеописанному за исключением метода контакта растворов и образцов. В данном методе используют стеклянные цилиндрические трубки. С помощью уплотняющей мастики их торец приклеивают к глазурованной поверхности образца и заливают раствор в получившуюся ёмкость [13].

3.5 Определение коэффициента температурного расширения

Измерение коэффициента линейного температурного расширения проводят не на готовой плитке, а на специально изготовленных образцах обожженного черепа и глазури.

Для этого испытания применяют дилатометр – устройство для измерения линейного расширения образца, вызванного воздействием высокой температуры.

Измерения проводят на образцах обожженного черепа и обожженной глазури. Для получения образца черепка берут плитку, прошедшую утельный

обжиг, и вырезают из нее прямоугольный образец заданного размера, по ГОСТ 27180-2001 это 50 ± 1 мм в длину и $5 \pm 0,5$ мм в ширину и в высоту.

Образец глазури изготавливают в лабораторных печах, и так же обрезают до нужной длины.

Оба вида образцов высушивают в сушильном шкафу 60 минут при 250°C , затем их помещают в эксикатор, где они охлаждаются до комнатной температуры. Далее при помощи штангенциркуля измеряют длину образцов с точностью до 0,01 мм. Потом оба образца помещают в дилатометр. Режим нагрева регламентирован: температура в дилатометре поднимается со скоростью 5 ± 1 °C в минуту, пока не достигнет 600°C . Дилатометр замеряет изменение длины образца и интервал температур опыта.

Коэффициент температурного термического расширения α далее рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta t} + \alpha', \quad (3.2)$$

где α – коэффициент температурного линейного расширения;

ΔL – изменение длины образца в мм;

L_0 – исходная длина образца в мм;

Δt – интервал температур опыта;

α' – заданная поправка на расширение стекла.

Результат округляют до $0,1 \cdot 10^{-6}$. [11-12-13].

3.6 Итоги

Вышеперечисленные опыты позволяют довольно точно оценить качества глазури даже на пробных образцах, откатанных вручную. Эти тесты проводятся непосредственно исследовательской лабораторией, которая

обычно работает лично с иностранными поставщиками, которые также оценивают результаты и, в случае необходимости, корректируют формулу для глазури.

Некоторые другие измерения, такие как измерение изгиба и правильности формы плитки, обычно требуются в больших количествах, поэтому их выполняют лаборанты ОТК. Вышеперечисленные эксперименты проводятся для облицовочной настенной плитки, для других видов, например, керамогранита, напольной плитки или плитки для облицовки фасадов зданий, могут проводиться дополнительные тесты (например, тест на износостойкость или морозостойкость) или к ним могут применяться более жесткие критерии (водопоглощение керамогранита не должно быть больше 1%, тогда как для облицовочной плитки оно может составлять до 10%)

Заключение

В ходе выполнения данной работы была изучена история зарождения и развития керамики и керамической плитки, рассмотрены разные эпохи и центры развития керамического искусства. Далее был рассмотрен современный цикл производства на примере ОАО «Нефрит-Керамика»: сырье, оборудование для производства и технологические операции.

Основное внимание в исследовательской части работы было уделено изучению процесса внедрения нового материала (фритты) в производство на базе ОАО «Нефрит-Керамика». Были проведены тесты пробных образцов глазури на водопоглощение, термическую и химическую стойкость, были измерены предел прочности при изгибе и коэффициент линейного температурного расширения. Тесты и измерения показали перспективный результат, и партия фритты была успешно запущена в производство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. P. Boch, J.-C. Niepce. Ceramic Materials: Processes, Properties and Applications. 1st edition. - Wiley-ISTE, 2010. – 592p.
2. Xiaohong Wu, Chi Zhang, Paul Goldberg, David Cohen, Yan Pan, Trina Arpin, Ofer Bar-Yosef. Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China. Science 29 Jun 2012, Vol. 336, Issue 6089, pp. 1696-1700
3. Jose M. Framinan; Rainer Leisten; Ruben Ruiz Garcia. Manufacturing Scheduling Systems. - Springer, 2014. – 400p.
4. Dean E. Arnold. Ceramic Theory and Cultural Process. - Cambridge University Press, New York, 1985. – 281p
5. Colin A. Hope. Egyptian Pottery. - Shire, Aylesbury, 1987. – 64p.
6. Mason, Robert B. New Looks at Old Pots: Results of Recent Multidisciplinary Studies of Glazed Ceramics from the Islamic World. Muqarnas Volume XII: An Annual on Islamic Art and Architecture, pp. 10-12.
7. Febervari Gesa. Ceramics of the Islamic World: In the Tareq Rajab Museum. - I.B.Tauris Publishers, London/New York, 2000. 23p.
8. Walter B. Denny. Iznik: The Artistry of Ottoman Ceramics. - Thames & Hudson, London. 2005. 32p.
9. Encyclopedia.com. Ceramic Tile. Background. Режим доступа: <https://www.encyclopedia.com/manufacturing/news-wires-white-papers-and-books/ceramic-tile>, дата обращения 19.05.2020.
10. Большая российская энциклопедия. Гжельская керамика. Режим доступа: https://bigenc.ru/fine_art/text/2357091, дата обращения 06.06.2020
11. Блюмен Л.М. Глазури. - М.: ГИЛПСМ, 1954. - 172 с.
12. М. О. Юшкевич, М. И. Роговой. Технология керамики. М.: Книга по Требованию, 2013. – 348 с.
13. ГОСТ 27180-2019 Плитки керамические. Методы испытаний

14.ГОСТ 13996-2019 Плитки керамические. Общие технические условия

15.ГОСТ 6141-91 Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен. Технические условия