



ЕВРОПЕЙСКАЯ КОМИССИЯ
ГЕНЕРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Институт по исследованию перспективных технологий

Отдел конкурентоспособности и устойчивого развития
Европейского бюро по комплексному предотвращению
и контролю загрязнений окружающей среды

Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды

Справочный документ по наилучшим доступным технологиям

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2007 г.



Гармонизация Экологических Стандартов II
Harmonisation of Environmental Standards II

www.ippc-russia.org

Финансируется ЕС
Funded by the EU



Implemented by **gtz**



Неофициальный перевод документа на русский язык осуществлен Проектом «Гармонизация экологических стандартов ГЭС II, Россия» в рамках Программы сотрудничества ЕС - Россия по согласованию с Европейской Комиссией. Ответственность за перевод лежит на Проекте «Гармонизация экологических стандартов ГЭС II, Россия»

www.ippc-russia.org

С оригиналом этого документа на английском языке можно ознакомиться:

Институт по исследованию перспективных технологий, Отдел конкурентоспособности и устойчивого развития, Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды

**Edificio Expo, Inca Garcilaso, s/n, E – 41092 Seville, Spain,
Telephone: +34 95 4488 284, Fax: +34 95 4488 426,
E-mail: jrc-ipts-eippcb@ec.europa.eu,
Internet: <http://eippcb.jrc.es>**

Этот документ является частью серии (на момент написания серия не завершена):

Название справочного документа	Код
Крупные сжигающие установки (теплоэлектростанции)	LCP
Нефте- и газоперерабатывающие заводы	REF
Производство чугуна и стали	I&S
Обработка черных металлов	FMP
Производство и обработка цветных металлов	NFM
Кузнечное дело и литейное производство	SF
Обработка поверхности металлов и пластика (электрохимические покрытия)	STM
Производство цемента и извести	CL
Стекольное производство	GLS
<i>Производство керамических изделий</i>	<i>CER</i>
Крупнотоннажное производство органических химических веществ	LVOC
Тонкий органический синтез	OFC
Полимеры	POL
Производство хлора и щелочей	CAK
Крупнотоннажное производство аммиака, неорганических кислот и удобрений	LVIC-AAF
Крупнотоннажное производство твердых неорганических веществ (солей, оксидов) и др.	LVIC-S
Специальные неорганические вещества (средства защиты растений, фармацевтические средства, взрывчатые вещества и др.)	SIC
Очистка производственных сточных вод и отходящих газов и системы менеджмента в химической промышленности	CWW
Переработка отходов (предприятия по переработке отходов)	WT
Сжигание отходов	WI
Управление отходами и пустыми породами горнорудной деятельности	MTWR
Целлюлозно-бумажная промышленность	PP
Текстильная промышленность	TXT
Дубление шкур и кожи	TAN
Скотобойни и побочные продукты животного происхождения	SA
Производство продуктов питания, напитков и молока	FDM
Интенсивное животноводство	ILF
Обработка поверхностей органическими растворителями	STS
Системы охлаждения (промышленные)	CV
Выбросы и сбросы (вредных веществ при хранении сыпучих и опасных материалов)	ESV
Общие принципы мониторинга	MON
Экономические аспекты и вопросы воздействия на различные компоненты окружающей среды	ECM
Энергоэффективность (эффективное использование энергии)	ENE

Ознакомиться с электронными версиями проекта и подготовленных документов, а также скачать их можно по адресу в Интернет <http://eippcb.jrc.es>

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Справочный (рекомендательный) документ по наилучшим доступным технологиям, озаглавленный «Производство керамических изделий», является результатом информационного обмена, организованного в рамках исполнения Статьи 16(2) Директивы Совета Европейского Союза 96/61/ЕС (Директивы по комплексному предотвращению и контролю загрязнения). Здесь представлены основные результаты этого обмена, обобщены заключения по НДТ и соответствующие этим технологиям уровни потребления ресурсов, а также выбросов и сбросов загрязняющих веществ и отходов. Этот документ можно рассматривать вместе с Введением, в котором раскрываются задачи, приемы и юридические условия его применения, или отдельно, принимая во внимание, однако, что в нем содержится только краткое изложение материала. Таким образом, настоящий документ не может служить заменой полной версии при выборе НДТ, и следует подчеркнуть, что верное толкование представленных здесь сведений возможно только с учетом глав 4 и 5 полного текста.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОКУМЕНТА

Документ относится к производственной деятельности, указанной в разделе 3.5 Приложения I к Директиве 96/61/ЕС, а именно:

«3.5. Предприятия по производству путем обжига керамических изделий, в частности, черепицы, кирпича, огнеупорного кирпича, плитки, керамической посуды либо фарфора мощностью более 75 т/день, имеющие печь объемом более 4 м³ с допускаемой плотностью садки свыше 300 кг/м³».

В рамках этого документа производственная деятельность, подпадающая под данное определение, именуется «производство керамических изделий», ключевыми отраслями которого, в соответствии с типом выпускаемой продукции, являются:

- облицовочная и напольная плитка
- кирпич и черепица
- посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)
- огнеупоры
- санитарно-технические изделия
- техническая керамика
- керамические трубы
- керамзит
- абразивы на неорганической связке.

Помимо основных технологических процессов данный документ содержит описания смежных производств, оказывающих влияние на уровень выбросов, сбросов, отходов или загрязнения

окружающей среды. Таким образом, сюда включены технологические процессы, начиная с подготовки сырья до отправки готовой продукции. Ряд процессов, в частности, добыча сырья, здесь не рассматриваются, поскольку напрямую не связаны с основной деятельностью.

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Обычно понятием «керамика» (керамические изделия) обозначают неорганические материалы (возможно содержащие некоторое количество органических веществ), которые состоят из неметаллических соединений и приобретают постоянный состав и форму в процессе обжига. Помимо материалов на основе глины современная керамика включает целый ряд изделий, в которых глина содержится в небольших количествах или вовсе отсутствует. Керамика бывает глазурованная и неглазурованная, пористая и плотная.

При обжиге керамики происходит изменение слагающих ее минералов во времени и по температуре, в результате которого, как правило, образуется смесь новых кристаллических и аморфных фаз. Главными свойствами керамики являются высокая прочность, износостойкость, значительная продолжительность службы, химическая стойкость и нетоксичность, устойчивость к воздействию высоких температур и пламени, в ряде случаев – высокое электросопротивление и определенная величина пористости.

Глиняное сырье широко распространено в Европе, поэтому такие сравнительно недорогие керамические изделия, как, например, кирпич, выпускаются практически всеми странами-членами ЕС (впрочем, большой вес готовой продукции обуславливает высокие расходы на ее транспортировку). Размеры изделий в разных странах отличаются, это связано с исторически сложившимися традициями строительства. Специализированная, более дорогая продукция выпускается только в некоторых странах, где имеется необходимое сырье и, - что не менее важно, - традиции и культура производства и контроля качества.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязняющие вещества, поступающие от предприятий по производству керамических изделий, в зависимости от конкретных технологических процессов могут попадать с выбросами в воздух, со стоками в водные объекты и накапливаться на поверхности земли в виде отходов. Воздействие на окружающую среду также оказывают шум и неприятные запахи. Характер и уровень загрязнения воздуха, количество твердых отходов и сточных вод зависят от различных факторов, в частности, от вида используемого сырья, вспомогательных веществ, топлива, а также от способа производства:

- выбросы в воздух: при производстве керамики могут выделяться пыль / твердые частицы, сажа, газообразные вещества (оксиды углерода, азота, серы, неорганические соединения

фтора и хлора, органические соединения, тяжелые металлы)

- сбросы сточных вод: по большей части содержат минеральные (взвешенные частицы) и иные неорганические компоненты, небольшое количество различных органических веществ, а также тяжелые металлы
- технологические потери/отходы производства: отходы при производстве керамических изделий в основном представляют собой различные осадки, бой изделий, отработанные гипсовые формы и сорбирующие агенты, сухой остаток (пыль, зола) и отходы упаковки
- потребление энергии/выброс CO₂: все отрасли керамической промышленности потребляют значительное количество энергии, поскольку основные стадии процесса включают сушку и последующий обжиг при температуре от 800 до 2000 °С. В настоящее время в странах-членах ЕС для обжига применяют преимущественно природный и сжиженный газ (пропан и бутан), мазут марки EL, кроме этого, топливом могут служить тяжелый мазут, сжиженный природный газ, биогаз / биомасса, электричество и различные виды твердого топлива (уголь, нефтяной кокс).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА

Керамику производят из различного сырья, обжигают в печах разных типов, готовые изделия имеют разнообразную форму, размеры и цвет. Впрочем, процесс изготовления керамических изделий в целом един для всех ее видов, хотя при производстве облицовочной и напольной плитки, санитарно-технических изделий, хозяйственно-бытовой и технической керамики часто проводят многократный обжиг.

В общем случае, сырьевые материалы смешивают, затем полученной смеси литьем, прессованием или протяжкой придают заданную форму. Для улучшения качества смешения и формования используется вода, которая испаряется в сушилках. Далее изделия либо загружают в печь вручную (особенно в случае печей периодического действия), либо помещают на вагонетки и проталкивают через непрерывно действующую туннельную или роликовую печь. В производстве керамзита применяют вращающиеся печи.

При обжиге необходимо точно регулировать перепад температур, чтобы обеспечить правильный режим термообработки. После обжига требуется контролируемое охлаждение, при котором изделия остывают постепенно, не изменяя структуру. Готовую продукцию упаковывают и хранят на складе до отгрузки потребителям.

ВЫБРОСЫ, СБРОСЫ, ОТХОДЫ И ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

Выбросы, сбросы, отходы

Переработка глины и другого керамического сырья, особенно сухого, неизбежно ведет к

появлению пыли. Сушка (включая распылительную), измельчение (дробление, помол), рассев, смешение и транспортировка смесей приводят к образованию особо тонкой пыли. Некоторое количество пыли выделяется при декорировании и обжиге изделий, а также при послеобжиговой обработке. Выбросы пыли могут быть связаны не только с сырьевыми материалами, но и со сгоранием топлива.

Газообразные соединения в основном выделяются из сырьевых материалов при сушке и обжиге, хотя при сжигании различных видов топлива также образуются загрязняющие газы, в частности, SO_x , NO_x , HF, HCl, летучие органические соединения (ЛОС) и тяжелые металлы.

Вода расходуется в основном при роспуске глинистых материалов в процессе производства или при промывке оборудования, сбросы в воду также имеют место при работе скрубберов мокрой очистки газов. Вода, добавляемая непосредственно в сырьевую смесь, испаряется при сушке и обжиге.

Отходы производства в соответствии с требованиями производственного процесса или спецификации на готовую продукцию могут быть использованы повторно. Те материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли либо отправляют на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны.

Потребление

При производстве керамики энергия в первую очередь расходуется на обжиг, во многих случаях сушка полуфабрикатов или отформованных заготовок также оказывается весьма энергоемкой.

Вода в технологии керамических изделий используется практически во всех производственных процессах. Качественная водоподготовка важна при приготовлении глиняных и глазурных суспензий, масс для пластического формования, литевых шликеров, при получении порошков методом распылительной сушки, мокрого помола, операций мытья или чистки.

Керамическая промышленность потребляет большое количество разнообразных видов сырья, причем материалы для формования заготовок используются в большем объеме, а различные добавки, связующие и декоры - в меньшем.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ВЫБОРЕ НДТ

В контексте соблюдения требований Директивы КПКЗ в технологии керамики особенно важно обеспечить снижение выбросов загрязняющих веществ в воздух, сокращение сбросов сточных вод, рациональное использование энергии, сырья и воды, а также уменьшение количества отходов производства и стоков, их повторное использование и переработку, эффективное

управление.

С этой позиции рассмотрен ряд интегрированных в процесс решений, а также решений «на конце трубы» с учетом их применимости в девяти самостоятельных отраслях производства керамических изделий. В настоящем документе представлено около 50 способов предотвращения и контроля загрязнений, которые объединены в семь тематических блоков:

Снижение энергопотребления (энергоэффективность)

Выбор источника энергии, режима обжига и способа использования остаточного тепла (рекуперации) являются ключевыми при проектировании печей и одними из наиболее важных факторов, оказывающих воздействие на энергоэффективность и экологическую результативность производственного процесса.

Ниже приведены основные рассматриваемые в данном документе методы снижения энергопотребления, которые можно применять как вместе, так и по отдельности:

- модернизация печей и сушилок
- использование остаточного тепла печи
- совместное производство/когенерация тепла и энергии
- замена твердого топлива и тяжелого мазута на топливо с низким уровнем выбросов
- оптимизация формы заготовок.

Выбросы пыли (взвешенных частиц)

Ниже описаны применимые как по отдельности, так и совместно приемы и меры по предотвращению неорганизованных и организованных выбросов пыли:

- для технологических операций, сопровождаемых большим пылеобразованием
- для складов бестарного хранения
- фильтрующие/сепараторные системы.

Газообразные соединения

Для предотвращения выбросов газообразных загрязняющих веществ (в особенности SO_x , NO_x , HF, HCl, ЛОС) предложены первоочередные и дополнительные меры и приемы, которые могут быть внедрены как по отдельности, так и совместно, и включают:

- снижение подачи источника загрязняющих веществ
- введение богатых кальцием добавок

- оптимизацию процесса
- участок сорбции (адсорберы, абсорберы)
- дожигание отходящих газов.

Производственные сточные воды

Цели и способы уменьшения производственных сточных вод (объемов стоков и потребления) представлены мерами по оптимизации производственного процесса и системами их очистки. Как правило, для уменьшения объемов стоков и снижения водопотребления применяют комбинацию этих мер.

Технологические отходы

Цели и способы уменьшения отходов производства (возникающего при производстве керамических изделий шлама и твердых отходов) представлены мерами по оптимизации производственного процесса, переработке отходов и повторному их использованию. Как правило, для уменьшения отходов эти меры и приемы применяют в комплексе.

Общие рекомендации по снижению уровня шума

Показана возможность снижения уровня шума на некоторых стадиях процесса производства керамических изделий. Представлен обзор и дано краткое общее заключение по снижению зашумленности.

Инструменты и системы экологического менеджмента (СЭМ)

Внедрение СЭМ необходимо для минимизации негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду, причем некоторые из предложенных мер особенно важны для производства керамических изделий. В данном документе СЭМ описаны как инструмент для систематического и обоснованного решения вопросов, связанных с проектированием, строительством, обслуживанием, функционированием производства и выводом предприятий из эксплуатации.

НДТ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В главе, посвященной НДТ (глава 5), описаны технологические и технические решения, которые считаются НДТ в общем смысле, на основании главы 4, с учетом данного в Статье 2(11) определения наилучших доступных технологий и рекомендаций, перечисленных в Приложении IV к Директиве. Как более подробно сказано во Введении, в главе, посвященной НДТ, не установлены предельные величины выбросов/сбросов, а предложены величины потребления,

выбросов, сбросов и отходов, характерные для подобных технологий, и рассмотрен выбор НДТ. Определение условий природоохранных разрешений требует учета местных особенностей – технических характеристик предприятия, его географического расположения, экологических условий (состояния окружающей среды). В случае уже действующих производств необходимо также учитывать экономическую и техническую возможность их модернизации.

В последующих параграфах обобщены основные результаты использования НДТ производства керамических изделий по наиболее важным вопросам охраны окружающей среды. Эти результаты представлены двумя разделами. В разделе 5.1 изложены общие выводы по НДТ, т. е., те, которые применимы к производству керамики в целом. В разделе 5.2 содержатся специальные заключения по НДТ отдельно по каждой из девяти основных рассматриваемых в рамках этого документа отраслей. «Наилучшие доступные технологии» для конкретного предприятия – это использование конкретных технологических и технических решений (или их совокупности), приведенных в соответствующей главе в разделах общих и специальных выводов.

Следует отметить, что в разделе «Краткое содержание» приведены сокращенные формулировки выводов по НДТ. Для ознакомления с полными версиями см. соответствующие разделы главы 5 данного документа.

Общие выводы по НДТ

В этом разделе изложены общие выводы об использовании НДТ во всех девяти описываемых и поясняемых в данном документе отраслях производства керамических изделий.

Следует заметить, что в разделе «Краткое содержание» выводы по НДТ приведены в сжатой форме. Необходимо еще раз подчеркнуть, что ни сам этот обзор, ни упоминаемые в нем интервалы значений уровней выбросов, соответствующих НДТ, не могут быть корректно интерпретированы без изучения главы 4 и полных текстов соответствующих заключений в главе 5.

Экологический менеджмент:

Внедрение и поддержание в рабочем состоянии системы экологического менеджмента (СЭМ), что включает, насколько это возможно в конкретных обстоятельствах, действия, перечисленные в разделе 5.1.1.

Энергопотребление:

Снижение потребления энергии путем применения ряда приемов, перечисленных в разделе 5.1.2.а, которые можно кратко сформулировать так:

- модернизация печей и сушилок
- использование остаточного тепла печи (рекуперация), особенно из зоны охлаждения
- замена топлива, используемого при обжиге (переход с тяжелого мазута и твердого топлива на топливо с низким уровнем выбросов загрязняющих вещества)
- оптимизация заготовок.

Уменьшение первичного энергопотребления за счет совместного производства тепла и энергии (когенерации) на основании экономически оправданных схем управления потоками энергии.

Неорганизованные выбросы пыли:

Снижение неорганизованных выбросов применением ряда методов, перечисленных в разделе 5.1.3.1 для технологических операций, которые сопровождаются большим пылеобразованием, и складов бестарного хранения.

Организованные выбросы пыли, возникающие в технологических операциях, сопровождаемых большим пылеобразованием, помимо сушки, распылительной сушки и обжига:

Снижение организованных выбросов в технологических операциях, сопровождаемых большим пылеобразованием, до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) при помощи рукавных фильтров. Интервал может быть расширен в зависимости от особенностей производства.

Выбросы пыли при сушке:

Поддержание выбросов пыли при сушке на уровне 1 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение) путем очистки сушилки, предотвращения накопления в ней пылевидных остатков и внедрения соответствующего режима обслуживания.

Выбросы пыли при обжиге:

Снижение выбросов пыли с дымовыми газами до 1 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение) при помощи комплекса методов, изложенных в разделе 5.1.3.4, которые вкратце сводятся к использованию малозольных видов топлива и уменьшению пылеобразования при загрузке печи. НДТ подразумевает содержание пыли в очищенных дымовых газах ниже 20 мг/м³ при использовании сухой очистки фильтрами и ниже 50 мг/м³ – при использовании каскадных адсорберов (для керамзита см. специальные НДТ).

Газообразные вещества, основные меры и приемы:

Снижение выбросов газообразных веществ (HF, HCl, SO_x, ЛОС, тяжелых металлов) с дымовыми газами при обжиге при помощи отдельных мер и методик (или их комплекса) из списка в разделе 5.1.4.1, которые сводятся к уменьшению подачи источников загрязняющих веществ и оптимизации режима обжига.

Поддержание выбросов NO_x с дымовыми газами ниже 250 мг/м³ (среднесуточное значение в пересчете на NO₂) при температуре топочных газов ниже 1300 °С, и ниже 500 мг/м³ (среднесуточное значение в пересчете на NO₂) - при температуре топочных газов 1300 °С и выше за счет комплекса первичных мер и приемов, указанных в разделах 4.3.1 и 4.3.3 (для керамзита см. специальные НДТ).

Поддержание выбросов NO_x с отходящими газами генераторов 500 мг/м³ (среднесуточное значение в пересчете на NO₂) путем оптимизации процесса.

Газообразные вещества, дополнительные меры и методы и их сочетание с основными:

Снижение выбросов газообразных неорганических веществ с дымовыми газами при обжиге при помощи одной из указанных в разделе 5.1.4.2 мер и методик, которые сводятся к использованию набивных горизонтальных адсорберов каскадного типа и сухой очистке дымовых газов фильтрами.

В таблице из раздела 5.1.4.2 приведены соответствующие НДТ уровни выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге при применении комплекса основных мер и приемов согласно разделу 5.1.4.1.a и/или дополнительных мер - согласно разделу 5.1.4.2 настоящего документа.

Параметр	Единица измерения (среднесуточное значение)	Уровень выбросов, соответствующий НДТ¹⁾
Фтор, в пересчете на HF	мг/м ³	1 - 10 ²⁾
Хлор, в пересчете на HCl	мг/м ³	1 - 30 ³⁾
SO _x , в пересчете на SO ₂ Содержание серы в сырье < 0,25 %	мг/м ³	< 500
SO _x , в пересчете на SO ₂ Содержание серы в сырье > 0,25 %	мг/м ³	500 - 2000 ⁴⁾
¹⁾ Величины зависят от содержания загрязняющего вещества (его источника) в сырье, т. е. при обжиге керамики с его малым содержанием НДТ соответствует меньшее значение диапазона, с большим содержанием – большее.		
²⁾ Верхний предел НДТ может быть ниже в зависимости от характеристик сырья.		
³⁾ Верхний предел НДТ может быть ниже в зависимости от характеристик сырья. Верхняя граница уровня выбросов НДТ не должна препятствовать повторному использованию сточных вод.		
⁴⁾ Верхний предел НДТ относится только к материалам с крайне высоким содержанием серы.		

Сточные воды (сбросы и потребление):

Уменьшение водопотребления путем применения, по отдельности или в комплексе, ряда мер по оптимизации процесса, приведенных в разделе 4.4.5.1.

Очистка производственных сточных вод за счет отдельного или совместного применения перечисленных в разделе 4.4.5.2 очистных систем, чтобы обеспечить достаточную чистоту воды для ее повторного использования в технологическом процессе либо прямого сброса в водные объекты или непрямого – в муниципальную канализационную систему.

В таблице из раздела 5.1.5 представлены соответствующие НДТ уровни содержания загрязняющих веществ в сбросных потоках производственных сточных вод:

Параметр	Единицы измерения	Уровень выбросов, соответствующий НДТ (средняя проба за 2 часа)
Взвешенные твердые частицы	мг/л	50,0
Адсорбируемые галогенорганические соединения (АГС)	мг/л	0,1
Свинец (Pb)	мг/л	0,3
Цинк (Zn)	мг/л	2,0
Кадмий (Cd)	мг/л	0,07

В тех случаях, когда в производстве повторно используется более 50 % производственных сточных вод, соответствующими НДТ можно считать и сбросные потоки, концентрации загрязняющих веществ в которых превышают таковые, приведенные в таблице. Однако следует учитывать, что при этом удельные показатели (содержание загрязняющих веществ на единицу переработанного сырья) не должны превышать таковые, рассчитанные для случаев, когда в производстве используется повторно менее 50 % стоков.

Шлам:

Повторное использование шлама путем установки систем его оборота или применения его для других изделий.

Твердые отходы производства/технологические потери:

Снижение отходов производства при помощи комплекса мер, представленных в разделе 5.1.7 и сводящихся к следующему:

- возврат не подвергнутого смешению сырья
- возврат в технологический процесс боя изделий
- использование твердых отходов в других отраслях промышленности

- автоматизированный контроль процесса обжига
- оптимизация садки.

Шум:

Снижение уровня шума с применением комплекса мер, предложенных в разделе 5.1.8 и сводящихся к следующему:

- герметизация оборудования
- виброуплотнение оборудования
- использование звукоизоляции и низкооборотных вентиляторов
- размещение окон, дверей и шумных участков вдали от соседей
- звукоизоляция окон и стен
- уплотнение окон и дверей
- проведение шумных работ (в т. ч. на улице) только в дневное время
- надлежащее техническое обслуживание

Специальные НДТ

В этом разделе собраны выводы об использовании НДТ в каждой из девяти отраслей керамического производства, подробно описанных в данном документе. Необходимо еще раз подчеркнуть, что интерпретация этого обзора и упоминаемых в нем диапазонов значений уровней выбросов, сбросов и отходов, соответствующих НДТ, будет некорректной без ознакомления с главой 4 и полными текстами соответствующих заключений в главе 5.

Организованные выбросы пыли:

Облицовочная и напольная плитка, санитарно-технические изделия, хозяйственно-бытовая и техническая керамика, керамические трубы:

Снижение организованных выбросов пыли при нанесении глазури распылением до 1 - 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена.

Облицовочная и напольная плитка, хозяйственно-бытовая и техническая керамика:

Снижение организованных выбросов пыли при распылительной сушке на действующих предприятиях до 1 - 30 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) при помощи рукавных фильтров и до 1 - 50 мг/м³ – при помощи циклонов в сочетании с сепараторами мокрой очистки (в случае, если возможно повторное использование промывных вод).

Керамзит:

Снижение организованных выбросов пыли с горячими отходящими газами 5 - 50 мг/м³ (среднесуточное) путем использования электрофильтров или сепараторов мокрой очистки.

Выбросы пыли при обжиге:

Облицовочная и напольная плитка:

Снижение выбросов пыли с дымовыми газами до 1 – 5 мг/м³ (среднесуточное значение) за счет сухой очистки газов при помощи рукавных фильтров.

Газообразные вещества - основные меры и приемы:

Кирпич и черепица:

Снижение выбросов газообразных веществ (HF, HCl, SO_x) с дымовыми газами путем введения кальцийсодержащих добавок.

Керамзит

Поддержание уровня выбросов NO_x с дымовыми газами ниже 500 мг/м³ (среднесуточное значение в пересчете на NO₂) за счет применения комплекса первоочередных мер/приемов.

Газообразные вещества - технические решения «на конце трубы»:

Облицовочная и напольная плитка, хозяйственно-бытовая керамика, санитарно-технические изделия, техническая керамика:

Снижение уровня выбросов газообразных неорганических соединений в дымовых газах за счет использования модульных адсорберов, особенно при невысоком объемном расходе газов (менее 18000 м³/ч) и низкой концентрации пыли и неорганических соединений, исключая HF (SO₂, SO₃, HCl).

Облицовочная и напольная плитка:

Снижение выбросов HF с дымовыми газами до 1 - 5 мг/м³ (среднесуточное значение) путем применения, в частности, сухой очистки газов при помощи рукавных фильтров.

Летучие органические соединения:

Кирпич и черепица, огнеупоры, техническая керамика, абразивы на неорганической связке:

Снижение выбросов ЛОС с дымовыми газами до 5 - 20 мг/м³ (среднесуточное значение в пересчете на общее содержание С) при их концентрации в отходящих газах свыше 100 - 150 мг/м³, в зависимости от характеристик дымовых газов (состава, температуры) за счет термического дожигания в одно- или трехкамерном реакторе.

Огнеупоры, подвергаемые обработке органическими веществами:

Снижение уровня выбросов ЛОС, выделяющихся во время обработки огнеупоров при малом объеме отходящих газов за счет использования угольных фильтров. При большом объеме отходящих газов, согласно НДТ, следует снижать уровень выбросов ЛОС до 5 - 20 мг/м³, применяя дожигание.

Повторное использование сточных вод:

Облицовочная и напольная плитка, хозяйственно-бытовая керамика, санитарно-технические изделия:

Возвращение производственных стоков в цикл с коэффициентом рециркуляции 50 - 100 % (облицовочная и напольная плитка, в зависимости от вида выпускаемой продукции) или 30 - 50 % (хозяйственно-бытовая керамика и санитарно-технические изделия) за счет комплекса мер по оптимизации производственного процесса и внедрения систем очистки производственных сточных вод.

Повторное использование шлама:

Облицовочная и напольная плитка:

Возврат шлама при переработке технической воды при изготовлении заготовок в соотношении 0,4 - 1,5 % по массе сухого вещества путем внедрения, где это возможно, систем рециркуляции.

Твердые отходы производства/технологические потери:

Хозяйственно-бытовая керамика, санитарно-технические изделия, техническая керамика, огнеупорные изделия:

Снижение количества твердых отходов производства в виде отработанных гипсовых форм путем

применения следующих индивидуальных или комплексных мер:

- замена гипсовых форм полимерными
- замена гипсовых форм металлическими
- применение вакуумных мешалок для гипса
- повторное использование отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности.

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Существуют новые технологические и технические решения, направленные на сокращение воздействия производства на окружающую среду, которые находятся в стадии разработки или имеют ограниченное применение. О них можно говорить как о решениях, получающих развитие в настоящее время. В главе 6 обсуждается пять таких технологических и технических решений:

- трубчатые излучательные горелки
- сушка и обжиг при помощи токов сверхвысокой частоты
- новый тип сушилок для огнеупорных изделий
- современные системы переработки технической воды, включающие извлечение глазури
- использование бессвинцовых глазури для столового фарфора высокого качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Заключении изложены сведения об основных этапах разработки документа, отражен достигнутый уровень согласия по НДТ, предлагаемым для производства керамических изделий, указано на частичную нехватку информации, в частности, данных, которые не были получены в ходе обмена информацией и, как следствие, не были учтены при составлении документа. Также в Заключении даны рекомендации по дальнейшим исследованиям и сбору информации, обновлению справочных документов по НДТ производства керамических изделий.

В Европейском Союзе запущен и получил поддержку по программам развития научных и технологических исследований (Research and Technological Development Programmes) ряд проектов по развитию более чистых технологий, созданию новых эффективных приемов рециркуляции и очистки сточных вод, а также стратегий управления. В перспективе результаты этих проектов могут стать весомым вкладом в разработку Справочных документов по НДТ. Читателям предлагается сообщать в Бюро по наилучшим доступным технологиям обо всех результатах, имеющих практическую ценность в рамках данного документа (также см. Введение).

ВВЕДЕНИЕ

1. Статус документа

Если не указано иначе, под «Директивой» в настоящем документе следует понимать Директиву Европейского совета 96/61/ЕС по комплексному предотвращению и контролю загрязнения (КПКЗ). Равно как и Директива в целом, настоящий документ объективно отражает действия Евросоюза в области здравоохранения и охраны труда.

Документ является частью серии, в которой представлены результаты обмена информацией между странами-членами ЕС по наилучшим доступным технологиям (НДТ) в различных отраслях промышленности, сопутствующему мониторингу и достижениям в этой сфере. Он публикуется Европейской Комиссией согласно статье 16(2) Директивы и в соответствии с Приложением IV к Директиве должен учитываться при выявлении «наилучших доступных технологий».

2. Правовые обязательства по Директиве КПКЗ и определение НДТ

Чтобы помочь читателю в понимании того, в каком правовом контексте был составлен предлагаемый документ, во Введении изложены некоторые наиболее значимые положения Директивы КПКЗ, включая определение понятие «наилучших доступных технологий». Это изложение не претендует на полноту, не имеет юридической силы, не отменяет и не искажает положений Директивы и дано исключительно в справочных целях.

Цель Директивы — контроль загрязнения окружающей среды¹ и его предотвращение, в соответствии с перечнем действий, приведенным в Приложении I, что приведет к повышению степени защиты окружающей среды в целом. Юридическая основа Директивы связана с природоохранной деятельностью. При ее выполнении следует принимать во внимание и другие задачи Евросоюза, такие как конкурентоспособность промышленности, внося тем самым вклад в его устойчивое развитие.

В частности, для определенных производств создается система, в которой управляющие и контрольные органы оказываются в состоянии оценить потенциальный уровень загрязнения и потребления на производстве. Общая задача подобного интегрированного подхода состоит в том, чтобы улучшить руководство и контроль производственных процессов и обеспечить высокий уровень защиты окружающей среды в целом. Ключевым при таком подходе является высказанный в статье 3 общий принцип о том, что производители должны принимать все необходимые превентивные меры против загрязнения, в особенности – используя наилучшие доступные технологии для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду.

¹ То есть принятие мер по сокращению, например, улавливание загрязняющих веществ на установках для очистки отходящих газов.

Понятие «наилучшие доступные технологии» определяется в статье 2(11) Директивы как «наиболее эффективная и передовая стадия в развитии производственной деятельности и методов эксплуатации объектов, которая определяет практическую пригодность определенных технологий в качестве принципиальной основы для установления предельных величин выбросов и сбросов, предназначенных для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения выбросов и сбросов и воздействия на окружающую среду в целом». Это определение в статье 2(11) поясняется следующим образом:

- «технологии»² включают в себя как используемые технологии, так и способ которым объект спроектирован, построен, обслуживается, эксплуатируется и выводится из эксплуатации;
- под «доступными» понимаются технологии, уровень развития которых делает возможным их внедрение в соответствующей отрасли промышленности с учетом экономической и технической целесообразности, а также затрат и выгод, независимо от того, используются и производятся ли эти технологии внутри данного государства-члена, если они могут обоснованно считаться доступными для оператора;
- под «наилучшими» понимаются технологии, наиболее действенные в отношении обеспечения общего высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Далее, в Приложении IV к Директиве содержится перечень «соображений, которые необходимо принимать во внимание, вообще или в конкретных случаях, при определении наилучших доступных технологий с учетом возможных затрат и выгод, а также принципов предосторожности и предотвращения загрязнения». Этот перечень включает, в частности, информацию, публикуемую Комиссией в соответствии со статьей 17(2) Директивы.

Уполномоченные органы, ответственные за выдачу разрешений, должны принимать во внимание общие принципы, изложенные в Статье 3, при определении условий разрешения. Эти условия должны включать предельные величины выбросов и сбросов, замененные или дополненные, там, где это уместно, эквивалентными параметрами или техническими мерами. Согласно Статье 9(4) Директивы:

[без ущерба для положений Статьи 10 о наилучших доступных технологиях, стандартах качества окружающей среды и соответствии этим стандартам], предельные величины выбросов и сбросов, эквивалентные параметры и технические меры должны основываться на наилучших доступных технологиях, без предписания использовать какие-либо методы или конкретные технологии, но с учетом технических характеристик рассматриваемой установки, ее географического положения и местных условий окружающей среды. Во всех

² В оригинале использован термин *techniques*, более широкий, чем *technologies*. (Прим. пер.)

случаях условия разрешения должны предусматривать меры, направленные на сведение к минимуму загрязнений, распространяющихся на большие расстояния, или трансграничного загрязнения, а также на обеспечение высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Согласно Статье 11 Директивы, государства – члены ЕС должны создать условия для того, чтобы уполномоченные органы следили за достижениями в области наилучших доступных технологий или получали информацию о них.

3. Задачи документа

Во исполнение статьи 16(2) Директивы, Еврокомиссия организует «обмен информацией между странами-членами ЕС по наилучшим доступным технологиям в различных отраслях промышленности, сопутствующему мониторингу и достижениям в этой сфере» и публикует его результаты.

Цель обмена информацией изложена в протоколе 25 Директивы, где сказано, что «развитие и обмен информацией по наилучшим доступным технологиям на уровне Европейского союза поможет преодолению промышленного неравенства в самом Евросоюзе, всемирному продвижению используемых в его пределах норм и технологий и успешному выполнению странами-участницами данной Директивы».

Для содействия в реализации статьи 16(2) при Еврокомиссии (Environment DG) был организован форум по обмену информацией (ФОИ), под эгидой которого был сформирован ряд технических и рабочих групп. В состав ФОИ и рабочих групп, в соответствии со статьей 16(2) входят представители стран-членов ЕС.

Цель данной серии документов – с максимальной точностью отразить результаты регламентируемого статьей 16(2) обмена информацией и обеспечить разрешительные органы справочными материалами. Эти документы, в которых содержатся важные сведения о наилучших доступных технологиях, послужат ценным инструментом природоохранной деятельности.

4. Источники информации

В настоящем документе представлен обзор информации, полученной из различных источников, таких, например, как экспертные группы при Европейской Комиссии, и подтвержденной службами Комиссии. Любые дополнения будут приняты с благодарностью.

5. Толкование и применение документа

Представленная в данном документе информация служит отправной точкой при выявлении НДТ в

конкретных случаях. Основной целью выявления НДТ и выдачи природоохранных разрешений на их основе должен оставаться высокий уровень защиты окружающей среды в целом.

Ниже изложено, какие именно сведения содержатся в каждом из разделов документа.

В главах 1 и 2 представлены общие данные о производстве керамических изделий и о применяемых в этой отрасли технологических процессах. В главе 3 содержатся данные о современном уровне выбросов, сбросов и потребления ресурсов, которые отражают ситуацию на действующих предприятиях на момент составления документа.

В главе 4 подробно описаны способы уменьшения выбросов и другие решения, которые следует считать наиболее значимыми при выявлении НДТ, выдачи разрешений на их основе. Сюда входят уровни выбросов, сбросов и потребления, которые удается достичь путем применения данной методики, ряд сведений по затратам и смежным аспектам ее применения и пределы пригодности методики к предприятиям, где требуется разрешение КПКЗ (новые, существующие, крупные, малые). Также рассмотрена возможность применения методики в различных отраслях производства керамических изделий. Устаревшие технологии исключены из обсуждения.

В главе 5 описаны технические и технологические решения, а также уровни выбросов, сбросов и потребления, в целом подходящие под понятие НДТ. Это сделано для того, чтобы дать общие указания относительно этих величин, которые послужат для удобства сравнения при выявлении условий выдачи разрешений на основе на НДТ и создании общих правил регулирования в рамках статьи 9(8). Однако следует подчеркнуть, что настоящий документ не оговаривает предельные величины уровня выбросов. Выявление условий выдачи разрешений на основе НДТ потребует принятия во внимание таких факторов, как технические особенности предприятия, его территориальное расположение и условия в данной местности. На действующих производствах необходимо также учитывать экономическую и техническую возможность их модернизации. Зачастую для достижения высокого уровня защиты окружающей среды в целом при выборе между различными видами воздействия приходится принимать компромиссные решения, на которые местные условия накладывают определенный отпечаток.

Хотя в данном документе предпринята попытка рассмотреть все эти вопросы, осветить их полностью не представляется возможным. В связи с этим представленные в главе 5 методики и величины могут оказаться неприменимыми на некоторых производствах. С другой стороны, необходимость обеспечения высокой степени защиты окружающей среды в целом и снижения удаленного и межгосударственного загрязнения подразумевает, что условия выдачи разрешений не могут основываться только на местных факторах. Поэтому крайне важно, чтобы разрешительные органы в полной мере учитывали представленную здесь информацию.

Поскольку наилучшие доступные технологии со временем меняются, документ также будет пересматриваться и дополняться. Замечания и предложения следует направлять в Европейское

Бюро КПКЗ при Институте исследования перспективных технологий по адресу:

Edificio Expo, c/ Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sevilla, Spain

Telephone: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

СПРАВОЧНЫЙ ДОКУМЕНТ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Институт по исследованию перспективных технологий	i
Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды	i
Институт по исследованию перспективных технологий,	ii
Отдел конкурентоспособности и устойчивого развития,	ii
Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды	ii
КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ	i
ВВЕДЕНИЕ	xv
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОКУМЕНТА	xxxii
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	1
1.1. История керамики	1
1.2. Свойства керамики	1
1.3. Территориальное распределение и общий экономический анализ	2
1.4. Ключевые вопросы охраны окружающей среды	3
1.5. Отрасли производства керамических изделий	5
1.5.1. Кирпич и черепица	6
1.5.2. Керамические трубы	7
1.5.3. Огнеупорные изделия	8
1.5.4. Керамзит	10
1.5.5. Облицовочная и напольная плитка	11
1.5.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)	12
1.5.7. Санитарно-технические изделия	13
1.5.8. Техническая керамика	14
1.5.9. Абразивы на неорганической связке	14
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	16
2.1. Сырьевые материалы	16
2.2. Общее описание производственного процесса	17
2.2.1. Хранение и транспортировка сырья	18
2.2.2. Подготовка сырьевых материалов	19
2.2.2.1. Предварительная сушка	19
2.2.2.2. Предварительное смешение	19
2.2.2.3. Вылеживание	19
2.2.2.4. Первичное и вторичное дробление, измельчение и рассев	19
2.2.2.5. Сухой или мокрый помол (измельчение)	20
2.2.2.6. Сухой рассев / воздушная классификация	21
2.2.2.7. Распылительная сушка	21
2.2.2.8. Прокаливание	21
2.2.2.9. Искусственное сырье	22
2.2.2.10. Фритты и глазури, приготовление глазурей	22
2.2.3. Смешение компонентов	22
2.2.3.1. Общая часть	23
2.2.3.2. Смесители непрерывного действия	23
2.2.3.3. Смесители периодического действия	24
2.2.4. Формование заготовок	24
2.2.4.1. Общая часть	24
2.2.4.2. Прессование	25
2.2.4.2.1. Прессование на механических прессах	25
2.2.4.2.2. Прессование на гидравлических прессах	25
2.2.4.2.3. Ударное прессование (трамбование)	25
2.2.4.2.4. Прессование на фрикционных прессах	25
2.2.4.2.5. Изостатическое прессование	25
2.2.4.3. Пластическое формование	26
2.2.4.4. Набивка в формы	26
2.2.4.5. Шликерное литье	27
2.2.4.6. Литье из расплава	27
2.2.5. Сушка керамических заготовок	27
2.2.5.1. Общая часть	27
2.2.5.2. Сушилki с горячим подом	28
2.2.5.3. Камерные сушилki (периодического действия)	28
2.2.5.4. Туннельные сушилki (непрерывного действия)	29
2.2.5.5. Вертикальные корзинные сушилki	29
2.2.5.6. Горизонтальные многоярусные роликовые сушилki	29
2.2.5.7. Сушилki с контролируемой влажностью теплоносителя	30
2.2.5.8. Сушка инфракрасным и СВЧ-излучением	30

2.2.6. Обработка поверхности и декорирование керамических изделий	30
2.2.6.1. Текстурирование поверхности глиняных изделий	30
2.2.6.2. Покрытия	31
2.2.6.3. Глазурование, ангобирование и другие техники декорирования	31
2.2.7. Обжиг	32
2.2.7.1. Назначение обжига	32
2.2.7.2. Физико-химические процессы при обжиге	32
2.2.7.3. Печи периодического действия	33
2.2.7.4. Непрерывно действующие печи	34
2.2.7.4.1. Кольцевые печи (печи Гофмана)	34
2.2.7.4.2. Туннельные печи	35
2.2.7.4.3. Роликовые печи	36
2.2.7.4.4. Туннельные печи с движущимся подом	36
2.2.7.5. Обжиг в штабеле	37
2.2.7.6. Вращающиеся печи	37
2.2.7.7. Аппараты кипящего слоя	37
2.2.7.8. Рекуперация тепла на стадии охлаждения	38
2.2.8. Послеобжиговая (финишная) обработка	38
2.2.8.1. Механическая обработка (шлифовка, сверление отверстий, резка)	38
2.2.8.1.1. Мокрая шлифовка	38
2.2.8.1.2. Сухая шлифовка	38
2.2.8.1.3. Сверление	38
2.2.8.1.4. Распил	39
2.2.8.2. Полировка	39
2.2.8.3. Насыщение углеродом (огнеупоры)	39
2.2.8.4. Галтовка лицевого кирпича	40
2.2.9. Введение вспомогательных материалов	40
2.2.9.1. Материалы для уплотнения швов (трубы)	40
2.2.9.2. Силиконы / водоотталкивающие добавки	40
2.2.9.3. Изоляционные материалы	40
2.2.9.4. Кардование и плакирование (огнеупоры)	41
2.2.9.5. Клеи	41
2.2.9.6. Окончательная сборка	41
2.2.10. Сортировка, упаковка и хранение	41
2.2.11. Вспомогательные участки и участки переработки (системы очистки отходящих газов и сточных вод)	42
2.2.12. Рециркуляция в производстве керамических изделий	43
2.2.13. Общая потоковая схема, отражающая различные способы производства	43
2.3. Описание способов производства керамических изделий по отраслям	44
2.3.1. Кирпич и черепица	44
2.3.1.1. Сырье	46
2.3.1.2. Подготовка сырьевых материалов	50
2.3.1.3. Формование	51
2.3.1.4. Сушка, глазурование и ангобирование	52
2.3.1.5. Обжиг	53
2.3.1.6. Послеобжиговая обработка	55
2.3.1.7. Входные и выходные потоки в производстве кирпича и черепицы	55
2.3.2. Керамические трубы	56
2.3.2.1. Сырье	57
2.3.2.2. Подготовка сырьевых материалов	58
2.3.2.3. Формование	59
2.3.2.4. Сушка и глазурование	59
2.3.2.5. Обжиг	60
2.3.2.6. Послеобжиговая обработка	60
2.3.2.7. Входные и выходные потоки в производстве керамических труб	60
2.3.3. Огнеупорные изделия	61
2.3.3.1. Сырье	62
2.3.3.2. Подготовка сырьевых материалов	63
2.3.3.3. Формование	63
2.3.3.4. Сушка	64
2.3.3.5. Обжиг	65
2.3.3.6. Послеобжиговая обработка	66
2.3.3.7. Специальные технологические процессы	66
2.3.3.8. Входные и выходные потоки в производстве огнеупорных изделий	67
2.3.4. Керамзит	67
2.3.4.1. Сырье, добавки и вспомогательные вещества	68
2.3.4.2. Общая схема и технологический процесс	70

2.3.4.2.1. Формование	70
2.3.4.2.2. Термообработка.....	70
2.3.4.2.3. Химические реакции при вспучивании.....	71
2.3.4.2.4. Послеобжиговый рассев и дробление	72
2.3.4.3. Входные и выходные потоки в производстве керамзита	72
2.3.5. Облицовочная и напольная плитка	73
2.3.5.1. Сырье.....	74
2.3.5.2. Подготовка сырьевых материалов	74
2.3.5.3. Формование	75
2.3.5.4. Сушка, глазурирование и ангобирование	75
2.3.5.5. Обжиг и глазурирование.....	75
2.3.5.6. Послеобжиговая обработка	77
2.3.5.7. Входные и выходные потоки в производстве облицовочной и напольной плитки	77
2.3.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)	78
2.3.6.1. Сырье.....	78
2.3.6.2. Подготовка сырьевых материалов	79
2.3.6.3. Формование	80
2.3.6.4. Сушка	81
2.3.6.5. Обжиг, глазурирование и декорирование	82
2.3.6.6. Послеобжиговая обработка	85
2.3.6.7. Входные и выходные потоки в производстве хозяйственно-бытовой керамики.....	85
2.3.7. Санитарно-технические изделия	86
2.3.7.1. Сырье.....	86
2.3.7.2. Подготовка исходных материалов.....	86
2.3.7.3. Формование	87
2.3.7.4. Сушка и глазурирование	88
2.3.7.5. Обжиг	88
2.3.7.6. Послеобжиговая обработка	89
2.3.7.7. Входные и выходные потоки в производстве санитарно-технических изделий	89
2.3.8. Техническая керамика.....	90
2.3.8.1. Сырье.....	92
2.3.8.2. Подготовка исходных материалов.....	92
2.3.8.3. Формование	94
2.3.8.4. Механическая обработка	96
2.3.8.5. Глазурирование, ангобирование и металлизация.....	97
2.3.8.6. Сушка, удаление связки и предварительный обжиг	98
2.3.8.7. Обжиг / спекание	99
2.3.8.8. Послеобжиговая обработка	100
2.3.8.9. Входные и выходные потоки в производстве технической керамики.....	101
2.3.9. Абразивы на неорганической связке.....	101
2.3.9.1. Сырье.....	101
2.3.9.2. Подготовка сырьевых материалов	102
2.3.9.3. Формование	102
2.3.9.4. Сушка	103
2.3.9.5. Обжиг	103
2.3.9.6. Послеобжиговая обработка	103
2.3.9.7. Входные и выходные потоки в производстве абразивов на неорганической связке.....	103
3. СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ВЫБРОСОВ, СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ И ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ	105
3.1. Выбросы, сточные воды, отходы – общий анализ.....	105
3.1.1. Выбросы вредных веществ в воздух	105
3.1.1.1. Пыль (твердые частицы).....	105
3.1.1.2. Газообразные выбросы.....	105
3.1.1.2.1. Диоксид и другие соединения серы	105
3.1.1.2.2. Оксиды и другие соединения азота	105
3.1.1.2.3. Моноксид (и диоксид) углерода	106
3.1.1.2.4. Летучие органические соединения (ЛОС)	106
3.1.1.2.5. Металлы и их соединения.....	106
3.1.1.2.6. Хлор и его соединения	107
3.1.1.2.7. Фтор и его соединения	107
3.1.2. Сточные воды.....	108
3.1.3. Отходы производства/технологические потери.....	109
3.1.4. Шум.....	109
3.1.5. Источники и пути поступления загрязняющих веществ в окружающую среду	109
3.2. Потребление ресурсов – общий анализ	111
3.2.1. Потребление энергии.....	111

3.2.2. Потребление воды.....	112
3.2.3. Потребление сырья.....	112
3.3. Данные по уровню образования выбросов, сбросов, отходов и потребления ресурсов по отраслям.....	112
3.3.1. Кирпич и черепица	113
3.3.1.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	113
3.3.1.2. Потребление ресурсов	123
3.3.2. Керамические трубы.....	125
3.3.2.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	125
3.3.3.2. Потребление ресурсов	127
3.3.3. Огнеупорные изделия.....	128
3.3.3.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	128
3.3.3.2. Потребление ресурсов	130
3.3.4. Керамзит.....	132
3.3.4.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	132
3.3.4.2. Потребление ресурсов	135
3.3.5. Облицовочная и напольная плитка	135
3.3.5.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	135
3.3.5.2. Потребление ресурсов	140
3.3.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)	142
3.3.6.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	142
3.3.7. Санитарно-технические изделия	148
3.3.7.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	148
3.3.7.2. Потребление ресурсов	151
3.3.8. Техническая керамика.....	153
3.3.8.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	153
3.3.8.2. Потребление ресурсов	156
3.3.9. Абразивы на неорганической связке.....	157
3.3.9.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы	157
3.3.9.2. Потребление ресурсов	159
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИНИМАЕМЫЕ ВО ВНИМАНИЕ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ НДТ.....	160
4.1. Снижение затрат энергии (энергоэффективность).....	161
4.1.1. Модернизация печей и сушилок.....	161
4.1.2. Рекуперация избыточного тепла печей.....	163
4.1.3. Совместное производство тепла и энергии (когенерация)	165
4.1.4. Замена тяжелого мазута и твердого топлива на горючее с низким уровнем выбросов	167
4.1.5. Оптимизация заготовок.....	168
4.2. Выбросы пыли (взвешенных частиц).....	170
4.2.1. Меры для технологических операций, сопровождаемых пылеобразованием	170
4.2.2. Меры для складов бестарного хранения.....	172
4.2.3. Фильтрующие / сепараторные системы.....	173
4.2.3.1. Центробежные сепараторы.....	173
4.2.3.2. Рукавные фильтры	174
4.2.3.3. Слоистые фильтры на основе расплавленного полиэтилена.....	176
4.2.3.4. Сепараторы мокрой очистки	178
4.2.3.5. Электрофильтры.....	179
4.3. Газообразные вещества	180
4.3.1. Снижение подачи источников загрязнения	180
4.3.2. Введение кальций-содержащих добавок	183
4.3.3. Оптимизация процесса	185
4.3.3.1. Оптимизация режима обжига	185
4.3.3.2. Уменьшение содержания паров воды в топочных газах	186
4.3.3.3. Дожигание газов зоны нагрева в печи	187
4.3.3.4. Горелки с низким выделением NO _x	189
4.3.4. Поглотительные установки (адсорберы, абсорберы)	190
4.3.4.1. Горизонтальные адсорберы каскадного типа.....	190
4.3.4.2. Модульные адсорбционные системы	193
4.3.4.3. Сухая очистка дымовых газов при помощи фильтров (рукавных или электрофильтров).....	195
4.3.4.4. Мокрая очистка дымовых газов.....	198
4.3.4.5. Угольные фильтры	200
4.3.4.6. Биоскрубберы.....	201
4.3.5. Дожигание	201
4.3.5.1. Термическое дожигание.....	202
4.3.5.2. Каталитическое дожигание	204
4.3.6. Сравнение технических данных, эффективности, потребления ресурсов и затрат для различных методов очистки дымовых газов.....	205

4.4. Производственные сточные воды	211
4.4.1. Использование воды как сырья	211
4.4.2. Использование воды как теплоносителя	211
4.4.3. Использование воды в скрубберах	211
4.4.4. Использование воды для очистки	211
4.4.5. Цели и способы уменьшения объемов сточных вод (выбросы и потребление).....	212
4.4.5.1. Оптимизация процесса.....	212
4.4.5.2. Системы очистки сточных вод.....	213
4.5. Отходы производства.....	216
4.5.1. Шлам при производстве керамических изделий.....	216
4.5.1.1. Системы рециркуляции	216
4.5.1.2. Использование осадка в производстве других видов продукции	219
4.5.2. Твердые технологические отходы.....	220
4.5.2.1. Анализ возможности повторного использования твердых отходов в качестве сырья.....	220
4.5.2.2. Анализ использования гипсовых форм, огнеприпаса и боя изделий – отказ / замена / снижение	221
4.6. Анализ зашумленности	222
4.7. Инструменты экологического менеджмента.....	223
5. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	235
5.1. Общие для отрасли НДТ	238
5.1.1. Экологический менеджмент	238
5.1.2. Потребление энергии.....	240
5.1.3. Выбросы пыли.....	240
5.1.3.1. Неорганизованные выбросы пыли	241
5.1.3.2. Организованные выбросы пыли в технологических операциях, сопровождаемых большим пылеобразованием	241
5.1.3.3. Выбросы пыли при сушке	241
5.1.3.4. Выбросы пыли при обжиге	241
5.1.4. Газообразные вещества	242
5.1.4.1. Первоочередные меры и приемы	242
5.1.4.2. Дополнительные меры и приемы и их сочетание с первоочередными	243
5.1.5. Производственные сточные воды (сбросы и потребление воды).....	243
5.1.6. Шлам.....	244
5.1.7. Отходы производства / технологические потери.....	244
5.1.8. Шум.....	245
5.2. Наилучшие доступные технологии по отраслям	245
5.2.1. Кирпич и черепица	246
5.2.1.1. Газообразные вещества - первоочередные меры и приемы.....	246
5.2.1.2. Летучие органические соединения	246
5.2.2. Керамические трубы.....	246
5.2.2.1. Организованные выбросы пыли	246
5.2.3. Огнеупорные изделия.....	246
5.2.3.1. Летучие органические соединения.....	247
5.2.3.2. Отходы производства	247
5.2.4. Керамзит	247
5.2.4.1. Организованные выбросы пыли	247
5.2.4.2. Газообразные вещества - первоочередные меры и приемы	247
5.2.5. Облицовочная и напольная плитка	248
5.2.5.1. Организованные выбросы пыли	248
5.2.5.2. Выбросы пыли при обжиге	248
5.2.5.3. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы.....	248
5.2.5.4. Повторное использование сточных вод.....	248
5.2.5.5. Повторное использование шлама	249
5.2.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)	249
5.2.6.1. Организованные выбросы пыли	249
5.2.6.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы.....	249
5.2.6.3. Повторное использование сточных вод.....	249
5.2.6.4. Отходы производства	250
5.2.7. Санитарно-технические изделия	250
5.2.7.1. Организованные выбросы пыли	250
5.2.7.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы.....	250
5.2.7.3. Повторное использование сточных вод.....	250
5.2.7.4. Отходы производства	250
5.2.8. Техническая керамика.....	251
5.2.8.1. Организованные выбросы пыли	251
5.2.8.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы.....	251

5.2.8.3. Летучие органические соединения.....	251
5.2.9. Абразивы на неорганической связке.....	252
5.2.9.1. Летучие органические соединения.....	252
6. ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ	253
6.1. Трубчатые излучательные горелки	253
6.2. Сушка и обжиг СВЧ-излучением	253
6.3. Новый тип сушилок для огнеупорных изделий.....	254
6.4. Современные системы переработки сточных вод, включающие извлечение глазурей	256
6.5. Использование бессвинцовых глазурей для столового фарфора высокого качества.....	258
7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	260
8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	264
9. ГЛОССАРИЙ	266

Перечень иллюстраций

Рис. 1.1: Стадии производства керамических изделий	2
Рис. 2.1: Интервалы температур выдержки для различных видов керамических изделий	25
Рис. 2.2: Вид в разрезе печи с выкатным подом	26
Рис. 2.3: Схема туннельной печи	27
Рис. 2.4: Вид в разрезе туннельной печи с вагонеткой	27
Рис. 2.5: Вид в разрезе роликовой печи	28
Рис. 2.6: Общая потоковая схема, отражающая различные способы производства	33
Рис. 2.7: Схема производства черепицы прессованием	34
Рис. 2.8: Схема производства рядового кирпича пластическим формованием	35
Рис. 2.9: Распределение содержания фтора в итальянских глинах	37
Рис. 2.10: Распределение содержания хлора в итальянских глинах	38
Рис. 2.11: Распределение содержания серы в итальянских глинах	38
Рис. 2.12: Содержание серы в глинах	39
Рис. 2.13: Входные и выходные потоки в производстве кирпича и черепицы	44
Рис. 2.14: Схема производства керамических труб	45
Рис. 2.15: Входные и выходные потоки в производстве керамических труб	49
Рис. 2.16: Схема производства хромсодержащих основных огнеупоров	50
Рис. 2.17: Входные и выходные потоки в производстве огнеупорных изделий	54
Рис. 2.18: Схема производства керамзита	55
Рис. 2.19: Входные и выходные потоки в производстве керамзита	59
Рис. 2.20: Схема производства облицовочной и напольной плитки	60
Рис. 2.21: Входные и выходные потоки в производстве облицовочной и напольной плитки	63
Рис. 2.22: Схема производства фарфоровой посуды	64
Рис. 2.23: Входные и выходные потоки в производстве тонкой керамики	70
Рис. 2.24: Схема производства санитарно-технических изделий	71
Рис. 2.25: Входные и выходные потоки в производстве санитарно-технических изделий	74
Рис. 2.26: Схема производства изоляторов	76
Рис. 2.27: Схема производства керамических носителей катализаторов	77
Рис. 2.28: Механическая обработка необожженных, прокаленных и спеченных изделий в производстве технической керамики	81
Рис. 2.29: Входные и выходные потоки в производстве технической керамики	84
Рис. 2.30: Входные и выходные потоки в производстве абразивов на неорганической связке	87
Рис. 3.1: Распределение выделения фтора при производстве кирпича и черепицы в Италии	97
Рис. 3.2: Распределение выделения хлора при производстве кирпича и черепицы в Италии	97
Рис. 3.3: Выбросы SO _x в Германии, Великобритании и Бельгии	98
Рис. 3.4: Пример материального баланса в технологии рядового кирпича	106
Рис. 3.5: Пример материального баланса в технологии керамических труб	109

Рис. 3.6: Пример материального баланса в технологии периклазо-хромитовых огнеупоров	112
Рис. 3.7: Пример материального баланса в технологии производства посуды	126
Рис. 3.8: Пример материального баланса в технологии санитарно-технических изделий	130
Рис. 4.1: Пример схемы комбинированной системы рекуперации тепла	140
Рис. 4.2: Схема получения горячего воздуха при помощи газового двигателя когенераторного типа	142
Рис. 4.3: Схема рукавного фильтра с регенерацией за счет пульсации давления	149
Рис. 4.4: Пример инвестиционной составляющей в составе годовых затрат фильтровальных станций, исключая монтаж и расходные материалы	150
Рис. 4.5: Схема жесткого слоистого фильтра на основе расплавленного полиэтилена	151
Рис. 4.6: Пример температурного режима для выделения загрязняющих веществ при обжиге кирпича	159
Рис. 4.7: Схема дожигания газов зоны нагрева	161
Рис. 4.8: Каскадный адсорбер с поперечным потоком	164
Рис. 4.9: Схема действия горизонтального адсорбера каскадного типа с барабанной очисткой	165
Рис. 4.10: Схема сотового модульного адсорбера	167
Рис. 4.11: Схема сухой очистки газов при помощи рукавного фильтра	168
Рис. 4.12: Схема сухой очистки газов при помощи электрофильтра	169
Рис. 4.13: Установка мокрой очистки газов	171
Рис. 4.14: Схема термического дожигания в реакторе (трехкамерная система)	175
Рис. 4.15: Подача дымовых газов во внешнюю систему термического дожигания	175
Рис. 4.16: Поточная схема участка по очистке сточных вод	185
Рис. 4.17: Схема установки по переработке шлама	187

Перечень таблиц

Таблица 1.1: Данные по уровню выпуска, продаж и занятости в производстве керамических изделий	3
Таблица 1.2: Удельное энергопотребление при производстве керамических изделий в Европе	4
Таблица 1.3: Доля использования топлива по отраслям в Германии в 1998 г.	5
Таблица 1.4: Производство керамических труб в Европе	7
Таблица 1.5: Производство огнеупорных изделий в 15 странах-членах ЕС в 2001/2002 гг.	8
Таблица 1.6: Упрощенная классификация керамической плитки	10
Таблица 1.7: Энергопотребление по странам-членам ЕС (удельное энергопотребление в ТДж на 1000 т готовой продукции)	10
Таблица 1.8: Выпуск посуды и декоративных изделий	11
Таблица 2.1: Различия в химическом и минералогическом составе глин, используемых при производстве кирпича и черепицы в различных странах Европы	36
Таблица 2.2: Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей	42

Таблица 2.3: Сравнительный анализ традиционных туннельных печей и туннельных печей скоростного обжига (черепица)	42
Таблица 2.4: Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей скоростного обжига	42
Таблица 2.5: Минералогический состав глин, применяемых в производстве керамических труб	46
Таблица 2.6: Химический состав глин, применяемых в производстве керамических труб	46
Таблица 2.7: Технические характеристики туннельных печей	48
Таблица 2.8: Оксиды, наиболее широко используемые в технологии плавки/литья	51
Таблица 2.9: Техничко-эксплуатационные данные сушилок периодического действия (камерных сушилок)	52
Таблица 2.10: Техничко-эксплуатационные данные двух туннельных сушилок и климатической камеры	52
Таблица 2.11: Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей, применяемых в производстве огнеупоров	53
Таблица 2.12: Техничко-эксплуатационные данные печей с выкатным подом	53
Таблица 2.13: Примеры добавок и вспучивающих веществ	56
Таблица 2.14: Техничко-эксплуатационные данные туннельных и роликовых печей	62
Таблица 2.15: Типовые различия в минералогическом составе сырья для производства тонкой керамики	65
Таблица 2.16: Типовые различия в химическом составе сырья для производства тонкой керамики	65
Таблица 2.17: Техничко-эксплуатационные данные печи с выкатным подом	68
Таблица 2.18: Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей	68
Таблица 2.19: Техничко-эксплуатационные данные печей для надглазурного декорирования	69
Таблица 2.20: Техничко-эксплуатационные данные печей для под- и внутриглазурного декорирования	69
Таблица 2.21: Техничко-эксплуатационные данные сушилок периодического действия (камерных сушилок)	73
Таблица 2.22: Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей	73
Таблица 2.23: Техничко-эксплуатационные данные печей с выкатным подом	73
Таблица 2.24: Температуры спекания материалов технической керамики	83
Таблица 3.1: Обзор возможных источников и путей образования выбросов в производства керамических изделий	93
Таблица 3.2: Диапазоны выбросов загрязняющих веществ с неочищенными дымовыми газами при обжиге кирпича и черепицы	96
Таблица 3.3: Технологические характеристики неочищенных газов для различных видов топлива	98
Таблица 3.4: Характеристики неочищенных газов для различных порообразователей	99
Таблица 3.5: Средние концентрации веществ в очищенных газах (пористые керамические	99

блоки) и соответствующие им технические характеристики оборудования для различных видов продукции	
Таблица 3.6: Концентрации веществ в очищенных газах заводов по производству рядного кирпича	100
Таблица 3.7: Концентрации веществ в очищенных газах заводов по производству лицевого кирпича и черепицы	101
Таблица 3.8: Уровни выбросов неочищенных и очищенных газов при производстве керамических камней	102
Таблица 3.9: Уровни выбросов неочищенных и очищенных газов при производстве лицевого кирпича	103
Таблица 3.10: Данные по энергопотреблению на тонну продукции для предприятий по производству кирпича и черепицы	104
Таблица 3.11: Удельное энергопотребление в производстве кирпича и черепицы	105
Таблица 3.12: Предельные концентрации веществ в очищенных газах при производстве керамических труб	107
Таблица 3.13: Удельное энергопотребление в производстве керамических труб	108
Таблица 3.14: Характеристики неочищенных газов для различных огнеупоров	110
Таблица 3.15: Выбросы из печей для обжига безосновных огнеупоров	110
Таблица 3.16: Характеристики неочищенных газов для специальных технологических операций	110
Таблица 3.17: Данные по энергопотреблению на килограмм продукции в производстве магнезиальных огнеупоров	111
Таблица 3.18: Диапазон величин выбросов пыли при предварительном дроблении после тканевого фильтра	113
Таблица 3.19: Диапазон текущих значений выбросов при сухом помоле после соответствующей системы фильтрации	113
Таблица 3.20: Различия величин выброса пыли при грануляции после тканевого фильтра	114
Таблица 3.21: Различия величин выброса при обжиге после соответствующей системы фильтрации	114
Таблица 3.22: Выброс пыли для ситовых установок	114
Таблица 3.23: Объем стоков для скрубберов мокрой очистки	115
Таблица 3.24: Сырьевая смесь для производства керамзита	115
Таблица 3.25: Техничко-эксплуатационные данные распылительных сушилок и характеристики неочищенных газов	116
Таблица 3.26: Техничко-эксплуатационные данные сушилок и характеристики неочищенных газов	117
Таблица 3.27: Техничко-эксплуатационные данные печи и характеристики неочищенных газов при обжиге	117
Таблица 3.28: Газовые выбросы на различных стадиях процесса производства облицовочной	118

и напольной плитки. Факторы организованных (О) и неорганизованных (Н) выбросов загрязняющих веществ	
Таблица 3.29: Химический анализ неочищенных сточных вод	119
Таблица 3.30: Основные химические компоненты шлама (производство облицовочной и напольной плитки)	119
Таблица 3.31: Пример удельного энергопотребления печей различных типов	120
Таблица 3.32: Сравнительный анализ удельного потребления тепловой и электроэнергии по стадиям производственного процесса	120
Таблица 3.33: Техничко-эксплуатационные данные распылительной сушилки и содержание пыли в очищенных газах	121
Таблица 3.34: Характеристики неочищенных газов и технико-эксплуатационные данные печи для обжига тонкой керамики	122
Таблица 3.35: Характеристики неочищенных и очищенных газов при однократном обжиге тонкой керамики	122
Таблица 3.36: Керамические пигменты, применяемые при декорировании	123
Таблица 3.37: Содержание тяжелых металлов при обжиге изделий в неочищенных газах после декорирования	123
Таблица 3.38: Анализ сточных вод производителя фарфоровой посуды	124
Таблица 3.39: Анализ сточных вод завода по производству тонкой керамики	124
Таблица 3.40: Потребление тепловой и электроэнергии при производстве фарфоровой посуды	125
Таблица 3.41: Примерный состав неочищенных и очищенных газов туннельной печи	127
Таблица 3.42: Содержание вредных веществ в неочищенных газах туннельной печи и печи с выкатным подом	127
Таблица 3.43: Примерный состав очищенных газов двух заводов по производству санитарно-технических изделий	128
Таблица 3.44: Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после очистки	128
Таблица 3.45: Техничко-эксплуатационные данные и производительность печей различных типов	129
Таблица 3.46: Энергопотребление	129
Таблица 3.47: Содержание вредных веществ в неочищенных газах при обжиге изоляторов	131
Таблица 3.48: Содержание вредных веществ в дымовых газах печи с выкатным подом при обжиге изоляторов	131
Таблица 3.49: Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после очистки при производстве изоляторов	132
Таблица 3.50: Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после флокуляции при производстве изоляторов	132
Таблица 3.51: Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после очистки при производстве пьезокерамики	133

Таблица 3.52: Энергопотребление двух заводов по производству электрофарфора	133
Таблица 3.53: Состав массы для производства электрофарфора	134
Таблица 3.54: Примерное содержание вредных веществ в дымовых газах трех предприятий по выпуску абразивов на неорганической связке	135
Таблица 3.55: Сводные данные по энергопотреблению трех предприятий по производству абразивов на неорганической связке	136
Таблица 3.56: Потребление сырьевых материалов на трех предприятиях по выпуску абразивов на неорганической связке	136
Таблица 4.1: Анализ информации по рассмотренным в главе методикам	137
Таблица 4.2: Термостойкость и стоимость рукавных фильтров	150
Таблица 4.3: Техничко-эксплуатационные данные по удалению пыли при помощи тканевых фильтров	150
Таблица 4.4: Техничко-эксплуатационные электрофильтров данные и их стоимость	154
Таблица 4.5: Технологические параметры, эффективность, уровень потребления и затраты на различные технологии очистки дымовых газов	178
Таблица 4.6: Эффективность снижения выбросов в зависимости от содержания серы в сырье	179
Таблица 4.7: Затраты на снижение содержания пыли, газообразных неорганических и органических веществ при различных способах их удаления	181
Таблица 4.8: Достижимые коэффициенты рециркуляции сточных вод в различных отраслях производства керамических изделий	183
Таблица 5.1: Соответствующие НДТ уровни выбросов газообразных неорганических веществ с дымовыми газами при обжиге	207
Таблица 5.2: Соответствующие НДТ уровни содержания загрязняющих веществ в производственных сточных водах	207
Таблица 7.1: Расписание работы над Справочным документом по НДТ производства керамических изделий	221

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОКУМЕНТА

Документ относится к производственной деятельности, обозначенной в разделе 3.5 Приложения I к Директиве 96/61/ЕС, а именно:

«3.5. Предприятия по производству керамических изделий путем обжига, в частности, черепицы, кирпича, огнеупорного кирпича, плитки, тонкокаменных изделий либо фарфора мощностью более 75 т/день, имеющие печь объемом более 4 м³ с допускаемой плотностью садки свыше 300 кг/м³».

В рамках этого документа производственная деятельность, подпадающая под данное определение, именуется «производство керамических изделий».

В различных отраслях производства керамических изделий применяют разнообразные виды сырья и способов производства продукции, однако общим для них является использование глины или других, преимущественно неорганических материалов, которые сначала перерабатывают, а затем сушат и обжигают. Главными отраслями, в соответствии с типом выпускаемой продукции, являются:

- облицовочная и напольная плитка
- кирпич и черепица
- посуда и декоративные изделия (тонкая керамика)
- огнеупоры
- санитарно-технические изделия
- техническая керамика
- керамические трубы
- керамзит
- абразивы на неорганической связке.

Помимо собственно технологических процессов производства керамических изделий данный документ описывает смежные производства, оказывающие влияние на уровень выбросов, сбросов или загрязнения окружающей среды. Таким образом, сюда включены технологические процессы, начиная с подготовки сырья до отправки готовой продукции. Ряд процессов, в частности, добыча сырья, здесь не рассматриваются, поскольку напрямую не связаны с основной деятельностью. В состав документа входят:

- выбор и подготовка сырья, преимущественно на основе глины и/или других минералов неорганической природы
- формование изделий – как правило, из исходных материалов в пластичном состоянии
- сушка изделий, нанесение покрытий

- обжиг для уплотнения структуры материала
- послеобжиговая обработка и упаковка.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

1.1. История керамики

Термин «керамика» происходит от греческого «keramos», что означает «жженная земля» и служит для описания материалов для гончарного дела. Согласно последним исследованиям, обработка глины началась около 19 тыс. лет до н. э. Наиболее древние находки керамических изделий на юге Японии относятся к 9 - 8 тысячелетиям до н. э. Уже в 4000 г. до н. э. обожженные кирпичи применяли при постройке храмов, дворцов и укреплений. Более 2000 лет назад римляне распространили технологию изготовления кирпича на обширной части территории Европы. Глазурованные керамические плитки использовали в Египте для украшения стен пирамид в 26 в. до н. э., а искусство создания фарфора известно в Китае начиная с 10 в. до н. э.

1.2. Свойства керамики

Обычно понятие «керамика» (керамические изделия) употребляется для неорганических материалов (с некоторым количеством органической составляющей), которые состоят из неметаллических соединений и приобретают постоянный состав и форму в процессе обжига. Помимо материалов на основе глины современная керамика включает целый ряд изделий, в сырье для которых глина содержится в небольших количествах или вовсе отсутствует. Керамика бывает глазурованная и неглазурованная, пористая и плотная.

Изменение минерального состава керамики определяется температурно-временным режимом обжига, в результате которого образуется смесь новых кристаллических и аморфных фаз. Характерными свойствами керамики являются высокая прочность, износостойкость, значительная продолжительность службы, химическая стойкость и нетоксичность, устойчивость к воздействию высоких температур и пламени, в ряде случаев – высокое электросопротивление и определенная величина пористости.

Главные стадии производства керамических изделий в целом не зависят от используемых материалов и конечного продукта. На рис. 1.1 представлена типичная схема процесса, а также возможные или необходимые участки снабжения и переработки отходов. Технологическая цепочка состоит из следующих переделов: шахтная или открытая добыча сырья, его доставка на завод (в настоящем документе эти переделы не рассматриваются), хранение сырья, подготовка, формование изделия, сушка заготовки, обработка поверхности, обжиг и послеобжиговая обработка [23, TWG Ceramics, 2005].

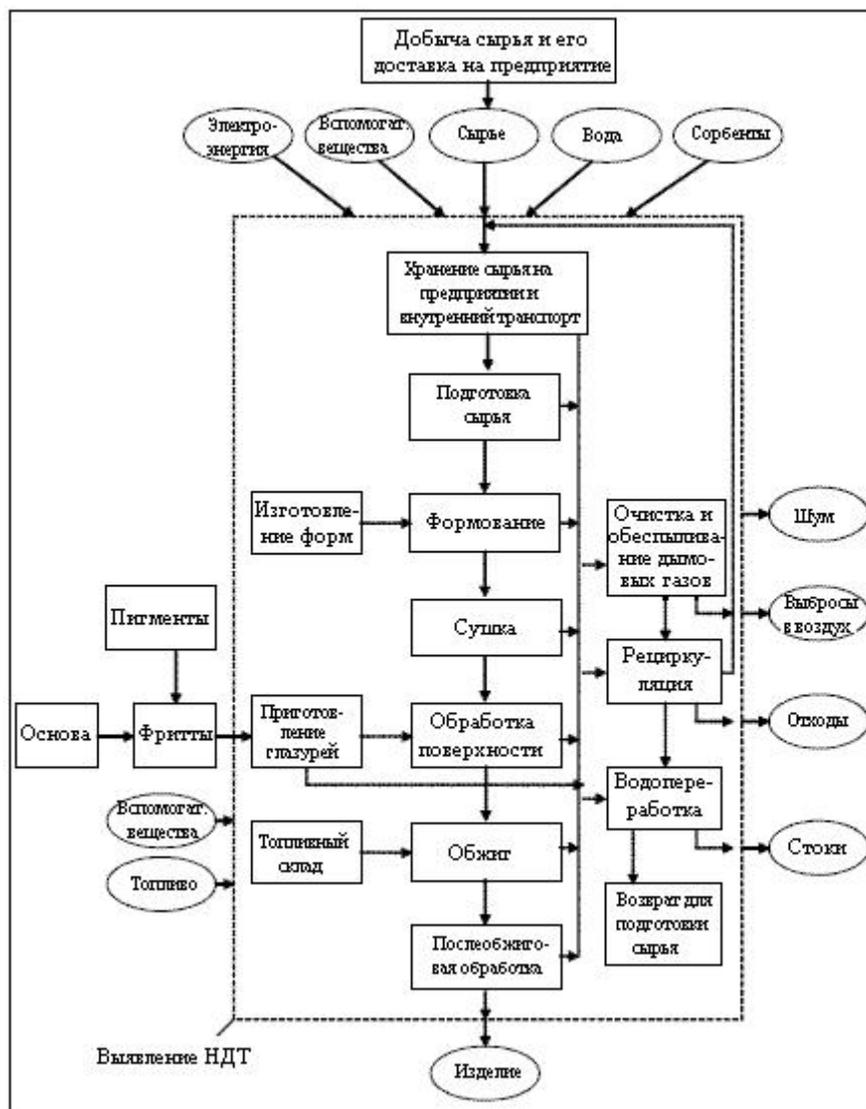


Рис. 1.1. Стадии производства керамических изделий

Упомянутые в этом документе наилучшие доступные технологии по комплексной охране окружающей среды при производстве керамических изделий относятся к выделенным в рамку на рис. 1.1 процессам.

1.3. Территориальное распределение и общий экономический анализ

Глиняное сырье широко распространено в Европе, поэтому такие сравнительно недорогие керамические изделия, как, например, кирпич, выпускаются практически всеми странами-членами ЕС (впрочем, большой вес готовой продукции приводит к высоким расходам на ее транспортировку). Размеры изделий в разных странах отличаются, это связано с исторически сложившимися традициями строительства. Специализированная, более дорогая продукция выпускается только в некоторых странах, где имеется необходимое сырье и, - что не менее важно, - культура производства и контроля качества. Так, например, значительная доля выпуска керамической плитки приходится на Италию и Испанию, посуды - на Великобританию, Германию и Францию, керамических труб - на Германию, Великобританию и Нидерланды.

Облицовочная и напольная плитка, огнеупоры, посуда и декоративные изделия, техническая керамика, керамические трубы и санитарно-технические изделия служат предметом активной международной торговли.

Важность керамической промышленности с позиций занятости и роли в экономике показана на примере следующей таблицы [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 1.1. Данные по уровню выпуска, продаж и занятости в производстве керамических изделий

Отрасль производства керамических изделий	Выпуск продукции в 15 странах-членах ЕС в 2000 г. (млн т)	Продажи в 15 странах-членах ЕС в в 2003 г. (млн евро)	Людские ресурсы на 2003 г. (тыс. чел.)
Облицовочная и напольная плитка	25,0	10100	69
Кирпич и черепица	55,0	6800	50
Посуда и декоративные изделия	0,5	2000	48
Огнеупоры	4,5	3100	18
Санитарно-технические изделия	0,5	1900	25
Техническая керамика	0,15	2000	9
Керамические трубы	0,7	300	2
Керамзит (2002 г.)	3,0	300	2,5
Абразивы на неорганической связке (2003 г.)	0,04	260	3,1

1.4. Ключевые вопросы охраны окружающей среды

Загрязняющие вещества, поступающие с заводов по производству керамических изделий, в зависимости от конкретных технологических процессов могут попадать с выбросами в воздух, со стоками в водные объекты и накапливаться на поверхности земли в виде отходов. Воздействие на окружающую среду также оказывают шум и неприятные запахи. Характер и уровень загрязнения воздуха, количество твердых отходов и сточных вод зависят от различных параметров, в частности, от вида используемого сырья, вспомогательных веществ, топлива, а также от способа производства:

- выбросы в воздух: при транспортировке и обработке сырья и готовой продукции могут выделяться пыль / твердые частицы, сжигание мазута и твердого топлива приводит к образованию сажи. При обжиге или распылительной сушке сырье или топливо могут стать источником газообразных выбросов, наиболее опасными из которых являются оксиды углерода, азота, серы, неорганические соединения фтора и хлора, а также органические вещества. Также возможны выбросы тяжелых металлов за счет применения в качестве

топлива тяжелого мазута либо при использовании для декорирования содержащих тяжелые металлы веществ;

- сбросы в воду: такие загрязнения преимущественно образуются в ходе процесса производства керамики, в особенности традиционной. Сточные воды по большей части содержат минеральные примеси (нерастворимые твердые частицы). В зависимости от способа производства в воде могут присутствовать и иные неорганические компоненты, небольшое количество различных органических соединений, а также тяжелые металлы. Помимо производственных сточных вод, которые нередко очищают и используют по замкнутому циклу, сбросы предприятия также включают дождевые и канализационные стоки;
- технологические потери / отходы производства: отходы при производстве керамики в основном представляют собой следующее:
 - различные виды шлама (шлам, образующийся при переработке сточных вод, и при помоле, глазурный, гипсовый);
 - бой изделий после формования, сушки, обжига, а также обломки огнеупоров;
 - пыль из установок очистки дымовых газов и обеспыливания;
 - отработанные гипсовые формы;
 - отработанные сорбенты (гранулированный известняк, известняковая пыль);
 - отходы упаковки (пластик, дерево, металл, бумага и др.);
 - твердые остатки (зола, образующаяся при использовании твердого топлива).

Некоторые виды накапливаемых в процессе производства отходов могут использоваться повторно в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Те материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли либо отправляют на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны.

- потребление энергии / выбросы CO₂: все отрасли производства керамических изделий потребляют значительное количество энергии, поскольку основные стадии процесса включают сушку и последующий обжиг при температуре от 800 до 2000 °С. При производстве фарфора энергетические затраты составляют от менее 10 до 18 % общей стоимости. При производстве кирпича доля энергетических затрат колеблется между 17 и 25 %, в пределе достигая 30 %.

Удельное энергопотребление при производстве керамических изделий в Европе представлено в таблице [30, TWG Ceramics, 2005]:

Таблица 1.2. Удельное энергопотребление при производстве керамических изделий в Европе

Отрасль	Единицы измерения	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Кирпич и черепица	ГДж/т	2,65	2,45	2,19	2,06	2,38	2,31
Облицовочная и напольная	ГДж/т	11,78	9,16	6,76	5,45	5,74	5,60

плитка							
Огнеупоры	ГДж/т	4,88	4,96	6,51	4,91	5,41	5,57
Санитарно-технические изделия	ГДж/т	26,56	24,214	22,27	22,76	20,88	21,87
Керамические трубы	ГДж/т			5,75	5,77	6,1	5,23
Посуда и декоративные изделия	ГДж/т			47,56	38,91	43,46	45,18
Техническая керамика	ГДж/т					34,72	50,39

В настоящее время в странах ЕС для обжига применяют преимущественно природный и сжиженный газ (пропан и бутан), мазут марки EL, кроме этого, в качестве топлива могут быть использованы тяжелый мазут, сжиженный природный газ, биогаз / биомассу, электричество и различные виды твердого топлива (уголь, нефтяной кокс). Применение тяжелого мазута, угля и нефтяного кокса ограничивается в основном кирпичными заводами.

В таблице приведена доля различных видов топлива в общем объеме потребления энергии (кроме электроэнергии) Германии по отраслям [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 1.3. Доля использования топлива по отраслям в Германии в 1998 г.

Отрасль	Природный газ (%)	Мазут EL (%)	Тяжелый мазут (%)	Прочие (%)
Хозяйственно-бытовая керамика	98,0	1,6	-	0,4
Санитарно-технические изделия	97,7	2,3	-	-
Техническая керамика	96,2	3,6	-	0,2
Огнеупоры	90,2	7,3	0,1	2,4
Облицовочная и напольная плитка	98,1	1,1	0,8	-
Кирпич и черепица	88,6	5,3	5,3	0,8
Керамические трубы	100	-	-	-
Керамзит ¹⁾	-	-	-	-
Абразивы на неорганической связке ²⁾	90,6	9,4	-	-
¹⁾ нет данных				
²⁾ Оценочные данные по Германии				

1.5. Отрасли производства керамических изделий

Фундаментальные приемы и стадии процесса производства различных видов керамики мало отличаются друг от друга, если не принимать во внимание тот факт, что для изготовления такой продукции, как облицовочная и напольная плитка, посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика), санитарно-технические изделия, техническая керамика нередко применяют многократный обжиг. Это исторически обуславливает деление керамики на «грубую», куда входят кирпич, черепица, керамические трубы, огнеупоры, керамзит, и «тонкую», к которой причисляют облицовочную и напольную плитку, посуду и декоративные изделия, санитарно-технические изделия, техническую керамику и абразивы на неорганической связке.

Впрочем, технологическое воплощение производственного процесса может иметь существенные отличия, связанные с характеристиками исходного сырья и требованиями к готовой продукции.

Так, например, для обжига одних и тех же видов керамики применяются различные типы печей непрерывного (туннельные) и периодического (с выкатным подом) действия.

Изделия «тонкой» керамики отличаются от «грубой», прежде всего, структурой. Граница между этими группами пролегает в области эквивалентных диаметров частиц 0,1 – 0,2 мм. В грубой керамике, как правило, присутствуют неоднородные участки размером более 0,2 мм, однако четкой грани между тонкой и грубой керамикой в настоящее время нет. К примеру, способ производства «тонкой» керамики применяют при изготовлении изделий высшей огнеупорности. Поэтому в данном документе классификация керамики по группам не используется, вместо этого выделены девять отраслей производства керамических изделий [32, TWG Ceramics, 2006]:

- кирпич и черепица;
- керамические трубы;
- огнеупоры;
- керамзит;
- облицовочная и напольная плитка;
- посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика);
- санитарно-технические изделия;
- техническая керамика;
- абразивы на неорганической связке.

1.5.1. Кирпич и черепица

Эту продукцию выпускают в больших объемах в связи с ее высокой востребованностью в строительстве. Кирпич и черепицу, как правило, рассматривают не по способу формования, а по предполагаемой области применения, и выделяют следующие типы:

- строительный кирпич (т. е. керамические камни, лицевой, высокопрочный («клинкерный») и легковес);
- черепица (экструдированная, прессованная);
- дорожный клинкер;
- полнотелый кирпич для дымовых труб.

Поскольку способы производства этих изделий различны, кирпичные заводы специализируются на выпуске какого-то одного вида продукции (например, заводы по выпуску черепицы, по выпуску строительного кирпича и др.).

Общий объем продаж кирпича в странах Европы в 2003 г. составил 6800 млн. евро, численность рабочей силы – порядка 50000 чел. [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Количество заводов по производству кирпича, дорожного клинкера и черепицы в европейских странах изменяется следующим образом: наибольшее число предприятий (238) расположено в Италии, затем идет Германия (183), Португалия (150), Франция (136) и Великобритания (134). В остальных странах функционирует менее 70 предприятий: 58 в Нидерландах, 40 в Бельгии, 30 в Австрии, 27 в Швейцарии и 26 в Дании.

Среднее число кирпичных заводов на 1 млн. жителей таково: Португалия (1,5), Дания (5,1), Италия (4,1), Бельгия (4,0), Австрия (3,8), Швейцария (3,7), Нидерланды (3,7), Великобритания (2,3), Франция (2,3) и Германия (2,2).

Сравнительный анализ данных [3, CERAME-UNIE, 2003] по числу жителей в странах Европы (на 2001 г.) свидетельствует о том, что:

- черепица в наибольшем объеме выпускается во Франции (0,89 м² на душу населения), затем следуют Италия (0,61), Германия (0,54), Испания (0,5), Швейцария (0,48), Дания (0,4) и Австрия (0,28). В других странах (Великобритании, Бельгии) объем производства черепицы гораздо ниже. В Финляндии и в Норвегии черепицу не производят;
- кирпич и керамические блоки выпускают все страны ЕС. Наибольшее количество производит Бельгия (0,29 м³ на душу населения), Испания (0,28), Италия (0,26), Австрия (0,24), Германия (0,17), Швейцария (0,08), в остальных странах значения еще ниже.

Щелевой кирпич используют в Австрии (97 %) и Германии (87 %); лицевой в Нидерландах (94 %), Великобритании (82 %) и Дании (85 %). Пустотелый кирпич предпочитают во Франции (63 %) и Италии (62 %).

Среднее число рабочих на предприятии для разных европейских государств неодинаково:

- Великобритания (66);
- Бельгия (44);
- Франция (39) и Нидерланды (38);
- Австрия (35), Германия (34) и Италия (34);
- Швейцария (24) и Дания (21).

1.5.2. Керамические трубы

Керамические трубы и фитинги используют в дренажных и канализационных системах, резервуарах для хранения кислот, при обустройстве хлевов. Объем выпуска этой продукции в 15 странах-членах ЕС в 2000 г. достиг 708000 т [3, CERAME-UNIE, 2003] [4, UBA, 2001].

Предприятия по выпуску керамических труб расположены в Бельгии, Германии, Италии, Нидерландах и Великобритании, их продукция распространяется во всех странах-членах ЕС на основании Европейского стандарта EN 295, ратифицированного в 1991 г. и в настоящее время действующего во всех 15 странах-членах ЕС и EFTA, а также в ряде государств-членов Европейского комитета по стандартам.

В данном документе в понятие «трубы» также включены фитинги, которые необходимы при создании заглубленных трубопроводов для перекачки стоков.

Общие сведения о производстве керамических труб в Европе в 2000 г. представлены в таблице [3, CERAME-UNIE, 2003], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 1.4. Производство керамических труб в Европе

Государство	Бельгия	Германия	Италия	Нидерланды	Великобритания	15 стран ЕС
Численность населения (млн. чел.)	10	82	57,5	15,7	58,5	
Количество заводов ^{*)}	1	8	1	2	5	17
Годовой объем продаж труб и фиттингов (т)	115000	208000	74000	102000	209000	708000
Общее число рабочих	250	500	150	213	800	1913
Средняя численность персонала на предприятии	377	115	207	107	220	166
^{*)} На заводе может действовать несколько печей						

1.5.3. Огнеупорные изделия

Огнеупоры – это керамические изделия, способные выдерживать температуры свыше 1500 °С. Огнеупорные изделия разнообразного размера и формы применяют во многих отраслях промышленности при выпуске стали, чугуна, цемента, извести, стекла, керамики, алюминия, меди, на нефтехимических производствах, в печах для сжигания мусора, на электростанциях, в системах бытового отопления, включая котельные. Эти изделия необходимы при высокотемпературных процессах и способны противостоять любым видам напряжений (механических, термических, химических), например, эрозионному износу, деформации ползучести, термоударам.

Стойкость огнеупоров к действию высоких температур определяют по точке их размягчения, которая должна быть не ниже 1500 °С. Широко применяется следующая классификация материалов: «огнеупорные» (температура размягчения от 1500 до 1800 °С) и «высокоогнеупорные» (температура размягчения выше 1800 °С) [23, TWG Ceramics, 2005].

Первоначально сырьем для производства огнеупоров служили высокочистые глины, в настоящее время для этих целей применяют широкий круг материалов, как природных, так и искусственных, многие из которых поставляются из-за пределов Европы.

Потребность в огнеупорах непосредственно связана с объемом производства и инвестиций в целевых отраслях. Так, например, количество потребляемых огнеупоров на тонну готовой продукции (стали, цемента) за последнее десятилетие значительно снизилось благодаря внедрению новых технологических приемов. Большой срок службы футеровки сталеплавильных печей и сталелитейных ковшей, меньшая продолжительность их ремонта и обслуживания существенно улучшили производительность тех отраслей, где они используются.

Как правило, огнеупоры находят применение в тех отраслях, которые являются крупными потребителями энергии: металлургической, цементной, нефтехимической, стекольной. Поскольку экономия энергии напрямую зависит от качества футеровки, огнеупорная промышленность вносит весомый вклад в энергоэффективность этих отраслей. Постоянное совершенствование огнеупорных изделий ведет к улучшению теплоизоляции и большей продолжительности службы футеровки, а, следовательно, к снижению удельной энергоемкости технологического процесса.

Европейская огнеупорная промышленность является крупнейшей в мире: общий объем производства в 2001 г. составил 4,6 млн. т (лидером стала Германия, где общий объем производства оценочно составил 1,5 млн. т), что в 2002 г. приблизительно соответствовало 3300 млн. евро. Около 65 % этого количества пришлось на производство стали и чугуна; 5 - 8 % - на производство цемента, стекла и керамики, а остальное – цветных металлов, химическую и нефтехимическую промышленность, производство энергии и сжигание отходов. По данным 2002 г., в отрасли работало 18505 человек [20, CERAME-UNIE, 2004], [12, STCV, 2004].

В таблице приведены данные по выпуску огнеупоров в EU-15 в 2001 – 2002 гг. [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Таблица 1.5. Производство огнеупорных изделий в 15 странах-членах ЕС в 2001/2002 гг.

Страны	Общий объем производства в 2002 г. (тыс. т)
Австрия (2001 г.)	710
Бенелюкс	нет данных
Франция	524
Германия	931
Греция (2001 г.)	33

Италия	556
Северные страны (2001 г.)	147
Португалия	23
Испания	417
Великобритания	204

1.5.4. Керамзит

Керамзит – это пористый керамический материал в виде гранул с однородной поровой структурой в виде мелких замкнутых пор и плотно спекшимся внешним слоем, который изготавливают из сырья, содержащего глинистые минералы. Исходный материал подготавливают, формуют и обжигают при температурах от 1100 до 1300 °С, что приводит к резкому увеличению объема за счет вспучивания.

Продукцию со строго контролируемыми характеристиками и размером гранул, которая будет отвечать широкому набору требований, можно выпускать в любых количествах и для различных областей применения.

Керамзит в свободной засыпке или с цементной связкой используют как строительный материал (например, легкий заполнитель, легкий бетон, блоки и иные легковесные бетонные изделия, структурированный легкий бетон для переработки на месте), а также, в свободной засыпке – в садовом и ландшафтном дизайне (в т. ч. как материал насыпи в дорожном строительстве, основу для висячих садов, фильтрующий и дренажный наполнитель).

Выпускаемые промышленностью в большом ассортименте легковесные гранулы имеют самые разные технические характеристики. В процессе производства можно контролировать такие параметры, как размер гранул, их пористость, вес и прочность. Гранулы с плотностью 0,15 – 1,7 кг/дм³ удовлетворяют широкому набору требований. Благодаря большому количеству равномерно распределенных пор такие материалы обладают прекрасными изоляционными свойствами. Теплопроводность легковесных гранул в свободной засыпке в зависимости от плотности и размера гранул составляет от 0,07 до 0,18 Вт/(м·К). Стандартная методика гранулометрического анализа изложена в EN 13055-1 и EN 13055-2.

Помимо керамзита к легковесным гранулам также относятся вспученный шифер и сланец, колосниковая зола, обожженная пыль уноса твердых углей и пеностекло, однако в данном документе эти группы материалов не рассматриваются.

Керамзит выпускают в Дании, Германии, Швеции, Норвегии, Финляндии, Эстонии, Бельгии, Австрии, Польше, Испании, Италии, Португалии и Чехии. Название «керамзит» употребляют в основном в центральной и восточной Европе. Общая производственная мощность стран Европы по керамзиту составляет порядка 10 млн. м³.

1.5.5. Облицовочная и напольная плитка

Керамическая плитка (см. EN 14411) – это тонкие пластины из глины и/или других неорганических материалов, обычно применяемые для покрытия полов и стен. Как правило, керамические плитки формуют протяжкой или прессованием из порошков при комнатной температуре, затем сушат и обжигают при температурах, достаточных для придания им требуемых свойств.

Наиболее распространенная форма плитки – квадрат или прямоугольник, однако выпускаются изделия и других форм (шести-, восьмигранник). Размеры плитки изменяются от нескольких сантиметров (мозаика) до 60 – 100 см, толщина составляет от 5 до 25 мм (для некоторых сортов экструдированной плитки).

Выпускается много различных видов керамической плитки: плитка, отформованная путем прессования порошков или протяжки (экструзии), с пористым, плотным или спекшимся черепком, белая (светлая) или красная (темная), глазурованная и неглазурованная.

На пространстве Евросоюза выпускаются сходные виды плитки, однако из-за культурных, формальных, функциональных, коммерческих и технических причин их характеристики несколько отличаются, поэтому соответствие между различными видами продукции и ее назначением в разных странах ЕС определить сложно.

Для решения этой проблемы в Европейских и Международных стандартах была принята общая классификация керамической плитки. Согласно EN 14411, керамическую плитку делят на девять групп в зависимости от способа производства (формования) и величины водопоглощения. Водопоглощение связано с пористостью материала: чем больше пористость, тем оно выше, и наоборот, малая величина водопоглощения соответствует плотной, спекшейся структуре.

В документе эта классификация принята к сведению, однако, с точки зрения защиты окружающей среды различия между классами не настолько велики. Поэтому в рамках данного документа будет использоваться упрощенная классификация, представленная в таблице [3, CERAME-UNIE, 2003]. Некоторые виды керамической плитки здесь не учитываются, так как их доля в общем объеме производства невелика, технологический процесс и характеристики весьма различны, а сколько-нибудь значимая информация по ним отсутствует.

Таблица 1.6. Упрощенная классификация керамической плитки

Класс	Описание / спецификация
A	Плитка, получаемая пластическим формованием
VIa	Водонепроницаемая плитка полусухого прессования (керамогранит)
VIb-BII	Плотная плитка полусухого прессования

Керамическая облицовочная и напольная плитка – это важные изделия для покрытия стен и полов в коммунальном и жилищном строительстве, поэтому особое значение для ее сбыта имеет сфера обслуживания и ремонта зданий и помещений. Также плитка применяется для облицовки фасадов зданий, бассейнов и общественных мест.

Европа является крупнейшим производителем и экспортером керамической плитки. Европейская промышленность занимает три четверти мирового рынка плитки, четверть всей выпускаемой продукции экспортируется за пределы ЕС. В 2001 г. объем продаж приблизился к отметке 1400 млн. м² на сумму 10000 млн. евро, численность персонала составила 71000 человек [3, CERAME-UNIE, 2003]. Значительная часть производства сосредоточена в двух регионах: Сассуоло в Италии (Emilia-Romagna) и Кастельон в Испании (Comunidad de Valencia).

Для производства плитки используются высокочистые глины, которые в большинстве случаев добывают в самой Европе. Кроме того, ряд веществ используется для глазурования. Также сырьем может считаться энергия, поскольку глина превращается в керамику при обжиге. Источниками энергии служат природный газ и электричество.

Уровень потребления энергии странами-членами Евросоюза приведен в таблице [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Таблица 1.7. Энергопотребление по странам-членам ЕС (удельное энергопотребление в ТДж на 1000 т готовой продукции)

Страны	1980	1990	1997	2001
Германия				7,58
Греция	11,61	8,68	8,1	
Испания	15,78	7,00	5,49	5,78
Франция	6,97	5,84	5,71	6,42
Италия	11,22	6,19	5,12	5,48
Нидерланды	10,94	8,46	8,76	
Португалия			6,20	6,00
Великобритания	18,05	13,15	11,33	

1.5.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)

Хозяйственно-бытовая керамика включает посуду, художественные и декоративные изделия из фарфора и фаянса, каменную керамику. Типичная продукция – это блюда, тарелки, чашки, кружки, кувшины и вазы.

По сравнению с остальными отраслями общий объем производства хозяйственно-бытовой керамики мал (см. таблицу 1.1). Посуда и декоративные изделия имеют иное соотношение вес – стоимость.

Процесс производства этих изделий укладывается в общую схему для всех видов керамики. В таблице представлены данные по выпуску различных видов изделий [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Таблица 1.8. Выпуск посуды и декоративных изделий

Страны	Продукция	Тонн в год
Германия	фарфоровая посуда	69000
	прочая посуда	4000
	декоративные изделия	оценочно 500
Люксембург	посуда в целом	5370
Нидерланды	посуда (фаянс, фарфор, полуфарфор)	5500
	декоративные изделия	250
Португалия	посуда и декоративные изделия в целом	90000
Великобритания (2001 г.)	посуда и декоративные изделия в целом	86000

1.5.7. Санитарно-технические изделия

Санитарно-техническими называют все изделия, выпускаемые для санитарных нужд. Типичная продукция – это унитазы, биде, ванны, раковины и фонтанчики для питья. Как правило, эти изделия производят из «витресс чайна» (полуфарфора) или фаянса.

По сравнению с остальными отраслями объем производства санитарно-технических изделий невелик (см. таблицу 1.1). Эта продукция имеет иное соотношение вес – стоимость, нежели кирпич или огнеупоры.

Процесс производства санитарно-технических изделий укладывается в общую схему для всех видов керамики. Сырье смешивают с водой для получения глиняной суспензии с требуемыми характеристиками. Суспензию хранят в бассейнах и используют для шликерного литья в разъемные формы или литья под давлением. Готовое изделие снимают непосредственно с литевого станда или вынимают из формы. Перед дальнейшей обработкой или транспортировкой заготовки должны подсохнуть.

Глазурь наносят прямо на поверхность полуфабриката, затем проводят обжиг при температуре, соответствующей типу изделия, как правило, температура обжига составляет 1200 – 1210 °С для «витресс чайна» и 1220 °С для более огнеупорных составов..

Нанесение глазури распылением придает изделиям цвет и блеск. Требуемый цвет или сочетание цветов получают путем введения в глазурь пигментов, большинство из которых – оксиды металлов. Масса пигментов пренебрежимо мала по сравнению с массой сырья (глины) и остальных компонентов.

Готовые изделия отправляют на склад на сортировку, упаковку и хранение до продажи.

1.5.8. Техническая керамика

В Европе производится широкий ассортимент технической керамики, в состав которой входит не только глина, но и искусственное сырье. Как и в других отраслях керамической промышленности, изделия обжигают в печах, работающих преимущественно на природном газе и на электричестве (в 2003 г. соотношение энергоносителей было равно: 2/3 газ и 1/3 электричество).

Техническая керамика применяется во многих отраслях промышленности и включает как традиционные (в частности, изоляторы) так и новые изделия. Это конструкционные элементы для авиакосмической и автомобильной промышленности (детали двигателей, носители катализаторов), электроники (конденсаторы, пьезоэлементы), биомедицинская продукция (костные имплантаты), материалы и изделия для защиты окружающей среды (фильтры) и многое другое.

Главные производители технической керамики находятся в Германии, Великобритании, Франции и Нидерландах.

Благодаря высокой добавочной стоимости изделий технической керамики, эта отрасль потребляет меньшее, чем остальные, количество энергии в пересчете на оборот. В пересчете на массу продукции уровень энергопотребления оказывается сравнимым. Объем продаж в 2001 г. в Европе достиг 2500 млн. евро. Точные данные по общему объему производства отсутствуют, однако оценочно в 2003 г. он составил порядка 0,15 млн. т для европейской промышленности в целом [3, CERAME-UNIE, 2003] [23, TWG Ceramics, 2005].

1.5.9. Абразивы на неорганической связке

Главная особенность шлифовки – одного из древнейших известных технологических приемов – совместное действие множества разориентированных режущих элементов в материале. Абразивы, в которых эта особенность реализуется, широко используются для обработки различных материалов, причем не только шлифовки, но и резки, полировки, доводки, заточки и иной обработки поверхности металлов пластмасс, дерева, стекла, камня и т. д.

Основные классы абразивных материалов – это материалы на связке (шлифовальные диски) и нанесенные (наждачная бумага и ткани). Также существуют свободные абразивы, не имеющие прочной связи с основой (полировальные пасты). В этом документе рассматривается только одна подгруппа материалов на связке – «абразивы на неорганической связке».

Абразив на неорганической связке (принятое в промышленности название «спеченный

шлифовальный диск») – это инструмент, в котором синтетический абразивный материал перемешан с плотноспекшимся связующим (как правило, в соотношении 9 частей абразива на 1 часть связующего). Современные абразивные материалы включают плавленный и синтетический корунд, карбид кремния, кубический нитрид бора или алмаз, предварительно разделенные по фракциям.

Затем заготовку обжигают при температуре, при которой связующее (стекло или глина) спекается до плотного состояния и после охлаждения соединяет зерна абразива [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2.1. Сырьевые материалы

В производстве керамических изделий для обеспечения разнообразия ассортимента применяют широкий набор сырьевых материалов как природного, так и искусственного происхождения. Большинство этих материалов производят в Европе, некоторые поставляют из-за ее пределов. Поскольку отраслевая потребность в сырье различна, его подробные характеристики приведены в соответствующих главах.

В состав массы для производства изделий на основе глины могут входить один или несколько ее видов, а также так называемые «непластичные» компоненты (измельченный кварц, полевои шпат).

В основе минеральной части обычных «пластичных» глин лежат гидроалюмосиликаты, которые являются продуктом выветривания горных пород. В решетке большинства глинистых минералов присутствует два структурных фрагмента: «кремнекислородный слой», состоящий из тетраэдров, в которых ион Si^{4+} окружен четырьмя ионами кислорода, и «алюмогидроксидный, или гиббситовый, слой», состоящий из октаэдров, в которых ион Al^{3+} находится в окружении шести гидроксильных групп. Глинистые минералы представляют собой продукт совместной упаковки этих слоев.

Существует целый ряд глинистых минералов, важнейшими из которых являются каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ и галлуазит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ [8, Ullmann's, 2001], [11, Shreve, 1945].

Специальную керамику, в которой доля глины может быть мала или вовсе отсутствовать, изготавливают из оксидов, карбидов, нитридов и боридов Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr и других металлов. Типичными примерами здесь выступают Al_2O_3 (глинозем), MgO (периклаз или высокожженный оксид магния), SiC (карбид кремния), TiN (нитрид титана) и WB_2 (борид вольфрама) [8, Ullmann's, 2001].

Глины или глинистые породы (осадочные и сланцевые глины, тяжелые суглинки, мергель) в основном применяют в производстве кирпича, черепицы и керамических труб. Органические добавки (опилки, отходы целлюлозно-бумажного производства, формованный полистирол) и неорганические вспомогательные вещества (кизельгур, перлит) вводят для увеличения объема пор. При производстве лицевого кирпича и черепицы для получения требуемой окраски и/или увеличения пористости изделий в массу вводят оксиды металлов (MnO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3), хромиты, а также $CaCO_3$, $CaMgCO_3$. $BaCO_3$ добавляют для уменьшения высолов. Эти добавки вводят в

твердом или жидком виде непосредственно перед формованием или в ходе подготовки массы.

В состав огнеупоров входят глина, шамот (прокаленная и измельченная пластичная глина), а также некоторые природные минералы (кварцит, доломит, боксит, магнезит) и вышеупомянутые искусственные материалы, в частности, спеченный корунд, карбид кремния и шпинель. Для получения формовочных масс к измельченному сырью добавляют связки и наполнители.

При производстве керамзита используют глины с высокой склонностью к вспучиванию. Для активации процесса вспучивания в массу вводят добавки (плавни, разрыхлители, антиадгезивы) [26, УВА, 2005].

Керамическая плитка, хозяйственно-бытовая и санитарная керамика состоят главным образом из алюмосиликатов, сырьем при их производстве служат пластичные глины. Однако техническая керамика и абразивы на неорганической связке зачастую содержат только небольшое количество или, в случае технической керамики, вообще не содержат глины и производятся, как отмечено выше, из боридов, карбидов, оксидов и нитридов металлов.

В качестве отощителей и плавней применяют кварц, полевой шпат, в некоторых случаях – мел, доломит, волластонит и стеатит. Различные керамические изделия полностью или на видимой поверхности покрывают глазурью или ангобом.

Кроме перечисленных выше сырьевых материалов и вспомогательных веществ для производства керамических изделий необходимы дополнительные реагенты, огнеприпас, топливо и сорбенты. В качестве дополнительных реагентов в процессе формования применяют органические связки. Огнеприпас представляет собой огнеупорные капсулы, плиты и стойки многоразового использования. Для очистки дымовых газов в абсорберах используют карбонат и гидроксид кальция, тонкоизмельченный мел.

2.2. Общее описание производственного процесса

Керамику изготавливают из различного сырья, обжигают в печах разных типов, готовые изделия имеют разнообразную форму, размеры и цвет. Общий процесс изготовления керамики относительно одинаков для всех ее видов, хотя при производстве облицовочной и напольной плитки, посуды и декоративных изделий (хозяйственно-бытовой керамики), санитарно-технических изделий и технической керамики обжиг часто проводят в несколько стадий.

По общей схеме, сырьевые материалы смешивают, затем полученной массе литьем, прессованием или протяжкой придают заданную форму. Для улучшения качества смешения и формования используется вода, которая испаряется в сушилках. Далее изделия загружают в печь в ручную (особенно в случае печей периодического действия) либо проталкивают через

непрерывно действующую роликовую или туннельную печь (в последнем случае изделия предварительно помещают на вагонетки). В производстве керамзита применяют вращающиеся печи.

В процессе обжига происходит необратимое изменение структуры материала, поэтому необходимо точно регулировать градиенты температуры, чтобы обеспечить правильный режим термообработки. После обжига требуется контролируемое охлаждение, при котором изделия остывают постепенно, не изменяя структуру. Готовую продукцию упаковывают и отправляют на склад до отгрузки потребителям.

В разделах 2.2.1 – 2.2.13 описаны ключевые участки производства керамических изделий, а также основные переделы и варианты технологического процесса [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [5, InfoMil, 2003], [6, Timellini, 2004], [7, Dodd, 1994], [8, Ullmann's, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [29, IMA-Europe, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

Стандартизованные условия измерения объемных расходов и концентраций определены ниже (также см. указатель терминов):

м ³ /ч	объемный расход: если не указано иначе, объемные расходы приводятся для 18 об. % кислорода при нормальных условиях.
мг/м ³	концентрация: если не указано иначе, концентрации газообразных веществ или их смесей приводятся для сухих дымовых газов при содержании 18 об. % кислорода и нормальных условиях, а бензола - для 15 об. % кислорода при нормальных условиях.
нормальные условия температура 273 К и давление 1,013·10 ⁵ Па.	

2.2.1. Хранение и транспортировка сырья

Добычу глины, каолина, глинистых материалов, полевого шпата, кварца и большинства других видов сырья ведут закрытым (в шахтах) или открытым способом (в карьерах), в ряде случаев, в частности, в Нидерландах, глину добывают по берегам расположенных рядом с предприятием рек. Доставку сырья на предприятие осуществляют автомобильным либо железнодорожным транспортом, если шахта или карьер расположены в непосредственной близости, используют ленточный конвейер.

Сырье в зависимости от его свойств и того, на какой стадии процесса оно применяется, хранят в открытых буртах или на складах, подразделяемых на боксы, крупнотоннажные питатели, смесительные, вылежные, раскислительные и сухие силоса. Силоса оборудуют датчиками уровня, разгрузочными клапанами и фильтрами или устройствами сброса газа, через которые удаляется запыленный воздух. Некоторые материалы, поступающие на завод в виде жидкостей

или шликеров, хранят в цистернах и иных емкостях.

Оборудование для транспортировки внутри производства выбирают, исходя из таких параметров, как зернистость материала, износостойкость и текучесть, температура, производительность и доступные площади. Для перемещения материалов применяют такие виды подъемных устройств, как ковшовые элеваторы, цепные, шнековые и пневмоконвейеры, тележки. Литьевого шликера нередко подают по шликеропроводам.

2.2.2. Подготовка сырьевых материалов

Предварительное измельчение и гомогенизацию сырья, как правило, осуществляют при добыче. Однако чтобы удовлетворить жестким техническим требованиям к современной керамике, необходима дальнейшая его подготовка, которую осуществляют одним или несколькими описанными в разделах 2.2.2.1 – 2.2.2.10 способами, хотя не обязательно в представленном порядке.

2.2.2.1. Предварительная сушка

В определенных случаях некоторые разновидности сырья перед использованием требуют сушки. Например, песок сушат в кипящем слое или в барабанных сушилках. Обогащенное керамическое сырье обычно поступает от производителей в сухом виде.

2.2.2.2. Предварительное смешение

Смешение глин может происходить в карьере, путем их избирательной выработки или штабелирования слоями внахлест с последующей вертикальной взрезкой штабеля для отправки на предприятие.

2.2.2.3. Вылеживание

Для производства кирпича и плитки на предприятии необходимо хранить значительное количество глины и минерального сырья, которое часто размещают на открытой площадке. В ряде случаев, особенно при пластическом формовании, такое хранение в течение нескольких месяцев улучшает рабочие свойства глин. Этот технологический прием носит название «раскисление» и особенно эффективен в зимнее время.

2.2.2.4. Первичное и вторичное дробление, измельчение и рассев

Грубое первичное дробление сравнительно сухих и хрупких глин проводят при помощи больших зубчатых (обычно расположенных в карьере) или щековых дробилок. Особо твердое сырье, применяемое, например, в производстве огнеупорных изделий, измельчают при помощи щековых или конусных дробилок, принцип действия которых основан на сжатии кусков материала между подвижной и неподвижной твердой поверхностью.

В молотковой дробилке измельчение достигается за счет ударного воздействия: куски подаваемого в дробилку материала разбиваются при соударении с быстро вращающимися молотками.

Бегуны мокрого и сухого размола подходят для уменьшения размеров частиц более пластичных материалов. Бегуны с перфорированным подом обеспечивают получение частиц строго определенного размера, бегуны мокрого помола также позволяют смешивать глину с вводимой водой.

Валковые дробилки широко применяются в технологии грубокерамических изделий для измельчения, выравнивания и гомогенизации глиняных частиц. Пары гладких параллельных друг другу роликов из закаленной стали вращаются в противоположных направлениях, сминая и расплющивая подаваемый между ними материал. Размер частиц регулируется величиной зазора между валками.

Ножевые глинорезки (и роликовые мельницы) применяют при подготовке пластичного сырья. Глинорезки представляют собой бункер с отверстиями, внутри которого помещаются ножи. Куски глины выходят из отверстий в виде стружки.

Ударно-роторные дробилки состоят из двух роторов, на которых жестко закреплены молотки или «била». При их вращении происходит непрерывное прокручивание, смешение и измельчение подаваемого материала.

2.2.2.5. Сухой или мокрый помол (измельчение)

Описанный выше процесс дробления позволяет получать частицы размером 2 и более мм. Для производства многих видов изделий (напольной и облицовочной плитки, огнеупоров, посуды) необходимо дальнейшее уменьшение размеров частиц. Кольцевые мельницы сухого или мокрого помола, которые позволяют получать частицы размером около 1 мм, состоят из вертикально расположенных катков, вращающихся внутри барабана, причем разрушающее усилие создается между катком и стенкой барабана, т. е. за счет центробежных сил. Предварительно измельченное сырье подается в мельницу с водой или без и измельчается до получения определенного зернового состава. Более тонкий помол производят в шаровых мельницах непрерывного или периодического действия, состоящих из горизонтально расположенного барабана со свободно

падающими мелющими телами из твердой керамики.

Шаровые мельницы, как правило, применяют в производстве керамической плитки, порошки, получаемые при их использовании, имеют размер частиц менее 200 мкм.

2.2.2.6. Сухой рассев / воздушная классификация

Для улучшения определенных свойств керамики (например, плотности) зачастую необходимо смешивать материалы с определенным размером частиц. При сухом расसेве обычно используют вибросита с электроподогревом во избежание их засорения и скопления материала.

Также для разделения частиц по крупности применяют воздушные классификаторы на основе циклонов. В обоих случаях слишком крупные частицы возвращают в помол.

2.2.2.7. Распылительная сушка

Этот прием широко распространен в производстве керамической плитки, а также посуды, технической керамики и огнеупоров. Суспензию материала после мокрого помола в шаровой мельнице (содержание твердой фазы порядка 60 - 70 %) распыляют под давлением в виде мелких капель, которые обдувают горячим воздухом. При высыхании капель суспензии образуются узко фракционированные пустотелые гранулы более или менее сферической формы с влагосодержанием от 5,5 до 7 %. Полученный порошок обладает высокой текучестью, способствует более тщательному заполнению прессформ для прессования крупных одиночных плиток. В настоящее время существуют компании, специализирующиеся на выпуске таких порошков. Полуфабрикат поставляется непосредственно на предприятие, где происходит его последующее использование.

2.2.2.8. Прокаливание

Ряд сырьевых материалов для улучшения свойств подвергают предварительному прокаливанию во вращающихся, туннельных или шахтных печах. К примеру, некоторые оксиды (доломит, магнезит) для производства огнеупоров необходимо обжигать при повышенных, более 1800 °С, температурах. Прокаливание глин (например, каолина) уменьшает усадку заготовок, способствуя более точному соблюдению размеров изделия и ускорению обжига. В настоящее время существуют компании, специализирующиеся на выпуске таких материалов. Они поставляют свою продукцию непосредственно на предприятия по производству керамических изделий, где происходит их последующее использование.

В данном документе этот технологический прием не рассматривается, однако необходимую

информацию по «высокоожженным оксидам», а также «шамоту, прокаленным пигментам и заполнителям» можно найти в Справочных документах по НДТ производства цемента и извести, где описано прокаливание доломита, НДТ переработки «хвостов» и пустой породы горнодобывающей промышленности, где представлена переработка каолина, а также в проектах Справочных документов по НДТ крупнотоннажного производства твердых неорганических веществ (применительно к оксиду магния), и производства специализированных неорганических (применительно к неорганическим пигментам).

2.2.2.9. Искусственное сырье

Следует отметить, что хотя некоторые виды искусственных материалов (например, карбид кремния) поставляются специализированными компаниями, тем не менее, подобное сырье также необходимо подвергать измельчению.

2.2.2.10. Фритты и глазури, приготовление глазурей

При производстве керамической облицовочной и напольной плитки применяют стеклообразные сырьевые материалы (фритты). Фритты – это стекловидные компоненты, нерастворимые в воде и получаемые из кристаллических веществ плавлением при повышенных температурах (1500 °С) с последующей закалкой. Фритты поставляют на предприятия по производству керамической плитки специализированные фирмы-производители (более подробную информацию см. в Справочном документе по НДТ производства стекла).

Помимо фритт основными компонентами глазурей являются кремнезем (стеклообразователь), флюсы (щелочи, щелочные земли, бор, свинец и др.), глушители (цирконий, титан и т. д.) и красители (железо, хром, кобальт, марганец и т. п.).

При приготовлении глазурей фритту и добавки обычно измельчают в шаровой мельнице периодического действия до получения заданной величины остатка на сите, пропускают через вибросита и регулируют характеристики глазурной суспензии в соответствии с принятым способом нанесения глазури.

Составы глазурей в зависимости от вида и свойств готовой продукции, температуры обжига, а также желаемых эффектов могут быть различными.

2.2.3. Смешение компонентов

2.2.3.1. Общая часть

Продолжительность, порядок и интенсивность смешения оказывают значительное влияние на свойства массы, и, следовательно, конечного продукта. Подготовленные сырьевые материалы в заданном соотношении следует смешать и гомогенизировать до получения требуемой однородности физико-химических свойств. В различных отраслях производства керамических изделий смешивание может быть как непрерывной высокопроизводительной операцией, так и тщательно контролируемым периодическим процессом, проводимым в небольших объемах. Дозирование может быть объемным (например, при помощи устанавливаемых на ленточном конвейере ящечных питателей) и массовым (при помощи винтовых питателей, связанных с весовым транспортером).

Для большинства операций по формованию требуются массы с определенным содержанием воды или связки, такие добавки, как пигменты, пеногасители и связующие необходимо тщательно дозировать и распределять. При производстве огнеупоров свойства некоторых видов изделий можно оптимизировать путем тщательного подбора и смешивания фракций сырьевого материала с различным зерновым составом. В настоящее время часто применяют автоматическое дозирование при помощи питателей с электронным управлением, что позволяет быстро варьировать композицию смеси. В некоторых случаях, преимущественно при производстве кирпича, глину смешивают с твердым топливом для уменьшения продолжительности обжига.

2.2.3.2. Смесители непрерывного действия

Двухвальные смесители широко распространены в технологии грубой керамики и представляют собой корыто, где установлены вращающиеся навстречу друг другу валы. На валах жестко закреплены лопасти или ножи, что обеспечивает интенсивное перемешивание. Расположение лопастей на вращающихся валах обеспечивает продвижение массы к разгрузочному отверстию.

Одновальные смесители обеспечивают менее интенсивное перемешивание, чем двухвальные, их применяют при смачивании глиняной массы водой перед протяжкой. На конце смесителя обычно устанавливают винтовой шнек (массомялку), который сжимает подготовленную массу.

Бегуны: их истирающее действие было описано в разделе 2.2.2.4. При сухом смешении вращается под, а катки (тяжелые стальные колеса холостого хода) неподвижны, при мокром неподвижен под, а катки вращаются вокруг вертикальной оси. Это обеспечивает глубокое перемешивание глины с водой и вводимыми добавками.

Стругачи и ударно-роторные дробилки также упомянуты в разделе 2.2.2.4 и выполняют двойную функцию, обеспечивая как измельчение, так и тщательное перемешивание.

2.2.3.3. Смесители периодического действия

Z-образные смесители: существуют разные конструкции таких смесителей, однако все они действуют по принципу стругания и перемешивания. Эти устройства обычно используют для пластичных масс, однако они могут применяться и для более сухих порошков.

Барабанные смесители применяют для перемешивания достаточно сухих материалов примерно с частицами одинакового размера. После загрузки барабан вращают в течение необходимого времени.

Смесители с вращающейся чашей действуют по тому же принципу, что и большие бетономешалки. Их загрузку индивидуальными компонентами в отмеренных количествах лучше производить во время вращения чаши. Для более глубокого перемешивания используют скребки, лопатки и экраны, в подобных смесителях можно перемешивать гранулированную глину с высокодисперсными порошками.

Глиномешалки: в этом случае чаша неподвижна, а вращается центральный вал, на котором, как правило, установлены вращающиеся лопасти или ножи, совершающие планетарное движение по дну чаши. Эффективность смешения в глиномешалках такая же, как и в смесителях с вращающейся чашей.

Смесительные бассейны применяют для смешивания различных видов применяемых при производстве керамических изделий литейных шликеров и суспензий. Хотя в их состав обычно вводят стабилизаторы, зачастую необходимо продолжать перемешивание в смесительном бассейне или в резервуаре для хранения шликера до тех пор, пока шликер не поступит в производство.

2.2.4. Формование заготовок

2.2.4.1. Общая часть

Изделия традиционной керамики всегда формовали из сырьевых материалов, находящихся в пластичном состоянии, и в течение нескольких тысячелетий эту операцию выполняли вручную. В настоящее время к таким свойствам, как постоянство размеров, плотность, прочность, долговечность и огнеупорность, применяются строгие требования. В некоторых случаях на первый план выходят также эстетические качества. Способ формования заготовок оказывает большое влияние на свойства конечного продукта, поэтому в различных отраслях производства керамических изделий возникло множество приемов формования.

2.2.4.2. Прессование

2.2.4.2.1. Прессование на механических прессах

Этот способ до сих пор применяют при изготовлении кирпича (полусухое прессование) и огнеупоров. В форму загружают определенный объем глиняных гранул и прикладывают давление сверху и снизу, движение штампов осуществляется эксцентриком при помощи тяжелых маховиков.

2.2.4.2.2. Прессование на гидравлических прессах

Современные гидравлические прессы обеспечивают высокое усилие сжатия, хорошую производительность, постоянное качество и легко поддаются настройке. Многие модели прессов оборудуют электронными устройствами контроля, которые позволяют контролировать высоту заготовок и автоматически изменять режим работы прессы для обеспечения постоянства размеров. Такие прессы несложно регулировать для удовлетворения различных требований, включая прессование по программируемым режимам, применяемое при изготовлении огнеупорных изделий сложной формы. Гидравлические прессы широко используют при формовании плоских изделий. При производстве керамической плитки увлажненный порошок (влажность 5 – 7 %) прессуют в неглубоких формах, черепицу обычно формуют прессованием «валюшек», отрезаемых от выходящего из прессы пластического формования глиняного бруса.

2.2.4.2.3. Ударное прессование (трамбование)

Трамбование представляет собой высокоэнергетическое формование путем пневмомеханического высокоскоростного удара штампом по засыпанному в форму порошку. Этот прием обычно используют при производстве специальных огнеупорных изделий.

2.2.4.2.4. Прессование на фрикционных прессах

Механические фрикционные (винтовые) прессы применяются, в основном, при производстве огнеупоров, хотя их постепенно вытесняют гидравлические прессы.

2.2.4.2.5. Изостатическое прессование

Некоторые виды изделий высокого качества требуют равномерного уплотнения, добиться которого можно путем приложения давления со всех сторон заготовки. В изостате порошок

загружают в резиновые или полиуретановые формы, которые помещают в емкость с жидкостью. Затем к жидкости прикладывают большое давление, после чего заготовки выгружают из форм. Этот прием используют в производстве огнеупоров и технической керамики, а также при изготовлении посуды и изделий плоской формы.

2.2.4.3. Пластическое формование

Пластическое формование, или протяжку, широко применяют при производстве кирпича и глиняных блоков, керамических труб, а также облицовочной и напольной плитки. Этот процесс также используют для получения полуфабрикатов – «валюшек» с последующей допрессовкой при изготовлении черепицы, огнеупорных изделий и т. д. Для протяжки необходима пластичная масса, что подразумевает значительное содержание в ней глины. Массу доводят водой до требуемой консистенции и продавливают через мундштук пресса, как правило, при помощи мощного винта. Перед головкой пресса обычно устанавливают вакуум-камеру, что способствует лучшему уплотнению глиняного бруса. Полученный брус режут на куски требуемой длины, проталкивая его через туго натянутую вертикально проволоку. Такой способ удобен для непрерывного выпуска кирпича, труб и т. д. с высокой производительностью и хорошо подходит для изготовления перфорированных изделий, включая крупные легковесные строительные блоки.

2.2.4.4. Набивка в формы

Этот способ формования глиняных изделий считается одним из древнейших – первый найденный кирпич (необожженный) насчитывает более 10000 лет. Во многих частях земного шара набивную, или саманную, технологию применяют по сей день. Ранее набивку осуществляли ручным способом, для обеспечения постоянного размера и формы изделий были созданы простые деревянные формы. Набивка требует меньше усилий и энергии, чем прессование или пластическое формование, однако при этом приходится использовать гораздо более мягкую (влажную) массу, что приводит к повышению усадки и увеличению энергозатрат при сушке.

Формованный кирпич, получаемый так называемой «мокрой набивкой» из пластических масс повышенной влажности, имеет особую структуру и эстетические качества, на которые существует высокий спрос – в том числе ради сохранения богатого архитектурного наследия многих городов и регионов Европы. Формованный вручную кирпич выпускается до сих пор и отличается высокой стоимостью, однако в Западной Европе появились сложные устройства для его автоматического формования, которые «заталкивают» отдельные комки глиняной массы в посыпанные песком формы. Пластическое прессование также применяют в огнеупорной промышленности при изготовлении крупных (иногда весом более тонны) изделий. Массу строго определенной вязкости заливают в форму. Затем форму (или непосредственно массу при помощи щупов) подвергают вибрированию, что обеспечивает уплотнение массы и более тщательное заполнение формы.

Этот прием известен как виброформование.

2.2.4.5. Шликерное литье

Этот способ крайне широко распространен в производстве посуды, декоративных и санитарно-технических изделий, а также огнеупоров особого назначения и сложной формы и технической керамики. Тонкоизмельченный материал затворяют водой до образования шликера (устойчивой водной суспензии), которую заливают в пористую форму, обычно изготавливаемую из гипса. За счет капиллярного всасывания на внутренней поверхности формы происходит удаление воды из шликера и образование высокоплотной отливки. Толщина стенок отливки постепенно увеличивается, и через некоторое время перед удалением из формы удается получить полностью (при необходимости) затвердевшую заготовку.

Санитарно-технические изделия имеют довольно большие размеры. Поэтому их формуют как обычным литьем, так и в установках для литья под давлением.

2.2.4.6. Литье из расплава

Этот метод требует больших денежных и энергетических затрат, поэтому применяется при изготовлении керамических изделий специального назначения. Огнеупорный кирпич в процессе службы подвергается агрессивному химическому и физическому воздействию со стороны расплавленных шлаков, клинкера и т. д. Литье из расплава предполагает предварительное плавление сырьевой смеси и розлив ее в формы. Получаемые изделия имеют высокую плотность, низкую пористость и сильную межкристаллическую связь в сочетании с равномерной микроструктурой. Эти свойства обуславливают высокую стойкость к коррозии и эрозии, а также исключительную механическую прочность при высоких температурах. Отличительной особенностью процесса является большая усадка оксидов при плавке (до 15 % по объему). Чтобы избежать растрескивания отливок и управлять процессом кристаллизации, необходимо медленное и контролируемое охлаждение.

2.2.5. Сушка керамических заготовок

2.2.5.1. Общая часть

Традиционно глиняные изделия сушили преимущественно «естественным путем», выдерживая их на воздухе при умеренной температуре. Во многих частях Европы такой способ сушки был эффективен только в летнее время. При производстве кирпича и черепицы применяли сушку в штабеле, где изделия размещали внахлест и легкими деревянными навесами прикрывали от

дождя.

В современной технологии керамики существует необходимость оптимизации сушки с точки зрения скорости, термической эффективности и снижения потерь. Во всех процессах, за исключением длительных и мягких режимов сушки, необходимо тщательно контролировать скорость нагрева, циркуляцию воздуха, температуру и влажность. Горячий воздух для сушки в настоящее время поступает в основном от газовых горелок или из зоны охлаждения печей. Также горячий воздух может поступать при совместном получении тепла и электроэнергии или в результате сгорания иных видов топлива (угля, биомассы, биогаза, нефтяного кокса).

Керамическое сырье обладает различной чувствительностью к сушке, однако на большинство его видов благотворно влияет предварительный прогрев в условиях повышенной влажности (с минимальным или полностью отсутствующим удалением влаги), за которым следует основной этап сушки более горячим и сухим воздухом. Остаточная влага удаляется особенно тяжело, требуя применения наиболее сухого и горячего воздуха. Продукция различных отраслей производства керамических изделий имеет огромные различия по своей природе и размерам, поэтому для удовлетворения производственных нужд были разработаны различные конструкции сушилок.

2.2.5.2. Сушилки с горячим подом

Этот простой способ в настоящее время не распространен и не поддается механизации или автоматизации. Впрочем, он удобен при сушке крупных заготовок сложной формы, в частности, санитарно-технических изделий или некоторых видов огнеупоров. Также таким образом сушат определенные сорта кирпича особой формы. В соответствии с названием тепло поступает напрямую к основанию установленных на обогреваемый под изделий и передается по воздуху путем конвекции. Поперечная циркуляция воздуха минимальна, поэтому все поверхности заготовки сохнут медленно, что позволяет избежать возникновения в ней нежелательных напряжений.

2.2.5.3. Камерные сушилки (периодического действия)

Эти устройства представляют собой ряд камер с шлюзовыми дверями, загрузка которых обычно осуществляется вагонетками на рельсовом ходу. На вагонетки с одинаковым интервалом вертикально устанавливаются сушильные поддоны или полки. В настоящее время разработаны полностью автоматические загрузочные системы с подачей в сушилку постоянно используемых полок при помощи передаточных тележек.

Керамические изделия (кирпичи, блоки, трубы, огнеупоры) сажают на полки и отправляют

загруженные вагонетки в камеры, которые после заполнения герметично закрывают. На современных заводах эта операция полностью автоматизирована. Температуру в камерах повышают с контролируемой скоростью либо непосредственно – путем нагнетания горячего воздуха, либо опосредованно, путем передачи тепла от нагретых поверхностей. Для повышения эффективности сушки используют принудительную циркуляцию воздуха. Передача тепла происходит в основном конвекцией, в малой степени – излучением от горячего воздуха и нагретых поверхностей. При сушке некоторых видов керамики применяют особые тепло-влажностные режимы.

Камерные сушилки удобны в тех случаях, когда выпускаются разнообразные изделия, заготовки имеют повышенную влажность или производство является периодическим. Строительство дополнительных камер также не представляет особой сложности.

2.2.5.4. Туннельные сушилки (непрерывного действия)

Эти устройства представляют собой длинный туннель, через который проталкивают цепь сушильных вагонеток с необожженными изделиями. На разгрузочном конце в туннель подают воздух, имеющий высокую температуру, который при помощи одного или нескольких вентиляторов гонят в направлении погрузочного конца. В ходе перемещения по туннелю происходит передача тепла из воздуха к изделиям и повышение его влажности. Обычно устанавливают вентиляторы принудительной циркуляции, тем самым увеличивая турбулентность и повышая эффективность сушки. Длина туннеля зависит от заданной скорости прохождения изделий и влагосодержания материала.

2.2.5.5. Вертикальные корзинные сушилки

Вертикальные сушилки, как правило, используют на плиточном производстве. Плитку загружают в корзины, состоящие из нескольких ярусов роликов. Корзины движутся в сушилке вертикально вверх, навстречу горячим газам. Температура в таких сушилках обычно не превышает 200 °С, продолжительность сушки составляет 35 – 50 мин.

2.2.5.6. Горизонтальные многоярусные роликовые сушилки

Такие сушилки также широко распространены среди производителей плитки. Горизонтальные сушилки устроены по тому же принципу, что и роликовые печи. Отдельные плитки загружают на различные ярусы в сушилке и перемещают в горизонтальной плоскости при помощи вращающихся роликов. Горячий воздух для сушки поступает от расположенных по периферии сушилки газовых горелок и движется в противотоке к садке.

Предельная температура в таких сушилках обычно выше, чем в вертикальных (около 350 °С), а процесс сушки короче и занимает от 15 до 25 мин.

2.2.5.7. Сушилки с контролируемой влажностью теплоносителя

Это сушилки, как правило, периодического действия (камерные). Такой способ сушки основан на поддержании влажности воздуха в камере значительно ниже точки насыщения, благодаря чему происходит удаление влаги из заготовок без повышения температуры. Для сохранения эффекта водяной пар необходимо постоянно удалять из камеры, что обычно достигается путем пропускания воздуха через охлаждаемый конденсатор.

Такие сушилки должны быть полностью герметичными во избежание попадания влажного воздуха извне и обычно оснащаются программируемыми устройствами контроля влажности для оптимизации процесса. Они имеют ограниченный объем, однако удобны для изделий из масс с повышенной чувствительностью к сушке, сложной формы и т. д. При использовании этого способа единственным видом выбросов является вода в жидком состоянии.

Другой способ предполагает подачу насыщенного пара в туннельную сушилку. В различных участках такой туннельной паровой сушилки влажность воздуха понижается, что обеспечивает контролируемую сушку.

2.2.5.8. Сушка инфракрасным и СВЧ-излучением

Инфракрасная и СВЧ-сушка могут стать альтернативой традиционным способам. В этой связи, особенно по использованию токов сверхвысокой частоты, см. главу 6, «Перспективные технологии производства керамики».

2.2.6. Обработка поверхности и декорирование керамических изделий

2.2.6.1. Текстурирование поверхности глиняных изделий

Нанесение текстуры на поверхность керамических изделий может иметь практическое значение, например, при выпуске нескользкой напольной плитки.

Также поверхность изделий текстурируют для улучшения их внешнего вида. Кирпичи, получаемые пластическим прессованием, имеют приятный «складчатый» рисунок поверхности, возникающий при набивке массы в форму и особенно заметный при ручном способе изготовления. На изделия пластического формования текстуру наносят рустикацией глиняного

бруса. Другая методика заключается в формовании изделия несколько большего размера и его подрезке проволокой до требуемой высоты и ширины.

Интересная текстура возникает при отказе от вакуумирования глиняного бруса. Также текстурировать поверхность изделий пластического формования можно при помощи роликов.

Сырец прессованного кирпича, как правило, отличается значительной прочностью, поэтому после сборки на ленте конвейера поверхность такого кирпича «огрубляют» дисковыми пилами или текстурируют иным способом.

2.2.6.2. Покрытия

Поверхность кирпичей пластического прессования покрыта песком, которым посыпают формы изнутри для облегчения выгрузки заготовки. Путем подбора песка можно получить разнообразную текстуру и цвет изделий после обжига, повышая их эстетические качества.

Прессованный или экструдированный кирпич, блоки и черепицу покрывают песком или иными измельченными минералами с лицевой и изнаночной стороны при помощи распылительных пистолетов. В ряде случаев для повышения эстетических качеств изделий в песок вводят пигменты.

2.2.6.3. Глазурование, ангобирование и другие техники декорирования

Спрос на глазурованный кирпич невелик. Данный прием наиболее широко распространен в производстве облицовочной и напольной плитки, санитарно-технических изделий, посуды, в последнее время постепенно растет спрос на глазурованную черепицу. Ангобирование применяют в основном при изготовлении черепицы, а также облицовочной и напольной плитки.

Компоненты глазури – в случае керамической плитки это, как правило, фритты – тонко измельчают и распускают в воде для получения глазурной суспензии. Вязкость и другие параметры суспензии подбирают в соответствии со способом нанесения глазури (распылением, поливом, сухим глазурованием, декорированием). На эту стадию заготовки подают после упрочнения путем бисквитного обжига (за исключением санитарно-технических изделий) и в ходе глазурования наносят на их поверхность сплошное гладкое прозрачное или глухое в зависимости от состава глазури покрытие, при плавлении которого формируется стеклообразный слой.

Ангоб обычно наносят после сушки, в некоторых случаях его наносят на сырые или обожженные заготовки. В ходе ангобирования всю или только видимую поверхность изделия методом полива или окунания покрывают слоем белой или цветной тонкозернистой непрозрачной керамической

массы.

Шелкография, благодаря простоте применения в технологическом процессе, является одним из приемов декорирования керамической плитки. Этот способ представляет собой печать рисунка при помощи одного или нескольких трафаретов (туго натянутая сетка с определенной ячеистостью). Поверхность трафарета покрыта пленкой кроме отверстий, соответствующих рисунку. Для продавливания краски через эти отверстия служит специальный ракель.

Примером других приемов декорирования могут служить роликовая печать и флексография. При этих способах рисунок формируют непосредственно на поверхности одного или нескольких роликов, которыми наносят краску на изделие. Такой способ позволяет печатать на кромках плитки, а также на рельефных плитках. В последнее время возникла технология струйной печати. Посуду часто декорируют вручную или с использованием деколей.

2.2.7. Обжиг

2.2.7.1. Назначение обжига

Обжиг – это ключевая операция при производстве керамических изделий, поскольку в ходе обжига формируются многие важные свойства готовой продукции: механическая прочность, износостойкость, постоянство размеров, химическая и водостойкость, огнеупорность.

2.2.7.2. Физико-химические процессы при обжиге

Сырьевые материалы для формования изделий – это, как правило, сложные смеси глинистых и иных минералов, в частности, кварца, полевых шпатов, карбонатов, гипса, оксидов железа, иногда содержащие примеси органических веществ. Огнеупоры изготавливают из целого ряда минералов, не присутствующих в глинах, при введении специальных добавок и связующих (к числу которых также относятся некоторые виды глин). При обжиге изделий на основе глины в интервале температур 100 – 200 °С происходит удаление остатков влаги. Окисление органических включений и пирита протекает при температуре 300 – 500 °С, удаление воды, химически связанной в структуре глинистых минералов («кристаллизационной» воды) – в интервале температур 500 – 600 °С, а разложение карбонатов (кальцита, доломита), сопровождаемое выделением CO₂, – при температуре 750 – 900 °С.

Среди наиболее значимых изменений, определяющих свойства керамики – разрушение кристаллической решетки глинистых минералов и последующее образование новых кристаллических и аморфных фаз. Температура стеклования (появления стеклофазы) зависит от минералогического состава глин. Процесс стеклообразования начинается при температуре 900 °С

и полностью завершается при температуре порядка 1050 °С (для большинства кирпичных глин) или 1100 °С (шамотные глины).

На стадии стеклообразования происходит внедрение неглинистых минералов (кварца, оксидов железа, известковых соединений и щелочей в виде оксидов натрия и калия) в структуру материала. Одновременно протекают процессы спекания и образования твердых растворов, а также образование эвтектик на границе между кристаллической фазой и расплавом.

Обжиг изделий, в состав которых не входит глина, также включает стадии спекания, стеклообразования и рекристаллизации, однако для получения заданных свойств требуются более высокие температуры. Ниже представлены интервалы температур обжига различных видов керамических изделий [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

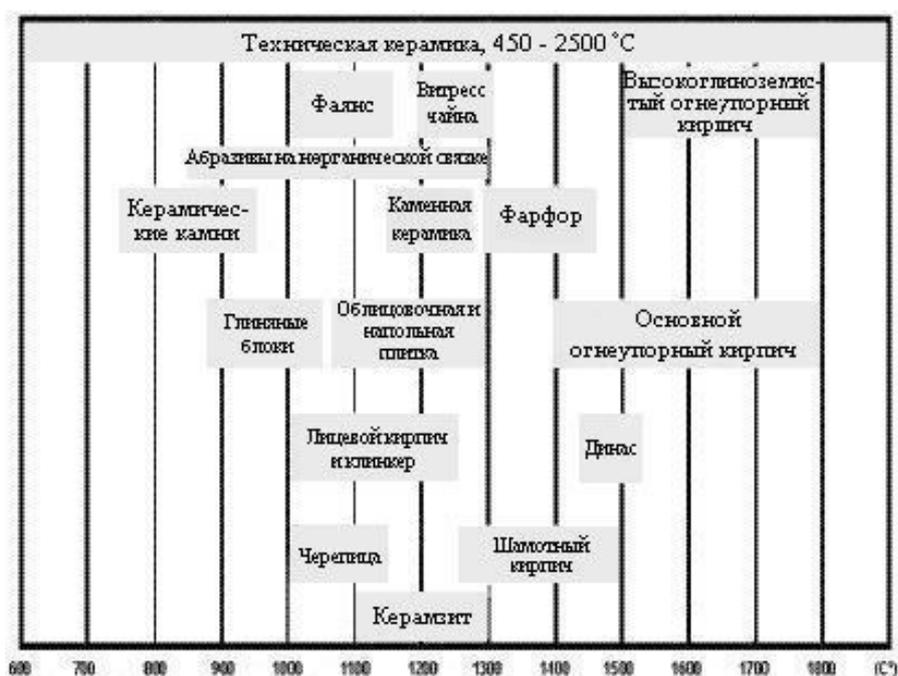


Рис. 2.1. Интервалы температур выдержки для различных видов керамических изделий

Температуру, необходимую для обжига, как правило, создают путем сжигания природного газа или мазута, в некоторых случаях применяют твердое топливо, биогаз / биомассу и электрообогрев.

2.2.7.3. Печи периодического действия

К ним относятся печи с выкатным подом и колпаковые печи, в основе которых находится одиночная камера, загружаемая предварительно высушенными заготовками. В колпаковых печах колпак, оборудованный нагревательным элементом, устанавливают на под при помощи подъемного устройства, в печах с выкатным подом садку помещают в рабочее пространство печи на вагонетках. После загрузки печь герметично закрывают и обжигают изделия по заданному

режиму. В качестве источника тепла обычно служат газовые горелки, конструкция печей позволяет четко контролировать температуру и характер среды (окислительный или восстановительный) в них.

Также для обогрева печей периодического действия, в частности, при производстве технической керамики, используют электроэнергию. Для выпуска технической керамики разработаны особые конструкции печей, например, печи горячего прессования (горячего изостатического прессования), высокотемпературные печи, а также печи для обжига в защитной среде.

Печи периодического действия применяют при небольших объемах производства для выпуска специализированных изделий (кирпича особой формы, фитингов для труб и черепицы, огнеупоров и т. д.). Главное достоинство таких печей – возможность гибко регулировать технологический процесс, особенно при частой смене продукции, что до некоторой степени компенсирует их сравнительно низкую энергоэффективность. На рисунке представлен поперечный разрез печи с выкатным подом [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

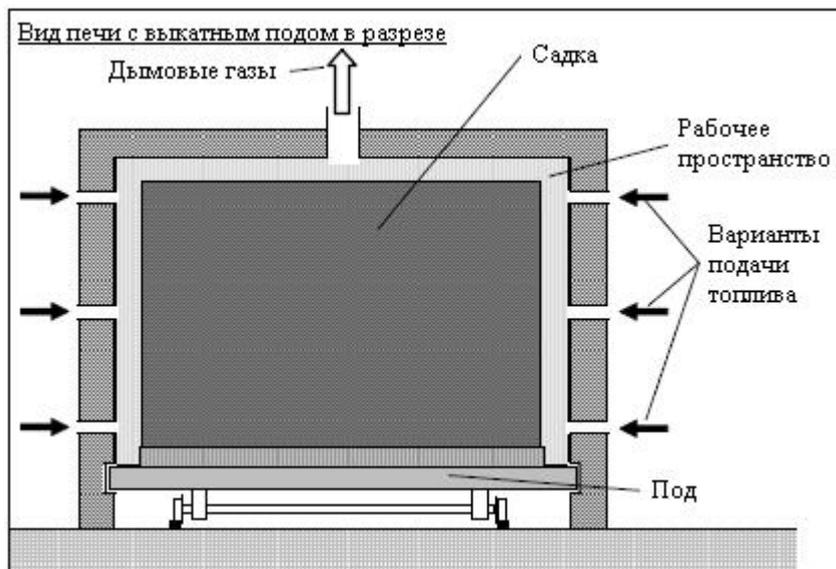


Рис. 2.2. Вид в разрезе печи с выкатным подом

2.2.7.4. Непрерывно действующие печи

2.2.7.4.1. Кольцевые печи (печи Гофмана)

Эти печи состоят из ряда соединенных между собой камер, которые последовательно заполняют высушенными изделиями (например, кирпичом), герметично закрывают и обжигают в псевдонепрерывном режиме, при этом горячие газы поступают из первой камеры в следующую по дымоходам и через отверстия между камерами. Такая схема позволяет осуществлять предварительный обогрев изделий и охлаждение дымовых газов, что повышает энергоэффективность печи и ведет к снижению затрат по сравнению с печами периодического

действия. В настоящее время для обжига таких печей в основном используют газ, местами выполняют верховую загрузку углем или мазутом. Печи Гофмана применяют при выпуске особых видов продукции, в частности, окрашенного кирпича.

2.2.7.4.2. Туннельные печи

Эти печи представляют собой сконструированные из огнеупорных материалов туннели, в которых проложены рельсы для перемещения вагонеток. На вагонетках устроены огнеупорные полки, куда в определенном порядке загружают изделия. Вагонетки проталкивают вдоль печи через определенные интервалы против движения воздуха, нагнетаемого одним или несколькими вентиляторами в вытяжной канал вблизи устья печи. Большая часть современных туннельных печей обжигается газом, максимальная температура создается в зоне обжига около центра печи. По мере своего движения входящая садка прогревается горячими топочными газами, а выходящая охлаждается при обдуве подаваемым в печь воздухом, который при этом подогревается. Часть воздуха из зоны охлаждения отбирают в смежные сушилки, что обеспечивает существенную экономию топлива.

Канал печи и вагонетки обычно изолируют от подсоса воздуха извне при помощи песчаного затвора с целью снизить продолжительность обжига и энергопотребление путем создания герметичного рабочего пространства печи. В последнее время разработаны конструкции печей с водяной и механической изоляцией.

На рис. 2.3 и 2.4 представлена схема и поперечный разрез туннельной печи [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

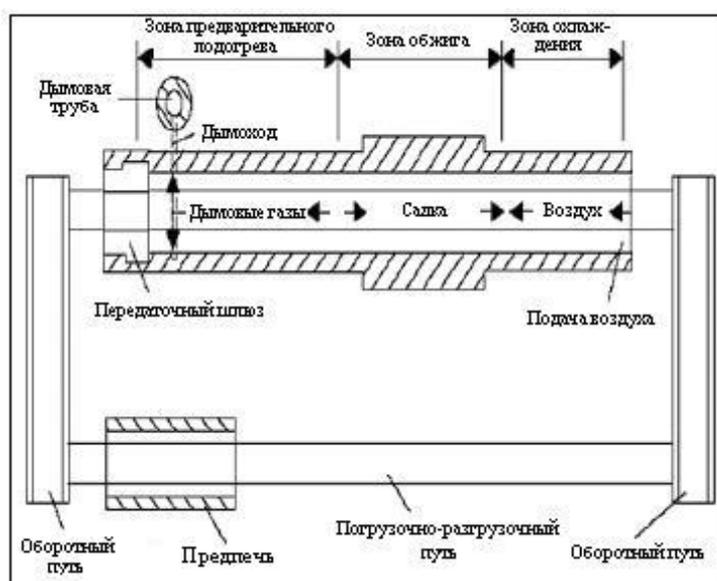


РИС. 2.3. СХЕМА ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

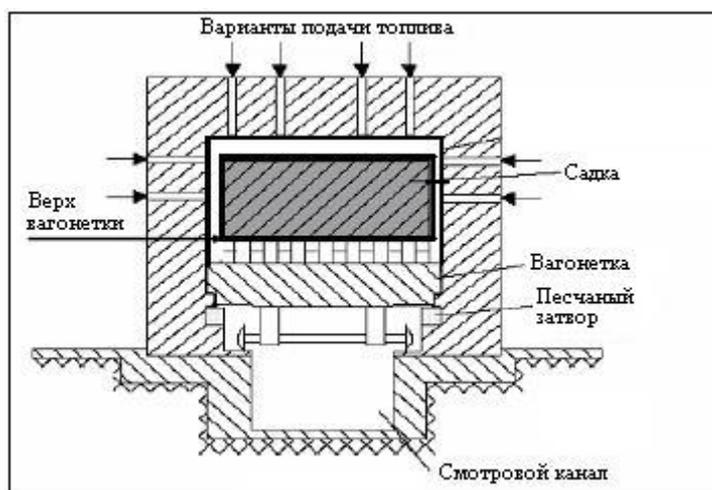


РИС. 2.4. ВИД В РАЗРЕЗЕ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ВАГОНЕТКОЙ

2.2.7.4.3. Роликовые печи

В настоящее время одноярусные роликовые печи находят практически повсеместное применение в производстве облицовочной и напольной плитки, продолжительность обжига в них составляет менее 40 мин. Плитка движется по вращающимся роликам, для обогрева служат горелки на природном газе, установленные по периферии печи. Основными механизмами передачи тепла являются конвекция и излучение, а поскольку такие печи оборудуют открытыми горелками, это ведет к повышению коэффициента теплопередачи, и как следствие, к снижению продолжительности обжига и энергопотребления. Роликовые печи также применяют при производстве черепицы, керамических труб, санитарно-технических изделий и посуды. Ниже приведен поперечный разрез роликовой печи [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

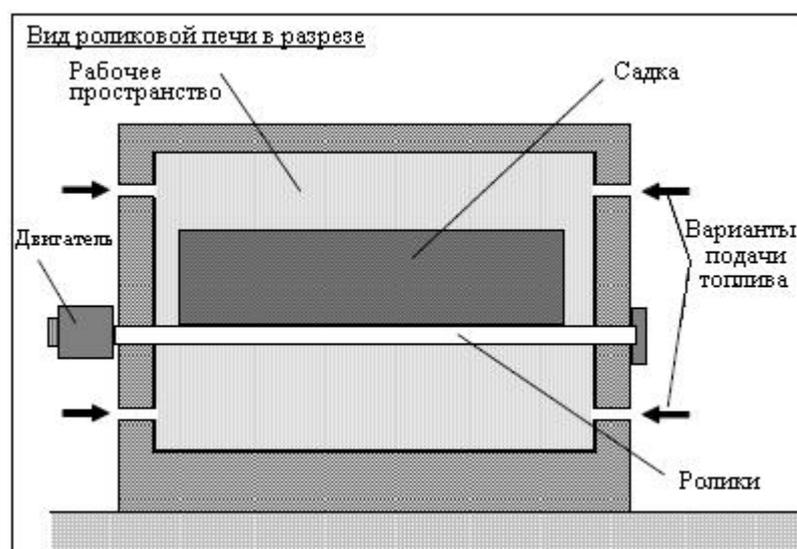


РИС. 2.5. ВИД РОЛИКОВОЙ ПЕЧИ В РАЗРЕЗЕ

2.2.7.4.4. Туннельные печи с движущимся подом

Эти печи также служат для скоростного обжига и действуют по тому же принципу, что и

роликовые. Основное их отличие сводится к тому, что садку размещают на огнеупорных «тележках»,двигающихся по проложенным вне рабочего пространства печи рельсам. В туннельных печах с движущимся подом можно обжигать изделия различной, в том числе неправильной, формы, а в роликовых – изделия только правильной формы.

2.2.7.5. Обжиг в штабеле

Традиционный строительный кирпич до сих пор в ограниченном объеме производят путем обжига в штабеле. Высушенные изделия с добавками твердого топлива (например, тонкоизмельченного кокса) укладывают на основание из обожженных кирпичей в плотные прямоугольные блоки, называемые штабелями. В нижних слоях садки оставляют каналы для выхода дыма и укладывают кокс, необходимый для начала обжига. Снаружи штабель обкладывают обожженным кирпичом, наклоняя стенки внутрь для большей устойчивости.

После поджига происходит постепенное возгорание угля внутри заготовок. Обжиг в штабеле, включая охлаждение, занимает до нескольких недель, после чего штабель разбирают вручную и сортируют кирпич.

2.2.7.6. Вращающиеся печи

Вращающаяся печь имеет форму длинного цилиндра, как правило, расположенного под уклоном и медленно вращающегося вокруг своей оси. Для обогрева служит горелка, устанавливаемая по оси печи в нижнем ее конце. Такие печи используют при производстве керамзита.

Также вращающиеся печи применяют при обжиге глины на шамот и пережога доломита или магнезита. В настоящем документе процесс прокаливания сырьевых материалов не рассматривается, однако необходимую информацию по «высокоожженным оксидам», а также «шамоту, прокаленным пигментам и заполнителям» можно получить в Справочных документах по НДТ производства цемента и извести, где описано прокаливание доломита, по НДТ переработки «хвостов» и пустой породы горнодобывающей промышленности, где представлено получение каолина, а также в проектах Справочных документов по НДТ крупнотоннажного производства твердых и иных неорганических веществ, где рассмотрено получение оксида магния, и производства специализированных неорганических веществ, где приводится процесс производства неорганических пигментов.

2.2.7.7. Аппараты кипящего слоя

Кипящим называют слой твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в токе газа и ведущих себя подобно жидкости. Порошок помещают на пористую основу, сквозь которую снизу

под давлением подают газ (как правило, воздух). На этом принципе основано перемещение порошков по расположенному под небольшим уклоном пористому керамическому желобу с их одновременной сушкой или прокаливанием.

2.2.7.8. Рекуперация тепла на стадии охлаждения

Там, где это возможно, охлаждение изделий стараются ускорить путем принудительной циркуляции воздуха в садке после зоны обжига. В результате образуется значительный объем чистого горячего воздуха, большую часть которого отбирают из печи вентиляторами и подают в сушку. Этот прием особенно эффективен при использовании туннельных печей.

2.2.8. Послеобжиговая (финишная) обработка

2.2.8.1. Механическая обработка (шлифовка, сверление отверстий, резка)

Механическая обработка необходима при производстве изделий (в особенности, крупных), конечную форму или размеры которых не удастся с достаточной точностью воспроизвести в ходе предварительной обработки.

2.2.8.1.1. Мокрая шлифовка

Этот прием используют для обработки изделий, имеющих крайне жесткие допуски по размерам. Шлифовка – это групповой процесс, в котором несколько изделий укрепляют на станине и пропускают под алмазной шпиндельной головкой. Этим способом часто обрабатывают нижнюю грань строительных кирпичей и блоков для более прочного схватывания с тонким слоем вяжущего.

2.2.8.1.2. Сухая шлифовка

Сухую шлифовку нижней грани строительных блоков алмазными дисками также проводят для улучшения сцепления с тонким слоем раствора. В этом случае вся шлифовальная машина герметично закрыта.

2.2.8.1.3. Сверление

Керамические изделия, в особенности огнеупоры, сверлят, когда требуемое отверстие не удастся с необходимой точностью получить в ходе прессования и обжига.

2.2.8.1.4. Распил

Данную операцию выполняют, когда конечную форму кирпича, в том числе огнеупорного, не удастся воспроизвести при формовании. В этом случае прессуют и обжигают кирпич заведомо большего размера, из которого затем выпиливают нужное изделие.

Распил лицевого кирпича осуществляют при производстве изделий особой формы («паз – шип»). Практически во всех операциях применяют замкнутый цикл подачи воды, которая служит для смазки рабочих поверхностей и смывает с них удаленные частицы, одновременно снижая пылеобразование.

2.2.8.2. Полировка

В ряде случаев, в частности, при производстве фарфоровой плитки, обожженную поверхность полируют для получения блестящей, однородной неглазурованной плитки.

2.2.8.3. Насыщение углеродом (огнеупоры)

Огнеупорные изделия используют в крайне агрессивных условиях, поэтому зачастую обожженные изделия необходимо пропитывать смолой на нефтяной основе. Введение углерода в готовые изделия имеет ряд преимуществ:

- углерод служит смазкой, что удобно при работе шибберных заслонок;
- сравнительно высокая теплопроводность углерода повышает стойкость изделий к термоудару;
- углерод заполняет поры, что снижает проницаемость изделий и повышает их устойчивость к внедрению шлака и металла.

Пропитке подвергают сразу несколько изделий. Эту операцию, как правило, проводят в трех вертикальных цилиндрических емкостях с навесными крышками. Обрабатываемые изделия загружают в металлические корзины. В первой емкости садку прогревают до температуры порядка 200 °С путем обдува горячим воздухом и передают во вторую емкость (так называемый автоклав) с рубашкой для поддержания температуры. Автоклав герметично закрывают, вакуумируют и заполняют смолой из подогреваемых при температуре 180 – 200 °С накопительных резервуаров. Пропитка происходит при понижении вакуума и последующей подаче азота под давлением. После высыхания садку перемещают в третий цилиндр для охлаждения при температуре значительно ниже той, при которой происходит испарение летучих компонентов смолы.

В заключение необходимо удалить из смолы значительную долю летучих компонентов, присутствие которых может негативно сказаться на эксплуатационных свойствах изделий. Обычно с этой целью пропитанные изделия загружают в печь и нагревают по определенному режиму. Вытяжной вентилятор такой печи связан с термическим дожигателем, разогретым до температуры свыше 800 °С, продолжительность пребывания газа в котором составляет не менее 0,5 с. Такие условия обеспечивают полное сгорание летучих соединений (сложных углеводородов).

После подобной обработки на поверхности изделий присутствует светлый хрупкий углеродистый налет, который перед упаковкой или дальнейшей обработкой следует удалить. Для этого изделия зачищают на обдувочном станке.

2.2.8.4. Галтовка лицевого кирпича

Некоторые сорта лицевого кирпича искусственно состаривают в наклонном барабане с резиновой футеровкой. Острые углы удаляются за счет истирания, форма изделия становится более плавной. Иногда в барабан добавляют карбонат кальция (толченый известняк), сажу или пигмент для имитации восстановленного кирпича, который имеет признанную архитектурную ценность.

2.2.9. Введение вспомогательных материалов

2.2.9.1. Материалы для уплотнения швов (трубы)

Большую часть труб используют под землей в качестве дренажных, канализационных и т. д., поэтому для них необходимы надежные уплотнительные материалы. Промышленностью выпускаются разнообразные пластиковые рукава и герметики.

2.2.9.2. Силиконы / водоотталкивающие добавки

Обожженные изделия из глины могут иметь различную пористость, поэтому зачастую для снижения их проницаемости, подавления высолов и роста микроорганизмов на их поверхности применяют растворы кремнийорганических соединений, которые наносят распылением или окунанием. Этот прием особенно широко используют в производстве черепицы.

2.2.9.3. Изоляционные материалы

Изоляционные материалы (полистирол, минеральное волокно) помещают в некоторые сорта

крупномерных глиняных или легковесных блоков для повышения их теплоизоляционных свойств.

2.2.9.4. Кардование и плакирование (огнеупоры)

С целью облегчить монтаж огнеупорных изделий и обжиг футеровки печи или горна на одну или несколько поверхностей кирпича наклеивают толстые листы картона или металлические пластины. Картон служит в качестве компенсационного стыка и выгорает, когда печь выходит на рабочий режим. Металлические пластины в этих условиях плавятся, обеспечивая более прочное сцепление между соседними кирпичами.

2.2.9.5. Клеи

Для сборки черепицы, кирпича или блоков особой формы («паз – шип») применяют стойкие клеи (обычно на основе эпоксидной смолы)

2.2.9.6. Окончательная сборка

Для производства некоторых видов изделий необходимы операции по окончательной сборке, например, монтаж металлической арматуры высоковольтных изоляторов для установки в проходных изоляторах, трансформаторах и иной аппаратуре.

2.2.10. Сортировка, упаковка и хранение

На ряде производств, в частности, керамических камней, черепицы, огнеупорных изделий специальной формы, посуды и декоративных изделий, сортировку и упаковку по-прежнему выполняют вручную. Впрочем, за последние годы более тщательный контроль обжига привел к снижению количества боя, и возникла тенденция к автоматизации данного процесса. В настоящее время разработаны системы инструментального контроля цветности, что особенно важно для керамической плитки. При автоматической загрузке кирпича и керамических блоков в печь уровень потерь крайне мал, а садка позволяет осуществлять упаковку термоусадочной пленкой (при этом потребителя уведомляют о возможном получении 1 - 2 % брака).

Керамические изделия правильной формы (кирпич, камни, трубы, огнеупорные изделия) собирают в штабеля стандартного размера, которые затем упаковывают в полиэтилен и складывают на поддонах.

Наиболее дорогая керамическая продукция – посуда и декоративные изделия – нуждается в тщательном контроле и сортировке и требует сложной защитной упаковки. Напротив,

неформованные огнеупоры обычно засыпают в мешки по весу и складывают на поддонах. Также для хранения используют металлические бочки.

Керамические плитки сами по себе являются сравнительно хрупкими, однако при плотной упаковке в картонные коробки плитка легко выдерживает хранение и транспортировку.

Грубокерамические изделия массового производства обычно хранят на открытом пространстве, однако продукция, упакованная в мешки или ящики, а также чувствительные к воздействию влаги огнеупоры требуют складского хранения.

2.2.11. Вспомогательные участки и участки переработки (системы очистки отходящих газов и сточных вод)

Важными участками снабжения и переработки отходов на предприятиях по производству керамических изделий являются установки по удалению пыли и дымовых газов, переработки технической воды и топливные хранилища. В зависимости от уровня пылеобразования пылесборные установки представляют собой централизованные или локальные центробежные сепараторы, волокнистые тканые фильтры, сепараторы мокрой очистки и электрофильтры. Для различных типов выбросов при производстве керамических изделий применяют следующие установки по очистке дымовых газов: скрубберы, установки сухой очистки, термические и каталитические дожигатели. Эти установки преимущественно размещают в непосредственной близости от основного источника выбросов, т. е., печи.

Сточные воды, образующиеся в процессе изготовления керамики, как правило, содержат взвешенные частицы, поэтому установки по их очистке часто устраивают в виде отстойных бассейнов. Седиментацию неорганических минеральных частиц ускоряют путем введения флокулянтов и коагулянтов.

Тип топливного хранилища зависит от вида используемого топлива. Кусковой уголь хранят на открытом пространстве и под навесами, измельченный – в силосах. Сжиженный газ содержат в специальных резервуарах под давлением. Для хранения мазута служат цистерны, причем тяжелый мазут подогревают для обеспечения его перекачиваемости. Природный газ поступает по газораспределительной сети от компаний-поставщиков. Дополнительную информацию по хранению топлива можно найти в Справочном документе по НДТ «Выбросы и сбросы (вредных веществ при хранении сыпучих и опасных материалов)».

На некоторых предприятиях, например, при выпуске черепицы, необходимы и другие вспомогательные участки, в частности, производство гипсовых форм, где выпускаются формы для массового применения.

2.2.12. Рециркуляция в производстве керамических изделий

В большинстве отраслей производства керамических изделий такие отходы, как обрезки, стружка и некондиционные изделия, возвращают на стадию подготовки сырья. Обожженные изделия низкого качества используют внутри предприятия, получая после дробления и отсева так называемый «бой». Этот материал относится к непластичным, и его введение в массу облегчает сушку и способствует уменьшению усадки благодаря повышению проницаемости заготовок. Даже если такой бой неприменим в том технологическом процессе, в котором он образовался, его можно использовать в процессах других производств.

Отработанные огнеупорные изделия, образующиеся при перефутеровке печей, как правило, загрязнены шлаками, солями, стеклом или металлами, поэтому их введение может ухудшить огнеупорные характеристики любого изделия. Аналогичным образом, материалы, содержащие другие виды загрязняющих веществ (например, тяжелые металлы, выделяющиеся из глазурей), невозможно использовать повторно. Гипсовые формы по истечении срока службы также непригодны к повторному использованию, однако иногда их применяют как сырье для цементной промышленности.

Впрочем, восстановление и повторное использование иных изделий, – а именно, лицевого кирпича и черепицы – широко распространено, а восстановленный кирпич пользуется большим спросом. Во многих странах Европы большое количество изготовленного римлянами кирпича до сих пор используют в строительстве. Следует отметить, что гранулированный или тонкоизмельченный бой кирпича и черепицы можно использовать в качестве замены продукции других отраслей производства керамических изделий, имеющей тот же зерновой состав. В частности, отходы производства после измельчения и отсева применяют как наполнитель в бетонах или наполнитель в асфальте для дорожного строительства.

2.2.13. Общая потоковая схема, отражающая различные способы производства

На рисунке представлено краткое описание различных процессов и проиллюстрированы способы производства керамических изделий [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

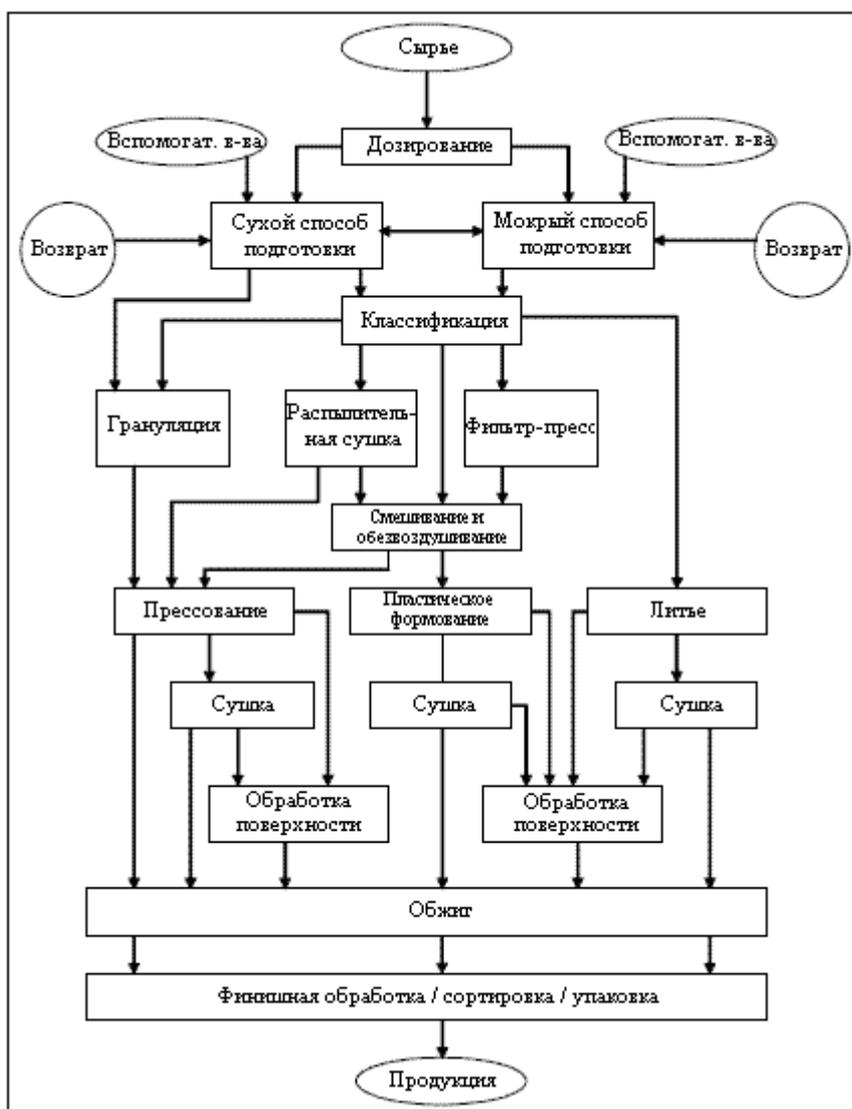


РИС. 2.6. ОБЩАЯ ПОТОКОВАЯ СХЕМА, ОТРАЖАЮЩАЯ РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА

2.3. Описание способов производства керамических изделий по отраслям

2.3.1. Кирпич и черепица

Основными переделами при производстве как кирпича, так и черепицы являются добыча сырьевых материалов открытым или закрытым способом (в настоящем документе не рассматривается), их хранение, подготовка сырья, формование, сушка, обжиг и послеобжиговая обработка. Для того, чтобы удовлетворить особым требованиям к виду поверхности и цвету изделий, применяют глазурование, ангобирование и текстурирование (рустикацию). Ниже приведена примерная схема производства черепицы прессованием [4, УВА, 2001].

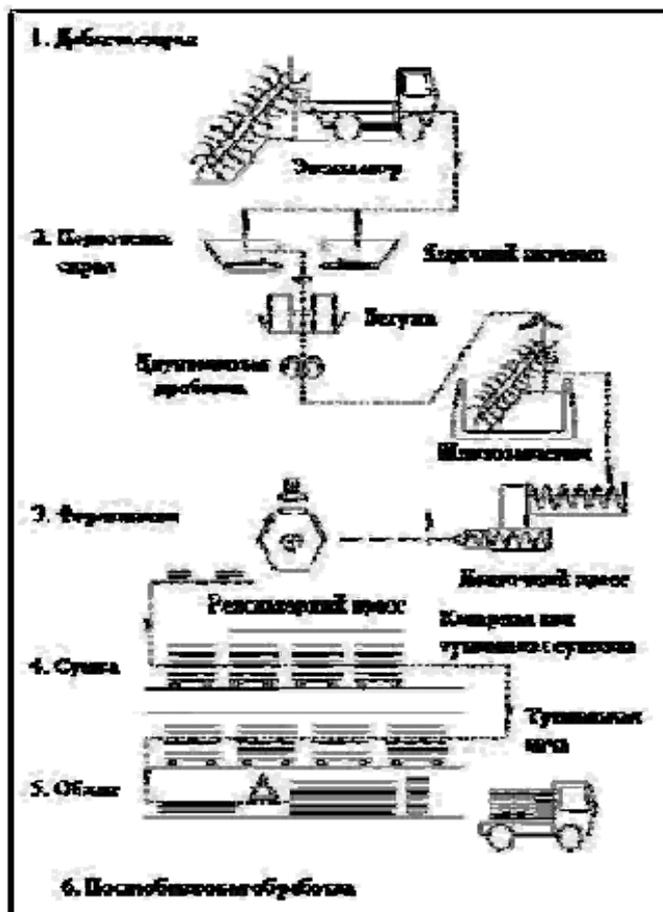


РИС. 2.7. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРЕПИЦЫ ПРЕССОВАНИЕМ

На следующем рисунке представлена примерная схема производства строительного кирпича [20, CERAME-UNIE, 2004].



РИС. 2.8. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА РЯДОВОГО КИРПИЧА ПЛАСТИЧЕСКИМ ФОРМОВАНИЕМ

2.3.1.1. Сырье

Стратиграфический характер используемых в Европе для производства кирпича и черепицы глин крайне разнообразен, сюда входят пласты, начиная с кембрийского периода и до недавнего времени. Эти глины по большей части являются осадочными, и по условиям осадконакопления могут относиться к морским, элювиальным, речным, водно-ледниковым породам. На минералогию и химический состав глин оказывают влияние различия в условиях залегания, чем объясняется разнообразие глин, используемых в разных странах Европы. Кроме того, в пределах одного государства применяют различные композиции. В таблице представлены данные по химическому и минералогическому составу применяемого в производстве кирпича и черепицы глиняного сырья [20, CERAME-UNIE, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 2.1. Различия в химическом и минералогическом составе глин, используемых при производстве кирпича и черепицы в различных странах Европы

Страна	Австрия		Франция		Нидерланды		Венгрия		Италия		Греция		Дания		Бельгия		Великобритания		Швейцария		
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	
Химический состав (мас. %)																					
S	0,00	1,30	0,00	0,50	<0,01	1,50	0,01	0,75	0,01	0,62			0,03	0,70	0,01	2,05	0,01	2,00	<0,01	0,50	
F	0,05	0,10	0,00	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10	0,04	0,13			0,03	0,08	0,02	0,07	0,02	0,09	0,00	0,08	
CO ₂			0,0	14,0	<0,01	10,0							0,0	16,0	0,2	3,6					
SiO ₂	50,3	70,8	35,0	80,0	53,2	80,6	42,2	63,0	33,1	74,4	6,85	75,42	49,5	66,3	62,6	74,0	40,5	74,5	35,0	77,0	
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	9,6	18,8					8,6	17,6													
Al ₂ O ₃			8,0	30,0	7,3	18,1			8,1	21,0	5,85	20,22	11,7	17,9	5,5	14	9,0	24,5	7,0	29,0	
Fe ₂ O ₃	4,2	8,2	2,0	10,0	2,0	8,4	2,9	7,6	2,7	7,6	2,19	39,03	4,8	7,2	2,8	4,3	3,9	11,5	2,4	10,0	
MgO	0,2	3,6	0,0	5,0	0,5	2,7	1,4	4,5	0,7	7,2	0,24	12,90	1,3	2,5	0,9	1,5	0,2	6,6	<1	5,2	
CaO	0,6	15,0	0,0	18,0	0,0	8,7	2,1	15,2	0,2	26,0	0,91	25,20	0,3	12,9	0,3	5,6	0,2	17,5	3,0	23,0	
Na ₂ O	0,4	1,7	0,1	1,5	0,2	1,0	0,2	1,2	0,2	14,1	0,37	3,06	0,8	0,8	0,4	1,0	0,2	0,6	0,2	1,5	
K ₂ O	1,7	3,0	0,1	4,5	1,3	2,3	0,6	1,3	1,4	4,3	0,11	3,19	2,9	2,9	1,5	3,0	1,6	5,9	1,0	2,7	
TiO ₂			0,3	2,0	0,5	1,3			0,5	1,1	0,20	1,22	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6	1,6	0,3	1,5	
CaCO ₃											1,63	45,00									
MgCO ₃											0,50	31,00									
MnO											0,01	0,15									
Минералогический состав (%)																					
Кварц	21	49	0	70	39,5	71	16	32	16	54			35	50	34	65	10	55	13	55	
Полевой шпат	5	15	редко	1	12	3	14	1	24				10	20	10	15	0	25	<1	33	
Кальцит	<2	26	0	30			0	14	1	41			<1	25	0	8	0	17	<1	37	
Кальцит + доломит			редко	0	20,5	0	24														
Пирит	<2	<2			<0,01	2,8	0	2					0		0	2	0	7	0	0,7	
Каолинит	<3	10	малое количество	5	21,5	2	13	1	26				5	15	1	5	0	40	5	26	
Иллит	25	60	преобладающее количество	7	20	4	21	5	42				10	20	3	15	0	40	2	40	
Монтмориллонит	2	25	малое количество	3	29,5	3	18	2	34				5	20	5	43	0	10			
Вермикулит			отсутствует	7	20	2	4										0	15	2	16	

На свойства глин большое влияние оказывают характер распределения частиц по размерам, присутствие других минералов, интервал дисперсности и соотношение размеров частиц.

Широкое разнообразие в составе сырьевых материалов приводит к значительным различиям свойств продукции и образующихся при обжиге газообразных выбросов. Для изготовления черепицы, лицевого кирпича и керамических камней применяют все указанные виды глин и их сочетания. Многие заводы имеют собственные карьеры по добыче глины, что определяет местные особенности технологических приемов при производстве различных видов продукции. Был проведен анализ содержания фтора и серы, поскольку, как показано в разделе 3.3.1.1, выбросы этих элементов в ходе обжига вносят наибольший вклад в загрязнение окружающей среды. Содержание фтора в глинистых минералах на территории Европы достигает 1600 ppm и сильно различается от страны к стране. Ниже представлен пример нормального распределения содержания фтора по результатам анализа 312 образцов глин из различных областей Италии [3, CERAME-UNIE, 2003].

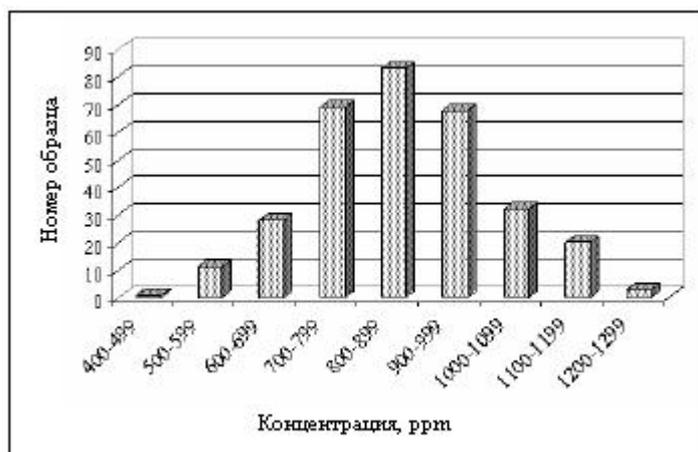


РИС. 2.9. СОДЕРЖАНИЕ ФТОРА В ИТАЛЬЯНСКИХ ГЛИНАХ

В большей части глин присутствуют следы хлора. На рисунке приведен пример нормального распределения содержания хлора в итальянских глинах [30, TWG Ceramics, 2005].

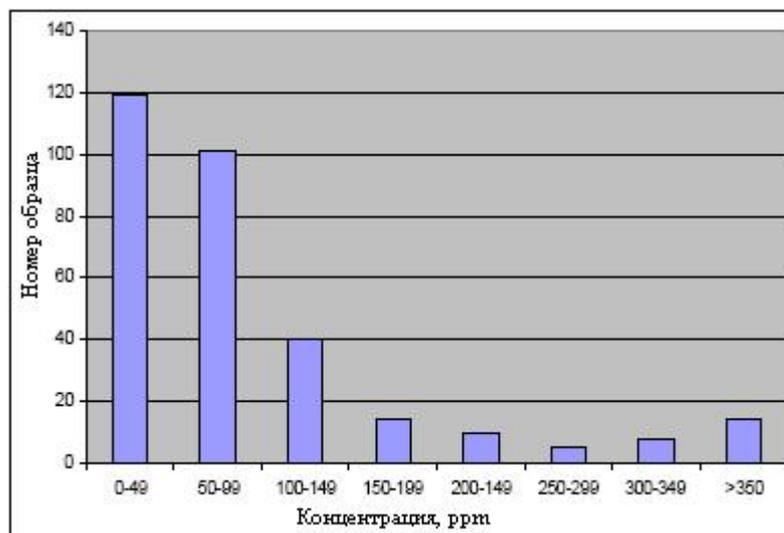


РИС. 2.10. СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРА В ИТАЛЬЯНСКИХ ГЛИНАХ

Значительный разброс в содержании в сырьевых материалах серы, не только между различными государствами, но и в пределах одной страны, приводит к существенным колебаниям показателей по выбросам. Сера в сырье содержится преимущественно в виде сульфидов (пирита). По данным итальянских исследователей, распределение серы отвечает логарифмически нормальному закону (см. рисунок) [3, CERAME-UNIE, 2003].

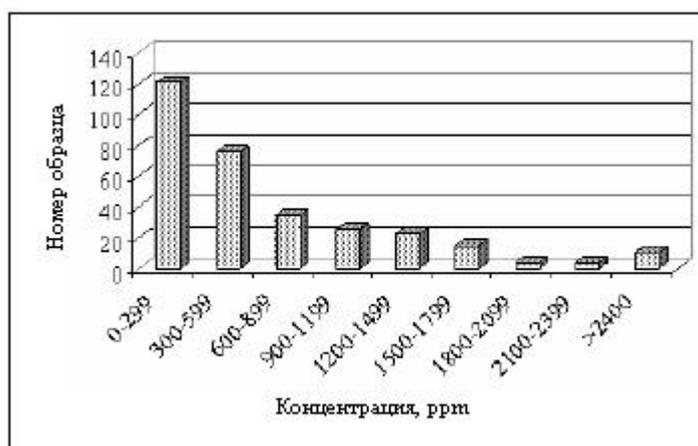


РИС. 2.11. СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ИТАЛЬЯНСКИХ ГЛИНАХ

Существенные различия наблюдаются не только по величине, но и по характеру распределения содержания серы, что отчетливо демонстрируют представленные на рисунке результаты исследования глин Германии, Великобритании и Бельгии. В более чем 80 % глин Германии содержание серы является пониженным или средним, более 75 % глин Великобритании имеют среднее или повышенное ее содержание [3, CERAME-UNIE, 2003].

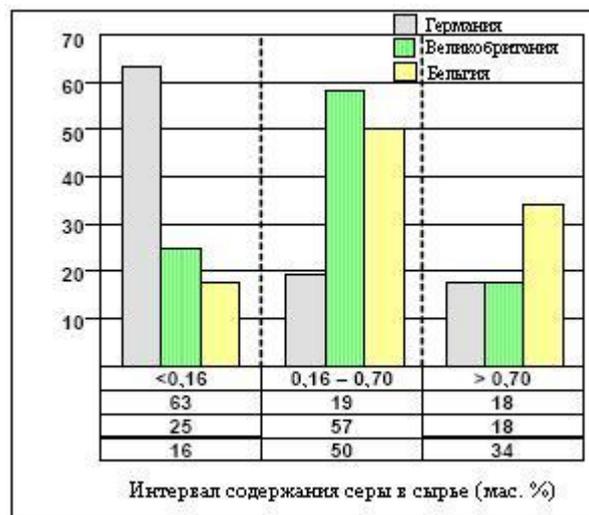


РИС. 2.12. СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ГЛИНАХ НЕКОТОРЫХ СТРАН ЕВРОПЫ

Еще одним важным компонентом глин, содержание которого также подвержено существенным колебаниям, является оксид кальция (CaO), присутствующий в основном в виде минерала кальцита и / или входящий в структурную сетку глины. CaCO₃ ведет себя как разрыхлитель, поскольку при его термообработке протекает процесс декарбонизации. Присутствие CaO также сказывается на высвобождении HCl, SO_x и фтора, что связано с образованием CaSO₄ и CaF₂. Тем не менее, концентрация фтора, SO_x и HCl в дымовых газах не всегда связана только с содержанием CaO в сырье, а зависит также от таких факторов, как температура обжига и присутствие паров воды [23, TWG Ceramics, 2005].

В качестве пластифицирующих добавок для сланцеватых глин применяют органические соединения, фосфаты, соду. Пенополистирол, отходы производства целлюлозы, опилки, а также такие неорганические материалы, как кизельгур и перлит, служат порообразователями. Ангоб, применяемый для обработки поверхностей, часто изготавливают из беложгущейся глины, флюсов или красящих оксидов. В состав глазури входят смесь компонентов шихты (Al₂O₃, кварцевая мука, мел, MgCO₃), флюсующие добавки, глина и красящие оксиды либо фритты.

Сырьевые материалы хранят на открытой площадке или под навесами, в крупнотоннажных питателях, усреднительных, вылежных, раскислительных или сухих силосах. Многие кирпичные заводы расположены в непосредственной близости от карьеров глин.

2.3.1.2. Подготовка сырьевых материалов

При производстве черепицы и кирпича применяют сухую и полусухую схемы подготовки сырья. Выбор способа подготовки зависит от доступности материалов, требований по качеству готовой продукции, метода формования, а также экономической целесообразности.

Сухой способ подготовки сырья применяют при использовании относительно сухих

малопластичных материалов или в том случае, когда к качеству продукции предъявляют строгие требования, чтобы уменьшить размер частиц в молотковых или маятниковых мельницах и одновременно высушить массу до остаточной влажности 3 – 6 %. На этой стадии в глину также вводят необходимые добавки, в частности, гидратную известь для регулирования влажности, сохранения высокой пластичности массы и упрощения резки глиняного бруса. В технологии рядового и лицевого кирпича этому способу отдают предпочтение, поскольку сырье для их изготовления, в частности, сланцевая глина, имеет низкую карьерную влажность.

Также подготовку сырьевых материалов для производства кирпича и черепицы ведут полусухим способом. Сырье дозируют крупнотоннажными питателями, применение которых позволяет одновременно насыпать и дозировать сырье нескольких видов. В некоторых случаях шихту в питателе затворяют водой до влажности 20 %. При постепенном измельчении твердых материалов образуются частицы размером не более 1,8 мм. В изделиях небольшой толщины, например, черепице, размер частиц составляет 0,5 – 0,8 мм. В зависимости от характеристик измельчаемого сырья применяют различные виды дробилок (глинорыхлители, стругачи, валковые дробилки) или бегуны мокрого помола. Песок часто готовят и вводят отдельно, для чего применяют щековые, молотковые или шахтные дробилки, а также сита. В ряде случаев песок и глину хранят отдельно и смешивают непосредственно перед формованием.

При одновременном смешивании и промине массы происходит ее гомогенизация и улучшаются пластические свойства. Эту операцию проводят в стругачах, двухвальных смесителях, глинорастирателях и смесителях с протирачной решеткой. При изготовлении кирпича с пониженной теплопроводностью для увеличения объема пор применяют органические и неорганические порообразователи. На этой стадии массу доводят до конечной рабочей влажности 20 – 22 %. Для разрыхления и роспуска мелких частиц в процессе смешения массу обрабатывают горячей водой или паром.

Подготовленную массу хранят в крупнотоннажных питателях, силосных башнях либо в усреднительных, вылежных или раскислительных силосах для более полной гомогенизации.

2.3.1.3. Формование

В зависимости от типа массы, ее влажности и вида выпускаемой продукции применяют такие способы формования, как прессование, пластическое формование и «мокрую набивку» из пластических масс повышенной влажности (см. разделы 2.2.4.2, 2.2.4.3 и 2.2.4.4).

На практике массу, подготовленную полусухим способом, предварительно формируют в ленточных прессах, в том числе оборудованных вакуумной камерой, под давлением 0,6 – 1,5 МПа. Масса при продавливании сквозь мундштук принимает форму бруса, который нарезают на куски резательным автоматом. Этот способ распространен в производстве строительного кирпича и

черепицы.

При производстве черепицы прессованием вначале формуют так называемые валюшки, которым на следующей стадии придают геометрически правильную форму в механических и гидравлических револьверных прессах, штамповочных эксцентриковых револьверных прессах и в прессах с поворотным столом. Наиболее широко распространены револьверные прессы с одной или несколькими формами. Револьверный пресс имеет периодически вращающийся барабан в форме пяти-, шести- или восьмигранной призмы, на каждой стороне которой установлены нижние штамп-формы. При каждом повороте барабана вертикальный плунжер, на котором установлена верхняя штамп-форма, опускается, и осуществляется прессование. После этого заготовку выгружают на специальные держатели. При прессовании применяют различные виды форм: гипсовые, стальные со смазкой или с покрытием из обычной или вулканизированной резины.

Видимую часть черепицы ангобируют или глазуруют. Кирпич, в том числе лицевой, текстурируют методом профилирования, обдирки, ершевания или пескоструйной обработки.

2.3.1.4. Сушка, глазурование и ангобирование

На стадии сушки в зависимости от загрузки, степени механизации и чувствительности массы к сушке применяют различные устройства (см. раздел 2.2.5). При производстве кирпича применяют туннельные и камерные сушилки, их же используют и при производстве черепицы. Сушку кирпича в туннельных и скоростных сушилках производят при температуре порядка 75 – 90 °С, продолжительность процесса составляет от менее 8 ч в скоростных сушилках до 72 ч для некоторых сортов лицевого кирпича. Продолжительность сушки кирпича в камерных сушилках составляет до 40 ч при температуре около 90 °С [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Черепицу сушат в туннельных или камерных сушилках при температуре 60 - 90 °С в течение 12 - 48 ч. Влажность заготовки перед обжигом в туннельной печи не превышает 3 %. Обогрев сушилок производят в основном за счет тепла, отводимого из печи, в некоторых случаях – горелками на природном газе или мазуте, либо при комбинированном производстве энергии.

Зачастую черепицу и лицевой кирпич покрывают ангобом или глазурью по видимой или по всей поверхности, чтобы добиться особых цветовых эффектов и повысить плотность изделия. Глазурь и ангоб наносят на заготовку после сушки, в некоторых случаях эту операцию выполняют сразу после формования. Ангоб представляет собой смесь глины, флюсующих добавок, заполнителя и пигментов. Лучший способ ангобирования большого количества заготовок – распыление. Для улучшения сцепления ангоба с поверхностью в его состав вводят органические связующие.

Глазурь – это смесь компонентов шихты, флюсующих добавок, глины и красящих оксидов, сплавленных в стеклообразную массу. Глазурование обычно проводят в распылительной камере.

2.3.1.5. Обжиг

В настоящее время кирпич и черепицу обжигают в туннельных печах преимущественно в окислительной среде. Восстановительную среду создают на заключительном этапе обжига путем сжигания топлива в обеденной кислородом атмосфере для получения особых цветовых эффектов на поверхности кирпича.

Изделия, выставленные на вагонетки, пропускают через печь. Высушенный кирпич помещают непосредственно на вагонетки, а черепицу при обжиге в традиционной туннельной печи укладывают в кассеты (Н- или U-образной формы). Плотность садки зависит от вида продукции и подбирается с тем расчетом, чтобы обеспечить равномерное обтекание изделий горячими топочными газами и желаемое качество обожженных изделий. Изделия нагревают до температуры выдержки, находящейся в интервале 800 – 1300 °С.

После выдержки при этой температуре в течение 2 - 5 ч, за время которой протекают физико-химические процессы, необходимые для формирования плотного спекшегося материала, изделия охлаждают по режиму до температуры 50 °С.

Продолжительность обжига черепицы в туннельных печах составляет 10 - 40 ч, мостового кирпича - 45 - 60 ч, керамических камней - 17 - 25 ч. Температура дымовых газов определяется их точкой росы (а следовательно, составом): так, например, при высоком содержании в глине серы точка росы и температура дымовых газов повышается. В таблице представлен разброс технических характеристик традиционных туннельных печей [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 2.2. Технические характеристики туннельных печей

Туннельные печи	Единицы измерения	Лицевой кирпич и керамические камни	Керамические блоки	Керамические блоки с горизонтальной перфорацией	Черепица
Производительность	т/ч	1 – 15	3 – 15	3 – 15	3 – 6
Длина печи	м	35 – 160	60 – 120	60 – 120	80 – 140
Поперечное сечение	м ²	1.3 – 6.0	4 – 12	4 – 12	4 – 10
Плотность садки	кг/м ³	650 – 1500	350 – 500	250 – 750	200 – 400
Температура обжига	°С	1000 – 1300	900 – 1050	950 – 1050	1000 – 1150
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	1600 – 3000	1000 – 2500 ^{*)}	1000 – 2500	1600 – 3500
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	5000 – 20000	10000 – 50000	10000 – 50000	10000 – 40000
Температура дымовых газов	°С	100 – 230	100 – 300	100 – 150	170 – 200

^{*)} Включая теплосодержание порообразователя

Способ скоростного обжига в роликовых печах является альтернативой традиционным туннельным печам. При внедрении в производство черепицы одноярусного обжига в плоском слое снизилась продолжительность термообработки и уменьшилось массовое соотношение огнеприпаса и обжигаемых изделий. При этом способе обжига также несколько снижается энергопотребление.

В отличие от традиционной технологии, скоростной обжиг проводят в печах меньшего размера, что позволяет лучше подбирать режим обжига под конкретную продукцию. Плотность садки в таких печах снижается до 100 кг/м^3 . В таблице представлены данные по обжигу черепицы в туннельных печах и в печах скоростного обжига [4, UBA, 2001].

Таблица 2.3. Сравнительный анализ традиционных туннельных печей и туннельных печей скоростного обжига (черепица)

Тип печи	Массовое соотношение огнеприпаса и обжигаемых изделий	Продолжительность обжига (ч)
Традиционная туннельная печь	6:1	~50
Прецизионная печь скоростного обжига	3:1	~10
Одноярусная печь фирмы Keramono	1:1	~2
Роликовая печь	0:1 до 2:1	3 до 8

Применимость скоростного обжига при производстве кирпича и черепицы во многом зависит от удельной поверхности изделия и его доступности для обтекания горячими топочными газами. Методом скоростного обжига можно изготавливать не только черепицу, но и керамические блоки, в частности, сотовый кирпич. В таблице приведены технические характеристики печей скоростного обжига [4, UBA, 2001] [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 2.4. Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей скоростного обжига

Туннельные печи скоростного обжига	Единицы измерения	Керамические блоки	Лицевой кирпич	Прессованная черепица
Производительность	т/ч	16,60 – 18,75	2,1 – 5,4	1,9 – 5,4
Длина печи	м	130	90 – 120	80 – 125
Поперечное сечение	м ²	до 17,6	до 3,5	до 3,3
Плотность садки	кг/м ³	нет данных	нет данных	нет данных
Температура обжига	°С	1000	1000 – 1080	1020 – 1150
Продолжительность обжига	ч	2,5 – 3,5	4 – 5	3 – 4
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	1250 – 3500	1590 – 4500	2930 – 4605

При производстве специальных видов продукции, к примеру, офомованного вручную или особым образом окрашенного кирпича, применяют кольцевые печи (печи Гофмана), представляющие собой серию смежных камер, которые загружают кирпичом и герметично закрывают, после чего проводят обжиг в псевдоднепрерывном режиме, при этом горячие газы вытягивают из одной

камеры в другую. Подобная система соединенных отверстиями и дымоходами камер позволяет также организовать предварительный подогрев садки и охлаждение дымовых газов. Продолжительность одного цикла обжига составляет, как правило, от трех дней до двух недель, плотность садки в связанных между собой камерах превышает 300 кг/м³. В настоящее время подобные печи обогревают преимущественно газом, однако в некоторых случаях применяют верховую загрузку мазута или угля, что позволяет получить эффект «состаренного» кирпича [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

При выпуске, обычно в небольших объемах, специальных сортов черепицы, кирпича или фитингов применяют печи периодического действия. Продолжительность обжига в таких печах составляет от 20 до 45 ч, рабочая температура - 1000 – 1100 °С, удельное энергопотребление находится в интервале 500 - 900 кДж/кг [23, TWG Ceramics, 2005].

Традиционные туннельные печи обогревают в основном природным газом или мазутом, печи скоростного обжига - природным газом. В некоторых случаях, как уже было упомянуто, используют уголь, нефтяной кокс и торф.

2.3.1.6. Послеобжиговая обработка

После обжига в ходе ручной или автоматической разгрузки камер или вагонеток продукцию сортируют. Калиброванный кирпич и иные подобные изделия шлифуют.

Зачастую применяют обработку лицевого кирпича, черепицы и фитингов веществами, улучшающими или ухудшающими смачивание (силиконом, ланолином), что изменяет характер взаимодействия их поверхности с водой.

Черепицу перед отправкой потребителю упаковывают и собирают на поддоны. Между слоями черепицы прокладывают бумагу, картон, фанеру, готовые поддоны плотно заворачивают в обычную или термоусадочную пленку. Транспортировку продукции осуществляют вилочными погрузчиками, передвижными и порталными кранами.

2.3.1.7. Входные и выходные потоки в производстве кирпича и черепицы

На рисунке представлены основные входные и выходные потоки в технологии кирпича и черепицы [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.13. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА И ЧЕРЕПИЦЫ

2.3.2. Керамические трубы

Производство керамических труб включает следующие переделы: хранение сырьевых материалов, их подготовку, формование, сушку, глазурирование, обжиг и послеобжиговую обработку. Ниже показана схема технологического процесса [4, УВА, 2001].

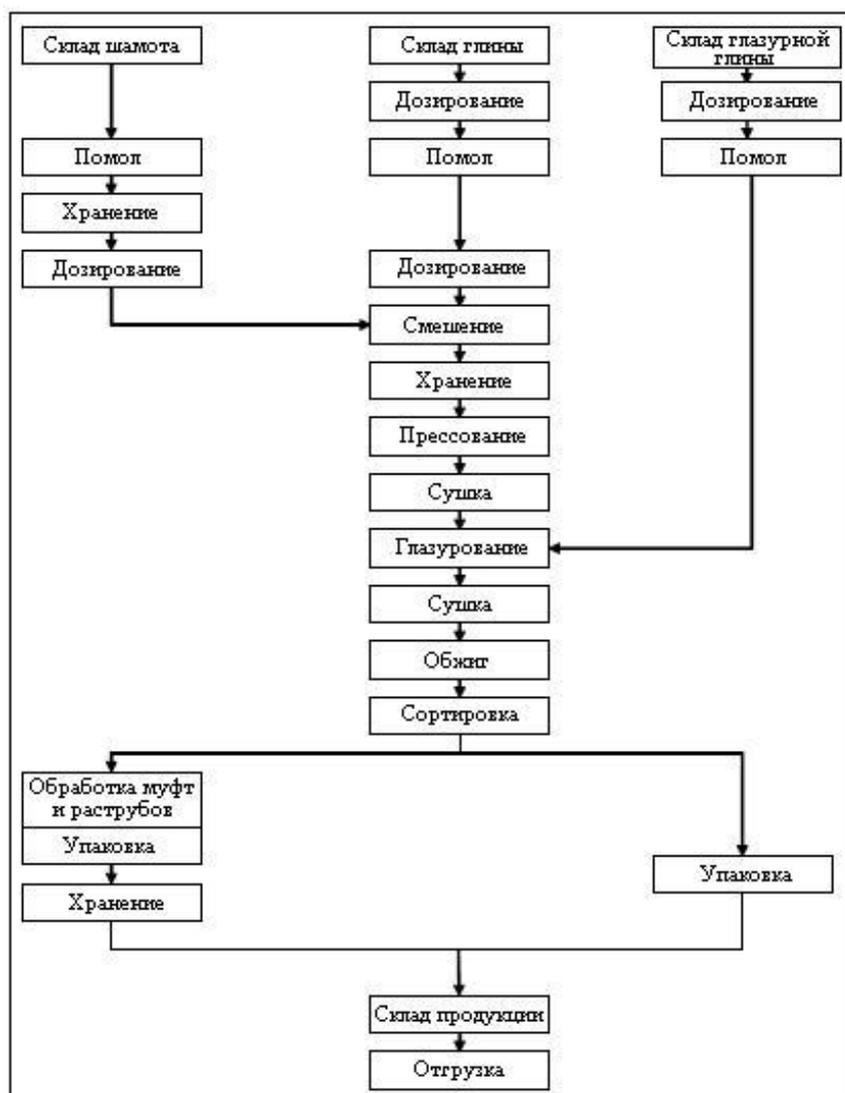


РИС. 2.14. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ТРУБ

2.3.2.1. Сырье

В качестве сырьевых материалов при производстве керамических труб применяют глину, шамот и глазурь. В состав глазури входят песок, глина, мел, доломит, кварц и оксиды металлов. Шамот, который преимущественно состоит из возвратных отходов производства керамических изделий, а также массу для приготовления глазури хранят в помещении. Глинистые компоненты в зависимости от принятого способа производства хранят на открытой площадке или в контейнерах.

В таблицах 2.5 и 2.6 приведен интервал минералогических и химических составов глин, применяемых в производстве керамических труб [3, CERAME-UNIE, 2003].

Таблица 2.5. Минералогический состав глин, применяемых в производстве керамических труб

Компонент (мас. %)	Бельгия	Германия	Италия	Нидерланды	Великобритания
Кварц					
мин.	24	8	35	40	21
макс.	45	25	50	50	33

Полевой шпат					
мин.	11	1	1	0	0
макс.	18	4	24	0	0
Каолинит					
мин.	24	30	5	20	8
макс.	32	60	20	25	20
Иллит					
мин.	16	10	12	20	40
макс.	37	40	30	25	56
Монтмориллонит					
мин.	0	2	0,5	0	0
макс.	8	10	1	0	0

Таблица 2.6. Химический состав глин, применяемых в производстве керамических труб

Компонент (мас. %)	Бельгия	Германия	Италия	Нидерланды	Великобритания
S					
мин.	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
макс.	0,05	0,20	0,62	0,05	0,10
F					
мин.	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02
макс.	0,05	0,06	0,13	0,04	0,05
CO ₂					
мин.	0,10		0,05	0,50	
макс.	0,30		0,25	1,50	
SiO ₂					
мин.	60	55	60	65	55
макс.	81	70	75	72	63
Al ₂ O ₃					
мин.	15	20	15	18	17
макс.	27	35	23	23	22
Fe ₂ O ₃					
мин.	1,0	1,0	5,0	1,5	6,0
макс.	7,4	10,0	7,0	4,5	8,0
MgO					
мин.	0,2	0,0	0,7	0,5	1,7
макс.	1,0	1,5	1,5	1,4	2,2
CaO					
мин.		0,0		0,2	0,3
макс.		0,8		0,5	0,6
Na ₂ O					
мин.	0,1	0,0	3,0	0,1	0,3
макс.	0,3	0,4	7,0	0,6	1,1
K ₂ O					
мин.	1,0	1,0	1,0	1,8	2,8
макс.	2,6	4,0	3,0	2,6	3,9
TiO ₂					
мин.	1,3	1,0	0,5	0,7	0,9
макс.	1,8	2,5	1,0	1,3	1,0

2.3.2.2. Подготовка сырьевых материалов

Глиняное сырье готовят различными способами, например, шликерным. Глину дозируют ящичными питателями. Тонкое измельчение проводят на различном помольном оборудовании (шаровых мельницах мокрого помола, валковых мельницах). Шаровые мельницы мокрого помола также применяют для измельчения вводимого в глазурь песка, тонина помола должна составлять

не более 0,06 мм. Неизмельченные частицы отделяют на ситах, тонкомолотые компоненты затворяют водой и хранят в перемешиваемых бассейнах.

Шамот дробят и измельчают в щековых или конусных дробилках, молотковых или шаровых мельницах. Фракцию с максимальным размером частиц 2,5 мм отделяют на ситах и хранят отдельно. Шамот служит отощителем и обеспечивает необходимую прочность и стабильность массы при обжиге. Глину и шамот дозируют по весу, на весовом транспортере и шамотных весах, либо по объему, ящичными, конвейерными или дисковыми питателями, и подают в смеситель. В смесителе происходит перемешивание компонентов и затворение их водой до получения массы нормальной рабочей влажности с влагосодержанием 15 – 20 %. При необходимости в массу вводят органические и неорганические пластификаторы и добавки, улучшающие прессование. Подготовленную массу хранят и гомогенизируют в крупнотоннажных питателях, силосах, крытых хранилищах либо в усреднительных бункерах с достаточным уровнем механизации.

2.3.2.3. Формование

Керамические трубы формуют в вертикальных и горизонтальных вакуум-прессах. Массу сжимают и обезвоздушивают в вакуумной камере, формуют трубу с муфтой и раструбом, затем концы трубы зачищают.

Отформованные заготовки при помощи роботов-укладчиков с вакуумным захватом размещают на сушильных вагонетках. Особенности технологии керамических труб заключаются в том, что при их изготовлении применяют жесткую массу и вакуум-прессы периодического действия, а диаметр изделий может быть различным.

2.3.2.4. Сушка и глазурирование

Во избежание разрушения изделий сушку ведут в камерных или туннельных сушилках при температуре не выше 100 °С до остаточного влагосодержания порядка 2 %. Продолжительность сушки фитингов составляет 70 - 100 ч, труб - от 30 ч (мелкие трубы) до 9 суток (крупные изделия). Чтобы свести к минимуму коробление труб вследствие неравномерной усадки, необходимо контролировать температуру и влажность в сушилке.

Глазурь наносят методом окунания изделий в резервуар с глазурной суспензией при помощи специальных автоматов, также возможно нанесение глазури распылением. При обжиге происходит сцепление глазури с поверхностью и образование сплошного гладкого покрытия. Неглазуруемые поверхности изделия перед нанесением глазури покрывают парафином.

Покрытые глазурью заготовки помещают на печные вагонетки и досушивают до остаточного

влажностности менее 1 % в туннельной сушилке, расположенной перед туннельной печью.

2.3.2.5. Обжиг

Обжиг ведут в обогреваемых газом туннельных печах преимущественно в окислительной среде. Изделия закрепляют на огнеупорных подставках и обжигают в вертикальном положении. Как правило, температура обжига составляет 1150 – 1250 °С, продолжительность колеблется от 30 до 80 ч. Ниже представлены технические характеристики туннельных печей, применяемых в производстве керамических труб [4, UBA, 2001].

Таблица 2.7. Технические характеристики туннельных печей

Туннельные печи	Единицы измерения	Керамические трубы
Производительность	т/ч	1 - 6
Длина печи	м	80 - 180
Поперечное сечение	м ²	6-10
Плотность садки	кг/м ³	150 - 300
Температура обжига	°С	1100 - 1200
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	3000 - 4000
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	4000 - 18000
Температура дымовых газов	°С	160 - 200

Альтернативой традиционному способу изготовления керамических труб служит технология скоростного обжига. Изделия сушат в течение 10 ч, глазуруют методом распыления, а затем обжигают в течение 8 ч. В процессе обжига трубы перемещаются по горизонтальным роликам. Кроме того, по этой технологии изготавливают фитинги (патрубки и колена), продолжительность их обжига также составляет от 8 до 11 ч. Фитинги перемещают в печи на специальных подставках, которые возвращают в цикл под подом печи.

2.3.2.6. Послеобжиговая обработка

После обжига изделия тщательно осматривают, при необходимости на муфту и в раструб устанавливают полимерные уплотнительные элементы или герметики. Затем трубы и фитинги упаковывают.

Некоторые сорта труб, имеющие определенные размеры (DN 250 - DN 600), после установки уплотнения шлифуют, чтобы обеспечить высокую точность соединения.

2.3.2.7. Входные и выходные потоки в производстве керамических труб

Основные входные и выходные потоки в технологии керамических труб представлены на рисунке [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

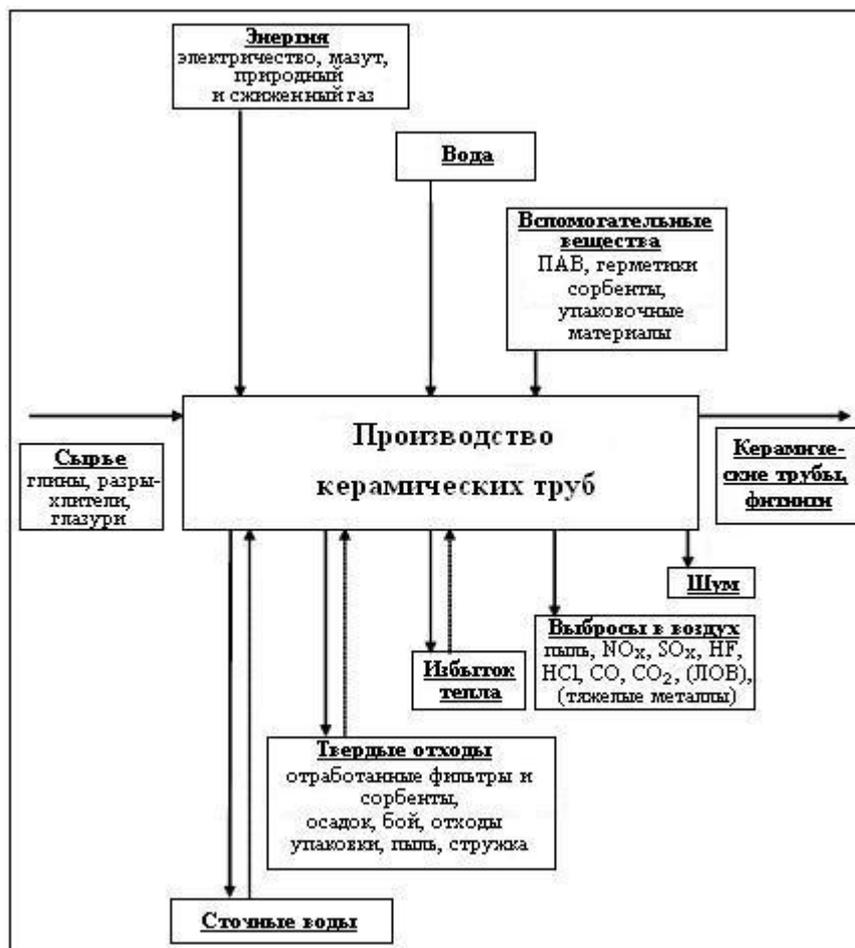


РИС. 2.15. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ТРУБ

2.3.3. Огнеупорные изделия

Огнеупорные изделия классифицируют по основному входящему в их состав компоненту. Выделяют следующие группы:

- высокоглиноземистые огнеупоры, группа 1 ($Al_2O_3 > 56 \%$);
- высокоглиноземистые огнеупоры, группа 2 ($45 \% < Al_2O_3 < 56 \%$);
- шамотные огнеупоры ($30 \% < Al_2O_3 < 45 \%$);
- низкоглиноземистые шамотные огнеупоры ($10 \% < Al_2O_3 < 30 \%$, $SiO_2 < 85 \%$);
- кремнеземистые (полуокислые) огнеупоры ($85 \% < SiO_2 < 93 \%$);
- кварцевые огнеупоры (динас) ($SiO_2 > 93 \%$);
- высокоосновные огнеупоры, главными компонентами которых являются оксид магния, магнезиохромит, хромомангезит, хромит, форстерит, доломит;
- специальные изделия на основе углерода, графита, циркона, диоксида циркония, карбида кремния, карбидов (помимо SiC), нитридов, боридов, шпинелей (помимо хромита), плавленного оксида кальция.

В огнеупорной промышленности используют различные способы формования кирпича.

Простейший прием – выпиливание изделий необходимой формы из природных или искусственно полученных материалов. Плавнелитые изделия получают методом разлива расплава в формы, где он, затвердевая, принимает форму блоков или кирпичей. Высокоогнеупорные изделия в настоящее время все чаще производят путем тонкого измельчения сырья с последующей подготовкой массы мокрым способом. Изделия из такой массы формуют методом протяжки, шликерного литья или изостатического прессования. Однако при производстве огнеупорного кирпича предпочтение отдают так называемому грубокерамическому способу. Процесс производства включает следующие переделы: хранение сырья, его подготовку, формование изделий, сушку, обжиг и послеобжиговую обработку. На рисунке приведена схема производства высокоосновного кирпича, содержащего хромовую руду [4, УВА, 2001].

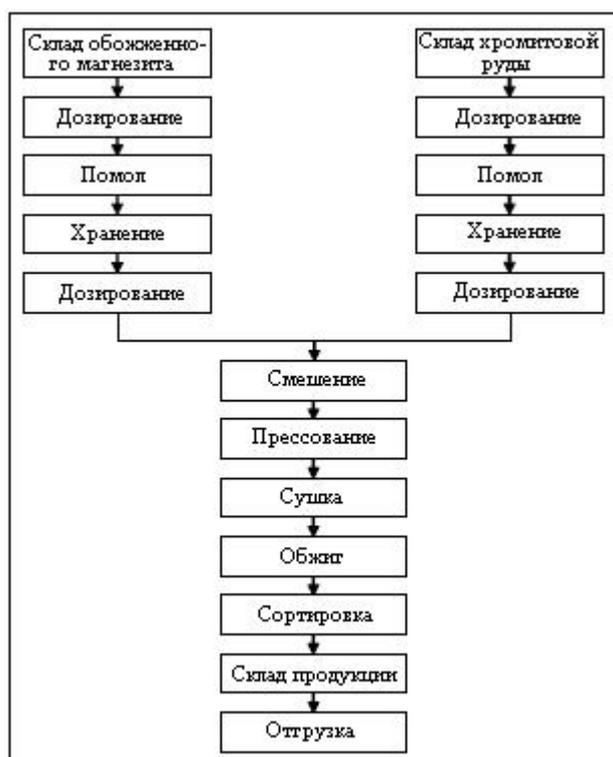


РИС. 2.16. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ОСНОВНЫХ ОГНЕУПОРОВ

2.3.3.1. Сырье

В качестве сырья при производстве огнеупоров используют глину, шамот, природные камни – кварцит, доломит, магнезит, боксит, которые могут подвергаться прокаливанию (см. раздел 2.2.2.8), а также искусственные материалы: спеченный корунд, карбид кремния, плавленный муллит или шпинель. Для получения формовочных масс к измельченным сырьевым материалам добавляют заполнители и связующие самых разных видов – глиняный шликер, сульфитный щелок, каменноугольную смолу, нафталин, синтетические смолы, известковое молоко, воск, фосфорную кислоту, сажу, графит, серу. Сырье хранят в крытых боксах, предварительно измельченные закупаемые материалы содержат в силосах, чтобы избежать их взаимодействия с водой.

В таблице представлены наиболее широко используемые для плавки/литья огнеупорных изделий оксиды и температуры их плавления [3, CERAME-UNIE, 2003].

Таблица 2.8. Оксиды, наиболее широко используемые в технологии плавки/литья

Название	Химическая формула	Температура плавления (°С)
Оксид алюминия	Al_2O_3	2050
Оксид хрома (III)	Cr_2O_3	2275
Оксид магния	MgO	2830
Доломит	$CaO + MgO$	2700
Диоксид кремния	SiO_2	1725
Диоксид циркония	ZrO_2	2700
Циркон	$ZrSiO_4$	1770

2.3.3.2. Подготовка сырьевых материалов

Сырьевые материалы вначале подвергают грубому, а затем тонкому измельчению. Для грубого измельчения сырья служат щековые, ударные, валковые и конусные дробилки, тонкое измельчение проводят в кольцевых, шаровых и вибромельницах. Классификацию измельченного сырья по фракциям выполняют при помощи вибросит, недоизмельченные частицы возвращают обратно в мельницу. Фракционированный материал временно хранят в силосах, которые служат промежуточным звеном между стадиями подготовки сырья и производства кирпича. Дозирование осуществляют при помощи весов. При необходимости в массу вводят связующие, порообразователи, антиадгезивы, смазку для форм. Все компоненты массы подают в смеситель (как правило, периодического действия), массу гомогенизируют и предуплотняют в бегунах, противоточных смесителях или двухвальных глиномялках.

Литьевой шликер готовят путем смешения сырьевых материалов с дисперсионной средой (водой). Порошок для полусухого прессования получают по сухому способу либо по мокрому или полусухому способам с последующей распылительной сушкой.

2.3.3.3. Формование

На стадии формования используют литьевой шликер и порошок для полусухого прессования. Шликер заливают в форму, из которой по истечении времени, необходимого для набора слоя соответствующей толщины, вынимают заготовку.

Ранее полусухое прессование осуществляли на коленно-рычажных прессах. На сегодняшний день коленно-рычажные прессы заменили гидравлические прессы с электронным управлением, которые позволяют вести непрерывный контроль качества кирпича и вносить необходимые поправки. Удельное давление прессования в настоящее время составляет от 80 до 200 МПа. Чтобы полностью удовлетворить требования потребителей, прессование огнеупорного кирпича

выполняют по различным программам.

При производстве специальных огнеупорных изделий высокого качества применяют изостатическое прессование. По этому способу гибкие полимерные оболочки (формы) заполняют тонкомолотым керамическим порошком. Оболочку закрывают и обжимают в автоклаве, обычно гидравлическом. Давление через сжимающую жидкость равномерно подается ко всем поверхностям изделия, что позволяет добиться однородного уплотнения. При производстве крупноразмерных блоков или изделий сложной формы давление прессования может достигать 300 МПа.

Различные типы масс можно формовать под сравнительно низким давлением при приложении механических колебаний, создаваемыми вибраторами. В последнее время предложен новый вариант процесса формования: в массу вводят связку с повышенной чувствительностью к холоду, затем заливают массу в формы и замораживают при температуре ниже -30 °С.

2.3.3.4. Сушка

Сушку изделий ведут в камерных или туннельных сушилках, ее продолжительность в зависимости от размеров кирпича составляет от суток до нескольких недель. Крупноразмерные изделия сушат при контролируемой влажности воздуха-теплоносителя. Остаточная влажность перед началом обжига должна быть менее 1 %. В таблице представлены технические характеристики сушилок периодического действия, востребованность которых в огнеупорной промышленности постепенно уменьшается [4, UBA, 2001].

Таблица 2.9. Техничко-эксплуатационные данные сушилок периодического действия (камерных сушилок)

Камерные сушилки	Единицы измерения	Шамотные огнеупоры	Динасовые огнеупоры
Производительность	т/цикл	18	10
Объем сушильной камеры	м ³	171	56
Плотность садки	кг/м ³	105	180
Температура сушки	°С	80	100
Продолжительность сушки	ч	44	24
Удельное энергопотребление	кДж/кг	350	300
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	1600	15000
Температура дымовых газов	°С	60	60

В таблице объединены технические характеристики двух туннельных сушилок и климатической камеры, применяемых в производстве различных типов огнеупоров [4, UBA, 2001].

Таблица 2.10. Техничко-эксплуатационные данные двух туннельных сушилок и климатической камеры

	Единицы	Туннельная	Туннельная	Климатическая
--	---------	------------	------------	---------------

	измерения	сушилка	сушилка	камера
Огнеупор		Шамотный	Магнезитовый	Высокоглиноземистый
Производительность	т/ч	2,1	4	3,5
Длина сушилки	м	80	51	36
Поперечное сечение	м ²	1,65	2,5	2,7
Плотность садки	кг/м ³	1000	1800	1000
Температура сушки	°С	100	150 - 180	30 - 200
Продолжительность сушки	ч	48	17	32 - 48
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	500	1500	нет данных
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	800	11000	5410
Температура дымовых газов	°С	40	120	105

2.3.3.5. Обжиг

Обжиг огнеупоров ведут при температурах 1250 – 1850 °С. Температура выдержки зависит от состава изделия и может достигать начала температурного интервала деформации. Температуры обжига важнейших классов изделий лежат в следующих пределах:

- шамотный кирпич 1250 - 1500 °С;
- динасовый кирпич 1450 - 1500 °С;
- высокоглиноземистый кирпич 1500 - 1800 °С;
- магнезитовый кирпич 1400 - 1800 °С.

Изделия обжигают в туннельных и колпаковых печах, а также в печах с выкатным подом. В таблице представлены технические характеристики применяемых в огнеупорной промышленности туннельных печей [4, УВА, 2001].

Таблица 2.11. Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей, применяемых в производстве огнеупоров

Туннельные печи	Единицы измерения	Периклазовый кирпич	Шамотный кирпич	Бокситовый кирпич	Динасовый кирпич
Производительность	т/ч	2 - 8	4	4	2,1
Длина печи	м	150	113	116	180
Поперечное сечение	м ²	1,3 - 3	2,4	2,2	2,8
Плотность садки	кг/м ³	1000 - 2500	600 - 1500	600 - 1300	700 - 1000
Температура обжига	°С	1760 - 1850	1260	1400	1450
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	6000 - 9700	3200	4500	9050
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	15000 - 25000	10000 - 15000	10000 - 15000	1200
Температура дымовых газов	°С	250 - 400	150 - 200	150 - 220	120

В следующей таблице представлены технические характеристики печей с выкатным подом для обжига динасовых, высокоглиноземистых и шамотных огнеупоров [4, УВА, 2001].

Таблица 2.12. Техничко-эксплуатационные данные печей с выкатным подом

Печи с выкатным подом	Единицы измерения	Динасовый кирпич	Высокоглиноземистый кирпич	Шамотный кирпич
Производительность	т/цикл	153	40 - 50	18
Объем камеры	м ³	180	20	25
Плотность садки	кг/м ³	850 - 1100	2000 - 2500	650 - 1000
Температура обжига	°С	1540	1340 - 1650	1430
Продолжительность обжига	ч	4500 - 7000	4500 - 8000	7600
Удельное энергопотребление	кДж/кг	до 50000	до 20000	3600 - 7000
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	180 - 300	180 - 290	160 - 250

Все более широкое использование при загрузке печей, особенно туннельных, находят роботы-садчики. Кирпичи после пресса автоматически размещают на вагонетках в предварительно запрограммированном порядке, который обеспечивает всестороннее омывание изделия пламенем и горячими газами и способствует снижению энергопотребления. Современные модели печей обогревают мазутом или природным газом. В некоторых случаях, например, при выпуске небольших партий специальных изделий, применяют печи с электрообогревом.

2.3.3.6. Послеобжиговая обработка

В особых случаях необходима послеобжиговая обработка огнеупорных изделий путем шлифовки, полировки или токарной обработки сухим либо мокрым способом. После этого изделия собирают на поддоны или в ящики и упаковывают в пленку, чтобы избежать их намокания и обеспечить защиту в течение всего процесса транспортировки.

2.3.3.7. Специальные технологические процессы

Для производства огнеупорных изделий с особыми характеристиками применяют специальные процедуры. В таких процессах, как формирование графитовой связки или пропитка смолой, используют особые вспомогательные вещества. Огнеупоры на графитовой связке применяют преимущественно в производстве стали. Сырьевые материалы подвергают горячей обработке и прессуют с добавкой каменноугольной смолы, асфальта или смол в качестве связующих. При температуре 320 – 550 °С в условиях отсутствия воздуха происходит коксование связки. В процессе твердения изделия нагревают в электрической печи до температуры около 150 – 220 °С. В ряде случаев огнеупоры пропитывают угольной смолой или битумом для устранения открытой пористости.

2.3.3.8. Входные и выходные потоки в производстве огнеупорных изделий

Основные входные и выходные потоки в технологии производства огнеупоров показаны на рисунке [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.17. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

2.3.4. Керамзит

Керамзит - это пористый керамический продукт с однородной структурой, слагающейся из мелких закрытых ячеек, и с плотной прочной внешней оболочкой, который получают из сырьевых материалов, включающих глинистые минералы, и добавок. Исходные материалы готовят, формуют и обжигают при температуре 1100 - 1300 °С, что приводит к значительному увеличению объема материала в результате вспучивания.

Сырье для промышленного производства керамзита должно удовлетворять определенным требованиям. Другим важным фактором является конструкция печи, которая должна соответствовать характеристикам сырья и объемам производства. На процесс вспучивания могут оказывать влияние следующие параметры:

- состав сырья;

- вводимые добавки;
- режим обжига;
- среда в печи;
- вязкость расплава, как функция этих факторов.

Практика показывает, что вспучиваемость глины определяется используемым сырьем и добавками, а также применяемым режимом термообработки. Основное влияние на вспучиваемость сырья оказывают скорость нагрева и среда в печи.

Производство керамзита включает следующие переделы: добычу сырья открытым способом (здесь не рассматривается), подготовку сырья, формование, термообработку (сушку, обжиг) послеобжиговую обработку, рекуперацию твердых отходов и подготовку продукции к транспортировке (упаковку и погрузку). На рисунке показана схема керамзитового производства [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Стадию формования осуществляют не на всех заводах.

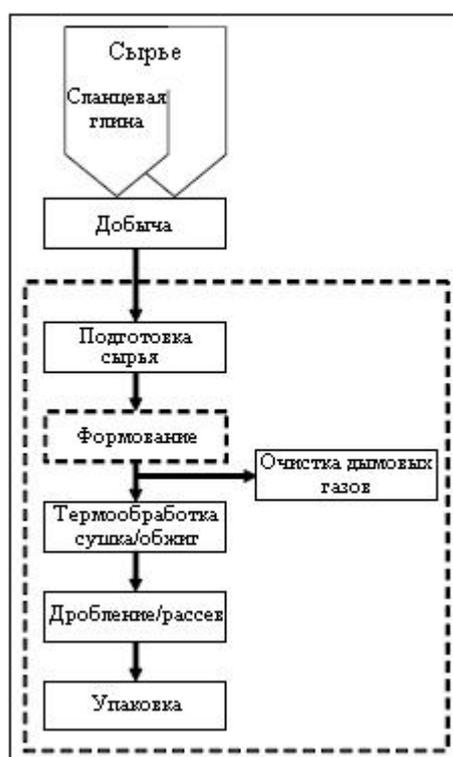


РИС. 2.18. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМЗИТА

2.3.4.1. Сырье, добавки и вспомогательные вещества

Сырьем для производства керамзита служат легкоспекающиеся глины. При нагревании с контролируемой скоростью в интервале температур 1100 – 1300 °С происходит значительное увеличение их объема. Для изготовления керамзита подходят только те материалы, в которых при нагревании до этих температур образуется плотный пиропластичный спек или слой расплава и в объеме которых одновременно происходит выделение газов, вспучивающих вязкую массу (гранулу). Для этого необходимо наличие комплекса плавней (оксидов железа, щелочей,

щелочноземельных соединений), а также газообразователей, которые либо присутствуют в исходном материале, либо вводятся в процессе подготовки сырья.

Предыдущие исследования показали, что способность глиняного сырья к расширению не удается определить аналитическим путем. Общие замечания относительно химического/минералогического состава и других характеристик масс с подтвержденной способностью к расширению таковы:

- относительно высокая пластичность и значительное содержание тонких фракций;
- сравнительно большое содержание слоистых силикатов, в особенности группы иллита или слюд (желательно выше 40 %), доля каолинита, как правило, невелика;
- наличие кальцита или доломита снижает продолжительность вспучивания, присутствие комовой извести вредно, поскольку может приводить к растрескиванию;
- химический состав:
 - Al_2O_3 : 12 - 25 %;
 - SiO_2 : 47 - 78 %;
 - плавни (Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , FeO): 8 - 29 %;
 - $\text{C}_{\text{органич.}}$: 0 - 2,5%;
 - FeS_2 : мелкозернистый (остаток в конечном продукте < 1,0 или 1,5 % SO_3);
- минералогический состав:
 - кварц: 7 - 45 %;
 - карбонаты: 0,1 - 17 %;
 - глинистые минералы: 40 - 80 %;
 - полевошпат: 5 - 25 %;
 - прочие: 3 - 17 %;
- пиропластическое размягчение массы или гранул должно происходить на стадии наиболее активного газообразования, поэтому температурный интервал вспучивания составляет от 50 до 100 К.

Если глины не обладают способностью к вспучиванию, в массу вводят необходимые добавки и вспомогательные вещества, что упрощает производство керамзита со специальными свойствами (так, разрыхлители часто вводят в глину для улучшения теплоизоляционных характеристик), а также делает его более безопасным. В таблице приведены примеры добавок (плавней, антиадгезивов) и вспомогательных веществ (разрыхлителей) с подтвержденной эффективностью:

Таблица 2.13. Примеры добавок и вспучивающих веществ

Плавни	Разрыхлители	Антиадгезивы
Оксиды железа	Тяжелый мазут	Известковистые соединения
Гидроксиды железа	Лигносulfонаты	Доломит
Иллитовые глины	Ультрадисперсный кокс/уголь	
	Битуминозные глины	

Тип используемых добавок и вспомогательных веществ зависит от состава сырья, технологии производства (подробнее о переработке сухих и влажных глин см. раздел 2.3.4.2), экономической целесообразности и характеристик выбросов. Количество вводимых компонентов обычно составляет от 0 до 10 % по массе.

2.3.4.2. Общая схема и технологический процесс

2.3.4.2.1. Формование

При подготовке сырья и формовании в зависимости от влажности глины применяют две основных схемы.

Глину с относительно высокой влажностью, как правило, готовят по мокрому способу: после механической обработки и усреднения в бункерах запаса, бегунах, дезинтеграторах, двухвальных смесителях и массомялках пластичную глину (с добавками) подают в сушильные барабаны, в которых масса проходит сквозь установленную внутри арматуру (цепи, решетки, диски). Затем куски глины подвергают дальнейшему измельчению.

Если влажность глины сравнительно невелика, подготовку массы обычно ведут полусухим способом. Крупные куски сырья измельчают в щековых дробилках, размер получаемых зерен не превышает 100 мм. При автоматизированном хранении происходит гомогенизация материала, для его подачи служат драглайн-экскаваторы. В установке для сухого помола происходит размол глины между вращающимся подом и катками. Глиняный порошок подают в наклонный тарельчатый гранулятор, куда добавляют воду. При вращении тарелки образуются сферические гранулы, выгрузка которых происходит с нижнего края, при этом вращательное движение также оказывает определенное гранулирующее действие. Для снижения поверхностного натяжения в воду затворения добавляют соответствующие реагенты. Чтобы получать гранулы определенного размера, а также управлять их характеристиками с учетом используемого сырья, изменяют скорость вращения и наклон тарелки, а также высоту бортика.

Далее гранулят поступает в «опудриватель», где на его поверхность наносится известковая пыль, которая предохраняет необожженные гранулы от слипания в печи.

2.3.4.2.2. Термообработка

Усилия конструкторов по модернизации печей направлены, в первую очередь, на разработку гибких систем, легко адаптируемых к различным типам сырья и требованиям к готовой продукции. Один из путей решения этой задачи – сочетание управления режимом обжига и подачей воздуха

и различной продолжительности пребывания материала на отдельных стадиях термообработки. Оптимальная температурная кривая для достижения требуемой плотности гранул определяется составом сырьевой смеси и вводимыми добавками. С целью оптимизации термообработки перед печью устанавливают подогреватели, наиболее распространенным из которых является барабанный (сушильный барабан). Для охлаждения продукта служат шахтные, барабанные, сателлитные, решетчатые или бункерные охладители.

Вращающиеся печи, применяемые при производстве керамзита, обычно работают по противотоку, т. е., материал и теплоноситель движутся в противоположных направлениях. Сырье загружают с холодного конца печи. Благодаря наклонному положению канала печи и ее вращению материал постепенно переходит в горячий ее конец – высокотемпературную зону. Скорость перемещения определяется углом наклона печи, скоростью ее вращения и установленной внутри арматурой. Время оказывает существенное влияние на характеристики продукции. Чтобы избежать слипания гранул в печах зачастую устанавливают арматуру, в частности, натягивают цепи. Размеры печи зависят от используемой технологии. Длина трубы может колебаться в пределах от 4 до 80 м, диаметр – от 1,0 до 4,5 м. Печь обогревают мазутом, углем, газом, а также вторичным/альтернативным топливом органического (биотопливо, биомасса) и неорганического происхождения (отработанное масло, растворители). Конструкция печи обеспечивает оптимизацию теплового баланса, позволяя реализовать различные комбинации температурных и временных режимов.

2.3.4.2.3. Химические реакции при вспучивании

В ходе предварительного и основного нагрева гранул происходит выделение водяного пара и кислорода за счет испарения остаточной влаги и удаления химически связанной воды, газообразование вследствие разложения органических веществ, образование диоксида серы, а также угольной кислоты из карбонатов. Одновременно начинают захлопываться открытые поры. Расширение газов с повышением температуры приводит к вспучиванию гранулята и формированию более или менее равномерной внутренней поровой структуры. При этом протекают следующие основные химические реакции:

$3\text{Fe}_2\text{O}_3$	=	$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 0,5 \text{O}_2$ (образование магнетита)
$2\text{Fe}_2\text{O}_3$	=	$4\text{FeO} + \text{O}_2$
$2\text{Fe}_3\text{O}_4$	=	$6\text{FeO} + \text{O}_2$
$1\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	=	$2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + 0,5 \text{O}_2$ (образование фаялита)
$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C}$	=	$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}$
$1\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C}$	=	$3\text{FeO} + \text{CO}$ (образование вюстита)
$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO}$	=	$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$
$1\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}$	=	$3\text{FeO} + \text{CO}_2$

$1\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO}$	=	$2\text{FeO} + \text{CO}_2$
$1\text{FeS} + 1,5 \text{O}_2$	=	$1\text{FeO} + \text{SO}_2$
1CaCO_3	=	$1\text{CaO} + \text{CO}_2$
1MgCO_3	=	$1\text{MgO} + \text{CO}_2$

Таким образом, основные газообразные элементы и соединения, необходимые для процесса вспучивания, - это кислород, моно- и диоксид углерода, диоксид серы. Газовыделение происходит в широком интервале температур от 750 до 1300 °С.

2.3.4.2.4. Послеобжиговый рассев и дробление

После обжига керамзит просеивают и дробят для получения продукции требуемого гранулометрического состава и качества. Обычно применяют сухой рассев и дробление.

2.3.4.3. Входные и выходные потоки в производстве керамзита

Важнейшие входные и выходные потоки при производстве керамзита представлены на рисунке [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.19. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМЗИТА

2.3.5. Облицовочная и напольная плитка

Технология облицовочной и напольной плитки включает ряд последовательных стадий, которые можно кратко описать так:

- хранение сырья;
- подготовка сырья (пресс-порошка сухим или мокрым способом либо массы для пластического формования);
- формование;
- сушка заготовок;
- приготовление и нанесение глазури;
- обжиг (с глазурью или без);
- полировка;
- сортировка и упаковка.

Порядок операций глазурования и обжига может меняться в зависимости от того, покрывают ли изделия глазурью и проводится ли обжиг в одну, две или три стадии. На рисунке приведены различные схемы производства облицовочной и напольной плитки [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

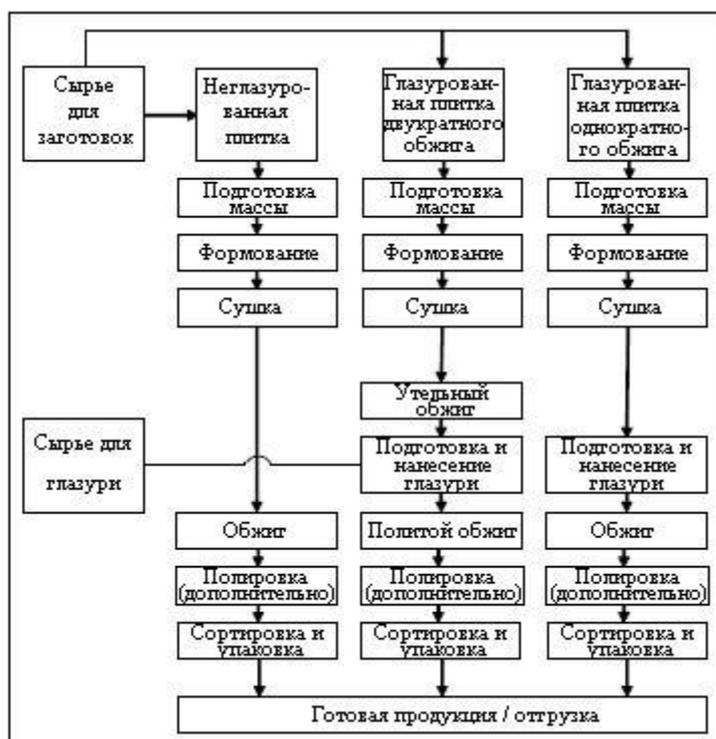


РИС. 2.20. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ОБЛИЦОВОЧНОЙ И НАПОЛЬНОЙ ПЛИТКИ

2.3.5.1. Сырье

Типичное пластичное сырье для производства плитки – глины и каолины. Также в состав массы вводят непластичные компоненты (шамот, кварц, полевые шпаты, карбонат кальция – кальцит, доломит, тальк), каждый из которых выполняет свою функцию (так, полевые шпаты служат плавнями, кальцит способствует образованию кристаллических фаз). Для подготовки глазурей используют те же материалы в смеси со стеклянными фриттами, оксидами металлов и красящими веществами. Для снижения энергопотребления при сушке за счет уменьшения влажности массы в нее добавляют электролиты (силикат или двузамещенный фосфат натрия).

Сырьевые материалы доставляют в хранилища, как правило, навалом. Их хранят на открытых площадках, под навесами, в боксах или в силосах. Компоненты, необходимые в меньших количествах, поставляют и хранят в мешках и контейнерах, жидкости – в закрытых емкостях.

2.3.5.2. Подготовка сырьевых материалов

Подготовка сырья, в зависимости от типа и формы изделия, включает различные операции и технологические приемы.

Сырьевые материалы дозируют по весу с учетом их влажности. Для окрашивания массы вводят небольшие количества пигментов, оксидов металлов или красящих веществ. Крупные куски материала предварительно дробят в валковых мельницах или шнековых дробилках. После дозирования дробленое сырье измельчают с добавкой воды и электролитов в шаровых мельницах мокрого помола непрерывного или периодического действия. Вариантом данного процесса является приготовление и гомогенизация суспензии в бассейнах, откуда ее перекачивают насосами в шаровые мельницы. Влажность такой суспензии составляет 35 %.

После тонкого измельчения (до размера частиц менее 0,1 мм) суспензию процеживают через сита и хранят в приемных бассейнах с мешалками. Из приготовленной суспензии получают либо массу для пластического формования («пластическую массу»), либо порошок для полусухого прессования. В производстве плитки шликерное литье не применяют.

Пластическую массу готовят в бегунах или в валковых дробилках, для этого суспензию обезвоживают на фильтр-прессах или в барабанных фильтрах до влажности 20 - 25 %. Для повышения пластичности в массу вводят органические и неорганические добавки: альгинаты, декстрин, лигнин, метилцеллюлозу, этилцеллюлозу, парафин.

Особый способ приготовления пластической массы заключается в тонком измельчении сырья в мельницах сухого помола, смешивании и добавлении воды в количестве около 20 % (процесс Buchtal) [23, TWG Ceramics, 2005].

Плитку преимущественно производят методом полусухого прессования. Пресспорошок готовят по сухому или по мокрому способу.

По мокрому способу суспензию из бассейнов насосами подают в распылительные или термосушилки. Сушку осуществляют при температуре 350 - 450 °С до остаточного влагосодержания 5 – 9 %. Обогрев сушилок ведут сжиганием природного газа или мазута. Для повышения сыпучести пресс-порошка в его состав вводят снижающие трение добавки органической или неорганической природы, наиболее широко применяют силикат и триполифосфат натрия, акрилаты. Связующие добавки (карбоксиметилцеллюлозу, метилцеллюлозу, поливиниловый спирт и др.) в связи с высокой связующей способностью глин в состав массы обычно не вводят, за исключением особых случаев (например, при производстве изделий больших размеров) [23, TWG Ceramics, 2005].

При сухом способе подготовки пресс-порошка сырье измельчают в конусных и молотковых дробилках и кольцевых мельницах и затворяют порошок водой до средней влажности 5 – 7 %.

2.3.5.3. Формование

Пластичной массе протяжкой придают правильную форму и разрезают на куски. Таким способом обычно производят разрезную керамическую плитку. Фаянсовую и керамическую плитку изготавливают преимущественно полусухим прессованием. Изделия формируют в ударных коленно-рычажных прессах, винтовых и гидравлических прессах при давлении порядка 35 МПа. Как правило, применяют многоштамповые прессы, которые позволяют изготавливать 4 плитки в одном цикле. Сырые заготовки чистят и вручную или автоматически загружают на вагонетки или в роликовую сушилку.

2.3.5.4. Сушка, глазурирование и ангобирование

Прессованные заготовки сушат преимущественно в горизонтальных туннельных и роликовых или в вертикальных сушилках. Температура сушки колеблется в зависимости от применяемой технологии: так, в вертикальных сушилках она составляет 200 – 220 °С, в туннельных – 300 – 350 °С. Продолжительность сушки определяется влажностью заготовок и составляет от 1 до 4 ч. Во избежание растрескивания и образования дефектов глазури при обжиге остаточное влагосодержание не должно превышать 1 %.

2.3.5.5. Обжиг и глазурирование

Керамическая плитка – это глазурированная или неглазурированная продукция однократного обжига

или глазурованная продукция двух- или даже трехкратного обжига. При технологии двукратном обжига плитку сначала обжигают на бисквит. Эту операцию осуществляют в традиционных туннельных печах при температуре 1050 – 1150 °С в течение 20 - 50 ч или в роликовых печах в течение 1 – 2 ч. Печи периодического действия для бисквитного обжига применяют редко. Далее плитку автоматически сортируют и подают на участок глазурования. Глазурь наносят методом распыления или полива. Для создания мраморного рисунка глазуровочные автоматы оборудуют специальными валиками. Также для декорирования поверхности плитки применяют шелкографию (трафаретную печать), гравировку (нанесение рисунка при помощи гравированного силиконового валика), флексографию (способ нанесения рисунка, подобный гравировке, где резиновый штамп с рисунком наклеен на жесткий валик). Часто сырье для глазури поступает в виде фритт, где все компоненты уже смешаны, сплавлены и подвергнуты измельчению. Такие вещества, как свинец, во фритте связаны на молекулярном уровне, поэтому на данной стадии процесса их вымывания не происходит.

Окончательный обжиг проводят в роликовых и туннельных печах или в печах периодического действия. Покрытую глазурью плитку размещают на огнеупорных подставках и обжигают при температуре 1050 – 1300 °С, обжиг в роликовых печах ведут без подставок. Плитку особой формы обжигают в печах с выкатным подом или в туннельных печах при температуре не выше 1100 °С. Технические характеристики туннельных и роликовых печей приведены в таблице.

Таблица 2.14. Техничко-эксплуатационные данные туннельных и роликовых печей

	Единицы измерения	Туннельная печь бисквитного обжига	Роликовая печь	
			окончательный обжиг	однократный обжиг
Изделия		Плитка с высоким водопоглощением		
Производительность	т/ч	2,8	1,2	1,6
Длина печи	м	120	60	80
Поперечное сечение печи	м ²	1,5 – 2,0	0,8 – 1,2	0,5 – 1,0
Плотность садки	кг/м ³	500 – 700	10 – 30	10 – 30
Температура обжига	°С	1100	1250	1300
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	3500	2900	2200
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	15000	10000	13000
Температура дымовых газов	°С	180	160	200

	Единицы измерения	Туннельная печь	Роликовая печь	
			неглазурованная	глазурованная
Изделия		Плитка с низким водопоглощением		
Производительность	т/ч	1,2	2,1	2,1
Длина печи	м	130	80	60
Поперечное сечение печи	м ²	1,5 – 2,0	1,2	0,8 – 1,0
Плотность садки	кг/м ³	700 – 1000	20 – 30	20 – 30
Температура обжига	°С	1200	1220	1230
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	3900	2900	2500

Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	15000	10000	13000
Температура дымовых газов	°С	220	160	160

2.3.5.6. Послеобжиговая обработка

После окончательного обжига некоторые виды плитки (в основном, неглазурованную фарфоровую или каменную) подвергают шлифовке и полировке. Затем плитку вручную или автоматически сортируют, упаковывают и собирают на поддоны, которые укрывают термоусадочной пленкой.

2.3.5.7. Входные и выходные потоки в производстве облицовочной и напольной плитки

Важнейшие входные и выходные потоки в технологии облицовочной и напольной плитки приведены на рисунке [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.21. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЛИЦОВОЧНОЙ И НАПОЛЬНОЙ плитки

2.3.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)

Технология хозяйственно-бытовой керамики включает следующие переделы: хранение сырьевых материалов, подготовка сырья, формование, сушка, обжиг, глазурирование, декорирование и послеобжиговая обработка. Ниже рассмотрена схема производства хозяйственно-бытовой керамики на примере столового фарфора [4, УВА, 2001].

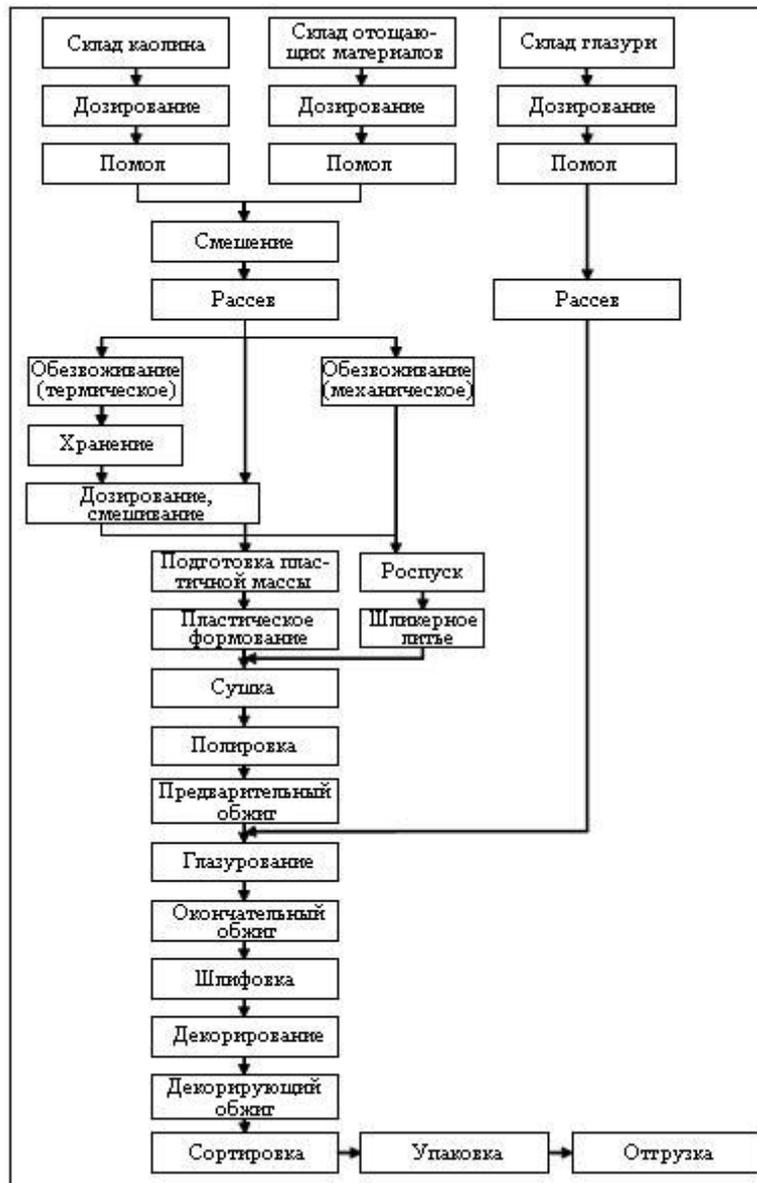


РИС. 2.22. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ФАРФОРОВОЙ ПОСУДЫ

2.3.6.1. Сырье

Основным сырьем для производства хозяйственно-бытовой керамики служат пластичные глины, полевой шпат и кварц. Сырьевые компоненты керамики и глазури доставляют на предприятие и хранят в силосах, мешках и контейнерах, форма складирования определяется влажностью и зерновым составом сырья. Для получения заготовок высокого качества применяют сырьевые материалы нескольких видов, имеющие различные характеристики.

В табл. 2.15 и 2.16 представлены типовые данные по химическому и минералогическому составу сырья для производства хозяйственно-бытовой керамики [3, CERAME-UNIE, 2003].

Таблица 2.15. Типовые различия в минералогическом составе сырья для производства хозяйственно-бытовой керамики

Минерал (%)	Фаянс	Полуфарфор	Фарфор	Костяной фарфор	Каменная керамика
Белая глина (каолин)	25	25	55	25	0
Пластичная глина	15 - 25	25	0	0	0
Полевой шпат*	0 - 15	20	15	25	30
Тальк	0 - 35	0	0	0	0
Кремнезем	20 - 35	0	30	0	70
Кремень	0	30	0	0	0
Костная зола*	0	0	0	50	0

* Нефелин-сиенит применяют как замену полевого шпата и костяной золы

Таблица 2.16. Типовые различия в химическом составе сырья для производства хозяйственно-бытовой керамики

Содержание в минералах (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Прочие
Белая глина (каолин)	55	35	10
Пластичная глина	75	20	5
Полевой шпат	70	20	10
Нефелин-сиенит	60	25	15
Тальк	60	0	40 (MgO)
Кремнезем	95	0	5
Кремень	90	0	10
Костная зола	0	0	100 (Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH)

2.3.6.2. Подготовка сырьевых материалов

Подготовку сырья при производстве хозяйственно-бытовой керамики ведут по сухому или по мокрому способу, получая пластическую массу или порошок для полусухого прессования. Компоненты, как правило, дозируют по весу, однако в случае предварительного роспуска каолина применяют также объемное дозирование. При подготовке глазури обычно используют весовое дозирование. Пластичные компоненты массы перед смешиванием распускают в воде в перемешиваемых бассейнах, дальнейшее измельчение осуществляют в шаровых или комбинированных мельницах. Непластичное (твердое) сырье зачастую поступает с необходимым зерновым составом, и его дополнительное измельчение не требуется. Пластичные и непластичные компоненты смешивают в смесителях различных типов (с мешалками или без), процеживают для удаления примесей и очищают от инородных включений железа в электромагнитном поле. Затем шликер обезвоживают механически в фильтр-прессах или термически в распылительных сушилках. Для изготовления пластической массы влагосодержание шликера снижают в ротационных или фильтр-прессах с 65 до 20 - 25 %, обезвоженную на фильтре массу гомогенизируют и формуют в заготовки на ленточных прессах.

При получении пресс-порошка шликер обезвоживают в распылительных сушилках до влажности 5 - 8 %. Подачу шликера в сушилку осуществляют при помощи специальных насосов. Снижение влажности происходит за счет контакта с потоком горячих газов. Дымовые газы и водяной пар удаляют из сушилки через верх.

Для получения мягкого и сыпучего пресс-порошка в состав массы вводят органические снижающие трение и связующие добавки: метил- и карбоксиметилцеллюлозу, эфиры целлюлозы, поливиниловый спирт, поливинилацетат, полисахариды. Также применяют олеин, минеральное масло, стеариновую кислоту, воск. Количество таких добавок в составе пресс-порошка не превышает 0,2 – 0,4 мас. %. При подготовке пресс-порошка в псевдооживленном слое доля добавок снижается, что обеспечивает улучшение деформируемости порошка.

Возможной альтернативой традиционному способу подготовки пресс-порошка станет, с одной стороны, грануляция в псевдооживленном слое, а с другой, процессы грануляции на холоду, без нагревания. Удельное энергопотребление при грануляции в псевдооживленном слое выше, чем при обычной распылительной сушке, однако удельное потребление тепловой энергии ниже.

В случае, когда пластическую массу для формования готовят с использованием пресс-порошка, его затворяют шликером до влажности 20 - 25 %. Отформованные цилиндрические блоки некоторое время выдерживают для усреднения влажности и релаксации напряжений. Прочность массы при пластическом формовании повышают путем введения органических и неорганических добавок и связующих (хлорида, сульфата или фосфата магния, буры).

Обезвоженная на фильтре масса, отходы пластичных компонентов после формования грубых масс, пресс-порошок также могут быть использованы для получения литьевого шликера. Влажность такого шликера составляет 25 - 35 %, для улучшения его литьевых характеристик и снижения влагосодержания в него вводят соду, силикат натрия или калия, каустическую соду, гуминовую кислоту.

2.3.6.3. Формование

В технологии хозяйственно-бытовой керамики применяют три различных способа формования. Плоские изделия (блюда и тарелки) формуют преимущественно полусухим прессованием. Пустотелые сосуды (вазы) изготавливают литьем, а чашки и кружки – пластическим формованием.

При полусухом прессовании пресс-порошок влажностью около 5 % обжимают в изостате в различных формах. Формовочный узел вертикального изостатического пресса состоит из двух частей – верхней и нижней. В нижней части расположена изостатическая мембрана, которая обеспечивает сжатие. Верхняя часть пресса может иметь различную форму в зависимости от

вида выпускаемой продукции. Горизонтальные прессы делают батарейными (с несколькими формами), что дает возможность выпускать большой объем различных изделий, так, производительность прессы с двумя формами достигает 1200 шт./ч. Порошок засыпают в форму и прессуют при давлении 30 МПа. Достоинством этого способа является низкое влагосодержание заготовок.

Для пластического формования применяют массу влажностью 20 – 25 %, которую формуют на механизированных гончарных кругах с помощью шаблонов и роликов. Изделия, имеющие форму вращения, получают в гипсовых формах, изготавливаемых на специальных участках. Цилиндрическую заготовку нарезают на равные куски, которые затем механически раскладывают в формы гончарного круга. Срок службы гипсовых форм невелик, одну форму можно использовать для выпуска 100 – 150 изделий. Недавно начато применение для формования пористых полимерных форм, срок службы которых выше, чем гипсовых.

Изделия, не имеющие форму вращения, производят методом шликерного литья. Формирование заготовки происходит за счет обезвоживания шликера в гипсовых формах. При изготовлении плоских изделий применяют преимущественно наливной метод литья, ваз и кружек – сливной. В промышленном масштабе используют литьевые машины, литье малых объемов изделий выполняют вручную.

При приложении давления продолжительность набора массы снижается. Литье под давлением, величина которого достигает 4 МПа, осуществляют в пористые полимерные формы. Этот способ гораздо быстрее традиционного, цикл литья занимает всего 2 – 3 мин.

Также при производстве изделий хозяйственно-бытовой керамики применяют пластическое прессование. Заготовки формуют в гипсовых или полимерных формах, состоящих из двух частей. По сравнению со шликерным литьем продолжительность набора массы значительно снижается.

2.3.6.4. Сушка

Изделия, полученные методом шликерного литья или пластического формования, необходимо сушить в специальных сушилках до остаточной влажности не более 2 %. Для этого служат камерные и туннельные сушилки, обогреваемые возвратным теплом печи, природным газом или мазутом марки ЕL. Альтернативный вариант – сушка инфракрасным и СВЧ-излучением. Такие сушилки используют для предварительной сушки компонентов шликера, а также использованных и новых гипсовых форм. СВЧ-сушилки бывают камерными, туннельными или камерно-проходными.

Шероховатость поверхности и швы от форм устраняют путем оправки, которую осуществляют при помощи сначала ножей, затем – влажных резиновых губок. Прессованные и пластически

формованные изделия оправляют механически, остальные – вручную. При промышленном производстве процессы формования, сушки и оправки объединяют в одну стадию.

2.3.6.5. Обжиг, глазурирование и декорирование

Хозяйственно-бытовую керамику в зависимости от сырья и способа производства обжигают от одного до четырех раз. На первом этапе, в уфельном (предварительном) обжиге, полуфабрикат приобретает необходимую прочность и пористость для нанесения глазури. Температура предварительного обжига составляет 900 – 1050 °С, продолжительность – 18 – 30 ч в традиционной туннельной печи. В печах скоростного обжига продолжительность процесса сокращается до 3 – 7 ч.

После предварительного обжига на изделия наносят глазурь, которая представляет собой водную суспензию стеклообразных соединений с высоким содержанием плавней. Пустотелые изделия (кроме чашек) глазурируют вручную методом окунания, плоские изделия и чашки – механически, методом полива. При малых объемах производства все изделия покрывают глазурью вручную. Также плоские изделия глазурируют распылением. В качестве связок и мастик применяют органические адгезивы (полиамин, декстрин). Для ускорения сушки в состав глазури вводят электролиты.

Политой обжиг ведут в окислительной или восстановительной среде при температуре 1320 – 1430 °С. Печи для политого обжига – это, как правило, туннельные печи с вагонетками, роликовые печи (в том числе многоканальные), туннельные печи скоростного обжига с подвижным подом, конвейерные печи. При меньшей загрузке применяют печи периодического действия (камерные, колпаковые, печи с выкатным подом). Садку размещают на огнеупорных подставках (так называемый «огнеприпас»). Продолжительность политого обжига составляет 25 – 36 ч в туннельной печи и от 3,5 до 5 ч в печах скоростного обжига без огнеприпаса.

В табл. 2.17 и 2.18 приведены примерные технические характеристики печей периодического и непрерывного действия [4, УВА, 2001].

Таблица 2.17. Техничко-эксплуатационные данные печи с выкатным подом

Печи с выкатным подом	Единицы измерения	Фарфор
Производительность	т/цикл	0,91
Объем камеры	м ³	7,0
Плотность садки	кг/м ³	12,8
Температура обжига	°С	1400
Удельное энергопотребление	кДж/кг	20000
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	12500
Температура дымовых газов	°С	800

Таблица 2.18. Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей

Туннельные печи	Единицы измерения	Фарфор		Фарфор	Фарфор
		утельный	политой	политой скоростной	политой скоростной
Обжиг					
Производительность	т/ч	0,3 - 0,7	0,2 - 0,4	0,58	0,47
Длина печи	м	60 - 100	80	70	56
Поперечное сечение	м ²	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	0,7	0,94
Плотность садки	кг/м ³	60 - 70	60 - 70	< 100	< 100
Температура обжига	°С	850 - 1260	1200 - 1400	1420	1420
Удельное энергопотребление (сушка + обжиг)	кДж/кг	25000	20000	12500 без сушки	19700
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	3500 - 5000	3500 - 5000	нет данных	нет данных
Температура дымовых газов	°С	120 - 170	120 - 170	нет данных	нет данных

В ходе обжига глазурь переходит в жидкое состояние и закрывает поры в керамике, поверхность становится гладкой и водонепроницаемой. После политого обжига изделия разделяют по сортности. Непокрытые глазурью участки шлифуют и полируют для увеличения стоимости продукции.

Костяной фарфор выпускают специально как столовую и чайную посуду. Важными компонентами этого материала являются корнваллийская глина, корнваллийский камень и до 50 % прокаленных бычьих костей. Температура утельного обжига такого фарфора составляет 1100 – 1150, политого - 1250 - 1350 °С. Атмосферу в печи насыщают парами глазури, что позволяет получить исключительно гладкую поверхность.

Декорирование, которое проводят после политого обжига, повышает стоимость продукции и придает ей индивидуальный облик. Для декорирования применяют над-, под- и внутриглазурные пигменты, а также оксиды металлов. При надглазурном декорировании пигмент вплавляют в глазурь в ходе дополнительного обжига. Внутриглазурные пигменты «тонут» в глазури. При подглазурном декорировании изделия украшают до нанесения глазури. Обычно рисунок на изделия наносят при помощи деколей или трафаретов, методом репринта, офсетной и прямой шелкографии, отведения кромки, кистью, штампом или гравировкой, распылением, опудриванием. Помимо ручного декорирования, существуют машины для трафаретной и цветной печати. В качестве плавней, глушителей и для непосредственного окрашивания при глазуровании и декорировании применяют целый ряд оксидов. Краски для глазурования – это сложные смеси, в состав которых входит большое количество пигментов. Элементы, оксиды которых входят в состав пигментов, можно расположить следующим образом (в скобках указана валентность элемента в оксиде): Cu (1, 2), Ca (2), Zn (2), Al (3), In (3), Si (4), Sn (4), Pb (2), Ti (3, 4), Zr (4), Ce (4), Pr (4), V (4, 5), Sb (3, 4, 5), Cr (3, 6), Mo (4, 6), Mn (2, 4), Fe (2, 3), Co (2), Ni (2), Cd (2).

В табл. 2.19 и 2.20 приведены примерные технические характеристики различных типов печей,

применяемых для декорирования [4, УВА, 2001], [21, Almeida, 2004].

Таблица 2.19. Техничко-эксплуатационные данные печей для надглазурного декорирования

Тип печи	Процесс	Температура обжига (°С)	Продолжительность обжига
Электрическая плавильная печь с подвесным транспортом	Декорирование наплавкой	760 – 840	2 – 4 ч
Туннельная печь скоростного обжига (салазки или обжиговый стол)	Надглазурное декорирование	850 – 950	40 – 70 мин
Роликовая печь с огнеприпасом	Надглазурное декорирование	850 – 950	40 – 70 мин
Роликовая печь с кварцевым огнеприпасом	Надглазурное декорирование	1080	40 – 70 мин
Двухручьевая ленточная конвейерная печь	Надглазурное декорирование	850 – 950	40 – 70 мин
Двухручьевая ленточная конвейерная печь (особая конструкция конвейера)	Надглазурное декорирование	1050	40 – 70 мин
Туннельная печь с подвижной плитой	Высокотемпературное декорирование	1300 – 1400	7 – 16 ч
Печь с выкатным подом	Надглазурное декорирование	850 – 950	8 – 10 ч

Таблица 2.20. Техничко-эксплуатационные печей для под- и внутриглазурного декорирования

Тип печи	Процесс	Температура обжига (°С)	Продолжительность обжига
Печь с выкатным подом	Высокотемпературное декорирование	1300 – 1400	14 – 24 ч
Туннельная печь скоростного обжига (салазки или обжиговый стол)	Высокотемпературное декорирование	1350 – 1420	2 – 4 ч
Туннельная печь скоростного обжига (салазки или обжиговый стол)	Внутриглазурное декорирование	1200 – 1280	60 – 90 мин
Роликовая печь со специальными роликами	Внутриглазурное декорирование	1200	60 – 90 мин
Печь с выкатным подом	Подглазурное декорирование	1370 – 1420	18 – 30 ч
Туннельная печь с вагонетками	Подглазурное декорирование	1370 – 1420	18 – 30 ч
Туннельная печь с обжиговым столом	Подглазурное декорирование	1370 – 1420	12 – 16 ч
Туннельная печь скоростного обжига (салазки или обжиговый стол)	Подглазурное декорирование	1370 – 1420	3 – 4 ч
Роликовая печь со специальными роликами	Подглазурное декорирование	1350	2 – 4 ч

По другому, сравнительно редко применяемому способу, хозяйственно-бытовую керамику изготавливают в однократном обжиге. Такой способ подходит для производства недекорированных изделий, а также при нанесении декора перед глазурованием. Обжиг ведут в печах с выкатным подом при температуре 1260 °С в течение 20 ч, Изделия, декорированные

золотом, платиной и другими металлическими красками, обжигают при более низкой температуре (890 °С) [17, Burkart, 2004] [22, SYKE, 2004].

В технологии хозяйственно-бытовой керамики обогрев печей различных типов ведут преимущественно природным и сжиженным газом, мазут ЕL и другое подобное топливо используют редко.

2.3.6.6. Послеобжиговая обработка

После декорирования и прохождения контроля качества изделия сортируют. Для повышения гладкости поверхности проводят ее мокрую шлифовку и полировку. Определенные виды изделий предварительно упаковывают механически, затем их вручную собирают в наборы и упаковывают. На современных предприятиях перемещение полуфабрикатов между стадиями формования, сушки, обжига и послеобжиговой обработки осуществляется роботами.

2.3.6.7. Входные и выходные потоки в производстве хозяйственно-бытовой керамики

Основные входные и выходные потоки в технологии хозяйственно-бытовой керамики представлены на рисунке [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.23. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ КЕРАМИКИ

2.3.7. Санитарно-технические изделия

Основные переделы в технологии санитарно-технических изделий - это хранение сырьевых материалов, подготовка сырья, формование, сушка и глазурирование, обжиг и послеобжиговая обработка. Ниже показана схема производства санитарно-технических изделий [4, УВА, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

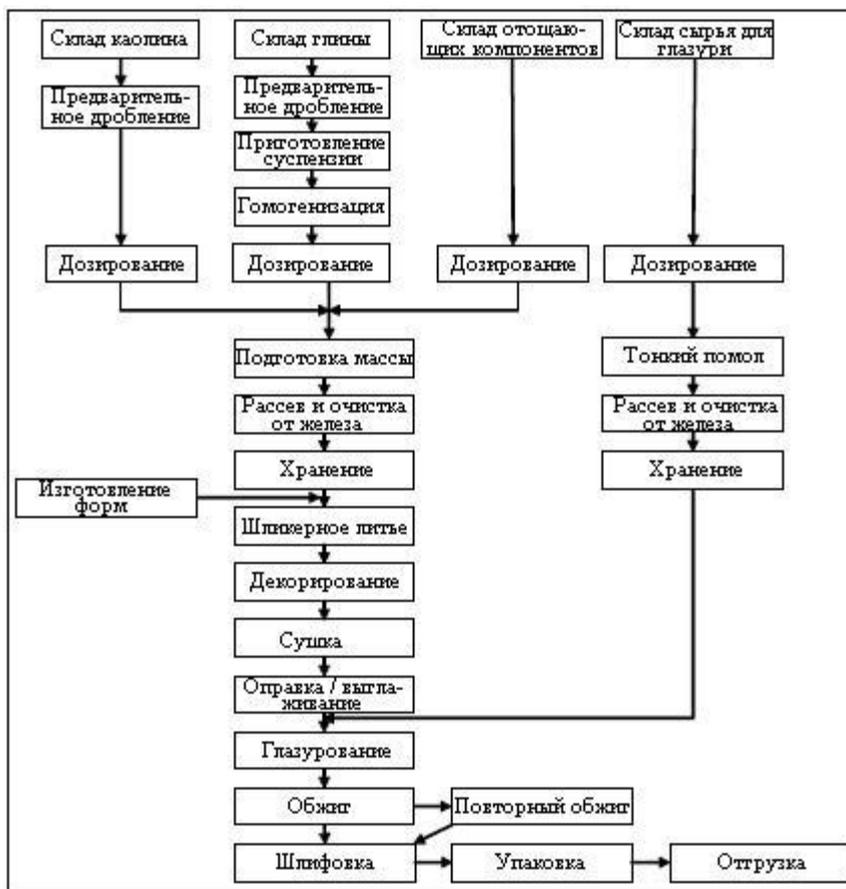


РИС. 2.24. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2.3.7.1. Сырье

Сырьевыми материалами служат каолин, глины, кварц, полевой шпат и карбонат кальция. Типовой состав шихты таков (%): 40 – 50 каолина и глины, 20 – 30 кварца, 20 – 30 полевого шпата и 0 – 3 карбоната кальция. Каолин хранят в кусках максимальной влажностью до 15 %. Отощающие (кварц, полевой шпат) измельчают и используют при влагосодержании не более 1 %. Сырьевые материалы хранят в силосах или боксах для устранения любых атмосферных воздействий.

2.3.7.2. Подготовка исходных материалов

Подготовку массы для санитарно-технических изделий ведут преимущественно по мокрому способу. Каолин и глину дробят в зубчатых валковых дробилках или в аналогичных установках. Затем размер частиц материала путем тонкого измельчения доводят до 5 мм, после чего полученную массу затворяют водой. Примеси удаляют из шликера процеживанием через сита. Далее шликер гомогенизируют в бассейнах при медленном перемешивании. В состав шликера вводят электролиты, непластичные компоненты дозируют по весу.

Эта схема подготовки сырья реализуется не всеми производителями керамики. Зачастую на предприятии происходит только составление шихты и непосредственное приготовление шликера в мельницах-мешалках [23, TWG Ceramics, 2005].

Выдержка шликера в бассейнах при перемешивании в течение нескольких дней улучшает его литьевые характеристики. Для повышения устойчивости и снижения влагосодержания в шликер вводят разжижители и стабилизаторы – соду, жидкое стекло, каустик, поташ, гуминовую кислоту. Компоненты глазури дозируют, смешивают и измельчают в шаровых (периодического действия) либо в горизонтальных или кольцевых мельницах (непрерывных). Связки (карбоксиметилцеллюлоза, полиамин), вводимые в глазурь после помола, способствуют ее сцеплению с поверхностью. Чтобы избежать окрашивания изделий, магнитные примеси удаляют из массы и из глазури при помощи постоянных магнитов.

2.3.7.3. Формование

На сегодняшний день для производства основной массы керамических изделий по-прежнему служат гипсовые формы, хотя делаются шаги в направлении внедрения формования в пористых полимерных формах. Шликерное литье обычно осуществляют в гипсовые формы. Вода удаляется из шликера через поры в гипсе и происходит набор заготовки, продолжительность которого можно уменьшить путем приложения давления. Сложные санитарно-технические изделия формуют сливным способом. Параллельно, наливным способом, выполняют дополнительные элементы, которые затем соединяют с основной заготовкой и придают изделию окончательный облик. После того, как изделие достают из формы, его зачищают и подвергают дальнейшей обработке. Процессы перемещения и обработки заготовок в основном автоматизированы.

Заготовки санитарно-технических изделий все чаще формуют при помощи литьевых машин с составными полимерными формами в сочетании с приложением давления. В зависимости от вида изделия формы могут состоять из 4 или 5 деталей. При давлении до 3 МПа продолжительность набора черепка снижается, так, цикл формования унитаза занимает 5 – 8 мин. Оправку и декорирование осуществляют, пока изделия находятся в формах. Преимущества полимерных форм перед гипсовыми – легкость их очистки и большая продолжительность службы.

2.3.7.4. Сушка и глазурирование

Сушку заготовок ведут в два этапа. После достижения кожетвердого состояния изделия оправляют и выглаживают. Затем изделия досушивают до остаточной влажности менее 1 %. Изделия сушат в туннельных или камерных сушилках. На обоих этапах процесса возможно применение туннельных СВЧ-сушилок. В таблице приведены примерные технические характеристики сушилок периодического действия [4, UBA, 2001], [21, Almeida, 2004].

Таблица 2.21. Техничко-эксплуатационные данные сушилок периодического действия (камерных сушилок)

Камерные сушилки	Единицы измерения	Унитазы и раковины
Производительность	т/цикл	4 – 45
Объем сушильной камеры	м ³	30 – 375
Плотность садки	кг/м ³	30 – 200
Температура сушки	°С	60 – 90
Продолжительность сушки	ч	8 – 20
Удельное энергопотребление	кДж/кг	300 – 1400
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	2000 – 20000
Производительность	т/цикл	60 – 150

После окончательной сушки заготовки тщательно осматривают, поверхность очищают от пыли и инородных частиц. Глазурь на поверхность изделий наносят распылением при помощи глазурировочных автоматов или вручную. Толщина покрытия составляет 0,3 - 0,5 мм в зависимости от цвета заготовки и содержания глушителей в глазури. Распыление в электромагнитном поле повышает качество глазурного покрытия.

2.3.7.5. Обжиг

Санитарно-технические изделия обжигают в туннельных и роликовых печах при температуре 1250 – 1290 °С в окислительной среде. При малых объемах производства более удобны печи периодического действия, в частности, с выкатным подом, использование которых дает возможность вести и изменять режим обжига изделий короткими циклами. Технические характеристики печей для производства санитарно-технической продукции приведены в табл. 2.22 и 2.23 [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 2.22. Техничко-эксплуатационные данные туннельных печей

Туннельная печь	Единицы измерения	Санитарно-технические изделия
Производительность	т/ч	1,5 – 2,0
Длина печи	м	70 – 110
Поперечное сечение	м ²	1,5 – 2,5
Плотность садки	кг/м ³	100 – 150
Температура обжига	°С	1250 – 1290
Удельное энергопотребление	кДж/кг	8300
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	12000

Температура дымовых газов	°С	150 – 550
---------------------------	----	-----------

Таблица 2.23. Техничко-эксплуатационные данные печей с выкатным подом

Печь с выкатным подом	Единицы измерения	Санитарно-технические изделия
Производительность	т/цикл	5 – 15
Объем камеры	м ³	50 – 150
Плотность садки	кг/м ³	100
Температура обжига	°С	1210 – 1250
Удельное энергопотребление	кДж/кг	8300 – 11300
Объемный расход дымовых газов	м ³ /ч	до 50000
Температура дымовых газов	°С	150 – 550

Для обогрева печей различных типов при производстве санитарно-технических изделий в основном используют природный и сжиженный газ, мазут EL и тяжелый мазут применяют редко. Отходы производства включают бой обожженных изделий и огнеупоры. В бой отправляют некондиционные изделия после стадии обжига, огнеупорные отходы представляют собой обломки футеровки печи, бой огнеприпаса, детали вагонеток.

2.3.7.6. Послеобжиговая обработка

После окончательной сортировки монтажные поверхности подвергают мокрой шлифовке и полировке. В некоторых случаях в унитазах и бачках монтируют фитинги, после чего изделия упаковывают и готовят к отправке.

2.3.7.7. Входные и выходные потоки в производстве санитарно-технических изделий

Наиболее важные входные и выходные потоки в технологии санитарно-технических изделий показаны ниже [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

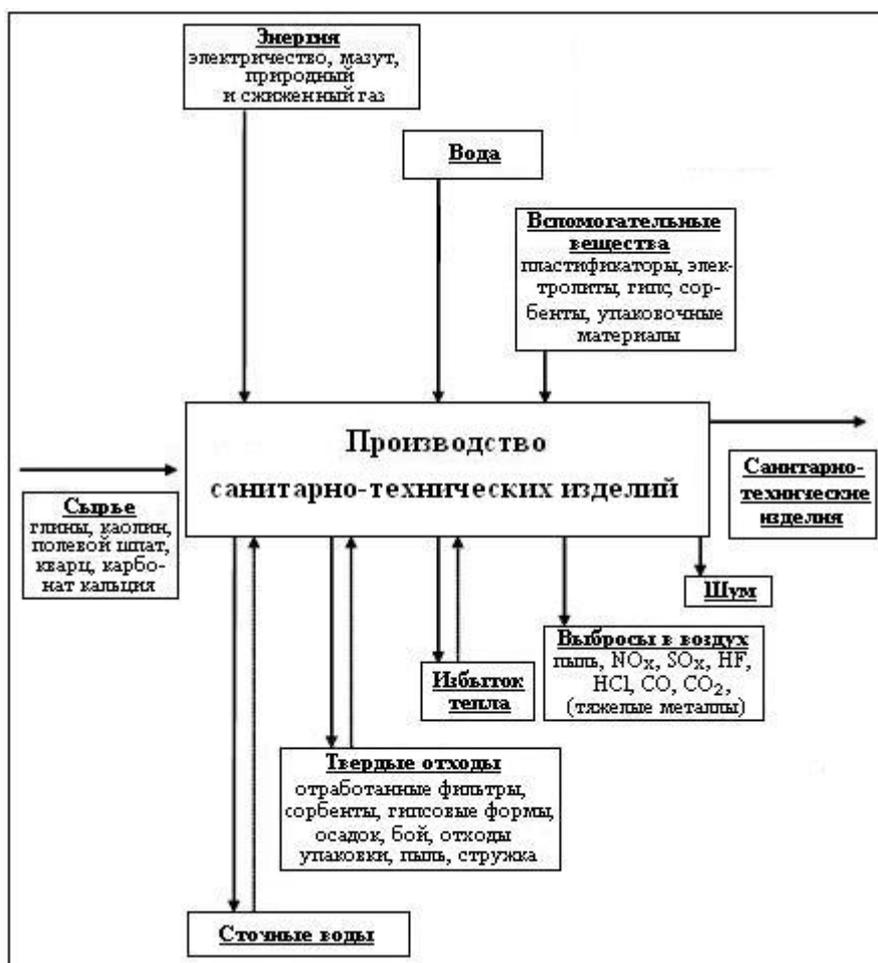


РИС. 2.25. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2.3.8. Техническая керамика

Сырьем для производства технической керамики служат не только глины, но и искусственные материалы. Как и в других отраслях производства керамических изделий, изделия обжигают в печах, работающих преимущественно на природном газе либо на электричестве.

Ассортимент изделий технической керамики крайне широк, при ее изготовлении применяют разнообразные технологические приемы, поэтому предложить общую схему технологического процесса весьма затруднительно. Впрочем, процесс производства технической керамики может быть рассмотрен на конкретных примерах. Ниже приведена схема процесса изготовления изоляторов [1, BMLFUW, 2003].

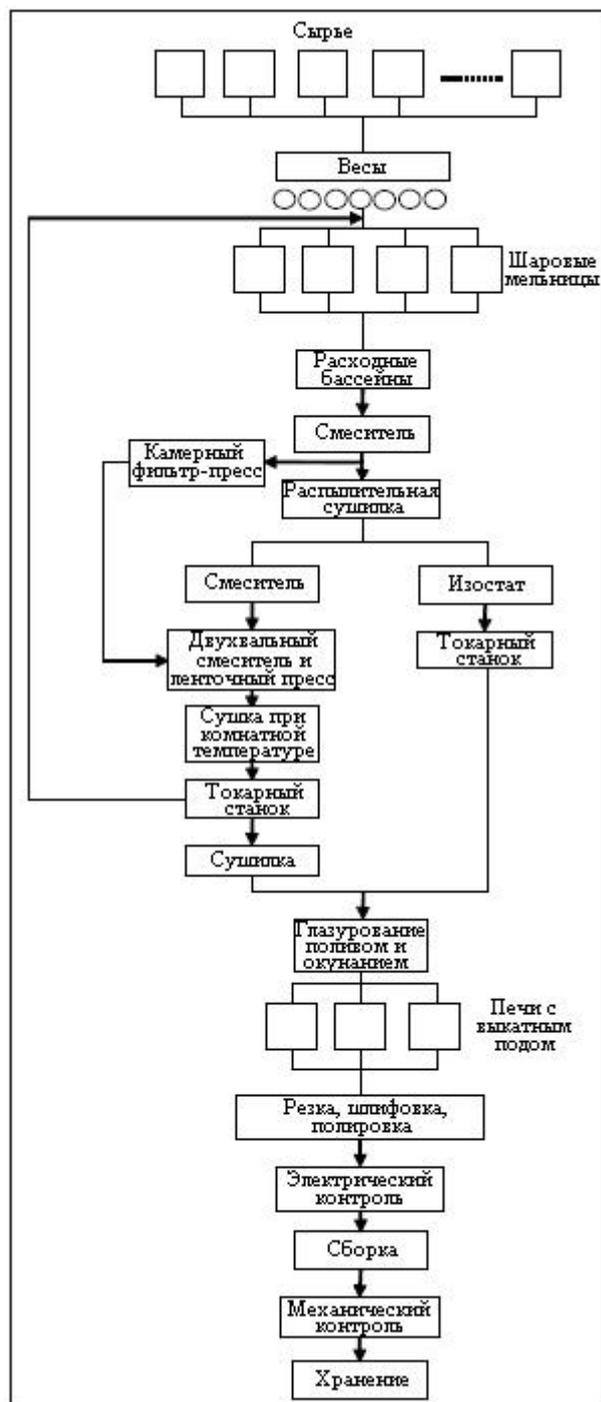


РИС. 2.26. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯТОРОВ

На рисунке показан процесс изготовления керамических носителей катализаторов [1, BMLFUW, 2003].

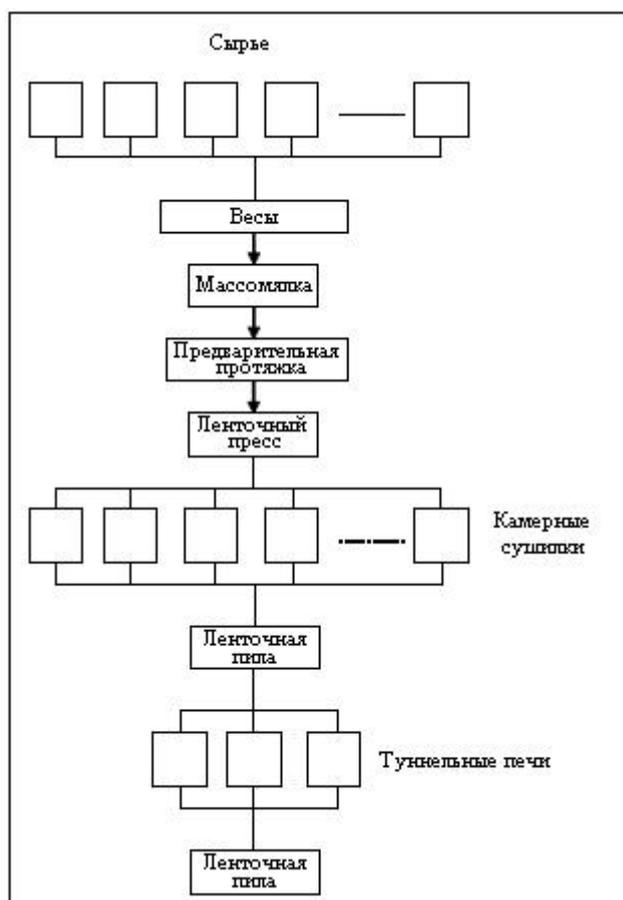


РИС. 2.27. СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ

2.3.8.1. Сырье

Техническую керамику, в состав которой глина может входить в малых количествах или не входить вовсе, изготавливают из оксидов, карбидов, нитридов и боридов Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr и других металлов. Типичными примерами сырьевых материалов для технической керамики могут стать Al_2O_3 (глинозем), MgO (периклаз или высокоожженный оксид магния), SiC (карбид кремния), TiN (нитрид титана), WB_2 (борид вольфрама) [8, Ullmann's, 2001].

Тем не менее, пластичные глины (каолин), полевошпат и кварц также применяют в качестве сырьевых материалов, в частности, для изготовления изоляторов [1, BMLFUW, 2003].

Кроме этого, важную роль играют вспомогательные вещества – спекающие добавки (неорганические) и вещества (обычно органические), которые вводят в массу для улучшения формуемости: разжижители, пластификаторы, связки [24, VKI-Germany, 2004].

2.3.8.2. Подготовка исходных материалов

В технологии технической керамики существует два варианта подготовки сырьевых материалов:

а) Производитель закупает необходимое сырье и самостоятельно выполняет все действия по его подготовке. Для различных процессов формования необходимы специфические виды формовочных масс:

- для прессования – гранулят;
- для пластического формования (протяжки) – пластичная масса;
- для литья – шликеры.

б) производитель приобретает подготовленный полуфабрикат и сразу приступает к приготовлению шихты или формованию [24, VKI-Germany, 2004].

При производстве технической керамики зачастую необходимо сначала перевести исходное сырье в промежуточные соединения, которые, в свою очередь, очищают от примесей и химическим путем превращают в конечный продукт. Изготовление некоторых видов технической керамики требует синтезировать специальные порошки, с этой целью предложен целый ряд химических способов их получения. Такие способы синтеза, как золь-гель метод, позволяют обойти стадию получения порошка.

Чтобы удовлетворить требованиям к прочности и качеству поверхности, особенно при изготовлении мелких деталей, необходимы тонкозернистые порошки, поэтому одно из направлений производства технической керамики - получение высокодисперсных, желателно сферических порошков монофракционного состава. Такие порошки, как правило, готовят методами коллоидной химии. Нитриды и карбиды получают путем контролируемого выращивания кристаллов в газофазных реакциях. Впрочем, большинство видов технической керамики изготавливают из субмикронных порошков с широким распределением частиц по размерам [8, Ullmann's, 2001].

Определенные виды сырья для их использования в процессе производства следует предварительно прокалить («пережигать») при высоких температурах. Более подробную информацию см. в разделе 2.2.2.8.

При изготовлении технической керамики также применяют распылительную сушку. Водные суспензии сырьевых материалов после помола в шаровой мельнице (содержание твердой фазы порядка 60 - 70 %) под давлением распыляют в виде мелких капель в потоке горячего воздуха. При высыхании капель образуются более или менее сферические полые гранулы с высокой степенью однородности, влажность которых, как правило, составляет 5,5 - 7 %. Подобный пресс-порошок имеет высокую текучесть, что облегчает равномерное заполнение пресс-форм и прессование изделий [3, CERAME-UNIE, 2003].

Следует отметить, что хотя искусственные материалы (например, карбид кремния), прокаленное

сырье, а также пресс-порошки выпускаются специализированными производителями, их приходится подвергать измельчению.

Для формования изделий в технологии технической керамики применяют не только пресс-порошок, но и пластичную массу, особенно если в качестве сырья используют пластичные глины (например, при производстве электрофарфора и керамических носителей катализаторов) [1, BMLFUW, 2003]. Пластическую массу получают обезвоживанием тонкомолотой суспензии на барабанных фильтрах или фильтр-прессах до остаточного влагосодержания 20 - 25 %.

Также для изготовления изделий применяют сырьевые материалы в виде литьевого шликера, получаемого по мокрому способу. Пользуясь покупным сырьем, производители керамики выполняют только составление шихт и приготовление шликера в мельницах-мешалках [23, TWG Ceramics, 2005].

2.3.8.3. Формование

Методы формования технической керамики можно объединить в следующие группы [24, VKI-Germany, 2004]:

- прессование (содержание временной технологической связки 0 – 15 %; сюда входит сухое, изостатическое, полусухое и пластическое (мокрое) прессование);
- пластическое формование (содержание временной технологической связки 15 – 25 %; протяжка);
- литье (содержание временной технологической связки > 25 %; включает инжекторное формование, шликерное и пленочное литье).

Сухое прессование

Этим способом формуют продукцию массового производства, к которой предъявляются высокие требования к точности. Рыхло агрегированные порошки сжимают в стальных формах, сконструированных под конкретное изделие. Высокая стоимость форм (изготавливаемых, в том числе, из твердых сплавов) компенсируется большими объемами производства.

Сухое прессование - наиболее экономичный способ выпуска больших партий продукции, который позволяет формировать изделия как простой, так и сложной формы. Выполнение углублений и отверстий, как правило, возможно только в направлении прессования. Различные конструкции прессов дают возможность изготавливать изделия габаритами от плитки до спичечной головки. Прессованные диски и пластинки могут иметь толщину 0,8 - 1,0 мм. Если гранулы обладают достаточной сыпучестью для равномерного заполнения тонких канавок, то при наличии соответствующей оснастки методом сухого прессования можно изготавливать изделия с узкими

выступами и иными подобными элементами.

Изостатическое прессование

Данный способ удобен, когда требуется всестороннее обжатие заготовок или крупных деталей, обрабатываемых в необожженном состоянии. Для изготовления технической керамики высокого качества необходимо равномерное уплотнение массы, добиться которого можно путем приложения одинакового давления ко всем поверхностям заготовки. Резиновые или полиуретановые формы заполняют пресс-порошком и помещают в наполненный жидкостью сосуд. К жидкости прикладывают высокое давление, после чего заготовки вынимают из форм.

Изостатическим прессованием формуют единичные прототипы и малые партии изделий, существуют производства, где данный метод формования полностью автоматизирован (свечи зажигания, мелющие тела, небольшие клапаны, сварочные форсунки).

Полусухое прессование

Данный способ позволяет формировать изделия сложной формы - с винтовой нарезкой, пазами, выточками. Содержание связки в массе обычно составляет 10 - 15 %, и при одноосном сжатии такой материал обладает свободной текучестью, что обеспечивает сравнительно однородное его уплотнение. Недостаток этого метода заключается в том, что к пластичным массам нельзя прикладывать высокие давления. Это также означает, что степень сжатия ограничена, сильно зависит от влажности необожженного материала и ниже, чем при сухом прессовании.

Кроме того, в ряде случаев необходимо сушить прессовки перед обжигом, на чем основаны средние допуски по DIN 40680-1.

Пластическое формование (протяжка)

Для пластического формования применяют поршневые или вакуумные винтовые прессы. Массе для пластического формования, например, для изготовления изоляторов (содержание связки 20 – 25 %, для высоковольтных – 19 – 23 %) в прессе придают необходимую форму, далее массу нарезают на куски и проводят окончательное формование на токарном станке [1, BMLFUW, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Метод пластического формования позволяет изготавливать и другие осесимметричные изделия (валы, трубы). Применяя соответствующие фильеры, можно изготавливать изделия сложной формы. Длина заготовок в значительной степени определяется склонностью отформованного материала к деформации.

Инжекционное формование

Этот способ формования применяют для массового производства изделий сложной формы. Его ограничения заключаются в сравнительно высокой себестоимости и необходимости выжигать комплексные органические связки. Пропускная способность («разовый выход») больших литьевых машин обычно составляет порядка 70 г. Желательно, чтобы форма детали обеспечивала равномерную толщину стенок, по высоте изделия могут достигать 12 мм.

Шликерное литье

Шликерное литье - простой способ изготовления прототипов, изделий сложной формы или относительно большого размера, который дает возможность формовать как тонкостенные, так и плотные заготовки. В рамках данного метода керамический шликер, представляющий собой устойчивую суспензию, заливают в пористые гипсовые формы. Происходит удаление дисперсионной среды, и на поверхности формы оседает слой частиц. Из таких слоев затем формируется плотная заготовка. При литье тонкостенных заготовок после набора требуемой толщины черепка излишек шликера сливают.

Пленочное литье

В рамках этого метода шликер с различными органическими добавками льют из резервуара на бесконечную стальную ленту сквозь щель регулируемой высоты. Противотоком подают горячий воздух, за счет чего происходит подсушивание массы. На выходе снимают гибкую керамическую пленку, которую затем можно сворачивать в рулоны для хранения и использования, либо сразу подвергать обработке резанием, штампованием, пробивать отверстия и т. д. Пленочным литьем обычно формуют детали толщиной 0,25 - 1,0 мм для подложек, корпусов, конденсаторов, многослойных преобразователей.

2.3.8.4. Механическая обработка

В технологии технической керамики выделяют дообжиговую, промежуточную (после предварительного обжига или удаления связки) и окончательную обработку (после обжига / спекания), как показано на схеме [24, VKI-Germany, 2004].



РИС. 2.28. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕОБОЖЖЕННЫХ, ПРОКАЛЕННЫХ И СПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Дообжиговой обработке подвергают высушенные заготовки, содержащие органические связующие. Такой способ удобен при выпуске единичных или мелких партий изделий. Также его применяют при больших объемах производства, если выбранный метод формования не позволяет изготовить изделия требуемой геометрии, (например, выполнить отверстия поперек направления приложения усилия при сухом прессовании).

Промежуточную обработку осуществляют на предварительно обожженных заготовках, из которых удалена органическая связка. Прочность изделия зависит от режима термообработки. Таким способом можно при использовании обычного керамического или алмазного режущего инструмента добиться высоких скоростей съема материала без существенного износа оборудования. Промежуточную обработку применяют как при выпуске единичных изделий, так и при массовом производстве.

Окончательной обработке подвергают полностью спекшиеся изделия, размеры которых максимально приближены к заданным при формовании, дообжиговой и промежуточной обработке. При окончательной обработке с изделий удаляют материал, чтобы добиться точного соответствия допускам по размеру. Чтобы удовлетворить жестким требованиям к геометрии и качеству поверхности, для обработки керамики практически исключительно применяют современные алмазные инструменты (на связке или в виде паст).

2.3.8.5. Глазурование, ангобирование и металлизация

Глазурование и ангобирование

Глазурь делает поверхность изделий гладкой и внешне более привлекательной, но, что гораздо важнее, нанесение глазури позволяет заметно улучшить многие технологические характеристики керамики (электрофизические свойства, механическую прочность, химическую стойкость и т. д.).

Смешением красителей - оксидов металлов - можно получать глазури разных цветов. Повышение прочности возможно при тщательном подборе термических коэффициентов линейного расширения глазури и керамической основы. Небольшие напряжения сжатия в глазурном слое повышают прочность готового изделия, растягивающие напряжения приводят к нежелательному снижению прочности.

В отличие от глазури, слой ангоба пористый и практически не содержит стекловидной фазы. Как правило, в состав ангоба входят огнеупорные оксиды (Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , ZrO_2) и их смеси или тугоплавкие минералы - муллит, шпинель, силикат циркония или даже глина и каолин. Ангобы применяют при конструировании печей для защиты поверхности керамики от механического или коррозионного воздействия. Покрытия из ангоба на огнеприпасах (капселях, балках, подставках), препятствуют как взаимодействию с обжигаемыми изделиями, так и их прилипанию за счет растекания глазури [24, VKI-Germany, 2004]

Тонкий слой глазури или ангоба наносят на изделия методом окунания или распыления, валиком либо кистью.

Металлизация

Некоторые виды технической керамики металлизуют. В качестве материалов подложек обычно выступают оксид и нитрид алюминия. Металлизация, которая подходит для пайки твердым или мягким припоем, имеет в основе слой вольфрама толщиной не менее 6 мкм, наносимый методом трафаретной печати, поверх которого неэлектролитическим методом наносят слой никеля толщиной более 2 мкм для лучшего смачивания припоем. Для защиты от коррозии наносят слой золота толщиной около 1 мкм, который, кроме того, способствует упрочнению никелевого слоя. При пайке мягким припоем дополнительно также наносят слой олова [24, VKI-Germany, 2004].

2.3.8.6. Сушка, удаление связки и предварительный обжиг

Сушка

Выбор сушилки определяется исходными материалами и принятым технологическим процессом, который специально разрабатывают для получения изделий с заданными характеристиками. Как правило, применяют камерные сушилки, особенно если объемы производства невелики.

Удаление связки

Необожженные заготовки из пластичной массы обычно имеют достаточную прочность, однако ее можно повысить путем введения органических добавок. Если же материал непластичен, введение таких добавок становится обязательным. Удаление пластификаторов, связующих и иных

органических компонентов без разрушения заготовок и с воспроизводимыми результатами требует тщательного подбора температуры, давления, продолжительности термообработки и газовой среды.

Один из способов выжиги связки - карбонизация или «коксование», например, для SiC. В этом случае органические составляющие коксуют до углерода, который при помощи введенных в массу реагентов в ходе спекания встраивается в керамическую матрицу. После сушки и удаления связки либо карбонизации сцепление частиц в материале происходит только за счет слабых когезионных сил, поэтому заготовки на последующих этапах технологического процесса требуют крайне бережного обращения, а стадии сушки, выжигания связки и обжига / спекания по возможности стараются объединять [24, VKI-Germany, 2004].

Предварительный обжиг

Чтобы уменьшить риск разрушения изделия и обеспечить возможность его промежуточной обработки, отформованные заготовки упрочняют путем предварительного обжига, усадка в котором сравнительно невелика. Тщательный контроль технологических параметров обеспечивает воспроизводимость величины прочности и усадки [24, VKI-Germany, 2004].

2.3.8.7. Обжиг / спекание

Выбор печи для обжига также определяется видом исходного материала и применяемой технологией. При небольших объемах производства используют печи периодического действия, в частности, печи с выкатным подом, которые дают возможность, используя короткий цикл обжига, изменять его режим.

Типичные температуры спекания технической керамики приведены в таблице [24, VKI-Germany, 2004].

Таблица 2.24. Температуры спекания материалов технической керамики

Техническая керамика	Температура спекания (°С)
Высокоглиноземистый фарфор	Около 1250
Кварцевая керамика	Около 1300
Стеатит	Около 1300
Кордиерит	1250 – 1350
Оксид алюминия	1600 – 1800
Рекристаллизованный карбид кремния	2300 – 2500
Спеченный карбид кремния	Около 1900
Нитрид кремния	Около 1700

Энергозатраты на обжиг увеличиваются непропорционально росту температуры. Огнеприпас для установки садки в печи изготавливают из материала с высокой огнеупорностью. Некоторые виды

керамических материалов обжигают при помощи специальных приемов термообработки [24, VKI-Germany, 2004]:

Горячее прессование (ГП)

Горячее прессование, которое дает возможность получать изделия с плотностью, близкой к теоретической, - это процесс спекания с приложением одноосного давления.

Горячее изостатическое прессование (ГИП)

Горячим изостатическим прессованием в газостатах путем приложения давления до 3000 бар и температуры до 2000 °С (обычно в стеклянных ампулах) получают мелкие изделия с теоретической плотностью.

В качестве примера обжига технической керамики в больших печах с выкатным подом можно привести производство изоляторов по модулированному тепловому режиму (объем печи 100 м³, плотность садки 260 кг/м³, температура обжига до 1300 °С, продолжительность обжига, включая стадию охлаждения – 80 – 105 ч) с обогревом печи природным газом [1, BMLFUW, 2003].

Другим примером может служить производство огнеприпаса [17, Burkart, 2004]:

- Н-образные кассеты изготавливают из специальных огнеупорных глин и обжигают в печах с выкатным подом на природном газе (объем печи 12 м³, плотность садки не выше 300 кг/м³) при температуре 1360 - 1390 °С. Эти изделия применяют в качестве оснастки при производстве черепицы.
- оснастку из SiC формируют из порошка SiC на органической связке и обжигают в индукционных печах с выкатным подом (плотность садки не более 300 кг/м³) при температуре 2000 - 2500 °С в среде водорода / азота. Такой огнеприпас используют в различных технологиях, в частности, при скоростном обжиге глазурованной фарфоровой плитки.

Тем не менее, в технологии технической керамики также применяют туннельные печи, в качестве примера их использования можно привести обжиг керамических катализаторов в печи длиной 63 м и производительностью 0,76 м³/ч при максимальной температуре 650 °С [1, BMLFUW, 2003].

2.3.8.8. Послеобжиговая обработка

При производстве различных видов технической керамики может потребоваться послеобжиговая обработка (резка, распил, шлифовка, полировка, сборка с другими деталями). Подробнее об этом, в частности о послеобжиговой машинной обработке, см раздел 2.3.8.4. Изделия проходят

заключительный контроль качества, после чего их сортируют и упаковывают.

2.3.8.9. Входные и выходные потоки в производстве технической керамики

Ключевые входные и выходные потоки в технологии технической керамики приведены на рисунке [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004].

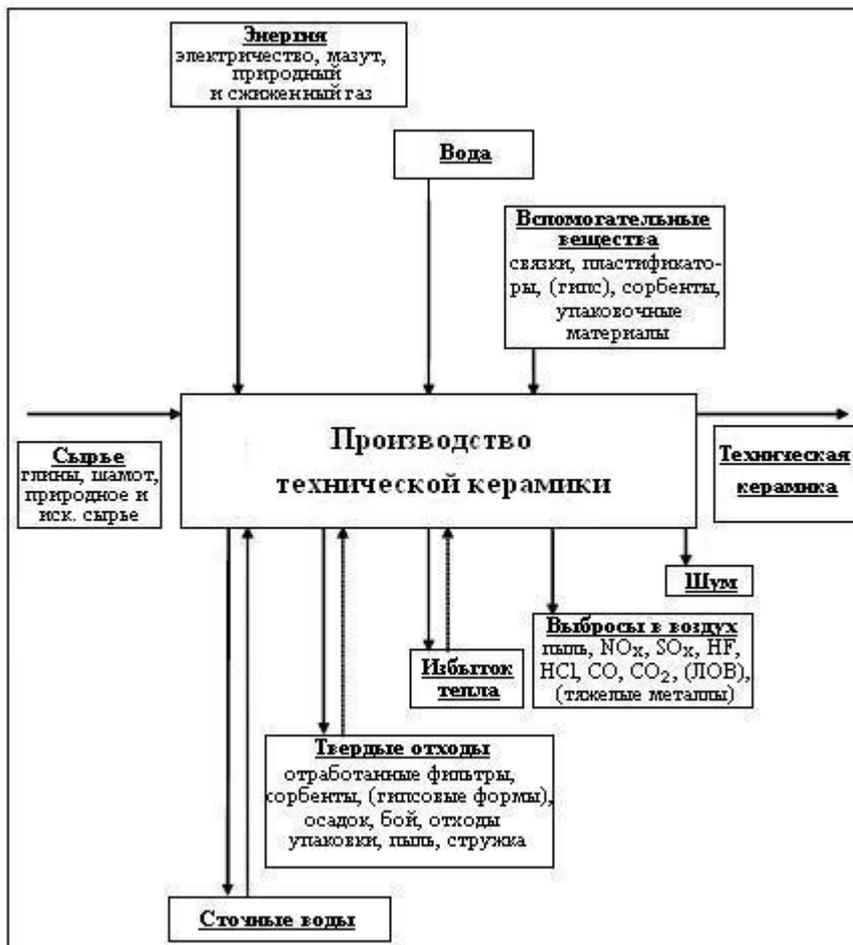


РИС. 2.29. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

2.3.9. Абразивы на неорганической связке

2.3.9.1. Сырье

Абразивы на неорганической связке представляют собой зерна абразивного материала, связующее и некоторые добавки, которые смешивают, затем из полученной массы формуют изделия, сушат их и обжигают [14, УВА, 2004].

Наиболее широко в качестве абразивных материалов применяют плавленный оксид алюминия, корунд, черный и зеленый карбид кремния, также используют кубический нитрид бора (КНБ) и алмаз.

Связующее обычно включает следующие компоненты:

- полевой шпат;
- силикаты;
- кварц;
- фритты (стекла определенного состава);
- каолин (белую глину);
- глину;
- нефелин;
- пигменты.

Состав абразивов зависит от их назначения, соответственно, возможно применение связующего из чистой фритты без иных добавок или специальных связующих с заданным термическим коэффициентом расширения и/или температурой плавления. Изделия окрашивают путем добавления красящих оксидов металлов, стекол или пигментов.

В технологическом процессе для получения необходимых свойств и формы изделий применяют вспомогательные вещества, которые могут не входить в состав конечного продукта.

Временные технологические связки служат для того, чтобы смесь абразивного материала и связующего сохраняла форму до обжига. С этой целью используют водорастворимые клеящие вещества, эмульсии восков, модифицированный крахмал (декстрин), полиоксиэтиленовые производные, лигносульфонаты, высокомолекулярные продукты мочевиноформальдегидной конденсации, синтетические смолы и т. д.

Порообразователи вводят в состав массы для создания в абразиве определенной поровой структуры. В процессе сушки или обжига эти компоненты испаряются, сублимируются, деполимеризуются или выгорают. Для разных изделий применяют различные порообразователи, в частности, нафталин и другие выгорающие добавки.

2.3.9.2. Подготовка сырьевых материалов

Первая стадия процесса производства абразивов на неорганической связке – весовое дозирование и смешивание компонентов (например, в горизонтальном смесителе) согласно рецептуре.

2.3.9.3. Формование

При изготовлении абразивов заготовки механически обжимают в гидравлических или эксцентриковых прессах при давлении до 2500 МПа до заданной удельной плотности в соответствии с требованиями к форме и массе изделия [14, UBA, 2004].

2.3.9.4. Сушка

Отформованные заготовки содержат водорастворимый клей, поэтому требуется их сушка. Изделия сушат в камерных и вакуумных сушилках при температуре 50 – 150 °С. Во избежание растрескивания изделий применяют длительные режимы сушки (до 45 ч), сушилки могут быть оборудованы установками кондиционирования (например, вакуумные сушилки снабжают устройствами контроля влажности) [14, UBA, 2004] [28, Schorcht, 2005].

2.3.9.5. Обжиг

Обжиг абразивов проводят в печах на природном газе или электрических печах непрерывного либо периодического действия. Так, на ряде заводов установлены печи объемом свыше 4 м³ (до 11 м³), температура обжига в которых составляет 850 - 1300 °С, а плотность садки 360 - 1400 кг/м³ [14, UBA, 2004]. Доля стеклообразной составляющей в изделиях может достигать 10 % от общей массы садки. Цикл обжига в зависимости от габаритов изделий занимает от 40 до 120 ч [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

2.3.9.6. Послеобжиговая обработка

После сортировки (определения класса и плотности), абразивы подвергают финишной обработке в соответствии с требованиями заказчика, в частности, на токарных или шлифовальных станках с компьютерным управлением. Окончательный контроль обычно включает проверку небаланса, размеров, кольцевой тест и визуальный осмотр, также определяют соответствие рабочей и предельной скорости стандартам. После этого на изделия наносят стандартную маркировку и упаковывают для отправки потребителю [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

2.3.9.7. Входные и выходные потоки в производстве абразивов на неорганической связке

На рисунке показаны основные входные и выходные потоки в производстве абразивов на неорганической связке [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].



РИС. 2.30. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПОТОКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ АБРАЗИВОВ НА НЕОРГАНИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

3. СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ВЫБРОСОВ, СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ И ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

3.1. Выбросы, сточные воды, отходы – общий анализ

3.1.1. Выбросы вредных веществ в воздух

3.1.1.1. Пыль (твердые частицы)

Переработка глин и другого сырья, особенно сухого, неизбежно ведет к образованию пыли. При сушке (включая распылительную), измельчении (дроблении, помоле), рассеивании, смешении и перемещении сырья происходит выброс тонкодисперсной пыли, что требует установки пылеуловителей. Некоторое количество пыли также выделяется при декорировании и обжиге, а также в ходе финишной обработки обожженных изделий. В количественном выражении, пыль – одно из основных загрязняющих веществ в технологии керамики.

3.1.1.2. Газообразные выбросы

Газообразные соединения выделяются из сырьевых материалов в ходе сушки, прокаливания и обжига, а также при сжигании топлива. Типичным газообразным загрязняющим веществом в технологии керамики является фтор. Основные виды газообразных выбросов в производстве керамических изделий перечислены в разделах 3.1.1.2.1 - 3.1.1.2.7:

3.1.1.2.1. Диоксид и другие соединения серы

Концентрация SO_x (преимущественно SO_2) в дымовых газах тесно связана с содержанием серы в исходном сырье и в топливе. В керамических материалах сера может присутствовать в форме пирита (FeS_2), гипса и других сульфатов, а также органических серосодержащих соединений. В газообразном топливе сера практически отсутствует, однако ее оксиды образуются при сгорании твердого топлива и мазутов.

Следует отметить, что присутствующие в сырье основные соединения (например, CaO , образующийся при разложении $CaCO_3$ в процессе обжига) реагируют с оксидами серы и тем самым способствуют снижению их выбросов. Продукты реакции остаются в структуре материала.

3.1.1.2.2. Оксиды и другие соединения азота

NO_x в основном выделяются при термическом «связывании» азота и кислорода в воздухе, подаваемом для горения топлива. Протеканию этой реакции способствуют повышенные температуры (особенно > 1200 °С) и избыток кислорода. Также реакция связывания может протекать в горячей зоне факела, даже если температура в печи ниже 1200 °С.

При сгорании соединений азота, содержащихся в топливе (как правило, в твердом и жидком) и в органических добавках, образование NO_x происходит при более низких температурах.

3.1.1.2.3. Монооксид (и диоксид) углерода

Монооксид углерода (СО) выделяется при сгорании органических веществ, присутствующих в керамике, особенно в условиях недостатка кислорода. Он также образуется по реакции между «связанным углеродом» в керамике и диоксидом углерода (СО₂), выделяющемся при термическом разложении карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов (кальция, магния) в процессе обжига:

- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$

(Диоксид углерода образуется по тому же механизму и является основным оксидом углерода при сжигании ископаемого горючего).

3.1.1.2.4. Летучие органические соединения (ЛОС)

Органические вещества могут присутствовать как непосредственно в сырье, так и входить в состав материала в виде различных вспомогательных веществ: связующих, порообразователей, осушителей, адгезивов, термических и выгорающих добавок.

На начальной стадии термообработки протекает карбонизация органических соединений, сопровождаемая выбросом широкого спектра ЛОС.

3.1.1.2.5. Металлы и их соединения

Содержание тяжелых металлов в большинстве видов керамического сырья невелико, поэтому особых трудностей с выбросами не возникает. Исключение составляют керамические пигменты и глазури, однако в настоящее время в практике используются устойчивые при высоких температурах и не взаимодействующие с силикатными системами окрашенные соединения («красители»), в которых оксиды металлов входят в прочную кристаллическую структуру типа шпинели или циркона [23, TWG Ceramics, 2005]. Такие глазури обжигают по скоростному режиму,

чтобы свести к минимуму улетучивание компонентов.

В тяжелых мазутах и в твердом топливе могут присутствовать следы никеля и ванадия, однако, согласно результатам исследований происходит поглощение этих элементов керамикой в процессе обжига.

3.1.1.2.6. Хлор и его соединения

В большинстве видов глин, в частности, морского образования, присутствуют следы хлора. Также источниками хлороводородной кислоты (HCl) могут стать добавки или хлорированная вода (содержание Cl в воде, используемой при массоподготовке, может достигать 50 - 100 мг/л и выше) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Разложение хлорсодержащих минеральных солей при температурах выше 850 °С и хлорорганических соединений в интервале температур 450 – 550 °С в процессе обжига приводит к обогащению хлороводородом дымовых газов [25, Voland, 2004].

3.1.1.2.7. Фтор и его соединения

Практически все природные сырьевые материалы содержат небольшие количества фтора, который легко замещает OH-группы в глинах и гидратных минералах. Выделение фтороводородной кислоты (HF) при разложении фторосиликатов в составе глин протекает двумя возможными путями:

- в результате непосредственного разложения фтористых минералов, температура которого сильно зависит от типа глины (550 °С и выше для смектита, 750 °С – для иллита, 600 – 700 °С - для апатита);
- в результате разложения CaF₂ при температуре выше 900 °С, протеканию этой реакции способствует присутствие паров воды [23, TWG Ceramics, 2005], [25, Voland, 2004].

В связи с этим наличие воды в газовой среде печи (например, как продукта сгорания топлива) играет важную роль в образовании HF. Механизм этой реакции таков:

- минерал-F + H₂O → минерал-OH + HF (1) (выделение HF при гидролизе фторсодержащих минералов)
- 2HF + CaO → CaF₂ + H₂O (2) (резорбция HF)
- CaF₂ + H₂O → 2HF + CaO (3).

Реакция (2) протекает при сравнительно невысоких температурах в начале зоны подогрева печи и поясняет, почему присутствие CaCO₃/CaO (известняка / извести) способствует значительному

снижению выбросов HF. Медленный прогрев снижает скорость резорбции, что также уменьшает выделение фтороводорода. Реакция (3) протекает при повышенных температурах ($> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$), если концентрация водяного пара в печи велика [2, VITO, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Концентрация фтора в дымовых газах определяется не только его содержанием в сырье, наличием паров воды, составом материала и режимом обжига. На диффузию H_2O и HF также оказывает влияние плотность и удельная поверхность садки (см. разделы 4.3.3.1 и 4.3.3.2) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

3.1.2. Сточные воды

Вода – один из наиболее важных сырьевых материалов в технологии керамики, однако уровень ее потребления в различных отраслях и в разных технологических процессах неодинаков. Та вода, которую добавляют непосредственно в шихту, не вносит вклада в образование сточных вод, поскольку полностью испаряется на стадиях сушки и обжига. Сточные воды образуются преимущественно при роспуске глины в процессе производства и в результате ее смыва при очистке оборудования. Также сбросы появляются при работе скрубберов мокрой очистки отходящих газов.

Небольшое количество сточных вод образуется при производстве кирпича и черепицы, керамических труб, огнеупорных изделий при проведении такой обработки поверхности, как глазурирование, ангобирование, мокрая шлифовка. Дополнительное их выделение происходит при очистке смесителей, установок для нанесения глазури и ангоба, форм. При производстве керамзита сбросы, как правило, отсутствуют, воду из системы охлаждения печи пропускают через маслоотделительную установку и возвращают в контур.

В технологии облицовочной и напольной плитки, хозяйственно-бытовой и технической керамики, санитарно-технических изделий, абразивов на неорганической связке техническая вода применяется при очистке установок для массоподготовки и литья, нанесения глазури, декорирования, а также при мокрой шлифовке в ходе послеобжиговой обработки изделий.

В составе сточных вод, образующихся при переработке различных материалов и в ходе очистки оборудования, присутствуют те сырьевые материалы и вспомогательные вещества, которые задействованы в данном технологическом процессе. Как правило, эти соединения нерастворимы в воде.

Сточные воды в производстве керамических изделий отличаются высокой мутностью и цветностью из-за присутствия в них мелкокодисперсных взвешенных частиц глазури и глинистых минералов. С химической точки зрения стоки характеризуются содержанием:

- взвешенных твердых частиц: глины, фритты, всех нерастворимых силикатов;
- присутствующих в растворе анионов: сульфатов;
- взвешенных и растворенных соединений тяжелых металлов: свинца, цинка;
- небольших количеств бора;
- следовых количеств органических соединений (связующих для трафаретной печати, мастик, применяемых в глазуровании).

3.1.3. Отходы производства/технологические потери

Отходы производства керамических изделий обычно включают:

- различные виды шлама, образующиеся при переработке стоков от очистки оборудования для массоподготовки, подготовки и нанесения глазури, а также при мокрой шлифовке. Количество и состав шлама колеблется в широких пределах, поскольку его образование происходит в различных процессах, кроме того, на одном предприятии используют много различных видов сырья (глазури, фритты, глины и т. п.);
- бой заготовок и изделий при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке, а также обломки огнеупорных материалов;
- пыль из установок очистки отходящих газов;
- отработанные гипсовые формы – на стадии формования;
- отработанные сорбенты (гранулированный известняк, известковая пыль) из систем очистки дымовых газов;
- отходы упаковки (пластик, дерево, металл, бумага и др.) – на стадии упаковки;
- твердые остатки, например, зола от сжигания твердого топлива.

Некоторые виды накапливаемых в процессе производства отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Те материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли либо отправляют на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны.

3.1.4. Шум

Некоторые стадии процесса производства керамических изделий характеризуются высоким уровнем шума, что обусловлено работой оборудования и выполнением технологических операций.

3.1.5. Источники и пути поступления загрязняющих веществ в окружающую среду

В таблице представлен обзор возможных источников выбросов в воздух, сбросов в водные объекты и отходов на основных переделах производства керамических изделий и соответствующие им пути распространения загрязняющих веществ [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [27, VDI, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.1. Обзор возможных источников загрязнения при производстве керамических изделий и особенностей размещения загрязняющих веществ в объектах окружающей среды

Стадия технологического процесса	Источник загрязнений				Поступление вредных веществ			Шум
	Сырье	Заготовки	Декоры	Топливо	Воздух	Вода	Почва (отходы производства / технологические потери)	
Подготовка сырьевых материалов								
Первичное / вторичное дробление и измельчение	X				X		X	X
Сухой помол и смешение	X			x ¹⁾	X		X	X
Мокрый помол и смешение	X					X	X	X
Рассев / классификация	X				X		X	X
Перемещение	X				X		X	
Хранение в силосах	X				X			X
Массоподготовка								
Литьевой шликер		X				X		
Масса для пластического формования		X			X	X	X	
Жесткие формовочные массы (формование обточкой)		X				X	X	
Пресс-порошок, подготовка сухим способом		X			X	X	X	X
Пресс-порошок, распылительная сушка		X		X	X	X	X	X
Грануляция		X			X			X
Формование								
Шликерное литье		X				X		
Пластическое формование (протяжка)		X				X	X	
Формование обточкой		X					X	

Прессование		x			x	x ²⁾	x	x
Дообжиговая обработка «сырых» заготовок		x			x	x	x	
Сушка								
Сушилки непрерывного и периодического действия		x		x	x			x
Декорирование								
Глазурование			x		x	x	x	
Ангобирование			x		x ³⁾	x	x	
Печать			x		x	x	x	
Обжиг								
Печи непрерывного и периодического действия	x	x	x	x	x			x
Послеобжиговая обработка		x	x		x	x	x	x
Хранение материалов	x	x		x	x ⁴⁾			x
¹⁾ В особых случаях, например, при горячем сухом измельчении керамзита ²⁾ Только охлаждающая вода ³⁾ В некоторых отраслях, например, в производстве керамической плитки ⁴⁾ Также включает хранение топлива								

3.2. Потребление ресурсов – общий анализ

3.2.1. Потребление энергии

Энергия в производстве керамических изделий расходуется в первую очередь на обжиг, в некоторых технологических процессах высоким энергопотреблением сопровождается сушка полуфабрикатов и отформованных заготовок. В качестве топлива обычно применяют природный и сжиженный газ, мазут, также используют твердое топливо, электроэнергию, сжиженный природный газ и биогаз / биомассу.

Дробильное, смесительное, формовочное оборудование работает на электроэнергии. Транспортировка сырья обеспечивается за счет дизельного топлива, включая подъем сырьевых материалов из карьера и их перемещение грузовым транспортом. Кроме того, для функционирования вилочных подъемников используют электроэнергию (аккумуляторы) и баллоны со сжиженным газом (пропаном, бутаном).

Наибольшее количество энергии потребляют производства кирпича и черепицы, а также облицовочной и напольной плитки, что связано с крупными объемами производства в этих отраслях. По удельному энергопотреблению производство кирпича и черепицы является наиболее экономичным [3, CERAME-UNIE, 2003].

Следует заметить, что при изготовлении определенных видов посуды и технической керамики для выпуска изделий требуемого качества применяют печи с электроподогревом [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004].

3.2.2. Потребление воды

Вода расходуется практически во всех процессах технологии керамических изделий. Тщательная водоподготовка является обязательной при изготовлении глиняных и глазурных суспензий, подготовке масс для пластического формования и прессования, получении пресс-порошков методом распылительной сушки, для мокрого помола и очистки оборудования.

Назначение воды в технологическом процессе различно: в первую очередь, это сырьевой материал, входящий в состав массы и глазури, кроме того, вода служит промывной жидкостью и хладагентом. Для приготовления глазури, промывки оборудования и охлаждения применяют воду высокого качества, для массоподготовки пригодна, в частности, неочищенная техническая вода. Приемы повторного использования воды позволяют учесть эти качественные различия.

3.2.3. Потребление сырья

Как показано в главе 2, в технологии керамики применяют разнообразные виды сырья, причем некоторые сырьевые материалы, в частности, для формования заготовок, используют в большем объеме, а различные добавки, связующие и декоры – в меньшем.

3.3. Данные по уровню образования выбросов, сбросов, отходов и потребления ресурсов по отраслям

В этом разделе представлены текущие данные об уровнях выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образования отходов и о потреблении ресурсов в процессе производства. Сюда входят сведения об использовании энергии, воды и сырьевых материалов, а также, насколько возможно, о выбросах отходящих газов в воздух и сбросах сточных вод в водные объекты. Кроме того, учтены входные и выходные потоки в отдельных технологических процессах (например, остатки шликеров, твердые отходы). Данные по уровню шума здесь не рассматриваются, поскольку многие источники шума не являются отличительной чертой отраслей производства керамических изделий, а значимая информация по зашумленности производства отсутствует.

Эксплуатационные данные приведены максимально подробно, включая технологические характеристики, методы отбора и анализа проб, статистическую обработку результатов (средние, максимальные, минимальные значения, их диапазоны).

Стандартизованные условия измерения объемных расходов и концентраций определены ниже (также см. указатель терминов):

м ³ /ч	объемный расход: если не указано иначе, объемные расходы приводятся для 18 об. % кислорода при нормальных условиях.
мг/м ³	концентрация: если не указано иначе, концентрации газообразных веществ или их смесей приводятся для сухих дымовых газов при содержании 18 об. % кислорода и нормальных условиях, а бензола - для 15 об. % кислорода при нормальных условиях.
нормальные условия температура 273 К и давление 1,013·10 ⁵ Па.	

Дополнительную информацию по этому вопросу можно найти в Справочном документе по НДТ «Общие принципы мониторинга».

Принимая во внимание сложность производства керамических изделий, данные по уровню выбросов, сбросов, отходов и потребления ресурсов в виде таблиц и графиков объединены по отраслям.

3.3.1. Кирпич и черепица

3.3.1.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве кирпича и черепицы имеют место выбросы отходящих газов в воздух, сбросы сточных вод в водные объекты, образование твердых отходов и шумовое загрязнение. В этом разделе представлены диапазоны выбросов загрязняющих веществ в воздух при обжиге кирпича и черепицы, также описано загрязняющее действие других технологических процессов.

Выбросы в воздух

Значительная доля выбросов отходящих газов при производстве кирпича и черепицы связана с процессом обжига. Здесь необходимо отметить, что в зависимости от используемого глинистого сырья уровень выбросов между государствами и в пределах одной страны может колебаться из-за геологических и географических различий (см. раздел 2.3.1.1, табл. 2.1) и особенностей производственного процесса.

В таблице приведены значения выбросов фторидов, хлоридов, оксидов серы и азота, пыли, монооксида углерода в ряде европейских стран. Все данные относятся к неочищенным дымовым газам печей, без учета очистных сооружений [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

Таблица 3.2. Диапазоны выбросов загрязняющих веществ с неочищенными дымовыми газами при

обжиге кирпича и черепицы

Содержание компонента (мг/м ³)	Австрия	Франция	Нидерланды	Италия	Дания ^{*)}	
Фтор в виде HF						
Мин.	0	1	1	0	10	
Макс.	60	130	150	350	150	
Хлор в виде HCl						
Мин.		0	1	0	5	
Макс.		30	32	200	50	
Сера в виде SO_x						
Мин.	5	0	2	0	20	
Макс.	100	1090	630	3200	700	
Азот в виде NO_x						
Мин.	9	5	27	5	50	
Макс.	80	200	464	100	200	
Пыль						
Мин.	0	1	1	1	5	
Макс.	13	180	64	40	40	
Монооксид углерода						
Мин.		0	7	100		
Макс.		1200	701	500		
^{*)} Контрольное содержание кислорода относительно измеренного в дымовых газах - 15 – 19 об. %						
Содержание компонента (мг/м ³)	Бельгия	Великобритания	Германия	Венгрия	Швейцария	Португалия
Фтор в виде HF						
Мин.	6	1	1	0	0	1
Макс.	117	200	250	20	22	80
Хлор в виде HCl						
Мин.	0	1	0			не обнаружен
Макс.	270	125	95	50		160
Сера в виде SO_x						
Мин.	3	8	1	1	1	3
Макс.	3485	2450	3000	350	281	443
Азот в виде NO_x						
Мин.	0	0	10	0	36	14
Макс.	174	160	450	780	147	132
Пыль						
Мин.	2	0	5	1	1	8
Макс.	449	100	150	100	29	125
Монооксид углерода						
Мин.	23		0	1	7	2
Макс.	1950		1500	1500	483	500

Как следует из представленных в табл. 3.2 показателей, выбросы фтора могут сильно различаться из-за колебаний его содержания в сырье, а также в связи с особенностями технологического процесса. Так, на рисунке представлены данные итальянских исследований по распределению удельного содержания фтора в выбросах предприятий по производству кирпича и черепицы (см. тж. рис. 2.9) [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

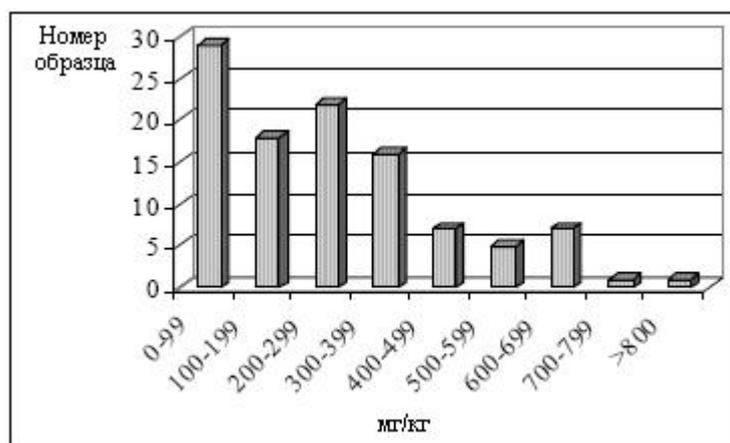


РИС. 3.1. ВЫДЕЛЕНИЕ ФТОРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА И ЧЕРЕПИЦЫ В ИТАЛИИ

Аналогичным колебаниям подвержено удельное содержание хлора (см. табл.3.2), распределение которого в выбросах итальянских предприятий по производству кирпича и черепицы приведено на рисунке [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

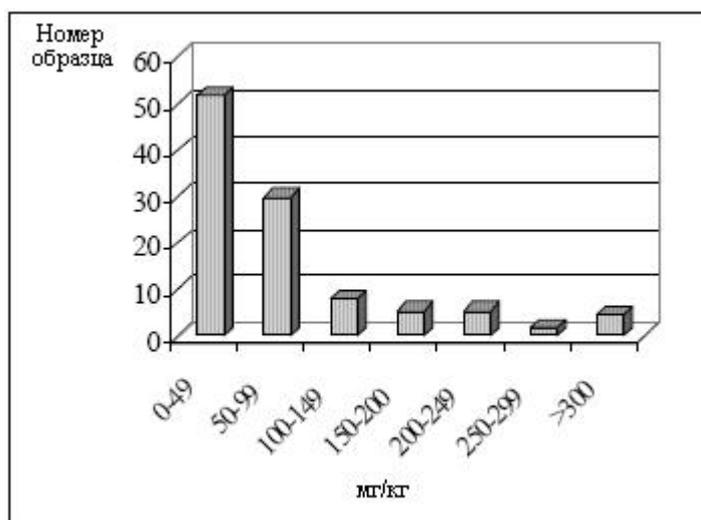


РИС. 3.2. ВЫДЕЛЕНИЕ ХЛОРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА И ЧЕРЕПИЦЫ В ИТАЛИИ

В таблице представлены данные по диапазонам выбросов серы в Германии, Великобритании и Бельгии с предприятий по выпуску кирпича и черепицы. Изменение содержания серы в глинах (см. рис. 2.12) также играет важную роль, поскольку при использовании глиняного сырья с пониженным ее содержанием уровень выбросов снижается [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

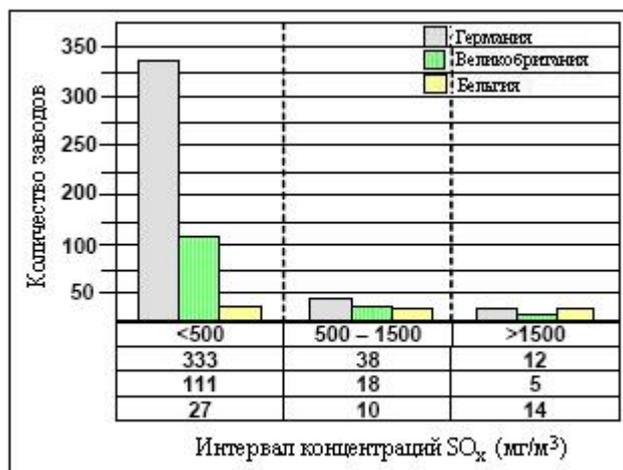


РИС. 3.3. ВЫБРОСЫ SO_x В ГЕРМАНИИ, ВЕЛИКОБРИТАНИИ И БЕЛЬГИИ

Показатели загрязненности дымовых газов в таблице соответствуют различным видам топлива [4, UBA, 2001], [27, VDI, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.3. Технологические характеристики неочищенных газов для различных видов топлива

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Газообразное топливо	Мазут марки EL	Тяжелый мазут	Уголь
Пыль	мг/м ³	1 – 20	1 – 30	5 – 50	30 – 150 ^{***})
NO _x , в пересчете на NO ₂	мг/м ³	20 – 200	20 – 200	20 – 200	20 – 200
SO _x , в пересчете на SO ₂ (содержание S в сырье < 0,12 % ^{*)})	мг/м ³	10 – 300 ^{**})	10 – 300 ^{**})	30 – 500 ^{**})	30 – 500 ^{**})
Неорганические газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	мг/м ³	1 – 20 ^{**})			
Неорганические газообразные соединения хлора, в пересчете на HCl	мг/м ³	1 – 120	1 – 120	1 – 120	1 – 120
^{*)} При содержании серы > 0,12 % возможные содержание до 1500 мг SO ₂ /м ³ и выше ^{**}) При использовании сырья с высоким содержанием извести содержание HF и SO ₂ может снижаться ^{***}) При использовании бурого угля выбросы пыли могут достигать 700 мг/м ³					

По другим видам топлива, упоминаемым в разделе 2.3.1.5, например, нефтяному коксу, данные о выбросах отсутствуют.

При производстве кирпича ЛОС присутствуют не во всех неочищенных обжиговых газах, в основном они образуются, когда для увеличения пористости в массу вводят органические добавки. Доля ЛОС в неочищенных дымовых газах определяется пористостью изделий и условиями в зоне подогрева. Часто применяют смесь различных порообразователей. Показатели неочищенных дымовых газов, выделяющихся при использовании органических порообразующих добавок, приведены в таблице [4, UBA, 2001].

Таблица 3.4. Характеристики неочищенных газов для различных порообразователей

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Полистирол	Опилки и отходы целлюлозно-бумажной промышленности
Органические вещества, в пересчете на С	мг/м ³	50 – 250	50 – 250
Бензол	мг/м ³	1 – 65	1 – 5
Фенол	мг/м ³	1 – 5	1 – 20
Формальдегид	мг/м ³	1 – 20	5 – 100
Альдегиды (С1 – С4)	мг/м ³	1 – 20	25 – 180
Монооксид углерода ^{*)}	мг/м ³	< 300	< 1500
^{*)} Высокое содержание СО свидетельствует о неполном сгорании			

Показатели очищенного газа при производстве пористых керамических блоков, представленные в таблице в качестве примера, - усредненные значения, информация о применяемых системах очистки отсутствует. В верхней части таблицы представлены соответствующие технические характеристики оборудования. Также таблица раскрывает принципиальную связь между этими характеристиками, концентрациями загрязняющих веществ и факторами выбросов (величиной выбросов данного загрязняющего вещества на 1 кг кирпича (кг_{изд.})) [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.5. Средние концентрации веществ в очищенных газах (пористые керамические блоки) и соответствующие им технические характеристики оборудования для различных видов продукции

Источник загрязнения	Туннельная печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	5000 - 50000
Температура дымовых газов (°С)	100 - 200

Загрязняющее вещество	Средняя концентрация в очищенном газе (мг/м ³)	Фактор выбросов, средняя величина (мг/кг _{изд.})
Пыль	11,6	17,6
NO _x , в пересчете на NO ₂	121,0	184,0
SO _x , в пересчете на SO ₂	26,1	39,6
CO ₂	98200	149000
CO	124,6	189,0
Неорганические газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	2,7	4,1
Неорганические газообразные соединения хлора, в пересчете на HCl	8,4	12,7
Органические вещества, в пересчете на С	22,7	34,5

В табл. 3.6 и 3.7 приведены примерные концентрации загрязняющих веществ в дымовых газах заводов по производству рядового и лицевого кирпича, а также черепицы. Замеры производились сторонними экспертами и носили единичный характер. Технологические параметры представлены в верхней части таблиц. На большинстве предприятий установлены системы газоочистки, поэтому указанные концентрации соответствуют данным для очищенных газов [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [2, VITO, 2003].

Таблица 3.6. Концентрации веществ в очищенных газах заводов по производству рядового кирпича

Параметр	КР 1	КР 2	КР 3	КР 4	КР 5
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	22000	12400	25300	12440	32930
Температура дымовых газов (°С)	153	107	224	171	197
Топливо	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ
Порообразователь	Опилки, полистирол, бумага	Опилки	Опилки, бумага	Опилки, лузга подсолнечника, бурый уголь	Опилки, полистирол, бумага, бурый уголь
Очистка дымовых газов	Термическое дожигание	-	Термическое дожигание	Термическое дожигание	Термическое дожигание

Загрязняющее вещество	КР 1	КР 2	КР 3	КР 4	КР 5
Пыль	18,0	27,0	4,0	8,4	2,8
SO _x , в пересчете на SO ₂	26,0	< 4,0	178,0	72,2	2,8
Фтор, в пересчете на HF	3,0	< 0,1	1,5	2,3	1,1
Общее содержание органических веществ, кроме CH ₄	< 5,0	19,0	11,5	11,9	4,0
Ацетальдегид	-	< 1	-	-	-
Бензол	0,18	< 0,10	0,18	0,11	0,30
Стирол	0,20	< 0,10	0,14	0,03	0,90
Формальдегид	0,005	< 1,0	2,1	2,5	5,0
Фенол	0,12	< 0,10	0,45	0,05	1,60
NO _x , в пересчете на NO ₂	98	18	113	162	187
Хлор, в пересчете на HCl	13,5	< 1,0	10,5	7,0	9,9
CO	14	300	-	-	25

КР: завод рядового кирпича; единицы измерения - мг/м³ (н. у.) относительно 18 % O₂, м³/ч_{сух} (н. у.) или °С

Параметр	КР 6	КР 7	КР 8	КР 9	КР 10
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	15100	20740	15420	27344	18300
Температура дымовых газов (°С)	131	155	153	102	186
Топливо	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ
Порообразователь	Опилки, бумага, бурый уголь	Бумага	Опилки	Бумага, полистирол	Бумага, полистирол
Очистка дымовых газов	-	Термическое дожигание	-	Горизонтальный известковый фильтр	Термическое дожигание

Загрязняющее вещество	КР 6	КР 7	КР 8	КР 9	КР 10
-----------------------	------	------	------	------	-------

Пыль	1,2	1,9	< 1,0	10,7	0,9
SO _x , в пересчете на SO ₂	17,7	1,2	5,6	1,7	5,0
Фтор, в пересчете на HF	0,9	0,1	1,8	< 0,1	1,1
Общее содержание органических веществ, кроме CH ₄	16,5	5,6	97,1	19,0	3,0
Ацетальдегид	-	-	-	< 0,1	-
Бензол	4,7	1,5	3,0	0,4	0,1
Стирол	7,5	1,7	3,0	< 0,1	2,0
Формальдегид	11,7	4,5	10,6	< 0,1	1,3
Фенол	5,6	2,3	6,1	< 0,1	0,1
NO _x , в пересчете на NO ₂	24,2	64,8	43,0	33,6	73,0
Хло,р в пересчете на HCl	2,4	1,2	5,0	< 0,5	0,5
CO	-	39,2	-	-	44,0
КР: завод рядового кирпича; единицы измерения - мг/м ³ (н. у.) относительно 18 % O ₂ , м ³ /ч _{сух} (н. у.) или °С					

Таблица 3.7. Концентрации веществ в очищенных газах заводов по производству лицевого кирпича и черепицы

Параметр	КЛ 1	Ч 1	Ч 2	Ч 3/4	Ч 5
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	19500	13745	17214	31182	10500
Температура дымовых газов (°С)	165	84	159	154	202
Топливо	Природный газ				
Очистка дымовых газов	Горизонтальный известковый фильтр				

Загрязняющее вещество	КЛ 1	Ч 1	Ч 2	Ч 3/4	Ч 5
Пыль	2,2	1,9	1,2	12,5	18,0
SO _x , в пересчете на SO ₂	6,8	17,1	9,6	< 1,6	20,0
Фтор, в пересчете на HF	1,4	4,5	< 0,5	3,1	4,2
Общее содержание органических веществ, кроме CH ₄	15,5	1,2	1,2	19,4	8,0
Формальдегид	0,2	-	-	-	-
Бензол	2,5	-	-	-	-
Стирол	2,5	-	-	-	-
Фенол	5,0	-	-	-	-
NO _x , в пересчете на NO ₂	70,0	26,8	38,3	107,3	88,0
Хлор, в пересчете на HCl	6,8	1,1	3,3	1,6	14,0
КЛ: завод лицевого кирпича; Ч: завод черепицы; единицы измерения - мг/м ³ (н. у.) относительно 18 % O ₂ , м ³ /ч _{сух} (н. у.) или °С					

В табл. 3.8 и 3.9 показаны характеристики выбросов из применяемых в настоящее время в Бельгии печей для обжига керамических блоков и лицевого кирпича, а также технологические характеристики этих печей [30, TWG Ceramics, 2005]. На предприятиях для снижения выбросов осуществляют различные технологические приемы и методики очистки отходящих газов. Примером таких технологических приемов служит использование сырья с низким содержанием

серы, введение CaCO₃ и обогащенных кальцием добавок. В таблицах представлены параметры неочищенных и очищенных (с применением специальных приемов и оборудования) газов.

Таблица 3.8. Характеристики выбросов неочищенных и очищенных газов при производстве керамических камней

Параметр	Керамические камни 1	Керамические камни 2	Керамические камни 3	Керамические камни 4
Объемный расход дымовых газов	58682 м ³ /ч	61027 м ³ /ч	51838 м ³ /ч	61156 м ³ /ч
Температура дымовых газов	180 - 220 °С	180 - 220 °С	180 - 220 °С	180 - 220 °С
Топливо	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ
Содержание серы в глиняном сырье	0,5 - 0,75 %	> 0,75 %	> 0,75 %	> 0,75 %
Порообразователь	Опилки	Опилки	Опилки	Опилки
Технологические приемы	Кальциевое сырье с пониженным содержанием серы	Кальциевое сырье с пониженным содержанием серы	Кальциевое сырье с пониженным содержанием серы	Кальциевое сырье с пониженным содержанием серы, обогащенные кальцием добавки
Очистка дымовых газов	Сухая очистка дымовых газов при помощи фильтров	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа
Адсорбент	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Загрязняющее вещество	Керамические камни 1			Керамические камни 2		
	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %
Пыль	36	3	92	117	71	39
SO _x , в пересчете на SO ₂	1436	1336	7	2051	1884	8
Фтор, в пересчете на HF	25	1	96	56	2	96
Хлор, в пересчете на HCl	5	11	0	11	9	18
NO _x	22	21	5	36	31	14
Общее содержание органических веществ	105	77	27	108	71	34
CO	1021	1235	0	988	1038	0

Загрязняющее вещество	Керамические камни 3	Керамические камни 4
-----------------------	----------------------	----------------------

	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, % ³	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %
Пыль	127	26	80	165	69	58
SO _x , в пересчете на SO ₂	2883	2295	20	2893	2210	24
Фтор, в пересчете на HF	36	3	92	35	6	83
Хлор, в пересчете на HCl	7	3	57	9	7	22
NO _x	52	21	60	16	36	0
Общее содержание органических веществ	219	106	52	51	86	0
CO	936	905	3	1137	1165	0

Таблица 3.9. Характеристики выбросов неочищенных и очищенных газов при производстве лицевого кирпича

Параметр	Лицевой кирпич 1	Лицевой кирпич 2	Лицевой кирпич 3	Лицевой кирпич 4
Объемный расход дымовых газов	56830 м ³ /ч	16319 м ³ /ч	35000 м ³ /ч	22915 м ³ /ч
Температура дымовых газов	230 °С	150 °С	110 °С	124 °С
Топливо	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Природный газ
Содержание серы в глиняном сырье	0,5 - 0,75 %	< 0,25 %	< 0,25 %	< 0,25 %
Очистка дымовых газов	Сухая очистка дымовых газов при помощи фильтров	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа
Адсорбент	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Загрязняющее вещество	Лицевой кирпич 1			Лицевой кирпич 2		
	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %
Пыль	9	14	0	19	12	37
SO _x , в пересчете на SO ₂	967	635	34	141	163	0
Фтор, в пересчете на HF	21	1	95	23	6	74
Хлор, в пересчете на HCl	6	1	83	3	3	0
NO _x	18	19	0	49	67	0
Общее содержание органических	6	4	33	6	15	0

веществ						
CO	110	129	0	177	135	24

Загрязняющее вещество	Лицевой кирпич 3			Лицевой кирпич 4		
	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Эффективность очистки, %	Неочищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Очищенный газ, мг/м ³ (н. у.)	Э
Пыль	30	5	83	8	4	
SO _x , в пересчете на SO ₂	150	36	76	27	10	
Фтор, в пересчете на HF	60	0,5	99	12	0,1	
Хлор, в пересчете на HCl	10	0,6	94	5	0,4	
NO _x	100	64		110	98	
Общее содержание органических веществ				4,1	4	
CO	150	97		90,5	54	

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухом способе подготовки клинкерных масс;
- при формовании сухих масс (прессованием);
- при глазуровании и ангобировании в зависимости от принятого способа их нанесения;
- при сухой шлифовке некоторых сортов кирпича после обжига.

Сбросы сточных вод в водные объекты

В технологии кирпича и черепицы небольшое количество сточных вод формируется при очистке установок глазурования и ангобирования. Излишки глазури или ангоба собирают и возвращают в производство. Также сточные воды образуются при промывке массоподготовительного оборудования и форм, часто техническую воду используют повторно в замкнутом цикле [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]. Сведения об объемах сточных вод, поступающих в водные объекты, отсутствуют.

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка форм и установок глазурования и ангобирования сопровождаются появлением небольшого количества шлама;

- отходами производства черепицы являются отработанные и разбитые гипсовые формы;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты;
- сжигание твердого топлива приводит к появлению твердых остатков (золы).

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Те виды отходов, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли либо отправляют на сторонние предприятия по их переработке или на полигоны [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

3.3.1.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

Производство кирпича и черепицы является весьма энергоемким, поскольку для превращения исходного сырья в материал с совершенно иными свойствами – обожженную глину – необходимы высокие температуры. В зависимости от вида выпускаемой продукции доля энергозатрат в общей ее себестоимости колеблется от 17 до 30 % и может достигать 40 %. В настоящее время для обжига печей применяют преимущественно природный газ, доля которого составляет порядка 90 % общего энергопотребления, также источниками энергии служат сжиженный газ, мазут, уголь, нефтяной кокс, торф, электричество [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

В первую очередь энергия в производстве керамических изделий расходуется на превращение глины в прочный материал, пригодный для любых видов строительства. Уровень энергопотребления определяется исходным сырьем, производственным процессом, выпускаемой продукцией, а также принятым способом обжига. Несмотря на то, что некоторые методы обжига требуют меньшего расхода энергии, они могут оказаться непригодными для изготовления конкретного продукта.

Удельное энергопотребление по странам Европы значительно различается в зависимости от типа выпускаемой и потребляемой продукции. Каждому виду изделий соответствует свой режим обжига (температура, продолжительность выдержки, плотность садки) и, как следствие, своя величина и характер удельного расхода энергии.

В Австрии, Германии и Италии в жилищном строительстве применяют в основном легковесные блоки, поэтому расход энергии не превышает 1,1 - 1,9 ГДж/т. Снижения плотности блоков добиваются за счет присутствия и/или введения в глину порообразующих добавок, которые в большинстве своем являются органическими веществами. Эти добавки вносят определенный

вклад в энергетический баланс процесса, поэтому удельное потребление основного энергоносителя (природного газа, жидкого топлива) невелико.

В странах Северной Европы традиционно применяют большое количество лицевого кирпича, плотность которого выше, а обжиг ведут при более высоких температурах. В связи с этим удельное энергопотребление при производстве лицевого кирпича также увеличивается (2,5 - 2,7 ГДж/т).

В Великобритании значительный разброс значений расхода энергии (1,4 - 2,4 ГДж/т) обусловлен различным содержанием органических веществ в глиняном сырье (значительное их количество присутствует в низовой Оксфордской глине для выпуска фелтонского кирпича, малое – в глине для производства других его сортов) [3, CERAME-UNIE, 2003].

В табл. 3.10 и 3.11 приведены примерные значения потребления природного газа и электроэнергии предприятиями по производству кирпича и черепицы в Австрии и в Испании, а также общий уровень удельного энергопотребления в данной отрасли производства керамических изделий [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005] (ср. табл. 2.2 и 2.4).

Таблица 3.10. Данные по энергопотреблению на тонну продукции для предприятий по производству кирпича и черепицы

Источник/потребление энергии	Единицы измерения	Рядовой кирпич	Лицевой кирпич	Черепица
Природный газ (Австрия)	ГДж/т	1,02 - 1,87	2,87	1,97 - 2,93
Электроэнергия (Австрия)	ГДж/т	0,08 - 0,22	0,27	0,23 - 0,41
Энергопотребление (Испания)	ГДж/т	1,50 - 2,50	2,50 - 3,00	1,90 - 2,95

Таблица 3.11. Удельное энергопотребление в производстве кирпича и черепицы

Страна	Единицы измерения	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Австрия	ГДж/т	2,38	2,09	1,17	1,72	1,63	1,69
Бельгия	ГДж/т	3,3	3,19	2,16	2,45	2,59	2,21
Германия	ГДж/т	2,43	2,31	1,93	1,63	2,57	2,31
Дания	ГДж/т	2,73	-	2,41	2,67	2,61	2,65
Испания	ГДж/т	2,38	2,30	2,24	2,18	2,28	2,26
Франция	ГДж/т	2,87	2,62	2,77	2,62	2,80	2,61
Италия	ГДж/т	2,80	2,60	2,09	1,90	1,94	2,00
Нидерланды	ГДж/т	3,63	2,93	2,19	2,70	3,05	3,35
Великобритания	ГДж/т	2,29	2,16	2,48	2,63	3,25	2,85
Швейцария	ГДж/т	-	2,56	2,62	2,53	2,44	-

Потребление воды и сырья

Примерные данные по использованию воды и сырьевых материалов на одном из заводов по производству кирпича и черепицы представлены на рисунке в виде потоковой схемы [1, BMLFUW,

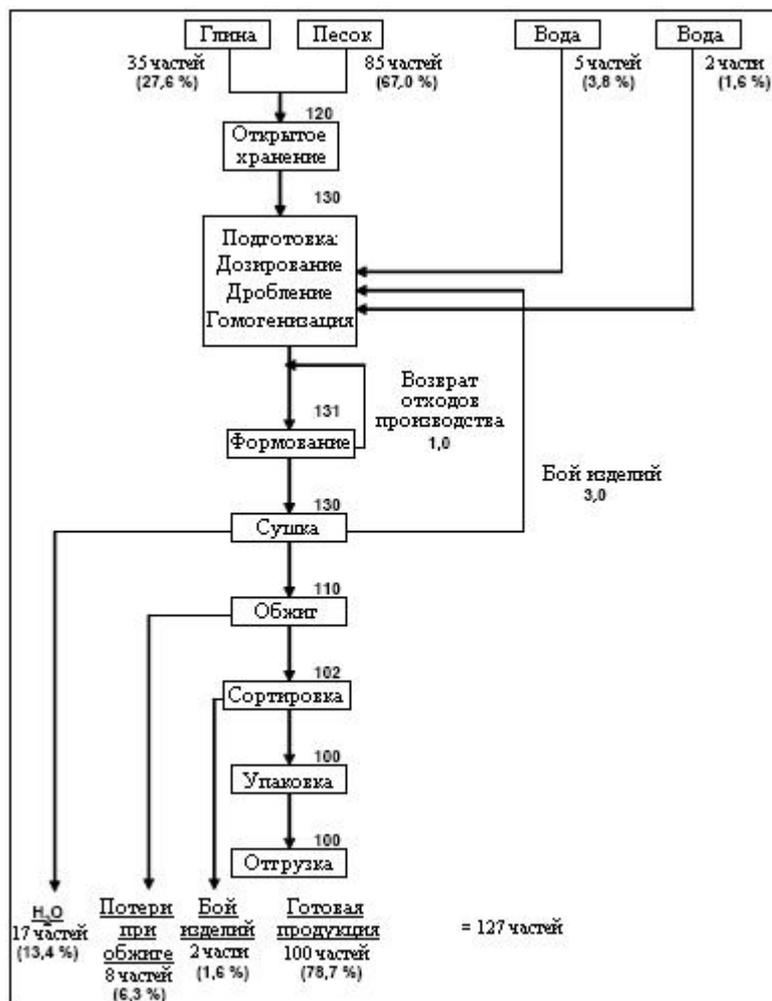


РИС. 3.4. ПРИМЕР МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В ТЕХНОЛОГИИ РЯДОВОГО КИРПИЧА

3.3.2. Керамические трубы

3.3.2.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве керамических труб имеют место выбросы отходящих газов в воздух, сбросы сточных вод в водные объекты, образование твердых отходов, шума. Здесь представлены диапазоны выбросов и сбросов загрязняющих веществ при обжиге керамических труб, а также в ходе других технологических операций.

Выбросы в воздух

Значительная доля выбросов при производстве керамических труб происходит в процессе обжига.

В таблице приведены значения выбросов с очищенными дымовыми газами ряда европейских

предприятий (за исключением Великобритании) и соответствующие технические характеристики туннельных печей (сверху) [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001].

Таблица 3.12. Предельные концентрации веществ в очищенных газах при производстве керамических труб

Источник загрязнения	Туннельная печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	4000 – 18000
Температура дымовых газов (°С)	160 - 200

Загрязняющее вещество	Максимальная концентрация в очищенном газе (мг/м ³)
Пыль	30
NO _x , в пересчете на NO ₂	200
SO _x , в пересчете на SO ₂	200
CO	200
Неорганические газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	5
Неорганические газообразные соединения хлора, в пересчете на HCl	30

В Великобритании максимальное содержание фтора может достигать 10 мг/м³, поскольку именно такая концентрация этого вещества в отходящих газах является максимально разрешенной.

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при нанесении глазури методом распыления;
- при сухой шлифовке после обжига некоторых сортов труб;
- также при сушке могут происходить выбросы газообразных веществ. В том случае, если избыточное тепло из печи отводят в сушилки, не оборудованные замкнутыми системами циркуляции теплоносителя, возможны выбросы соединений фтора.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве керамических труб стоки образуются в результате промывки массоподготовительного оборудования и очистки установок глазурования и ангобирования, при мокрой шлифовке. Часто техническую воду используют повторно в замкнутом цикле. Излишки глазури или ангоба собирают и возвращают в производство [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]. Сведения об объемах сбросов в водные объекты отсутствуют.

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка установок глазурирования и ангобирования и мокрая шлифовка сопровождаются формированием шлама;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Те материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли или отправляют на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.3.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

Данные по удельному энергопотреблению в технологии керамических труб представлены в таблице. Существует различие между энергозатратами на доставку минерального сырья и топлива и на процесс изготовления труб. В качестве сырья применяют глину, разрыхлители и глазурь, энергоносителем служит природный газ. Потребление электроэнергии приводится для производственного процесса в целом, включая вторичные технологические участки, освещение и др. Указанные здесь данные справедливы для 90 % предприятий Германии. Значения энергопотребления при производстве малых (DN 100/DN 150), средних (DN 200/DN 300) и больших керамических труб (DN 500) даны отдельно [4, UBA, 2001] (ср. табл. 2.7).

Таблица 3.13. Удельное энергопотребление в производстве керамических труб

	DN 100, DN 150 (МДж/кг)	DN 200, DN 300 (МДж/кг)	DN 500, фитинги (МДж/кг)
Доставка			
Минеральное сырье	0,20	0,20	0,20
Природный газ	0,41	0,49	0,56
Производство			
Подготовка	0,10	0,10	0,10
Сушка	1,22	1,44	1,66
Обжиг	3,06	3,60	4,14
Электроэнергия	1,20	1,20	1,20
Всего	6,19	7,03	7,86

Потребление воды и сырья

Примерные данные по потреблению воды и сырьевых материалов при производстве керамических труб представлены на рисунке в виде потоковой схемы [4, УВА, 2001].

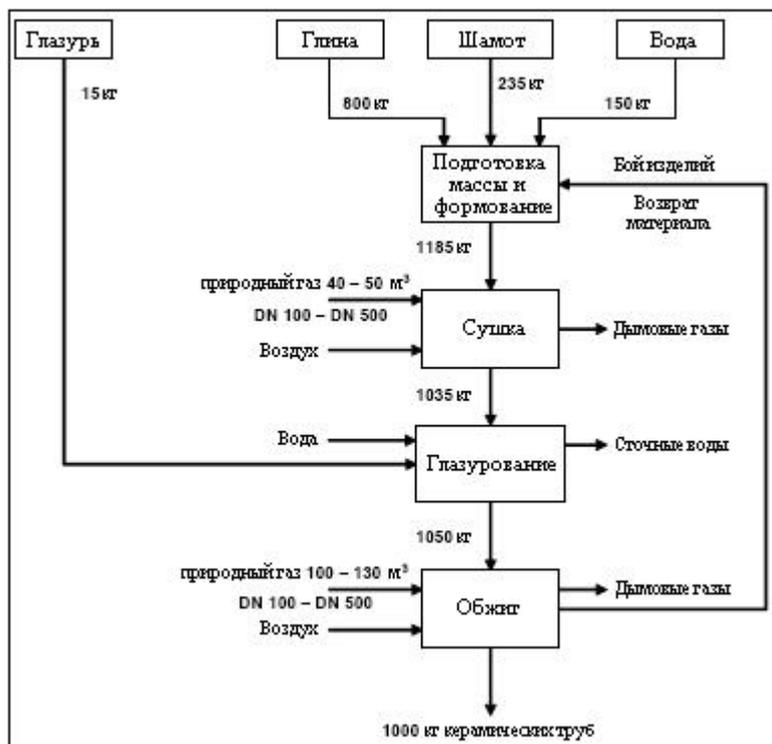


РИС. 3.5. ПРИМЕР МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ТРУБ

3.3.3. Огнеупорные изделия

3.3.3.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве огнеупоров имеют место выбросы отходящих газов в воздух, сбросы сточных вод в водные объекты, образование твердых отходов, шумовое загрязнение. В этом разделе представлены диапазоны выбросов загрязняющих веществ в воздух при обжиге огнеупоров. Также рассмотрены возможные выбросы в ходе других технологических операций, сбросы и отходы производства.

Выбросы в воздух

Значительная доля выбросов отходящих газов при производстве огнеупорных изделий связана с процессом обжига.

В таблице приведены рабочие параметры (сверху) и соответствующие концентрации загрязняющих веществ в неочищенных дымовых газах при обжиге различных видов огнеупоров в туннельных печах [4, УВА, 2001].

Таблица 3.14. Характеристики неочищенных газов для различных огнеупоров

Источник загрязнения	Туннельная печь		
	Магнезитовый	Высокоглиноземистый	Динасовый
Огнеупор			
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	15000 - 25000	9000 - 17000	8000 - 12000
Температура дымовых газов (°С)	250 - 400	120 - 250	150 - 250

Загрязняющее вещество	Концентрация (мг/м ³)		
	Магнезитовый	Высокоглиноземистый	Динасовый
Огнеупор			
Пыль	8 - 35	5 - 80	10 - 25
NO _x , в пересчете на NO ₂	110 - 470	30 - 250	5 - 100
SO _x , в пересчете на SO ₂	90 - 580	10 - 430	20 - 150
CO	12 - 180	30 - 150	10 - 50
Неорганические газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	0,5 - 1,5	5 - 50	1 - 3

В следующей таблице представлены значения выбросов при производстве бесщелочных огнеупоров [3, CERAME-UNIE, 2003].

Таблица 3.15. Выбросы из печей для обжига бесщелочных огнеупоров

Загрязняющее вещество	мг/м ³
Пыль	44 - 113
SO ₂	260 - 490
NO _x	25 - 200
Соединения фтора, HF	0,4 - 2,5
CO ₂	1 - 3 об. %

При проведении специальных процедур обработки огнеупоров (насыщении углеродом, пропитке смолой) выделяются специфические вещества (аммиак, формальдегид, фенол), которые являются продуктами разложения органических связующих (каменноугольной смолы, пека, полимерных смол). Пример содержания загрязняющих веществ в неочищенных газах при проведении специальных технологических операций представлен в таблице [4, UBA, 2001].

Таблица 3.16. Характеристики неочищенных газов для специальных технологических операций

Загрязняющее вещество (мг/м ³)	Отвердительная камера	Печь коксования		Покрытие пеком
	Пропитка смолой ^{*)}	Пропитка смолой ^{*)}	Пропитка пеком ^{**)}	Пропитка пеком ^{**)}
Аммиак	2500	20	-	
Формальдегид	25	10	-	
Фенол	350	80	-	
Общее содержание органических веществ, в пересчете на С	> 3000	1000	2500	1500
^{*)} Фенол-резольная смола				
^{**)} Общее содержание углерода, включая полициклические ароматические углеводороды				

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухом способе подготовки сырья;
- при формовании в прессах, также возможны выбросы паров связующих веществ и добавок;
- при сухой шлифовке некоторых видов огнеупорных изделий после обжига;
- также при сушке могут происходить выбросы газообразных веществ. В том случае, если избыточное тепло из печи отводят в сушилки, не оборудованные замкнутыми системами циркуляции теплоносителя, возможны выбросы органических и неорганических загрязняющих веществ.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве керамических труб сточные воды образуются в результате промывки массоподготовительного и литьевого оборудования, а также при мокрой шлифовке. Часто сточные воды используют повторно в замкнутом цикле [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]. Сведения об объемах сбросов сточных вод в водные объекты отсутствуют.

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка литьевых установок и мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама;
- отходами процесса шликерного литья являются отработанные и разбитые гипсовые формы;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.3.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

В таблице приведены значения удельного расхода энергии на различных стадиях процесса

производства магнезитового кирпича [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004] (ср. табл. 2.9, 2.10, 2.11 и 2.12).

Таблица 3.17: Данные по энергопотреблению на килограмм продукции в производстве магнезиальных огнеупоров

Операция	МДж/кг
Подготовка, рассев	0,35 - 0,50
Взвешивание, дозирование, смешение	0,045 - 0,070
Формование	0,13 - 0,20
Сушка, обжиг	3,0 - 6,3
Послеобжиговая обработка, упаковка	0,08

Потребление воды и сырья

Примерные данные по потреблению воды и сырьевых материалов в технологии огнеупоров представлены на рисунке в виде потоковой схемы производства периклазо-хромитового кирпича [4, UBA,2001].

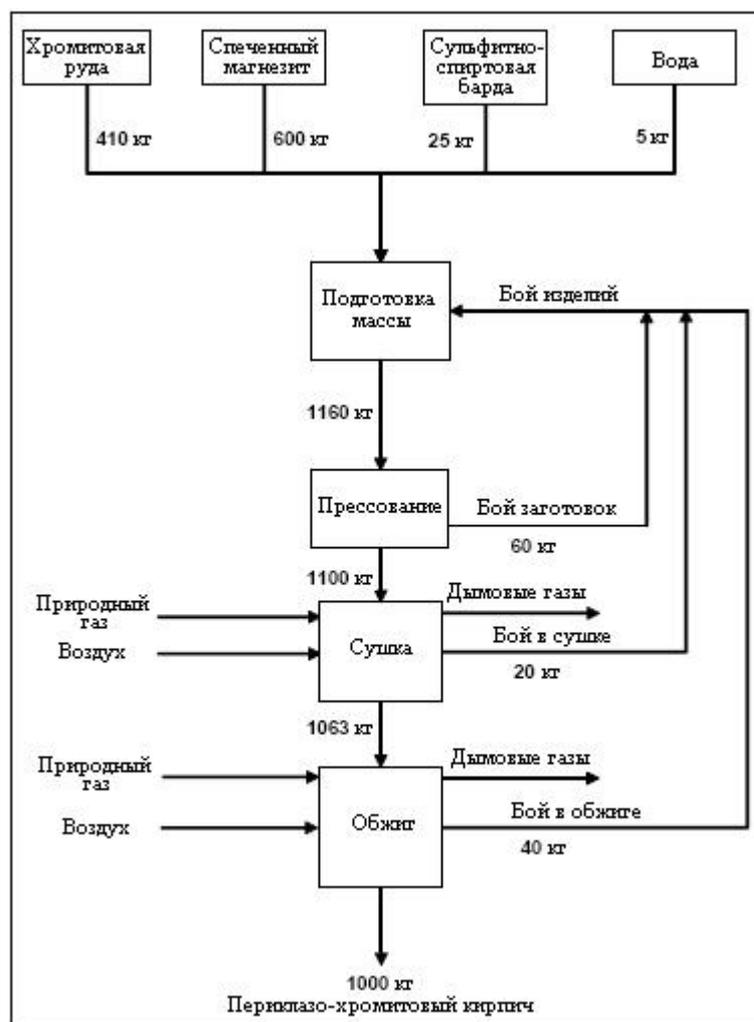


РИС. 3.6. ПРИМЕР МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРИКЛАЗО-ХРОМИТОВЫХ ОГНЕУПОРОВ

3.3.4. Керамзит

3.3.4.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

Производство керамзита сопровождается выбросом загрязняющих веществ в воздух, сбросами в водные объекты, образованием твердых отходов, шума. В данном разделе приведены уровни выбросов загрязняющих веществ на стадиях первичного дробления, сухого измельчения, грануляции, обжига, отсева и дробления, а также в ходе других технологических операций

Выбросы загрязняющих веществ в воздух

Выбросы загрязняющих веществ в воздух при производстве керамзита имеют место главным образом в процессе хранения и транспортировки сырья, первичного дробления и сухого измельчения глины, грануляции, обжига (непосредственно вспучивания), а также при отсева и получении керамзитового песка. Выбросы при хранении и транспортировке сырья, а также со складов легковесных гранул носят преимущественно неорганизованный характер.

Хранение и транспортировка сырья:

На этой стадии в зависимости от свойств сырьевых материалов выбросы пыли могут происходить в передаточных точках конвейеров и накопительных систем.

Первичное дробление:

Данная операция, которую применяют для глин с невысокой влажностью (полусухой процесс), также сопровождается выбросами пыли. В таблице представлены данные по содержанию пыли в воздухе после прохождения через тканевый фильтр [26, УВА, 2005].

Таблица 3.18. Диапазон величин выбросов пыли при предварительном дроблении после тканевого фильтра

Первичное дробление	Содержание
Пыль	0,7 – 3,4 мг/м ³ ¹⁾
¹⁾ Для сухих отходящих газов (273 К, 101,3 кПа)	

Сухое измельчение:

Данным способом измельчают относительно сухие глины. Кроме пыли, при этом выделяются диоксиды серы и оксиды азота (продукты сгорания тяжелого мазута). В таблице представлены текущие значения выбросов при сухом измельчении после соответствующей системы фильтрации [26, УВА, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.19. Диапазон текущих значений выбросов при сухом помоле после соответствующей системы фильтрации

Пыль после тканевого или электрофилтра	6 - 50 мг/м ³ ^{1) 2)}
Диоксид серы	0,02 - 0,20 г/м ³ ¹⁾
Оксиды азота, в пересчете на NO ₂	0,11 - 0,14 г/м ³ ¹⁾
¹⁾ Для влажного газа и 17 об. % O ₂ (273 К, 101,3 кПа)	
²⁾ Среднегодовая величина	

Грануляция:

При грануляции, которую используют для сухих глин, происходят выбросы пыли. Данные по содержанию пыли в воздухе после тканевого филтра приведены в таблице [26, UBA, 2005].

Таблица 3.20. Различия величин выброса пыли при грануляции после тканевого филтра

Грануляция	Содержание
Пыль	5 – 15 мг/м ³ ¹⁾
¹⁾ Для сухих отходящих газов (273 К, 101,3 кПа)	

Обжиг:

Влияние технологии производства и применяемого вида топлива на общий уровень выбросов предприятия невелико, основную роль играет качество сырья. Сырьевые материалы являются источником органических веществ и диоксида серы (как продукта разложения пирита и марказита). Эти газы присутствуют в неочищенном газе и составляют обязательную часть процесса вспучивания.

В таблице собраны данные по уровням выбросов при обжиге и сушке после соответствующих систем очистки (электрофилтры, мокрая очистка газов) [26, UBA, 2005] [28, Schorcht, 2005] [30, TWG Ceramics, 2005]:

Таблица 3.21. Различия концентраций пыли в отходящих газах обжига (после соответствующей системы очистки)

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Интервал концентраций
Пыль	мг/м ³	9 - 200
SO ₂	мг/м ³	200 - 2000
NO _x	мг/м ³	120 - 930
HCl	мг/м ³	2,7 - 250
HF	мг/м ³	0,4 - 20
CO	мг/м ³	50 - 2600
Общее содержание органических веществ	мг/м ³	10 - 800
Диоксины	нг/м ³	< 0,1
Данные представлены для содержания O ₂ на уровне 13 - 16 об. %. Число результатов определения других загрязняющих веществ, кроме пыли и SO ₂ , невелико.		

Ниже приводятся данные о содержании загрязняющих веществ в отходящих газах при обжиге керамзита во вращающейся печи (метод Leca), оборудованной электрофилтрационной системой обеспыливания [17, Burkart, 2004]:

- пыль: менее 50 мг/м³;
- SO_x: 1700 - 1800 мг/м³ (при содержании серы в исходном сырье более 0,75 %);
- фтор, в пересчете на HF: менее 5 мг/м³.

Рассев и получение керамзитового песка:

Также пылеобразование происходит при ситовой классификации керамзита по фракциям и в ходе дробления на песок. Данные по выбросам ситовых установок приведены в таблице [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.22. Выброс пыли для ситовых установок

Параметр	Сито I (с дробилкой)
Пыль	4,3 - 50,0 мг/м ³

Сбросы сточных вод в водные объекты

На ряде предприятий в настоящее время установлены скрубберы мокрой очистки. В таблице указан объем стоков в среднем за неделю [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.23. Характеристики сточных вод для скрубберов мокрой очистки

Параметр	Значение
pH	6 - 9
Взвешенные твердые частицы	< 50 мг/л

Воду главным образом используют при подготовке сырьевых материалов и формовании.

При производстве керамзита не происходит образования сточных вод, поэтому объем сбросов незначителен. Вода охлаждения печей проходит через маслоотделитель и возвращается в контур, вода в составе массы полностью испаряется в процессе сушки.

Отходы производства / технологические потери

При производстве керамзита отходы производства не образуются. После рассева слишком крупные и мелкие гранулы возвращают на дробление. Всю уловленную пыль отправляют обратно в технологическую цепочку. Образующийся при очистке дымовых газов гипс применяют в цементной промышленности в качестве регулятора твердения.

3.3.4.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

Расход энергии на сухое измельчение глин (полусухой процесс) составляет примерно 217 МДж/м³, что соответствует приблизительно 20 % всего потребления тепловой энергии в производственном процессе при использовании достаточно сухих глин (в случае глиняного сырья, имеющего высокую влажность, сухое измельчение не проводят). Потребление электроэнергии на сухое измельчение составляет примерно 26,3 МДж/м³.

На обжиг в зависимости от влажности глиняного сырья, технологии и производительности расходуется порядка 900 – 1300 МДж/м³ [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Суммарное удельное потребление электрической энергии лежит в пределах 43 – 83 МДж/м³ и зависит от насыпной плотности и свойств материала, а также от принятой технологии (способа подготовки глины, режима термообработки) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Потребление воды и сырьевых материалов

В таблице приведен пример сырьевой смеси для производства керамзита [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.24. Сырьевая смесь для производства керамзита

Компонент	Массовое содержание, %	Назначение
Глина (сухая)	> 90	Исходный материал
Оксид железа	0 - 8	Плавень
Известковая/доломитовая пыль	0,5 - 3	Разрыхлитель
Углерод	0 - 1	Вспучивающая добавка

3.3.5. Облицовочная и напольная плитка

3.3.5.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве глазурованной и неглазурованной облицовочной и напольной плитки имеют место выбросы в воздух, сбросы в водные объекты, образование твердых отходов, шумовое загрязнение. В данном разделе рассмотрен уровень выделения загрязняющих веществ на основных переделах технологического процесса.

Выбросы отходящих газов в воздух

Выбросы в процессе помола сырья включают преимущественно частицы измельчаемых материалов (глины, кварца, полевых шпатов). При сухом способе помола объем загрязненного воздуха составляет порядка 6 м³ (н. у.) на 1 кг переработанного сырья, а фактор выбросов твердых частиц (пыли) - 50 г/кг. При мокром помоле объем загрязненного воздуха также достигает 6 м³/кг (н. у.), однако фактор выбросов снижается до 15 г/кг. Факторы выбросов приведены для неочищенных отходящих газов.

При полусухом прессовании имеют место выбросы пыли, оксидов азота, серы, моно- и диоксида углерода. В результате промывки глазуровочного оборудования образуются водные суспензии, которые содержат керамические материалы, Эти суспензии добавляют в шликеры, что обуславливает наличие в выделяющихся при их сушке выбросах бора, хлора и свинца. Производительность распылительных сушилок достигает 20000 л/ч. В таблице приведены типовые технические характеристики распылительной сушилки (сверху) и соответствующие параметры неочищенных газов [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.25. Техничко-эксплуатационные данные распылительных сушилок и характеристики неочищенных газов

Источник выбросов	Распылительная сушилка
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	30000 - 200000
Температура дымовых газов (°C)	60 - 130
Влажность (м ³ воды/м ³ общ.)	0,13 - 0,20
Кислород (%)	16 - 20

Загрязняющее вещество	Концентрация (мг/м³)
Пыль	150 - 1500
NO _x , в пересчете на NO ₂	5 - 300
CO	2 - 50
Соединения хлора, в пересчете на HCl	1 - 5
Бор	< 0,3
Свинец	< 0,15
CO ₂	1,5 - 4,0 об. %

Распылительные сушилки также объединяют с установками когенерации. Это выгодно с точки зрения энергоэффективности, однако выделяющиеся при этом дымовые газы до очистки содержат большее количество NO_x (50 - 800 мг/м³, в пересчете на NO₂) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

При формовании прессованием объем загрязненного воздуха составляет около 5 м³ (н. у.) на 1 кг сырья, а фактор выбросов пыли по неочищенному газу – около 7 г/кг. В зависимости от размеров пресса объем отходящих газов составляет 2000 - 4000 м³/ч, температура 20 – 30 °C. Также пыль образуется после пресса на участке полировки. При протяжке применяют увлажненные массы, поэтому пыль не выделяется.

В таблице приведены технические характеристики вертикальных и горизонтальных сушилок (сверху) и соответствующие параметры неочищенных газов [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

Таблица 3.26. Техничко-эксплуатационные данные сушилок и характеристики неочищенных газов

Источник выбросов	Сушилка
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	2000 – 7000
Температура дымовых газов (°С)	50 – 190
Влажность (м ³ воды/м ³ общ.)	0,04 – 0,11
Кислород (%)	16 – 20

Загрязняющее вещество	Концентрация
Пыль	5 – 25 мг/м ³
СО ₂	1 – 3 об. %

Присутствующие в выбросах сушилок твердые частицы представляют собой налипшую на заготовки или возникающую в результате боя плитки в сушке пыль, которая перемещается вместе с топочными газами. Сравнительно низкая температура в сушилках, которая, как правило, не превышает 300 °С, препятствует образованию оксида азота.

Характер выбросов газов и твердых частиц при глазуровании определяется составом глазури и методом ее нанесения. В общем случае, газообразные выбросы появляются в ходе приготовления глазурной суспензии и при распылении. Физико-химические параметры таких выбросов сильно различаются между собой в связи с широким разнообразием применяемых глазурей. В составе образующейся при глазуровании пыли присутствует кремний, бор, цирконий, натрий, калий, барий, кальций, магний, цинк и алюминий. Объем выбросов составляет порядка 5 м³ (н. у.) воздуха на 1 кг глазури, фактор выбросов (с неочищенными газами) – 0,5 г пыли на 1 кг глазури. Объемный расход отходящих газов достигает 7000 м³/ч, температура - приблизительно 30 °С.

В таблице приведены технические характеристики (сверху) и соответствующие значения выбросов для роликовых печей [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

Таблица 3.27. Техничко-эксплуатационные данные печи и характеристики неочищенных газов при обжиге

Источник выбросов	Роликовая печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	5000 – 15000
Температура дымовых газов (°С)	130 – 300
Влажность (м ³ воды/м ³ общ.)	0,05 – 0,1

Загрязняющее вещество	Концентрация (мг/м ³)
Пыль	5 – 30
NO _x , в пересчете на NO ₂	5 – 150

SO _x , в пересчете на SO ₂	1 – 300
CO	1 – 15
Соединения фтора, в пересчете на HF	5 – 60
Соединения хлора, в пересчете на HCl	20 – 150
Бор	< 0,5
Свинец	< 0,15
CO ₂	1,5 – 4,0 об. %

Указанные выбросы фтора имеют место при его содержании в глине 500 - 800 мг/кг. Выбросы бора при обжиге происходят в случае применения борсодержащих глазурей. Бор и хлор появляются в процессе испарения воды из плиток на начальных стадиях обжига (выделение бора происходит только при использовании оборотной воды, выбросы хлора имеют место при заборе свежей воды из систем коммунального водоснабжения). Содержание свинца в выбросах невелико и связано преимущественно с испарением ограниченного числа глазурей, в которых содержится этот элемент [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

На основании данных итальянских исследователей, в таблице представлена сравнительная характеристика факторов загрязнения для организованных (с очищенными газами) и неорганизованных выбросов (в газах перед очистными сооружениями) на различных стадиях производства облицовочной и напольной плитки. Факторы выбросов указаны для основного агрегата на данной стадии технологического процесса [6, Timellini, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.28. Выбросы на различных стадиях процесса производства облицовочной и напольной плитки.

Факторы организованных (О) и неорганизованных (Н) выбросов загрязняющих веществ

Газообразные выбросы на стадии		Удельный объемный расход (м ³ /кг, н. у.)	Факторы выбросов загрязняющих веществ ФВ (г/кг)					
Стадия	Технологическая операция		Пыль (взвешенные частицы)		Соединения свинца (Pb)		Соединения фтора (HF)	
			Н	О	Н	О	Н	О
Массоподготовка	Сухой помол	6	40 - 60	0,05 - 0,1				
	Мокрый помол	6	10 - 20	0,02 - 0,1				
	Распылительная сушка	5	5 - 10	0,1 - 0,2				
Формование	Прессование	5	5 - 10	0,01 - 0,05				
Подготовка и нанесение глазури		5	0,5 - 1,0	0,02 - 0,03				
Обжиг		3 - 6	0,1 - 0,5	0,01 - 0,02	0 - 0,1	0,001 - 0,01	0,1 - 0,5	0,01 - 0,05
Н = неорганизованные выбросы; О = организованные выбросы								

Выбросы в воздух в виде пыли могут также иметь место при хранении и транспортировке сырья из накопителей, дозаторов, передаточных устройств. После обжига облицовочную и напольную

плитку зачастую подвергают шлифовке, при выполнении которой сухим способом также может образовываться пыль [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Сбросы сточных вод в водные объекты

Сточные воды в производстве облицовочной и напольной плитки формируются при очистке оборудования для подготовки сырья и глазурования, в процессе обезвоживания масс на ротационных и фильтр-прессах, а также при мокрой шлифовке. Часто сточные воды используют в замкнутом цикле. Излишек глазури собирают и возвращают обратно в производственный цикл [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

В таблице указан стандартный состав неочищенных стоков предприятий-изготовителей облицовочной и напольной плитки. Эти сточные воды, как правило, образуются в результате промывки глазуровальных установок, поэтому концентрация загрязняющих веществ в значительной мере определяется составом глазури [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Таблица 3.29. Химический анализ неочищенных сточных вод

Параметр	Значение (мг/л)	Параметр	Значение (мг/л)
pH	7 - 9	Кальций	5 - 500
Взвешенные частицы	1000 - 20000	Бор	1 - 60
Осаждаемые твердые частицы	5 - 30	Свинец	< 5
Химическая потребность в кислороде (ХПК)	100 - 400	Натрий	50 - 500
Биохимическая потребность в кислороде (5 сутки, БПК ₅)	40 - 60	Калий	1 - 50
Фториды	< 2	Кремний	5 - 30
Хлориды	300 - 700	Алюминий	< 2
Сульфаты	100 - 1000	Железо	< 0,5
Магний	10 - 100	Цинк	< 2

Отходы производства / технологические потери

- на некоторых этапах технологического процесса (в частности, при формовании, сушке, обжиге, послеобжиговой обработке) может появляться бой изделий;
- подготовка сырья и глазурование, а также мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама (например, при промывке оборудования);
- при упаковке появляются отходы пластика, бумаги, металлолом;
- в системах очистки отходящих газов присутствуют пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Те

материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, передают в другие отрасли либо отправляют на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [4, UBA, 2001],[17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Количество и состав формирующегося при очистке сточных вод шлама подвержены существенным колебаниям в зависимости от применяемой технологии производства. В таблице приведены данные о концентрациях основных химических составляющих шлама [3, CERAME-UNIE, 2003],[4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Таблица 3.30. Основные химические компоненты шлама (производство облицовочной и напольной плитки)

Соединение	Содержание (мас. %)	Соединение	Содержание (мас. %)
SiO ₂	40 - 60	K ₂ O	0,5 - 3,0
Al ₂ O ₃	5 - 15	TiO ₂	0 - 7
B ₂ O ₃	0 - 10	ZnO	1 - 8
Fe ₂ O ₃	0,1 - 5,0	BaO	0,1 - 3,0
CaO	5 - 15	PbO	0,1 - 15
MgO	0,5 - 3,0	ZrO ₂	1 - 15
Na ₂ O	0,5 - 3,0		

Количество образующегося при производстве облицовочной и напольной плитки шлама составляет, в пересчете на сухое вещество, 0,09 - 0,15 кг/м² готовой продукции. Для изделий весом 15 - 20 кг/м² это соответствует 0,4 - 1,0 % (масса сухого шлама по отношению к массе керамики).

3.3.5.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии при распылительной сушке

Типичные значения расхода энергии на распылительную сушку при производстве облицовочной и напольной плитки находятся в интервале 980 - 2200 кДж/кг [23, TWG Ceramics, 2005].

Потребление энергии при сушке

Для обогрева сушилок обычно применяют избыточное тепло печи, поэтому мощность горелок в сушилке невелика. В ряде случаев используют сушилки с электрообогревом, объем отходящих газов из которых составляет всего 100 - 300 м³/ч [4, UBA, 2001].

Типичные величины потребления тепловой энергии на сушку облицовочной и напольной плитки равны 250 - 750 кДж/кг (с учетом низкой теплотворной способности природного газа при 15 °С и 1013 мбар). Для плитки класса ВIb-II энергопотребление может превышать 1400 кДж/кг [3, CERAME-UNIE, 2003].

Потребление энергии при обжиге

В таблице представлен сравнительный анализ удельного энергопотребления различных типов печей (туннельных и роликовых). Значения приведены для температуры 1150 °С и однократного (1х) либо двукратного (2х) обжига (ср. табл. 2.14) [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.31. Пример удельного энергопотребления печей различных типов

Тип печи	Энергопотребление (кДж/кг)
Туннельная (2х)	5920 - 7300
Туннельная (1х)	5420 - 6300
Роликовая (2х)	3400 - 4620
Роликовая (1х)	1900 - 4800

В таблице предложена сравнительная характеристика удельного потребления тепловой и электроэнергии по стадиям технологического процесса. Данные приведены для наиболее крупных итальянских предприятий-потребителей энергии [6, Timellini, 2004].

Таблица 3.32. Сравнительный анализ удельного потребления тепловой и электроэнергии по стадиям производственного процесса

Стадия	Технологическая операция	Удельное потребление природного газа (ГДж/т)	Удельное потребление электроэнергии (ГДж/т)
Массоподготовка	Сухой помол		0,04 - 0,07
	Мокрый помол		0,05 - 0,35
	Распылительная сушка	1,1 - 2,2	0,01 - 0,07
Формование	Прессование		0,05 - 0,15
Сушка		0,3 - 0,8	0,01 - 0,04
Обжиг		1,9 - 4,8	0,02 - 0,15

Потребление воды и сырья

В зависимости от вида сырья, технологии производства и характеристик готовой продукции применяют различное количество воды и сырьевых материалов.

Так, при сухом способе массоподготовки сырье измельчают в молотковых или маятниковых дробилках, после чего смесь увлажняют до абсолютной влажности 7 – 12 %. Гранулированный материал в этом случае высушивают до остаточной влажности 6 – 7 %.

Влажный способ массоподготовки предполагает помол сырьевых материалов в шаровой мельнице при содержании воды 42 - 50 %, в пересчете на сухое вещество. После этого проводят грануляцию путем распылительной сушки и доводят гранулят до остаточной влажности 5 - 6 %.

Следует отметить, что при использовании влажного способа массоподготовки водопотребление примерно вчетверо выше, чем сухого. Это означает увеличения количества воды, которое можно повторно использовать в процессе массоподготовки [10, Navarro, 1998] [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)

3.3.6.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве изделий хозяйственно-бытовой керамики имеют место выбросы отходящих газов в воздух, сбросы сточных вод в водные объекты, образование твердых отходов, шумовое загрязнение. В данном разделе рассмотрен уровень выбросов загрязняющих веществ при распылительной сушке и обжиге, а также в ходе других технологических операций.

Выбросы отходящих газов в воздух

В таблице приведены типовые технические характеристики, а также объемы выбросов пыли из распылительных сушилок, применяемых для получения пресс-порошка в технологии хозяйственно-бытовой керамики.

Таблица 3.33. Техничко-эксплуатационные данные распылительной сушилки и содержание пыли в очищенных газах

Источник выбросов	Распылительная сушилка
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	до 10000
Температура дымовых газов (°C)	60

Загрязняющее вещество	Концентрация
Пыль	20 - 30 мг/м ³

Пыль улавливают при помощи фильтров или систем, сочетающих циклон и скрубберы мокрой очистки. Здесь также следует упомянуть о том, что в настоящее время многие производители хозяйственно-бытовой керамики отказались от использования распылительных сушилок в пользу закупки готового пресс-порошка с необходимыми свойствами [4, UBA, 2001].

В процессе предварительного (утельного) обжига происходит разложение или испарение вспомогательных веществ, в результате чего выделяются органические соединения. Основная доля их выбросов происходит при температуре порядка 400 °C в зоне предварительного подогрева печи. Содержание бензола при этом может достигать 1 мг/м³ [3, CERAME-UNIE, 2003]. В таблице представлены технические характеристики туннельной печи (сверху) и возможные составы неочищенных дымовых газов, образующихся в ходе обжига в таких печах изделий хозяйственно-бытовой керамики [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004].

Таблица 3.34. Характеристики неочищенных газов и технико-эксплуатационные данные печи для обжига хозяйственно-бытовой керамики

Источник выбросов	Туннельная печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	3500 - 8000
Температура дымовых газов (°С)	130 - 200

Загрязняющее вещество	Концентрация (мг/м ³)	Концентрация (мг/м ³)
Обжиг	Бисквитный	Политой
Пыль	0,3 - 6,0	0,3 - 6,0
NO _x , в пересчете на NO ₂	13 - 110	20 - 150
Газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	1 - 35	0,3 - 23
Органические вещества, в пересчете на суммарный углерод	до 40 ^{*)}	3-18
^{*)} При изостатическом прессовании - до 100 мг/м ³		

Указанные в таблице 3.34 газообразные неорганические соединения фтора выделяются при температуре 700 – 800 °С в результате разложения определенных компонентов сырья. Выбросы фтора из туннельной печи носят постоянный характер, поскольку обжиг происходит в непрерывном режиме.

В таблице приведены технические характеристики туннельной печи (сверху) и содержание загрязняющих веществ в газах до и после очистки (пыль, HF) при однократном обжиге хозяйственно-бытовой керамики в таких печах. Этот технологический прием позволяет обжигать изделия всего один раз, при этом предварительный их подогрев не требуется. Обжиг ведут в течение 20 ч при температуре 1260 °С, дымовые газы печи очищают при помощи горизонтального известкового фильтра [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Таблица 3.35. Характеристики неочищенных и очищенных газов при однократном обжиге хозяйственно-бытовой керамики

Источник выбросов	Туннельная печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	20000
Температура дымовых газов (°С) ^{*)}	137 - 156
O ₂ (%) ^{*)}	17,1 - 18,1

Загрязняющее вещество	Содержание в неочищенном газе (мг/м ³) ^{**)}	Содержание в очищенном газе (мг/м ³)
Пыль	0,9	0,9
Газообразные соединения фтора, в пересчете на HF	7,0	0,224 - 0,293 ^{*)}
^{*)} По трем измерениям		
^{**)} Температура дымовых газов и содержание O ₂ не указаны		

В печах периодического действия, например, с выкатным подом, при температуре 800 - 1150 °С выделяется большее количество газообразных неорганических соединений фтора, объемный расход дымовых газов таких печей составляет 5000 - 20000 м³/ч.

В составе дымовых газов, образующихся в процессе обжига хозяйственно-бытовой керамики, присутствуют и другие загрязняющие вещества, а именно – CO, CO₂, SO_x. При обжиге изделий после нанесения декора происходит выгорание клея и связок из деколей и красок, что приводит к дополнительным выбросам вредных веществ и выделению интенсивно пахнущих органических соединений. Также могут иметь место выбросы тяжелых металлов из неорганических пигментов (которые представляют собой оксиды этих металлов). В таблице приведены наиболее распространенные пигменты, применяемые для декорирования [4, UBA, 2001].

Таблица 3.36. Керамические пигменты, применяемые при декорировании

Цвет	Устойчивость при температуре 800 °С	Устойчивость при температуре 1200 °С
Зеленый	Оксид хрома, хром-кобальтовая шпинель	
Синий	Алюмо-цинк-хром-кобальтовая шпинель, кобальтовый расплав	Цирконий-ванадиевый синий
Желтый	Мышьяк-свинцовистый желтый	Ванадий-оловянный желтый
Черный	Шпинели, содержащие железо, кобальт, никель, марганец, хром, ванадий и др.	
Серый	Олово-мышьяковистый серый, цирконий-(кобальтовый, никелевый) серый	
Коричневый	Железо-хром-цинк-марганцевая шпинель, оксид железа	Цирконий-железистый розовый
Красный	кассиев пурпур, кадмий-(серный, селеновый) красный	Олово-хром-(кальциевый, кремниевый) розовый, кадмиевый красный
Белый	Оксид церия, оксид титана	Оксид олова, силикат циркония

В таблице указаны технические характеристики печей для обжига декорированных изделий и массовое содержание выделяющихся при этом тяжелых металлов [4, UBA, 2001].

Таблица 3.37. Содержание тяжелых металлов при обжиге изделий в неочищенных газах после декорирования

Источник выбросов	Печь для обжига декорированных изделий
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	1000 – 3000
Температура дымовых газов (°С)	~ 100

Металл	Концентрация (мг/м ³)
Свинец	0,002 - 2,750
Кадмий	0,003 - 0,070
Кобальт	0,054 - 0,260
Никель	0,060 - 0,400

Выбросы пыли в воздух происходят не только при нанесении глазури распылением и обжиге, но и в следующих технологических операциях [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования,

- перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухом способе подготовки массы;
 - при формовании сухих масс (прессованием);
 - при глазуровании и ангобировании в зависимости от принятого способа их нанесения;
 - при сухой шлифовке некоторых видов хозяйственно-бытовой керамики после обжига;
 - также при сушке могут происходить выбросы газообразных веществ. В том случае, если избыточное тепло из печи отводят в сушилки, не оборудованные замкнутыми системами циркуляции теплоносителя, возможны выбросы соединений фтора.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве изделий хозяйственно-бытовой керамики стоки образуются в результате промывки массоподготовительного оборудования и очистки установок глазурования и декорирования, в ходе обезвоживания масс на барабанных фильтрах и фильтр-прессах, при мокрой шлифовке. В таких стоках присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

В таблице приведены результаты анализа сточных вод предприятия по производству столового фарфора [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003]. Для очистки и уменьшения объема стоков их подвергают гомогенизации, флокуляции, седиментации, фильтрации через песчаный фильтр и очистке в установках обратного осмоса.

Таблица 3.38. Анализ технической воды производителя фарфоровой посуды

Параметр	Единицы измерения	Производственные сточные воды	После сгущения	После песчаного фильтра	Концентрат после обратного осмоса	Фильтрат после обратного осмоса
pH		7,5	7,5	7,5	8,0	6,5
Электропроводность	□ См/см	750	700	680	950	8
Общая жесткость	дН ¹⁾	12,0	11,5	12,0	15,0	< 0,5
Твердый остаток после выпаривания при температуре 135 °С	мг/л	1500	550	500	820	60
Хлор	мг/л	150	150	130	245	< 5
Сульфаты	мг/л	100	100	110	280	< 10
Фосфаты	мг/л	80,0	2,0	1,0	1,5	0,4
Кремниевая кислота	мг/л	200	15	10	25	< 0,1
Кальций	мг/л	70	70	65	245	0,3
Магний	мг/л	9	7	7	23	< 0,1
Бор	мг/л	2,0	1,0	1,0	3,1	< 0,1
Цинк	□ г/л	4500	< 100	< 100	< 100	< 100
Свинец	□ г/л	250000	200	60	110	< 10
Кадмий	□ г/л	60	2	2	3	< 1
Cr, Cu, Ni, Co	□ г/л	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

АГС	мг/л	0,001	-	-	0,007	< 0,001
ХПК	мг/л	30	-	-	45	< 15
¹⁾ Жесткость приведена в единицах, распространенных в Германии. 1 dH = 0,1786 ммоль/дм ³ (прим. ред.).						

В следующей таблице приведен анализ сточных вод другого завода хозяйственно-бытовых изделий. На этом предприятии обжиг проводят в одну стадию, а стоки образуются в основном при глазуровании и массоподготовке [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Таблица 3.39. Анализ сточных вод завода по производству хозяйственно-бытовой керамики

Параметр	Единицы измерения	Величина до переработки	Величина после переработки	Фактор очистки
pH		8,9	7,9	
БПК ₇	мг/л	7,4	5,4	27,0 %
ХПК, бихроматная окисляемость	мгО/л	142	25	82,4 %
Взвешенные твердые частицы	мг/л	8100	4,4	99,95 %
Cd	мг/л	0,0015	< 0,0005	> 66,7 %
Co	мг/л	12,0	0,020	99,83 %
Cr	мг/л	0,130	0,004	96,9 %
Cu	мг/л	0,110	0,029	73,6 %
Pb	мг/л	0,190	< 0,010	> 94,7 %
Zn	мг/л	4,0	0,220	94,5 %
Mn	мг/л	0,200	0,035	82,5 %

Очистку сточных вод осуществляют путем физико-химического осаждения, которое включает:

- усреднение в специальном резервуаре;
- введение химических осадителей при интенсивном перемешивании;
- флокуляцию;
- введение катионного полимера (катионита) и флокуляцию;
- седиментацию;
- сгущение шлама;
- высушивание шлама на фильтр-прессе.

Очищенную воду сливают из седиментационного бассейна, объем воды составляет 145 м³/сут.

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка литьевых и

- глазуравальных установок и мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама;
- отходами процесса шликерного литья являются отработанные и разбитые гипсовые формы;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

По результатам анализа белого шлама, который образуется в результате очистки стоков и представляет собой смесь каолина, прочего сырья и небольшого количества гипса из форм, в его состав входят SiO_2 (66 - 70 %), Al_2O_3 (18 - 20 %), Na_2O (0,1 - 2 %), K_2O (3 - 3,5 %), CaO (1 - 3 %) [4, UBA, 2001].

3.3.6.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

В таблице приведены данные по расходу тепловой и электроэнергии предприятием по изготовлению столового фарфора (ср. табл. 2.17 и 2.18) [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.40. Потребление тепловой и электроэнергии при производстве фарфоровой посуды

Параметр	Единицы измерения	Значение
Расход электроэнергии	МДж/кг продукции	4,5
Расход тепловой энергии	МДж/кг продукции	70

Потребление воды и сырья

Примерный уровень потребления этих ресурсов показан на рисунке в виде потоковой схемы производства недекорированных изделий с предварительным обезвоживанием массы на фильтр-прессах и формованием при помощи раскаточных машин [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

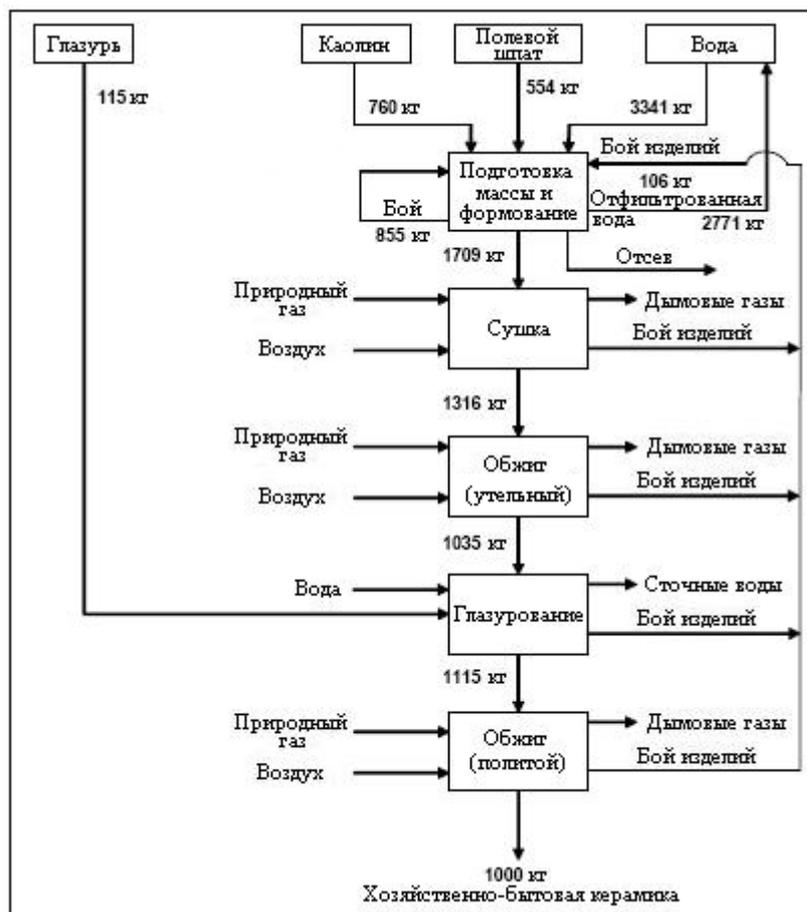


РИС. 3.7. ПРИМЕР МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСУДЫ

3.3.7. Санитарно-технические изделия

3.3.7.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

Производство санитарно-технических изделий сопровождается выбросами загрязняющих веществ в воздух, сбросами сточных вод в водные объекты, образованием твердых отходов, шумовым загрязнением. Здесь представлены данные о загрязнениях при обжиге санитарно-технических изделий, а также в ходе других технологических операций.

Выбросы отходящих газов в воздух

Для обжига санитарно-технических изделий служат туннельные или роликовые печи. При небольших объемах производства обжиг ведут в печах с выкатным подом периодического действия. В таблице приведены составы неочищенных и очищенных газов, а также технические характеристики (сверху) типовой туннельной печи для обжига санитарной керамики. В настоящем примере очистку дымовых газов проводят методом сухой адсорбции в стальном контейнере при помощи плоских сотовых сорбционных модулей [4, УВА, 2001].

Таблица 3.41. Примерный состав неочищенных и очищенных газов туннельной печи

Источник выбросов	Туннельная печь
Объемный расход дымовых газов (м ³ /ч)	9100
Температура дымовых газов (°С)	140 - 180

Загрязняющее вещество	Содержание в неочищенном газе (мг/м³)	Содержание в очищенном газе (мг/м³)
Пыль	10	3
NO _x , в пересчете на NO ₂	30	20
СО	200	200
Газообразные неорганические соединения фтора, в пересчете на HF	1,3 - 3,6	0,4 - 1,5

В следующей таблице приведены концентрации загрязняющих веществ в неочищенных газах туннельных печей и печей с выкатным подом (относительно 18 % O₂, топливо – природный газ) [1, BMLFUW, 2003], [22, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.42. Содержание вредных веществ в неочищенных газах туннельной печи и печи с выкатным подом

Загрязняющее вещество	Концентрация (мг/м³)	Концентрация (мг/м³)
Источник выбросов	Туннельная печь	Печь с выкатным подом
Пыль	1 – 20	≤ 40
NO _x , в пересчете на NO ₂	10 – 50 ^{*)}	10 – 50
Газообразные неорганические соединения хлора, в пересчете на HCl	1 – 25	≤ 80
Газообразные неорганические соединения фтора, в пересчете на HF	1 – 30	≤ 90
SO ₂ ^{**)}	1 – 100	нет данных
^{*)} При использовании смеси сжиженного газа и тяжелого мазута - до 90 мг/м ³ NO ₂		
^{**)} При использовании смеси сжиженного газа и тяжелого мазута		

В таблице представлены концентрации загрязняющих веществ в очищенных газах двух предприятий по производству санитарно-технических изделий. Замеры проводили после первого обжига в туннельной печи и прохождения дымовых газов через горизонтальный известковый адсорбер (относительно 18 % O₂, топливо: природный газ) [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.43. Примерный состав очищенных газов двух заводов по производству санитарно-технических изделий

Загрязняющее вещество	Завод 1 Концентрация (мг/м³)	Завод 2 Концентрация (мг/м³)
Пыль	3,2	5,0
Кобальт	< 0,1	-
Никель	< 0,1	-
Хром	< 0,1	-
Марганец	< 0,1	-
Ванадий	< 0,1	-
Олово	< 0,1	-
Мышьяк	< 0,1	-

Газообразные неорганические соединения фтора, в пересчете на HF	0,8	-
Газообразные неорганические соединения хлора, в пересчете на HCl	0,8	-
SO _x , в пересчете на SO ₂	6,0	20

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухой подготовке твердого сырья;
- при нанесении глазури методом распыления;
- при полировке и сухой шлифовке обожженных изделий;
- также при сушке могут происходить выбросы газообразных веществ. В том случае, если избыточное тепло из печи отводят в сушилки, не оборудованные замкнутыми системами циркуляции теплоносителя, возможны выбросы соединений фтора.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве санитарно-технических изделий стоки образуются в результате промывки массоподготовительного и литейного оборудования, при глазуровании и мокрой шлифовке. В таких стоках присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах, поэтому их используют повторно (в основном, как промывные воды) [23, TWG Ceramics, 2005].

В таблице приведены примерные концентрации загрязняющих веществ в очищенных сточных водах предприятия по выпуску санитарной керамики и суточный объем сбросов (смешанный образец после седиментации) [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.44. Содержание загрязняющих веществ в технической воде после очистки

Параметр	Концентрация (мг/л)	Сброс (г/сут)
Цинк	0,05	1,0
Никель	< 0,01	< 0,2
Свинец	< 0,01	< 0,2
Медь	< 0,01	< 0,2
Хром	< 0,01	< 0,2
Хром (VI)	< 0,05	< 0,01
Кобальт	< 0,01	< 0,2
Олово	< 0,01	< 0,2
Кадмий	< 0,005	< 0,1
Мышьяк	< 0,01	< 0,2
Барий	0,32	6,4
Сульфаты	53	1060
pH	7,7	-

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка литьевых и глазуровальных установок и мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама;
- отходами процесса шликерного литья являются отработанные и разбитые гипсовые формы;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке или на полигоны [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

По результатам анализа белого шлама, который образуется в результате очистки сточных вод и представляет собой смесь каолина, прочего сырья и небольшого количества гипса из форм, в его состав входят SiO_2 (66 - 70 %), Al_2O_3 (18 - 20 %), Na_2O (0,1 - 2 %), K_2O (3 - 3,5 %), CaO (1 - 3 %) [4, UBA, 2001].

3.3.7.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

В таблице представлен диапазон удельного энергопотребления и другие технические характеристики печей различных типов (ср. табл. 2.21, 2.22 и 2.23) [4, UBA, 2001] [23, TWG Ceramics, 2005] [27, VDI, 2004].

Таблица 3.45. Техничко-эксплуатационные данные и производительность печей различных типов

Тип печи	Температура (°C)	Продолжительность обжига (ч)	Удельное энергопотребление (кДж/кг)	Производительность (т/ч)
Традиционная туннельная печь	1230 - 1270	16 – 24	9100 - 12000	0,8 - 1,0
Современная туннельная печь с легковесной волокнистой теплоизоляции	1230 - 1260	10 – 18	4200 -6700	1,0 - 2,0
Роликовая печь	1230 - 1260	8 – 12	3500 - 5000	0,8 - 1,0
Современная	1180 - 1220	12 – 23	8300 - 10400	5 - 15 [*])

печь с выкатным подом, леечка изделий				
Современная печь с выкатным подом, первичный обжиг	1240 - 1260	12 – 23	9200 - 11300	5 - 15 ^{*)}
*) т/цикл				

В следующей таблице приведены данные о потреблении тепловой и электроэнергии на трех заводах по производству санитарно-технических изделий [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.46. Энергопотребление

Параметр	Единицы измерения	Завод 1	Завод 2	Завод 3
Производственная мощность	т/год	10000	5120	2900
Потребление сырья	т/год	17000	7801	3500
Потребление электроэнергии	МДж/кг продукции	0,36	3,32	3,16
Потребление тепловой энергии	МДж/кг продукции	30	22	28

Потребление воды и сырья

Примерный уровень потребления этих ресурсов показан на рисунке в виде потоковой схемы производства полуфарфоровых изделий шликерным литьем в гипсовые формы [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

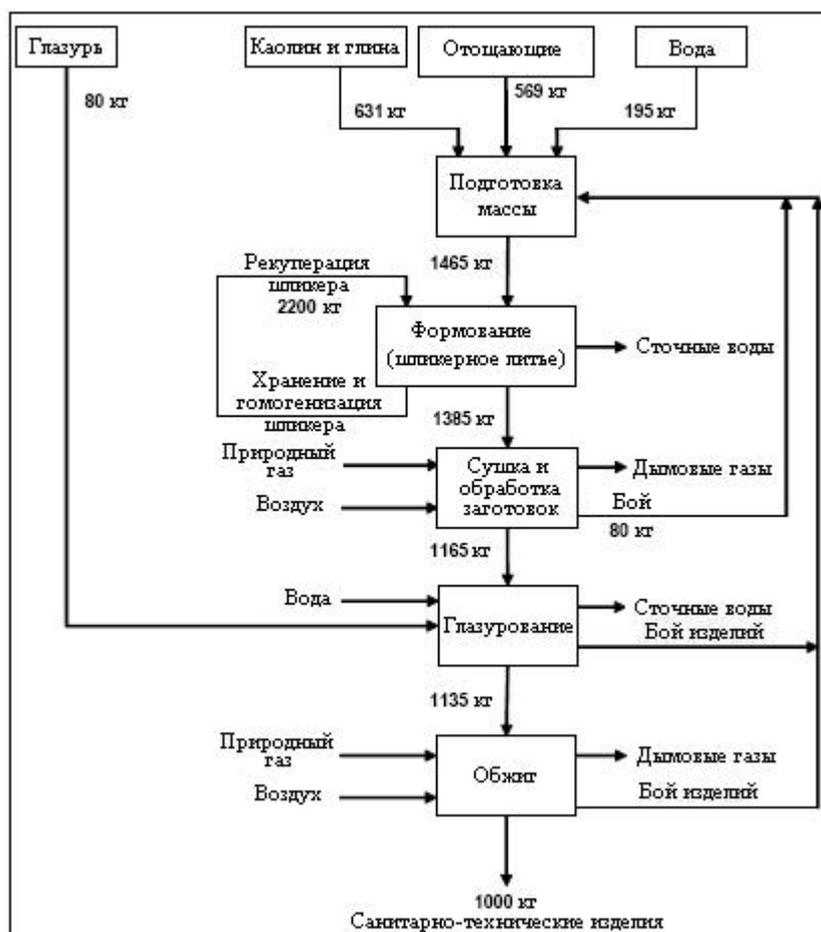


РИС. 3.8. ПРИМЕР МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В ТЕХНОЛОГИИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

3.3.8. Техническая керамика

3.3.8.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

При производстве технической керамики имеют место выбросы загрязняющих веществ в воздух, сбросы сточных вод в водные объекты, образование твердых отходов, шумовое загрязнение. В этом разделе представлены диапазоны выбросов загрязняющих веществ в воздух при обжиге электрофарфора. Также рассмотрены возможные выбросы в ходе других технологических операций, сбросы и отходы производства.

Выбросы отходящих газов в атмосферу

В таблице приведен состав неочищенных газов и массопотоки из печей с выкатным подом для обжига изоляторов [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.47. Содержание вредных веществ в неочищенных газах при обжиге изоляторов

Загрязняющее вещество ¹⁾	Концентрация (мг/м ³)	Массопоток (г/ч)
Пыль	20 - 30	до 600
NO _x , в пересчете на NO ₂	20 - 120	до 2400

Газообразные неорганические соединения фтора, в пересчете на HF	до 120	до 2400
¹⁾ относительно 18 об. % O ₂		

В следующей таблице приведен примерное содержание загрязняющих веществ в дымовых газах печи с выкатным подом для обжига изоляторов, не оборудованной системами очистки отходящих газов (см. тж. раздел 2.3.8) [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.48. Содержание вредных веществ в дымовых газах печи с выкатным подом при обжиге изоляторов

Загрязняющее вещество ¹⁾	Концентрация (мг/м ³)	Массопоток (г/ч)
СО	91	658
NO _x , в пересчете на NO ₂	39	282
Газообразные неорганические соединения фтора, в пересчете на HF	11,3	82
Газообразные неорганические соединения хлора, в пересчете на HCl	2,5	18
SO _x , в пересчете на SO ₂	2,8	20
Органические вещества	6,3	45
¹⁾ относительно 18 об. % O ₂ , измерения содержания пыли/взвешенных частиц не проводились		

Данные о выбросах загрязняющих веществ в воздух при производстве других видов технической керамики отсутствуют, однако если состав массы входят органические добавки, в ходе обжига могут выделяться ЛОС [17, Burkart, 2004].

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004]:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухой подготовке твердого сырья;
- при формовании сухих масс прессованием;
- при дообжиговой, промежуточной и послеобжиговой механической обработке сухим способом;
- при глазурировании и ангобировании в зависимости от способа нанесения;
- также при сушке могут происходить выбросы газообразных веществ. В том случае, если избыточное тепло из печи отводят в сушилки, не оборудованные замкнутыми системами циркуляции теплоносителя, возможны выбросы соединений фтора;
- выбросы газообразных веществ, особенно ЛОС, также могут иметь место в процессе выжигания связки и предварительного обжига.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве технической керамики стоки образуются в результате промывки массоподготовительного и литейного оборудования, очистки установок глазурования и ангобирования, при мокрой шлифовке. В таких стоках присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004].

В таблице представлены концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятия по производству изоляторов (см. тж. раздел 2.3.8) после флокуляции, сепарации, концентрирования в аппарате с отбойными экранами и фильтрации при помощи камерного фильтр-пресса (5 смешанных суточных образцов) [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.49. Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после очистки при производстве изоляторов

Параметр	Концентрация (мг/л)				
Взвешенные вещества	-	22	36	53	15
Алюминий	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,90
Железо (II)	< 0,01	-	-	-	-
Железо (III)	< 0,01	-	-	-	-
Общее содержание железа	< 0,01	2,64	1,15	0,056	0,1481
Фториды	-	0,33	-	-	-
ХПК	-	19	-	-	-
Общее содержание органических веществ	< 0,05	1,60	-	-	-
pH	8,12	6,24	5,87	6,65	7,37

В следующей таблице приведены концентрации загрязняющих веществ в нефilterованных сточных водах предприятия по производству изоляторов после флокуляции (представительная проба) [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.50. Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после флокуляции при производстве изоляторов

Параметр	Единицы измерения	Значение
pH	-	7,2
Взвешенные вещества	мг/л	< 3
ХПК	мг/л	53
Общее содержание органических веществ	мг/л	15
АГС	мг/л	0,02
Хром (общее содержание)	мг/л	< 0,01
Свинец	мг/л	< 0,05
Кадмий	мг/л	< 0,005
Медь	мг/л	< 0,01
Никель	мг/л	< 0,1
Цинк	мг/л	0,3
Алюминий	мг/л	0,23
Кобальт	мг/л	0,016

В следующей таблице приведены концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятия по производству пьезокерамических изделий после конечной фильтрации при периодической очистке (представительная проба) [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.51. Содержание загрязняющих веществ в сточных водах после очистки при производстве пьезокерамики

Параметр	Единицы изменения	Значение
pH	-	8,0
Взвешенные вещества	мг/л	< 3
ХПК	мг/л	597
Общее содержание органических веществ	мг/л	200
АГС	мг/л	< 0,1
Свинец	мг/л	< 0,1
Кадмий	мг/л	< 0,01
Медь	мг/л	< 0,01
Никель	мг/л	< 0,1
Цинк	мг/л	0,04
Мышьяк	мг/л	< 0,02

Данные о сбросах в водные объекты при производстве других видов технической керамики отсутствуют.

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и механической обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), очистка литьевых установок и участков глазурования и ангобирования, а также мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама;
- отходами процесса шликерного литья являются отработанные и разбитые гипсовые формы;
- побочным продуктом механической обработки поверхностей являются эмульсии;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004].

3.3.8.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

В таблице приведены примерные данные о потреблении тепловой и электроэнергии на двух предприятиях по производству электрофарфора [1, BMLFUW, 2003].

Таблица 3.52. Энергопотребление двух заводов по производству электрофарфора

Параметр	Единицы измерения	Завод 1	Завод 2
Потребление электроэнергии	МДж/кг продукции	-	0,94
Потребление тепловой энергии	МДж/кг продукции	25	15,30

Удельное потребление тепловой энергии печи с выкатным подом объемом 70 м³ и производительностью 10 - 25 т изоляторов за цикл составляет 12000 - 20000 кДж/кг [1, BMLFUW, 2003].

Данные о потреблении энергии при производстве других видов технической керамики отсутствуют.

Потребление воды и сырьевых материалов

В таблице представлен примерный состав масс, используемых при производстве электрофарфора (высокоглиноземистого фарфора). Доля воды в массе составляет 30 - 50 % [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.53. Состав массы для производства электрофарфора

Вид сырья	Содержание (%)
Каолин	30 - 40
Глина	6 - 15
Полевой шпат	10 - 20
Кварц	0 - 30
Глинозем	0 - 40

Данные о потреблении воды и сырья для производства других видов технической керамики отсутствуют.

3.3.9. Абразивы на неорганической связке

3.3.9.1. Выбросы отходящих газов, сбросы сточных вод, отходы

Производство абразивов на неорганической связке сопровождается выбросами загрязняющих веществ в воздух, сбросами сточных вод в водные объекты, образованием твердых отходов, шумовым загрязнением. В этом разделе представлены диапазоны выбросов загрязняющих веществ в воздух при обжиге. Также рассмотрены возможные выбросы в ходе других технологических операций, сбросы сточных вод и отходы производства.

Выбросы загрязняющих веществ в воздух

В таблице приведен примерный состав дымовых газов трех заводов, на которых производят абразивы на неорганической связке (см. тж. раздел 2.3.9) [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.54. Примерное содержание вредных веществ в дымовых газах трех предприятий по выпуску абразивов на неорганической связке

Загрязняющее вещество	Единицы измерения	Завод 1¹⁾	Завод 2²⁾	Завод 3³⁾
СО ₂	т/год	372	143	216
Пыль	мг/м ³	12	< 15	< 15
Общее содержание органических веществ	мг/м ³	< 43	39	< 40
<p>¹⁾ Типичное предприятие по выпуску абразивов, на котором реализована полная технологическая цепочка, от массоподготовки до упаковки и хранения готовых изделий. Обжиг ведут в газовой печи объемом 10,4 м³ со средней плотностью садки 360 кг/м³. На предприятии установлены рукавные фильтры – пылеуловители (на участках смешения, помола, послеобжиговой обработки), термические дожигатели дымовых газов и стандартное постпроцессинговое оборудование.</p>				
<p>²⁾ Данное предприятие выпускает мелкий шлифовальный инструмент. Производство организовано в одну смену, обжиг ведут в электрических печах. На заводе установлены 3 одинаковые печи объемом до 5,28 м³ каждая (полезный объем – 4,4 м³). Плотность садки составляет от 700 до 1400 кг/м³ (доля огнеприпаса 33 - 50 %). На предприятии применяют рукавные фильтры – пылеуловители (на участках смешения, помола, послеобжиговой обработки), термические дожигатели дымовых газов, бассейны-отстойники для промывных вод и стандартное постпроцессинговое оборудование.</p>				
<p>³⁾ Пример небольшого производства, предприятие выпускает шлифовальные круги диаметром от 100 до 1000 мм. Обжиг ведут в газовой печи с выкатным подом периодического действия объемом 5 м³ с плотностью садки 70 - 140 кг/м³ (см. раздел 2.3.9.5). В качестве пылеуловителей при смешении, помоле и послеобжиговой обработке применяют рукавные фильтры.</p>				

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]:

- при сухой подготовке твердого сырья, смешении и прессовании;
- при сухой шлифовке.

Сбросы сточных вод в водные объекты

При производстве абразивов образуется очень небольшое количество стоков, в некоторых случаях удается организовать производство, где сбросы практически не образуются (при очистке оборудования путем прокаливания и обдирки). Образующиеся стоки – это, как правило, промывные воды [14, UBA, 2004].

Отходы производства / технологические потери:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности, при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке образуется бой изделий;
- подготовка сырьевых материалов, в частности, промывка оборудования сопровождается

- образованием шлама;
- побочным продуктом механической обработки поверхностей являются эмульсии;
- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;
- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в пределах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.9.2. Потребление ресурсов

Потребление энергии

В таблице представлены данные об общем потреблении энергии на рассмотренных в табл. 3.54 предприятиях [14, UBA, 2004] [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.55. Сводные данные по энергопотреблению трех предприятий по производству абразивов на неорганической связке

Параметр	Единицы измерения	Завод 1	Завод 2	Завод 3
Потребление электроэнергии	кВтч/год	150000	1540000	175000
Потребление природного газа	кВтч/год	1850000	946000	1000000

Потребление воды и сырья

В следующей таблице приведены значения водопотребления и потребности в сырьевых материалах предприятий, указанных в табл. 3.54 [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 3.56. Потребление сырьевых материалов на трех предприятиях по выпуску абразивов на неорганической связке

Поступление	Выход	Завод 1 (т/год)	Завод 2 (т/год)	Завод 3 (т/год)
Зернистый абразив		216	440	153
Связующие		35,2	110	17
Добавки ¹⁾		15,2	41,8	7
Стальные трубы и рукава		-	17,6	-
	Продукция	253,6	550	170
	Абразивная пыль	32	55	26
	Бой ²⁾	7	7	4

¹⁾ Частично разлагаются в процессе обжига.

²⁾ Включая обломки огнеприпаса.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИНИМАЕМЫЕ ВО ВНИМАНИЕ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ НДТ

Данная глава посвящена рассмотрению технологических и технических решений, внедрение которых даст возможность достичь высокого уровня защиты окружающей среды на производствах, подпадающих под действие данного документа. Сюда входят системы менеджмента, интегрированные в технологию методы и решения «на конце трубы», однако для получения оптимальных результатов до известной степени необходимо их совместное применение.

Кроме того, рассматриваются меры по предотвращению и минимизации загрязнения окружающей среды, рециркуляции и рекуперации материалов и энергии.

В контексте соблюдения требований Директивы КПКЗ технологические и технические решения могут быть представлены как по отдельности, так и совместно. В Приложении IV к Директиве перечислены факторы, которые следует принимать во внимание при выявлении наилучших доступных технологий и которые учитываются описанными в данной главе техническими решениями. Насколько возможно, описания технологических решений и технических приемов построены по одной и той же схеме, что дает возможность их сравнения и оценки их пригодности в рамках данного в Директиве определения НДТ.

Приведенный здесь список технологических и технических решений, приемов и методов не является исчерпывающим, к НДТ могут быть причислены и другие существующие или развиваемые технологии.

В общем случае, для выявления НДТ используется стандартная схема, представленная в табл. 4.1:

Таблица 4.1. Анализ информации по рассмотренным в главе методам

Рассмотренные сведения	Использованные сведения
Описание	Техническое описание метода или решения
Природоохранный эффект	Ключевые воздействия на окружающую среду, характер которых изменяет внедрение метода (новый процесс, снижение воздействия), включая достигнутые уровни выбросов и сбросов, а также эффективность. Достоинства метода по сравнению с другими с экологической точки зрения
Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды	Побочные эффекты и ущерб, возникающий при внедрении метода. Детализированное сравнение недостатков данного метода с прочими
Технические характеристики	Данные по выбросам, сбросам, отходам, а также потреблению сырьевых материалов, воды и энергии. Другая полезная информация о различных аспектах практического применения метода, включая вопросы безопасности,

	возникающие ограничения, качество продукции и т. д.
Применимость	Рассмотрение вопросов, связанных с применением метода и его адаптацией (наличие площадей, особенности технологического процесса)
Экономические аспекты	Сведения о затратах (капиталовложения и обслуживание) и о возможных путях экономии средств (снижение потребления сырьевых материалов и расходов на переработку отходов) применительно к данному методу или решению
Необходимость внедрения	Причины, по которым метод или решение следует внедрить в производство (законодательные акты, повышение качества продукции)
Примеры предприятий	Ссылки на предприятия, где внедрены соответствующие технологические и технические решения
Справочная литература	Источники более подробной информации по данному методу или решению

Как упомянуто выше, описанные выше области могут пересекаться, поэтому при описании конкретных случаев сохраняется достаточная гибкость.

Затраты на внедрение средозащитных мероприятий и сооружений следует оценивать с учетом их эффективности, размеров и специфики предприятия. В табл. 4.7 приведен примерный объем инвестиций, стоимость обслуживания и сорбентов для различных способов снижения выбросов пыли, неорганических и органических газообразных соединений [32, TWG Ceramics, 2006].

Стандартизованные условия измерения объемных расходов и концентраций определены ниже (также см. указатель терминов):

м ³ /ч	объемный расход: если не указано иначе, объемные расходы приводятся для 18 об. % кислорода при нормальных условиях.
мг/м ³	концентрация: если не указано иначе, концентрации газообразных веществ или их смесей приводятся для сухих дымовых газов при содержании 18 об. % кислорода и нормальных условиях, а бензола - для 15 об. % кислорода при нормальных условиях.
нормальные условия температура 273 К и давление 1,013·10 ⁵ Па.	

4.1. Снижение затрат энергии (энергоэффективность)

Дополнительную информацию по этой проблеме можно найти в находящемся на стадии написания Справочном документе по энергоэффективности (эффективному использованию энергии).

4.1.1. Модернизация печей и сушилок

Описание и природоохранный эффект

Ниже представлен ряд мер, которые можно применять для печей и сушилок как по отдельности, так и в комплексе:

- автоматизация сушилок;
- автоматический контроль температуры и влажности в сушилке;
- установка в зонах сушилок с независимым теплопереносом лопастных вентиляторов для создания требуемого температурного поля;
- более тщательная герметизация (залитка металлом, герметизация песком или водой) туннельных печей и печей непрерывного действия для снижения теплопотерь;
- улучшенная теплоизоляция (за счет применения теплоизолирующей футеровки или минерального волокна), что также снижает потери тепла;
- модернизация футеровки печей и печных вагонеток для сокращения продолжительности их охлаждения и снижения связанных с этим потерь тепла (так называемых «выходных теплопотерь»);
- использование высокоскоростных горелок для повышения полноты сгорания и теплопереноса;
- замена устаревших туннельных печей новыми, большей ширины и длины, либо, где возможно, печами скоростного обжига (например, роликовыми), что даст возможность снизить удельную энергоемкость процесса;
- интерактивное компьютерное управление режимом обжига, что ведет к снижению затрат энергии и выбросов загрязняющих веществ;
- снижение использования огнеприпаса и/или переход на печной припас из SiC/жаропрочных сплавов для снижения затрат на обогрев печи, печной припас из SiC также может быть использован при скоростном обжиге в роликовых печах;
- оптимизация (минимизация) зазора между сушилкой и печью и, где возможно, досушивание в зоне предварительного нагрева печи, что даст возможность избежать остывания заготовок перед обжигом;
- уменьшение потока воздуха во вращающейся печи для обжига керамзита для повышения энергоэффективности.

Большая часть перечисленных выше мер и приемов, в частности, модернизация конструкции (улучшенная теплоизоляция, изолированные двери и шлюзы и др.), переход на новые виды огнеприпаса, контроль процесса, также применима к сушилкам, поскольку печи и сушилки часто объединяют в единую систему рекуперации тепла (см. раздел 4.1.2).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Отрицательные стороны отсутствуют.

Технические характеристики

Технические характеристики определяются конкретными задачами и мерами, так, результаты

сравнительного анализа удельного расхода энергии для обжига разных видов изделий в печах различных типов (традиционных, скоростного обжига, оснащенных или не оснащенных улучшенной теплоизоляцией) представлены в табл. 2.14 и 3.31 (производство облицовочной и напольной плитки), а также в табл. 3.45 (производство санитарно-технических изделий).

Применимость

В принципе, большинство описанных выше технологических решений и технических приемов применимо во всех отраслях производства керамики, хотя, например, роликовые печи нашли распространение в основном для обжига плитки. Тем не менее, в печах этого типа также можно обжигать черепицу, керамические трубы и санитарно-технические изделия (см. раздел 2.2.7.4.3).

Те технологические решения, которые могут быть использованы в печах с выкатным подом, туннельных и роликовых печах (модернизация вагонеток и печного припаса), оказываются неприменимы к вращающимся печам для обжига керамзита (см. раздел 2.3.4). Кроме того, использование различных типов печей зависит от выпускаемой продукции, так, в производстве некоторых видов облицовочной и напольной плитки требуемые свойства изделий можно обеспечить только путем обжига в туннельных печах.

Экономические аспекты

Модернизация печей и/или сушилок или замена их новыми моделями с большей энергоэффективностью (например, роликовыми печами) там, где это возможно, позволяет сэкономить значительное количество энергии. Впрочем, замена печей и сушилок до окончания срока их службы требует существенных капиталовложений.

Необходимость внедрения

- экономия средств за счет снижения энергозатрат;
- уменьшение выбросов CO₂.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

4.1.2. Рекуперация избыточного тепла печей

Описание и природоохранный эффект

В настоящее время во многих моделях сушилок используется тепло из зоны охлаждения туннельных печей и дополнительный обогрев при помощи газовых горелок, поэтому на первый план выходит планировка цехов. Температура теплоносителя, который обеспечивает передачу избыточного тепла, невысока, поэтому его эффективное использование возможно только в случае ограниченной длины труб, т. е. малом расстоянии между источником и потребителем

тепла, при этом необходима хорошая теплоизоляция труб. Применение этого технологического приема позволяет сберечь значительное количество энергии.

В некоторых процессах для отвода тепла из дымовых газов печей и подогрева подаваемого в горелки воздуха служат теплообменники, однако их использование ограничено в связи с коррозионным действием кислых газов и невысокой температурой дымовых газов печи.

В печь или в сушилку может также поступать избыточное тепло от дожигателя. На одном из немецких предприятий применяют термомаляную передачу тепла от дожигателя в сушилку в сочетании с горячим воздухом из зоны охлаждения печи. Принцип действия такой комбинированной системы рекуперации тепла показан на рисунке [4, UBA, 2001].

Помимо использования избыточного тепла (4) в бойлере (5) и предподогревателе (1), выделяющееся при охлаждении очищенных дымовых газов тепло рекуперируют при помощи теплообменника (7) и далее посредством масляного теплоносителя подают в теплообменники (8) для подогрева свежего воздуха (9) для сушки. Подогретый воздух смешивают с горячим воздухом из зоны охлаждения (4) печи (2) и подают в паллетную сушилку непрерывного действия (11).

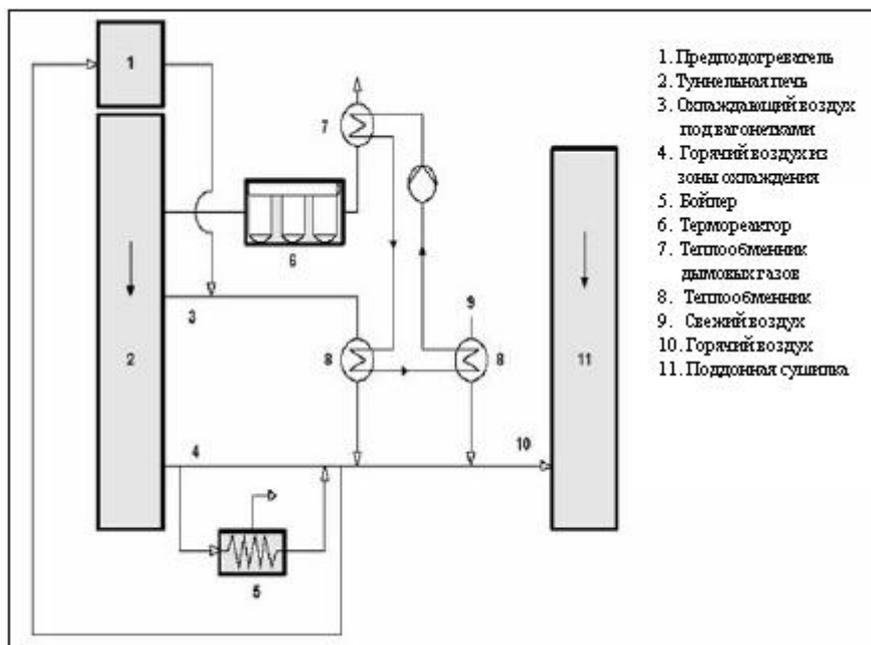


РИС. 4.1. ПРИМЕР СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Возможно некоторое увеличение расхода электроэнергии, в особенности при использовании теплообменных контуров.

Технические характеристики

При использовании приведенной выше схемы рекуперации тепла удельное потребление природного газа на сушку и обжиг кирпича составляет всего 840 - 1050 кДж/кг продукции [4, UBA,

2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Применимость

Рекуперация избыточного тепла из зоны охлаждения печей в виде горячего воздуха и его использование для обогрева сушилок, в принципе, возможно во всех отраслях производства керамики. Однако следует отметить, что рекуперация тепла возможна только в том случае, если существует потребность в его подведении в другой технологический процесс.

Приведенный выше пример не следует распространять на все производства (так, в Германии подобная система действует лишь на немногих предприятиях), в особенности в том, что касается утилизации тепла дожигателей, поскольку выделяющиеся при этом дымовые газы имеют слишком низкую температуру для их эффективного использования.

Экономические аспекты

- сниженные затраты энергии;
- необходимость учитывать дополнительные затраты на теплоизоляцию труб.

Необходимость внедрения

- экономия средств за счет снижения энергозатрат;
- уменьшение выбросов CO₂.

Примеры предприятий и справочная литература

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Germany, кирпичный завод [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.1.3. Совместное производство тепла и энергии (когенерация)

Описание, природоохранный эффект и технические характеристики

Использование совместного производства электроэнергии и пара или тепла, в принципе, возможно в производстве керамики по причине одновременной потребности в обоих видах энергии. Основным элементом участка когенерации является двигатель, применение нашли газовые двигатели конструкции Отто, дизельные двигатели и газовые турбины с системами утилизации избыточного тепла.

На рис. 4.2 показан пример утилизации избыточного тепла посредством нагрева воздуха при совместном производстве тепла и энергии [4, UBA, 2001]. Горячий воздух служит для обогрева сушилки при производстве кирпича. В дополнение к избыточному теплу печи в сушилку подают часть свежего воздуха, который обычно отбирают из помещения, в котором установлена сушилка, чтобы обеспечить максимальное использование теплового излучения нагретых частей

оборудования. Свежий воздух смешивают с теплоносителем из печи при помощи установленного перед сушилкой вентилятора. В приточной трубе помещен теплообменник для предварительного подогрева всасываемого воздуха, теплоносителем в котором служит вода охлаждения двигателей. Температура дымовых газов составляет 450 - 550 °С в зависимости от типа двигателя. Их подают в смеситель и далее непосредственно в сушильную камеру. Для компенсации нехватки тепла служат газовые горелки. Если подача тепла в сушилку не требуется, дымовые газы двигателей без охлаждения вытягивают по дымоходу.

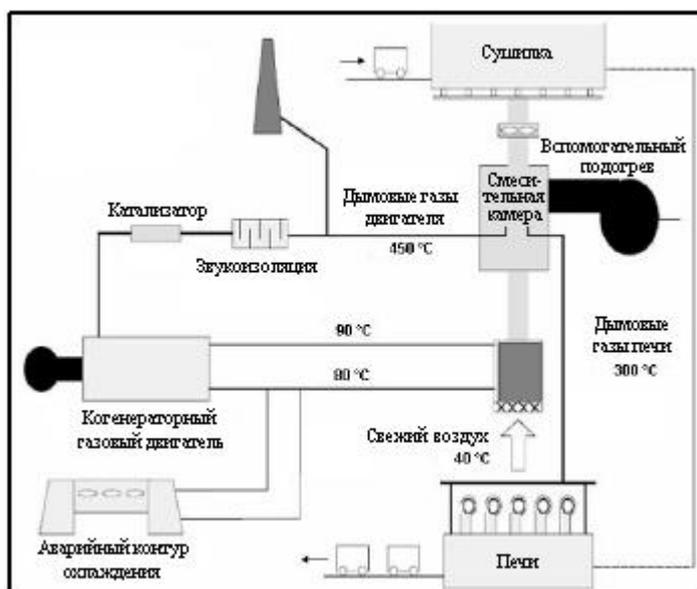


РИС. 4.2. СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕГО ВОЗДУХА ПРИ ПОМОЩИ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ КОГЕНЕРАТОРНОГО ТИПА

В некоторых случаях дымовые газы перед подачей в смеситель пропускают через бойлер для получения водяного пара, который используют на стадии протяжки.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Применение двигателей приводит к увеличению выбросов вредных веществ и повышению уровня шума.

Применимость

Полученное при когенерации тепло может быть использовано для распылительной сушки, особенно при производстве облицовочной и напольной плитки, тонкой керамики. Кроме того, такое тепло подводят в сушилки, когда необходим их дополнительный обогрев, например, на кирпичных заводах (рис. 4.2).

Экономические аспекты

С экономической точки зрения внедрение данного метода напрямую зависит от существующих условий и отрасли производства. Применение когенерации в Европе ограничено заводами по производству кирпича и черепицы, тем не менее, при проектировании новых предприятий данную технологию следует принимать во внимание в первую очередь.

Более дешевый альтернативный метод утилизации избыточного тепла – подача его непосредственно в сушилку (см. раздел 4.1.2).

Необходимость внедрения

Применение энергоэффективной технологии производства.

Примеры предприятий и справочная литература

[4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.1.4. Замена тяжелого мазута и твердого топлива на горючее с низким уровнем выбросов

Описание и природоохранный эффект

Замена твердого топлива и тяжелого мазута газом (природным, сжатым или сжиженным) дает возможность повысить эффективность обжига и практически исключить выбросы золы. При сгорании твердого топлива образуется высокодисперсный шлак, поэтому использование газообразного топлива ведет к снижению выбросов взвешенных частиц и позволяет отказаться от дорогих и энергоемких процессов пылеудаления. Также при переходе на газ становится возможным внедрение систем автоматического контроля, что способствует экономии топлива, уменьшению количества брака в обжиге и, как следствие, к снижению удельной энергоемкости процесса. Замена тяжелого мазута и твердого топлива мазутом марки EL также приводит к снижению выбросов золы при обжиге.

Более низкое содержание серы в газообразном топливе и мазуте EL по сравнению с тяжелым мазутом и твердым топливом ведет к снижению выбросов SO₂, связанных с получением энергии (см. табл. 3.3). Кроме того, соотношение водорода и углерода в газовом топливе выше, поэтому при его сгорании при той же тепловой мощности выделяется меньше диоксида углерода (для природного газа - примерно на 25 %).

Применение альтернативных / вторичных видов топлива как органического (мясокостная мука, биотопливо), так и неорганического происхождения (отработанное масло, растворители), используемых, в частности, при производстве керамзита (см. раздел 2.3.4.2.2), способствует уменьшению потребления основного ископаемого горючего и связанных с этим выбросов CO₂.

Помимо этого, применение топлива с низким уровнем выбросов открывает возможность внедрения в производственный процесс других энергоэффективных технологий, к примеру, когенерации при помощи газовых турбин. Дальнейшая экономия (электро)энергии достигается за счет того, что некоторые виды жидкого топлива, особенно тяжелый мазут, требуют подогрева для перекачки.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Использование газообразного топлива, особенно природного и сжиженного газа требует введения дополнительных мер техники безопасности.

Технические характеристики

Технические характеристики в каждом конкретном случае определяются отдельно.

Применимость

В целом, замена топлива возможна во всех отраслях производства керамических изделий, однако следует иметь в виду, что применение определенных видов топлива может изменять эстетические характеристики продукции. Так, особое окрашивание продукции удается получить только при (совместном) сжигании угля или угольной пыли. Некоторые сорта окрашенного лицевого кирпича невозможно получить в газовых печах, в процессе обжига в печь необходимо подавать угольную пыль (для этого служат печи Гофмана). Таким образом, в зависимости от вида выпускаемой продукции замена топлива не всегда оказывается возможной.

При производстве керамзита большую часть организованных выбросов пыли возвращают в цикл, что уменьшает влияние замены топлива на выделение золы.

Экономические аспекты

Переход с тяжелого мазута и твердого топлива на виды топлива с малым уровнем выбросов может потребовать привлечения значительных инвестиций, в особенности, когда у предприятия нет доступа к источникам газоснабжения. В этом случае приходится учитывать не только стоимость топлива, но и дополнительные транспортные расходы на поставку сжиженного и сжатого газа, мазута марки EL.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- повышение стабильности качества продукции;
- снижение выбросов CO₂.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.1.5. Оптимизация заготовок

Описание и природоохранный эффект

Тщательная проработка формы и состава заготовок дает возможность снизить продолжительность сушки и обжига и перейти на использование печей скоростного обжига (роликовых, туннельных с выкатным подом). Модификация состава упрощает сушку и обжиг

облицовочной и напольной плитки, керамических труб, что позволяет снизить энергоемкость процесса. Ведутся исследования по внедрению данных технологий в производство более толстостенных керамических изделий.

Введение порообразователей снижает теплопроводность керамических камней за счет создания микропористой структуры. Это ведет к уменьшению термической массы изделий и, кроме того, расхода энергии на обжиг. Снижению массы также способствует изменение формы изделий - уменьшение толщины плитки, керамических камней и труб, мультиперфорация кирпича. Там, где это осуществимо технически, внедрение данных приемов позволяет уменьшить затраты энергии и выбросы загрязняющих веществ.

Уменьшение доли воды в массе позволяет экономить энергию при сушке. Необходимое количество воды определяется минеральным и зерновым составом глин. Введение влагоудерживающих добавок, которые представляют собой связывающие воду и комплексообразующие неорганические вещества, приводит к снижению поверхностного натяжения на межфазной границе и захвату свободных катионов. Таким образом происходит снижение водопотребления и достигается такая же либо более высокая пластичность массы. Кроме того, уменьшается расход энергии на сушку.

Автоматическая корректировка влажности массы в соответствии с ее требуемой пластичностью, а также частичная замена водяным паром позволяет снизить потребление воды (на 3 %), тепловой энергии (на 90 кВт·ч/т продукции) и электричества (на 1,5 кВт·ч/т продукции).

Пропарка массы облегчает ее протяжку и позволяет регулировать ее влажность.

Значительного понижения температуры обжига и сокращения его продолжительности можно достичь путем введения высокоэффективных спекающих добавок (щелочных и щелочноземельных), а также стеклообразователей, хотя введение таких добавок возможно не для всех видов керамических изделий. Таким образом удастся снизить температуру обжига на 50 К и более. Во избежание разрушения изделий и падения качества продукции перед применением в производстве спекающие добавки проходят предварительные испытания.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Использование органических порообразователей приводит к повышению выбросов органических соединений и СО. Введение спекающих добавок вызывает увеличение выбросов СО₂ в связи с высоким содержанием карбонатов щелочных металлов.

Технические характеристики

Технические характеристики в каждом конкретном случае определяются отдельно.

Применимость решений и экономические аспекты

Использование спекающих добавок и энергонаполненных порообразователей снижает расход энергии, особенно при производстве кирпича. Как показано выше, введение энергонаполненных вспомогательных материалов (опилок, полистирола (стиропора), отходов целлюлозно-бумажной промышленности) допустимо при производстве керамических блоков. Эти добавки обеспечивают до 25 % общего количества энергии при производстве забуточного кирпича. Наиболее широко порообразователи применяют в производстве лицевого кирпича в связи с их положительным влиянием на технологические характеристики изделий (цвет, плотность).

Тем не менее, обычно форма и состав изделий определяется требованиями потребителей, поэтому возможности оптимизации заготовок ограничены.

Необходимость внедрения

- увеличение объемов выпуска;
- повышение качества продукции.

Примеры предприятий и справочная литература

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Германия, кирпичный завод [4, UBA, 2001] [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2. Выбросы пыли (взвешенных частиц)

В этом разделе описаны меры и приемы по предотвращению неорганизованных (см. разделы 4.2.1 и 4.2.2) и организованных (см. раздел 4.2.3) выбросов. Полезную информацию по этому вопросу можно также найти в Справочных документах по НДТ «Выбросы и сбросы (вредных веществ при хранении сыпучих и опасных материалов)» и «Очистка производственных сточных вод и отходящих газов и системы менеджмента в химической промышленности».

4.2.1. Меры для технологических операций, сопровождаемых пылеобразованием

Описание

Ниже представлен ряд технических решений, которые можно применять как по отдельности, так и в совокупности:

- проведение технологических операций, сопровождающихся образованием пыли (измельчения, рассева, смешения), в замкнутом объеме;
- оснащение тарельчатых и барабанных смесителей защитными кожухами и вытяжными установками;

- фильтрация воздуха, вытесняемого при загрузке дозирочного или смесительного оборудования;
- применение накопительных бункеров соответствующей емкости, датчиков уровня с отсекающими и фильтрами для очистки запыленного воздуха, вытесняемого при заполнении бункера;
- перемещение пылящего сырья при помощи закрытых конвейеров;
- циркуляция воздуха (для пневматических конвейеров);
- переработка сырьевых материалов в замкнутых системах под отрицательным давлением и обеспыливание всасываемого воздуха;
- снижение утечек воздуха и устранение их источников, герметизация установок.

Природоохранный эффект

- уменьшение неорганизованных выбросов пыли;
- снижение зашумленности за счет оснащения оборудования защитными кожухами.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- пневматические конвейеры с циркуляцией воздуха способствуют повышению уровня шума и расхода электроэнергии;
- при обслуживании и ремонте возможно образование дополнительных отходов.

Технические характеристики

Технические характеристики в каждом конкретном случае определяются отдельно. Регулярное техническое обслуживание и ремонт дают возможность своевременно ликвидировать утечки из дымоходов, повреждения бункеров, оборудования для массоподготовки и нарушение герметизации.

Применимость

Данные технические и технологические решения можно использовать во всех отраслях производства керамики, как на новых, так и на существующих предприятиях. Впрочем, при использовании влажных глин, внедрение всех перечисленных мер и приемов не является обязательным.

Экономические аспекты

Экономические аспекты внедрения тех или иных технических решений в каждом конкретном случае также определяются отдельно. Их внедрение на уже существующих предприятиях может потребовать принятия средне- или долгосрочного плана модернизации.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- требования техники безопасности и охраны труда;

- экономия сырьевых материалов.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.2. Меры для складов бестарного хранения

Описание

Снижения неорганизованных выбросов пыли с площадок бестарного хранения сухого минерального сырья можно добиться, ограждая их при помощи экранов, стен или крупномерных зеленых насаждений (естественных или искусственных ветрозащитных полос).

В случае, когда выбросы пыли неизбежны, например, при разгрузке сырья, их можно свести к минимуму, уравнивая уровень разгрузки с высотой шихтозапасника (по возможности автоматически) либо снижая скорость разгрузки. Кроме того, площадки, особенно в сухих местностях, можно увлажнять при помощи распылительных установок (когда источник запыления локализован, достаточно установить систему распыления воды) и очищать при помощи поливальных машин.

Во избежание формирования неорганизованных выбросов пыли при отборе сырьевых материалов могут применяться вакуумные системы. Новые здания оборудуют стационарными вакуумными пылеуловителями, в уже существующих удобнее применять мобильные установки и гибкую подводку.

Природоохранный эффект

Уменьшение неорганизованных выбросов пыли.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- повышение водопотребления в связи с необходимостью увлажнять складские площадки;
- повышение энергоемкости при использовании вакуумных систем;
- возможное образование дополнительных отходов при обслуживании и ремонте.

Технические характеристики

Технические характеристики в каждом конкретном случае определяются отдельно.

Применимость

Данные технические и технологические решения можно использовать во всех отраслях производства керамики, как на новых, так и на существующих предприятиях. Впрочем, при использовании влажных глин, внедрение всех перечисленных мер и приемов не является

обязательным. Кроме того, для производства некоторых видов изделий необходимо смешение сухого сырья, в связи с чем его увлажнение возможно только до определенного предела.

Экономические аспекты

Экономические аспекты внедрения тех или иных технических решений в каждом конкретном случае определяются отдельно, также см. табл. 4.7.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- требования техники безопасности и охраны труда.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3. Фильтрующие / сепараторные системы

В этом разделе описаны некоторые технические и технологические решения, направленные непосредственно на удаление пыли. Также следует отметить, что большая часть описанных в разделе 4.3.4 мер и приемов очистки дымовых газов подходит для устранения не только SO_x , HF и HCl, но и пыли.

4.2.3.1. Центробежные сепараторы

Описание и природоохранный эффект

В центробежном сепараторе происходит отбрасывание частиц пыли из потока отходящих газов к внешней стенке аппарата и их удаление через отверстие в его днище. Центробежные силы возникают при нисходящем спиральном движении в цилиндрическом сосуде (циклоны) или при вращении установленной в аппарате крыльчатки (механические центробежные сепараторы).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- центробежные сепараторы создают при работе значительный шум;
- при использовании крыльчатки может повышаться расход электроэнергии;
- возможно образование дополнительных отходов при обслуживании и ремонте.

Технические характеристики

Центробежные сепараторы более эффективны при повышенной пылевой нагрузке, при условии, если не происходит блокирование установки.

Применимость

Эффективность очистки при помощи центробежных сепараторов, как правило, слишком мала, чтобы удовлетворить требованиям по уровню загрязнения воздуха при производстве керамики, поэтому их применяют только для предварительного разделения после распылительной сушки, дробления и помола.

Экономические аспекты

Сбор и возврат пыли ведет к снижению потребления сырья.

Необходимость внедрения

Экономия сырьевых материалов.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3.2. Рукавные фильтры

Описание и природоохранный эффект

В рукавных фильтрах отходящие газы проходят сквозь рукав, а частицы пыли задерживаются на поверхности фильтра, образуя корж. Степень удаления пыли при использовании таких фильтров очень высока и в зависимости от размеров частиц может превышать 98 и достигать 99 %.

На рис. 4.3 показана схема рукавного фильтра, регенерируемого пульсацией давления [4, UBA, 2001]. Процесс регенерации происходит за счет периодического повышения давления на чистой стороне фильтра.

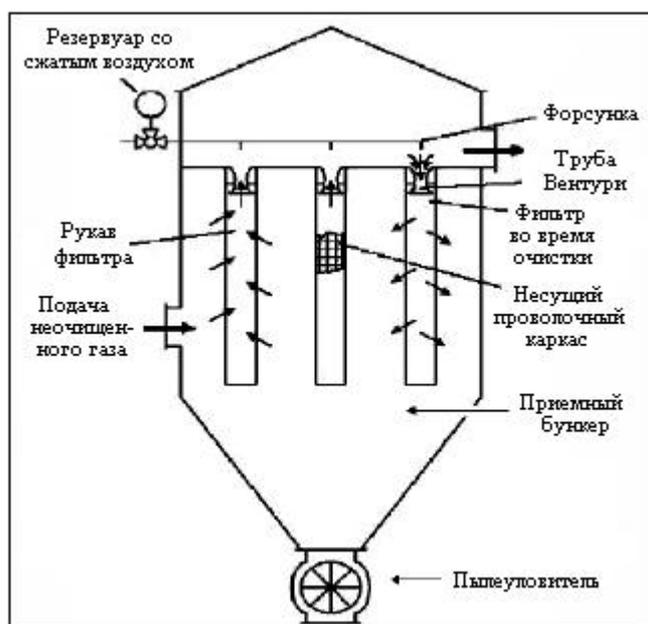


РИС. 4.3. СХЕМА РУКАВНОГО ФИЛЬТРА С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ЗА СЧЕТ ПУЛЬСАЦИИ

ДАВЛЕНИЯ

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- рукавные фильтры, особенно с регенерацией за счет пульсации давления, производят при работе существенный шум, кроме того, при большом перепаде давления может повышаться расход электроэнергии;
- возможно образование дополнительных отходов при обслуживании и ремонте.

Технические характеристики и экономические аспекты

Рукава для фильтров делают из различных видов тканей, многие из которых обладают высокой стойкостью к действию кислот и щелочей. Среди современных синтетических тканей существуют такие, которые способны выдерживать сравнительно высокие температуры, однако при чрезмерно высоких температурах рукавные фильтры неприменимы. Наиболее распространенные материалы рукавов для фильтров перечислены в табл. 4.2, где указаны их характеристики и примерная стоимость [3, CERAME-UNIE, 2003]. Так, например, если рукавный фильтр является частью системы сухой очистки дымовых газов печи (см. раздел 4.3.4.3), сам фильтр и держатели рукава должны обладать коррозионной стойкостью в случае образования конденсата. Примерные технические данные рукавных фильтров приведены в табл. 4.3, а на рис. 4.4 показан объем затрат на эксплуатацию фильтровальных систем, исключая их установку и рукава для фильтров [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 4.2. Термостойкость и стоимость рукавных фильтров

Материал фильтра	Термостойкость (°C)	Стоимость (евро/м ²)
Хлопок	80	< 5
Полипропилен	100	5
Полиэфирное волокно	150	10 - 12
Nomex (m-Aramid)	220	25
ПЭТФ (Teflon)	280	100 - 120

Таблица 4.3. Техничко-эксплуатационные данные по удалению пыли при помощи тканевых фильтров

Содержание пыли в неочищенном газе	до 200 г/м ³
Содержание пыли в очищенном газе	1 - 20 мг/м ³
Температура службы	до 250 °C
Стоимость использования	0,03 - 0,1 евро/т

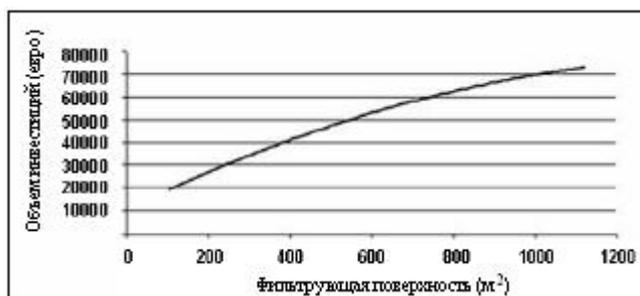


РИС. 4.4. ПРИМЕР ИНВЕСТИЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В СОСТАВЕ ГОДОВЫХ ЗАТРАТ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ, ИСКЛЮЧАЯ МОНТАЖ И РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Площадь рукавного фильтра с системой самоочистки должна быть достаточно велика для того, чтобы удельная нагрузка на фильтрующую поверхность была менее $2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$, а содержание пыли в очищенном газе находилось в пределах $1 - 20 \text{ мг/м}^3$ [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]. Сбор, излечение и повторное использование пыли дает возможность уменьшить потребление сырьевых материалов.

Использование рукавных фильтров невозможно при слишком высоких температурах, а также при температурах, близких к точке росы (особенно это касается влажных отходящих газов). Это объясняется тем, что фильтры забиваются, а твердая корка, образующаяся в результате реакции между водой и CaO , осложняет их просушку и очистку, что в итоге приводит к резкому повышению расходов на техническое обслуживание установок и электроэнергию и увеличивает продолжительность производственного цикла.

В общем случае стоимость применения рукавных фильтров напрямую связана с затратами электроэнергии на преодоление перепада давления (ср. табл. 4.7).

Применимость

Рукавные фильтры используют во всех отраслях производства керамики для удаления пыли из отходящих газов, особенно для технологических операций, сопровождаемых пылеобразованием (обеспыливание силосов для хранения сырья, массоподготовка, включая распылительную сушку, сухое формование, машинная обработка или шлифовка). В некоторых случаях такие фильтры применяют в сочетании с циклонами предварительной очистки (см. раздел 4.2.3.1).

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- требования техники безопасности и охраны труда;
- экономия сырьевых материалов по сравнению с другими типами фильтров (например, сепараторами мокрой очистки).

Примеры предприятий и справочная литература

Tondach Gleinstätten AG, завод по производству кирпича и черепицы, Австрия [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3.3. Слоистые фильтры на основе расплавленного полиэтилена

Описание и природоохранный эффект

В основе таких систем лежат жесткие фильтрующие элементы, состоящие из спекшегося полиэтилена с покрытием из ПЭТФ, что придает им прочность и водоотталкивающие свойства.

Главные достоинства этих фильтров - крайне высокая эффективность очистки отходящих газов от пыли в сочетании с малым перепадом давления и высокой стойкостью к абразивному износу под действием керамических частиц.

На рисунке показана типовая схема подобного фильтра с импульсной струйной системой самоочистки [4, UBA, 2001].

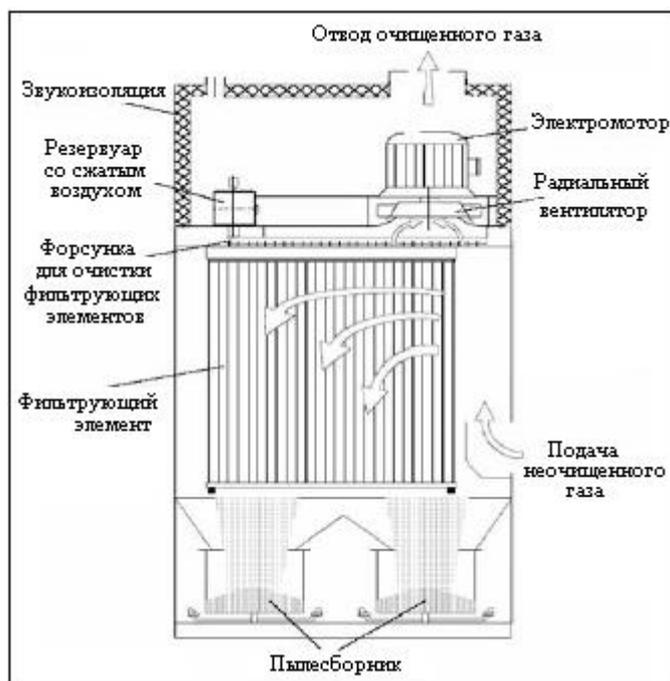


РИС. 4.5. СХЕМА ЖЕСТКОГО СЛОИСТОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- при работе жесткого слоистого керамического фильтра с системой импульсной струйной самоочистки возможен шум и повышение расхода электроэнергии;
- возможно образование дополнительных отходов при обслуживании и ремонте.

Технические характеристики

Применение таких фильтров позволяет достичь степени очистки 99,99 % при содержании пыли в очищенном газе $< 1 \text{ мг/м}^3$, что дает возможность подавать очищенный газ в производственное помещение [4, UBA, 2001].

Применимость

При использовании слоистых спеченных фильтров становится возможным мокрое отделение пыли, в частности, при распылительном глазуровании. Данная система позволяет организовать прямое извлечение частиц глазури из отходящих газов распылительной камеры. Наличие зоны покоя вверх по потоку означает, что улавливаемая пыль имеет сравнительно низкую влажность. В идеальных условиях отделяемые частицы глазури образуют текучий порошок.

Экономические аспекты

Как правило, расходы на внедрение и эксплуатацию слоистых спеченных фильтров значительно выше, чем рукавных, однако возврат очищенных газов в рабочее пространство дает возможность снизить энергозатраты, возникающие при необходимости нагревать большой объем свежего воздуха до приемлемой температуры.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- требования техники безопасности и охраны труда;
- экономия сырьевых материалов;
- экономия энергии.

Примеры предприятий и справочная литература

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, завод по производству санитарно-технических изделий, Австрия [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.2.3.4. Сепараторы мокрой очистки

Описание и природоохранный эффект

В сепараторах мокрой очистки удаление пыли из отходящих газов происходит при непосредственном контакте между отходящими газами и промывной жидкостью (водой), частицы пыли захватываются жидкостью и смываются. В зависимости от конструкции и принципа действия выделяют различные типы сепараторов мокрой очистки (например, скрубберы Вентури).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

При мокрой очистке вредные вещества переходят из газовой среды в жидкость, что влечет за собой необходимость очистки стоков (суспензий) и дополнительные энергозатраты.

Технические характеристики

Минимальная достижимая концентрация примесей в очищенном газе находится в интервале 20 - 50 мг/м³ (ср. табл. 3.33) [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001].

Применимость

Использование сепараторов мокрой очистки возможно в сочетании с циклонами для снижения выбросов влажной или мокрой пыли, в особенности при распылительной сушке. Такой подход имеет преимущества, если организована рециркуляция промывных вод.

Экономические аспекты

При определении эксплуатационных расходов следует принимать во внимание необходимость очистки промывных и сточных вод. Как правило, небольшие установки для очистки отходящих газов с малой концентрацией загрязняющих веществ обходятся гораздо дороже (на единицу

расхода газа), чем крупные системы, применяемые для очистки газов с высокой нагрузкой загрязнений.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, завод по производству санитарно-технических изделий, Австрия [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [17, Burkart, 2004], [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.2.3.5. Электрофильтры

Описание и природоохранный эффект

Действие электрофильтра основано на том, что дымовые газы поступают в камеру с двумя электродами, на один из которых подают высокое (до 100 кВ) напряжение. Газы ионизируются, образующиеся ионы адсорбируются частицами пыли, и на поверхности этих частиц возникает электрический заряд. Под действием электростатических сил пыль отталкивается от первого электрода и притягивается ко второму, на который оседает и удаляется из газового потока.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- опасность взрыва, особенно при использовании систем сухой электрофильтрации;
- повышенный расход энергии при работе электрофильтров (тем не менее, меньший по сравнению с другими системами фильтрации перепад давлений ведет к уменьшению расхода электроэнергии вентиляторами для отсоса дымовых газов);
- возможное образование дополнительных отходов при обслуживании и ремонте.

Технические характеристики и экономические аспекты

В табл. 4.5 перечислены типовые технические характеристики и расходы на эксплуатацию электрофильтров (ср. табл. 4.7) [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005].

Таблица 4.4. Техничко-эксплуатационные данные электрофильтров и их стоимость

Объем газа	до 100000 м ³ /ч
Скорость газа	0,5 - 3 м/с
Пылевая нагрузка в неочищенном газе	до 100 г/м ³
Пылевая нагрузка в очищенном газе	5 - 50 мг/м ³
Рабочая температура	до 450 °С
Напряжение	10 - 100 кВ
Энергемкость	0,05 - 2 кВт ч/1000 м ³
Объем инвестиций	1 - 3 млн евро

Использование электрофильтров влечет за собой относительно высокие эксплуатационные расходы. При производстве керамзита во вращающейся печи их применение позволяет достичь содержания примесей в очищенном газе менее 50 мг/м^3 (см. раздел 3.3.4.1) [17, Burkart, 2004].

Применимость

Электрофильтры применяют преимущественно при производстве керамзита. Их устанавливают на участках, где требуется высокая надежность очистки большого объема газов, имеющих высокую температуру (после вращающихся печей и сухих дробилок).

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- экономия сырьевых материалов.

Примеры предприятий и справочная литература

Plant Hallerndorf-Pautzfeld, Германия (производство керамзита), Plant Lamstedt, Германия (производство керамзита) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.3. Газообразные вещества

4.3.1. Снижение подачи источников загрязнения

Описание и природоохранный эффект

Оксиды серы

- применение сырья с низким содержанием серы и соответствующих добавок позволяет существенно уменьшить выбросы SO_x ;
- при высокой концентрации серы в сырьевых материалах введение глины или компонентов массы (например, песка) с малым ее содержанием приводит к снижению выбросов SO_x за счет эффекта разбавления;
- значительного снижения выбросов SO_x можно добиться за счет использования низкосернистого топлива (природного или сжиженного газа).

Оксиды азота

- уменьшения выбросов NO_x можно достичь путем минимизации содержания азота в сырье.

Неорганические соединения хлора

- применение сырьевых материалов и добавок с малым содержанием хлора позволяет существенно уменьшить выбросы его соединений.

Неорганические соединения фтора

- существенное уменьшение выбросов фтора происходит за счет использования сырьевых материалов и добавок с малым его содержанием
- при высокой концентрации фтора в сырье введение глины или компонентов массы (например, песка) с низким его содержанием приводит к снижению его выбросов за счет эффекта разбавления.

Летучие органические соединения (ЛОС)

Минимизация доли органических соединений в сырье, а также добавок, связок и др. дает возможность уменьшить выбросы ЛОС. Так, добавки органической природы (опилки, полистирол) вводят в массу в основном при производстве пористых изделий, однако их присутствие способствует увеличению выбросов ЛОС (ср. табл. 3.4 по показателям неочищенных газов при производстве кирпича с применением различных порообразователей). Выделения ЛОС можно избежать путем перехода на порообразующие добавки неорганической природы, например, перлит (стекловидный материал вулканического происхождения, содержащий 3 - 4 % воды. При нагревании до 800 - 1100 °С происходит его вспучивание за счет образования пузырьков пара и материал увеличивается в объеме в 15 - 20 раз).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Уменьшение содержания органических компонентов в сырье может привести к повышению расхода энергии на обжиг.

Технические характеристики и применимость

Снижение доли источников загрязняющих веществ – предпочтительный способ уменьшения выбросов с дымовыми газами печи, поскольку происходит устранение причины их появления, однако в связи с технологическими ограничениями его применение не всегда оказывается возможным. Использование сырья и добавок с низким содержанием источников вредных веществ, в принципе, возможно во всех отраслях производства керамики, тем не менее, при этом следует учитывать возникающие в конкретных случаях отклонения качества продукции (в частности, цвета, прочности при сжатии, морозостойкости) и проводить подробные исследования состава сырьевых смесей.

Так, применение неорганических порообразователей связано с определенными техническими трудностями. Вспучивание этих веществ происходит внезапно и быстро, что осложняет контроль процесса порообразования и ведет к ухудшению качества продукции. Как следствие, переход на подобные порообразующие добавки вряд ли возможен на практике. Во Фландрии существует предприятие по производству кирпича, где используют перлит в качестве добавки, однако в массу

его вводят уже вспученным и измельченным, перлит является не порообразователем, а отоцителем для пластичной Боомской глины.

При производстве керамзита уменьшение выбросов ЛОС невозможно, поскольку они служат для формирования поровой структуры.

Помимо этого, содержание загрязняющих веществ в сырье – важный, но не всегда определяющий фактор при образовании выбросов в процессе обжига, поскольку такие выбросы зависят от нескольких параметров, в том числе – от режима обжига. Так, снижение концентрации вредных веществ в сырье на 50 % не всегда означает такое же уменьшение выбросов, хотя опыт свидетельствует о корреляции между содержанием фтора в глине и концентрацией HF.

Что касается серы, необходимо отметить, что предприятия, как правило, располагаются вблизи карьеров по добыче глины, а это ограничивает выбор сырья с пониженным ее содержанием (также см. экономические аспекты).

Экономические аспекты

Если предприятие имеет карьер с повышенным содержанием серы в глине, применение или введение глинистого сырья с пониженным ее содержанием предполагает поставки сырья со стороны. Это влечет за собой существенное увеличение стоимости продукции, с одной стороны, в связи с повышением затрат на транспортировку (0,05 евро/(т·км) в 1998 г.), а с другой – из-за возросших расходов на добычу, уплачиваемых третьей стороне, по сравнению со стоимостью глины из собственного карьера (2,5 евро/т в 1998 г.) [2, VITO, 2003]. Минимизация содержания органических веществ в сырье также может привести к удорожанию продукции из-за необходимости его доставки от сторонних поставщиков.

Технические решения, включающие введение сырьевых материалов с низким содержанием серы и/или кальций-содержащих добавок (см. раздел 4.3.2) могут потребовать значительных капиталовложений (до 850000 евро), в частности, на расширение складских площадей и модернизацию оборудования для массоподготовки, формования и сушки. Также могут возникнуть дополнительные расходы на эксплуатацию и сырье.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- возможность отказаться от применения дорогостоящих технических и технологических решений «на конце трубы» по борьбе с загрязняющими веществами.

Примеры предприятий и справочная литература

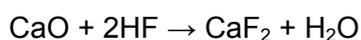
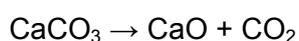
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.3.2. Введение кальций-содержащих добавок

Описание и природоохранный эффект

Введение в формовочную массу тонкоизмельченного известняка или мела, с одной стороны, оказывает разбавляющее действие, а с другой, такие добавки при сравнительно невысокой температуре (700 – 850 °С) активно взаимодействуют с содержащимися в сырьевых материалах соединениями фтора и хлора, а также с образующимися в процессе обжига оксидами серы, что дает возможность удержать эти вещества в структуре обожженного материала.

«Фиксация» фтора путем образования устойчивого фторида кальция, которая позволяет существенно уменьшить выбросы HF, происходит по следующей реакции:



Аналогично протекают процессы «фиксации» в материале хлора и SO_x, что также позволяет значительно снизить выбросы HCl и SO_x.

Тем не менее, концентрация HF, HCl и SO_x в дымовых газах не всегда связана с содержанием CaO в сырье. Опыт свидетельствует о том, что даже присутствие в глиняных изделиях в процессе обжига высокодисперсных карбонатов или CaO оказывает небольшое или полностью не оказывает влияние на уровень выбросов HF, HCl и SO₂/SO₃. Причиной этого является высокая температура в печи, из-за чего происходит разложение CaSO₄, CaCl₂ и CaF₂. При температуре порядка 850 °С начинается разложение CaF₂. При более высоких (выше 900 °С) температурах CaO также взаимодействует с силикатами с образованием силикатов кальция, при этом содержание свободного CaO уменьшается.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Введение кальций-содержащих добавок может повышать затраты энергии на обжиг, во-первых, в связи с протекающими в печи эндотермическими реакциями, и во-вторых, из-за увеличения его продолжительности. Кроме того, присутствие карбонатов кальция повышает уровень выбросов CO₂.

Технические характеристики и применимость

Кальций-содержащие добавки дают возможность снизить уровень выбросов фтора на 10 - 75 % (в зависимости от типа сырья и предельной температуры обжига), однако их введение может негативно отразиться на качестве готовой продукции, в связи с этим повсеместное внедрение данного приема оказывается невозможным [4, UBA, 2001].

Главной отраслью, где данное технологическое решение применяют шире всего, остается производство кирпича, в производстве огнеупоров такой прием не получил распространения. Наибольшее влияние введение извести оказывает на следующие параметры качества изделий:

- цвет: увеличение содержания извести ведет к осветлению изделий (в сторону более желтого оттенка). Некоторое обесцвечивание допустимо при производстве кирпича для внутренних работ, однако при производстве и реализации лицевого кирпича это может вызвать определенные сложности, поэтому использовать подобные добавки во всех кирпичных массах невозможно. Добиться частичного восстановления цвета кирпича можно путем добавления Fe_2O_3 ;
- содержание водорастворимых сульфатов: этот параметр увеличивается с повышением содержания $CaCO_3$. Водорастворимые сульфаты являются одной из причин образования высолов на кирпиче
- прочность при сжатии: добавка карбоната кальция оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие;
- усадка: влияние мела на усадку в сушке и при обжиге предвидеть сложно;
- водопоглощение: с повышением содержания $CaCO_3$ увеличивается самопроизвольное водопоглощение, вследствие чего растет и коэффициент насыщения. Это ведет к понижению морозостойкости кирпича и повышает вероятность образования высолов. Подобные изделия считают годными в основном для внутренних работ;
- содержание CaO в керамзите не должно превышать 3 %, в противном случае прочность гранул значительно снижается, а при его содержании выше 5 % ухудшается вспучиваемость из-за избыточного плавления [2, VITO, 2003].

Экономические аспекты

Повышение уровня выбросов CO_2 , возникающее в результате применения кальций-содержащих добавок, ведет к увеличению затрат, связанных с торговлей выбросами парниковых газов. Кроме того, изменение характера усадки изделий может повлиять на их механическую обработку в процессе производства.

Меры, включающие введение в формовочную массу добавок кальций-содержащей глины и/или низкосернистого сырья (см. раздел 4.3.1) могут повлечь за собой существенные (до 850000 евро) инвестиции, в частности, на расширение складских площадей и модернизацию оборудования для массоподготовки, формования и сушки. Также могут возникнуть дополнительные расходы на эксплуатацию и сырье.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- возможность отказаться от применения дорогостоящих технических и технологических решений «на конце трубы» по борьбе с загрязнениями.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3. Оптимизация процесса

4.3.3.1. Оптимизация режима обжига

Описание, природоохранный эффект и технические характеристики

Влияние на уровень выбросов SO_x и HF оказывает как скорость нагрева, так и температура обжига:

- снижение скорости подъема температуры на начальной стадии (до 400 °C) стимулирует резорбцию HF за счет образования CaF_2 , и выбросы HF уменьшаются. То же относится к выбросам SO_x , которые, как правило, имеют место при окислении пирита и/или диссоциации присутствующего в массе сульфата кальция;
- увеличение скорости нагрева в интервале температур выше 400 °C и вплоть до температуры обжига дает возможность быстрее достичь температуры начала спекания, в результате чего лимитирующей стадией при образовании выбросов становится диффузия, и их уровень понижается;
- максимальная температура обжига определяет разложение сульфатов. Чем она ниже, тем меньше степень их разложения, и, как следствие, ниже уровень выбросов SO_x . Добиться снижения температуры обжига можно путем введения в шихту плавней;
- меньшая продолжительность обжига обычно ведет к уменьшению выбросов фтора. Высвобождение фтора также определяется характеристиками сырья, однако для любых керамических изделий с этой точки зрения наиболее важна продолжительность пребывания при температуре выше 800 °C;
- контроль уровня кислорода в процессе обжига повышает эффективность сгорания топлива.

На рисунке показаны температурные интервалы выбросов загрязняющих веществ на примере режима обжига кирпича [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

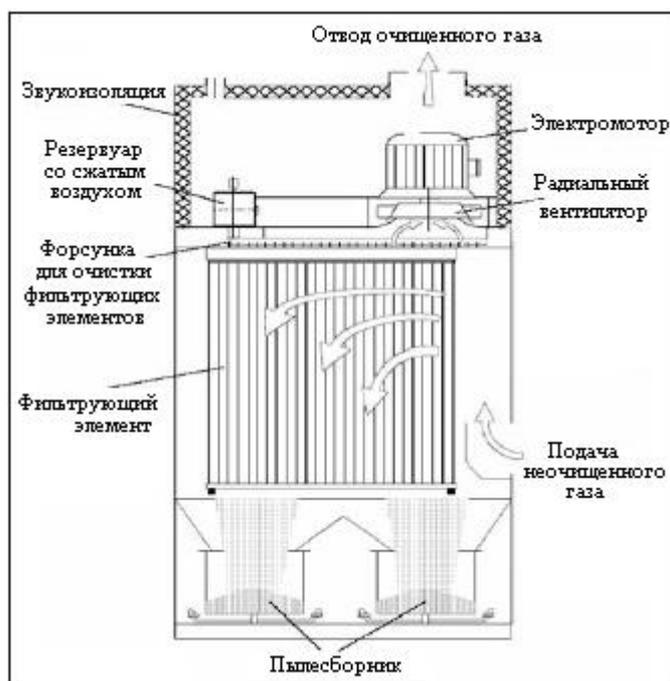


РИС. 4.6. ПРИМЕР ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОБЖИГЕ КИРПИЧА

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Побочные явления отсутствуют.

Применимость и экономические аспекты

Оптимизация режима/контроля процесса обжига возможна во всех отраслях производства керамики, однако следует учитывать, что при производстве изделий из глины режимы оптимизируют с позиций качества продукции и энергоемкости процесса. Таким образом, изменить режим обжига удастся только тогда, когда это позволяют сделать технические характеристики конечной продукции, а при его изменении с целью уменьшения выбросов необходимо принимать во внимание дополнительные расходы.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- возможность отказаться от применения дорогостоящих технических и технологических средозащитных решений «на конце трубы»;
- энергоэффективный режим работы печей.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.2. Уменьшение содержания паров воды в топочных газах

Описание, природоохранный эффект и технические характеристики

Снижение уровня водяного пара в топочных газах, как правило, влечет за собой уменьшение выбросов соединений фтора, поскольку основным механизмом высвобождения фтора из глинистых минералов является пиролиз. Эта химическая реакция протекает при температурах выше 800 °С.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды, применимость и экономические аспекты

В ходе лабораторных исследований было установлено, что путем уменьшения содержания влаги в атмосфере печи удастся снизить выбросы как HF, так и SO_x. На практике добиться уменьшения доли воды в атмосфере печи сложно технически, поскольку ее выделение происходит при сгорании ископаемого топлива. Подавить образование такой воды можно только за счет непрямого обогрева печи, например, при помощи газовых излучательных трубчатых горелок [5, InfoMil, 2003], или при использовании электрообогрева печи, что, однако, потребует существенной ее модификации и приведет к повышению затрат энергии.

В целом, во всех странах Европы при производстве кирпича и черепицы, керамических труб, огнеупоров, керамзита экономически оправданным является только обогрев печей с использованием ископаемого топлива, электричество или не прямой обогрев в этих отраслях обычно не применяют (электрообогрев применяют только при выпуске небольших партий специальных огнеупорных изделий). Уменьшение концентрации водяного пара в топочных газах путем электрообогрева печей (такие печи нашли свое применение для обжига некоторых видов технической керамики) или непрямого обогрева при помощи трубчатых излучательных горелок [5, InfoMil, 2003] (такими горелками могут, в принципе, быть оборудованы печи в выкатном подом или небольшие роликовые печи) более перспективно при производстве облицовочной и напольной плитки, посуды, декоративных, санитарно-технических изделий, технической керамики, абразивов на неорганической связке.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- возможность отказаться от применения дорогостоящих технических и технологических решений «на конце трубы» по борьбе с загрязнениями.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [5, InfoMil, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.3. Дожигание газов зоны нагрева в печи

Описание и природоохранный эффект

При разложении и неполном сгорании органических компонентов массы имеет место выделение ЛОС (так называемых газов зоны нагрева), которые можно дожигать в печи при условии ее

соответствующей модернизации. Дожигание таких газов обеспечивают путем их подачи из зоны нагрева в зону обжига, где происходит их сгорание под действием высокой температуры. С этой целью ту часть печи, где выделяются ЛОС (зону карбонизации), необходимо отделить от остального печного пространства, что делают при помощи одного или нескольких раздвижных заслонов или специальной системы отсоса газов. Этот прием дает возможность значительно снизить уровень выбросов не только ЛОС, но и CO. На рисунке показана примерная схема дожигания в печи газов из зоны нагрева [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

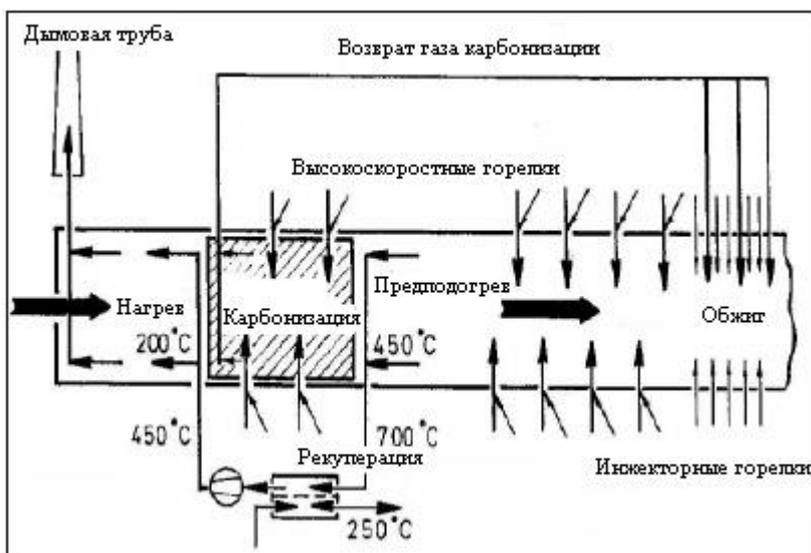


РИС. 4.7. СХЕМА ДОЖИГАНИЯ ГАЗОВ ЗОНЫ НАГРЕВА

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Внутрипечное дожигание газов в печи приводит к некоторому увеличению расхода энергии, особенно когда для этого необходим дополнительный нагрев при помощи (высокоскоростных) горелок.

Технические характеристики и применимость

Системы внутрипечного дожигания газов из зоны нагрева нашли применение на ряде кирпичных заводов в Германии. Такие системы дают возможность значительно уменьшить выбросы ЛОС, однако их существенным недостатком является то, что они могут нарушать нормальный режим эксплуатации печи, что осложняет ее контроль. Распространенной проблемой при использовании систем раздвижных дверей, например, является их захлопывание. Внедрение термического дожигания при использовании туннельной печи как простого противоточного теплообменника зачастую создает трудности в ходе ее эксплуатации и повышать связанные с этим расходы. Вследствие этого в последние годы на предприятиях, особенно новых, растет интерес к системам внешнего дожигания топочных газов.

Внедрение этого технического приема невозможно на предприятиях по производству керамзита, поскольку в данной технологии сушка и обжиг совмещены, и в газах содержится большое количество влаги.

Внедрение этого метода очистки газов позволяет достичь суммарного содержания углерода в очищенном газе порядка 15 мг/м^3 при его концентрации в неочищенном газе на уровне 250 мг/м^3 [4, UBA, 2001].

Экономические аспекты

С точки зрения эксплуатационных расходов, внутривспечное дожигание газов из зоны нагрева – достаточно дорогостоящая система из-за усложнения процессов обжига и контроля (ср. табл. 4.7).

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- возможность отказаться от применения дорогостоящих технических и технологических решений «на конце трубы» по борьбе с загрязнениями.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.4. Горелки с низким выделением NO_x

Описание, природоохранный эффект и технические характеристики

Выбросы оксидов азота имеют место при обжиге керамических изделий, в частности, огнеупоров, при температуре выше $1300 \text{ }^\circ\text{C}$. Такие выбросы можно свести к минимуму путем применения специальных горелок с пониженным выделением NO_x , которые дают возможность снизить температуру пламени и тем самым уменьшить образование оксидов азота при горении и (до некоторой степени) из топлива. Снижение выделения NO_x достигается за счет подачи воздуха для понижения температуры пламени или работы горелок в импульсном режиме.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Побочные явления отсутствуют.

Применимость

Применение и производительность горелок с низким выделением NO_x определяется рядом факторов, в частности, предельной температурой обжига. Сообщается, что при температурах выше $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ такие горелки недостаточно эффективны. Дополнительные сведения по этому вопросу можно получить в СРМ НДТ по стекольной промышленности, где также упоминаются горелки с низким выделением NO_x . Кроме того, применение таких горелок может ограничиваться требованиями к качеству готовой продукции [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4. Поглощительные установки (адсорберы, абсорберы)

Полезную информацию по этому вопросу можно найти в СРМ НДТ по очистке производственных сточных вод и отходящих газов и системам менеджмента в химической промышленности.

4.3.4.1. Горизонтальные адсорберы каскадного типа

Описание и природоохранный эффект

В подобных адсорберах реакция между сорбирующим агентом, которым обычно служит карбонат кальция (CaCO_3 , известняк), и загрязняющими веществами в дымовых газах (преимущественно HF , SO_x и HCl) протекает в камере, где сорбент медленно опускается под действием силы тяжести, а движение дымовых газов организовано по перекрестному или противотоку. С целью обеспечить достаточную продолжительность и площадь контакта, в камере устанавливают экраны, которые замедляют движение сорбента и способствуют эффективной циркуляции газов в установке. Отработанный карбонат кальция собирается в нижней части аппарата. Такие адсорберы дают возможность очищать газы с температурой до $500\text{ }^\circ\text{C}$ без предварительного охлаждения и потому весьма эффективны для уменьшения выбросов HF , SO_x и HCl с дымовыми газами печей. Изображение адсорбера с поперечным потоком показано на рисунке [4, UBA, 2001].

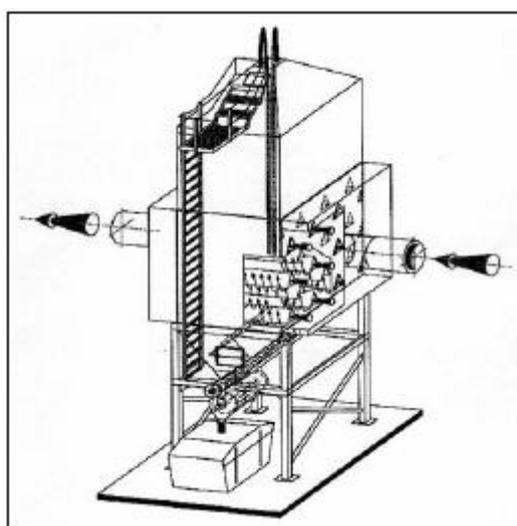


РИС. 4.8. КАСКАДНЫЙ АДСОРБЕР С ПОПЕРЕЧНЫМ ПОТОКОМ

Карбонат кальция применяют в форме гранул со средним размером 4 - 6 мм, которые, чтобы обеспечить максимальную эффективность очистки, должны удовлетворять ряду требований относительно размера, состава и пористости. Кроме обычного, в качестве сорбирующего агента применяют также модифицированный карбонат кальция, представляющий собой смесь карбоната

и гидроксида кальция ($\text{CaCO}_3/\text{Ca}(\text{OH})_2$). Пористость такого сорбента и содержание в нем гидроксида кальция выше, поэтому он обладает лучшим средством к кислым газам.

Поскольку процесс сорбции HF , SO_x и HCl протекает преимущественно на поверхности гранул, их поглощающая способность невелика. Для ее увеличения в случае немодифицированного карбоната кальция применяют обдирку гранул - механическое удаление более рыхлого внешнего слоя, слагающегося преимущественно из фторида, сульфита, сульфата и хлорида кальция. Очищенные таким образом гранулы можно повторно использовать в качестве поглотителя, если их диаметр достаточно велик и при этом образуется незначительное количество твердых отходов (в форме насыщенного известняка).

В случае применения модифицированного сорбента повышения средства к кислым газам добиваются путем улучшения их поверхностных свойств. В связи с этим, в отличие от немодифицированного карбоната кальция, их обдирка с целью повторного использования оказывается невозможной.

На рисунке показана схема работы горизонтального адсорбера каскадного типа с обдирочным барабаном. Очищенный сорбент автоматически подают в бункер запаса. Этот прием позволяет снизить количество отходов до 50 % [4, UBA, 2001].

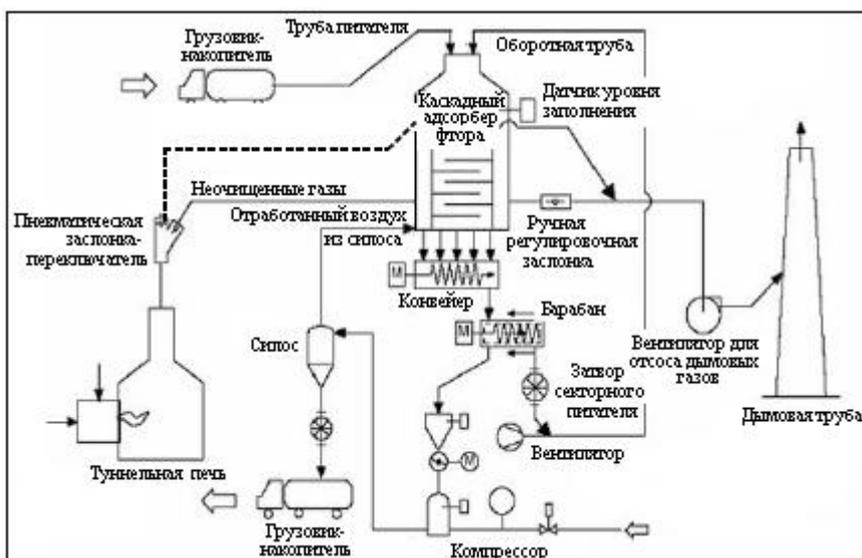


РИС. 4.9. СХЕМА ДЕЙСТВИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО АДСОРБЕРА КАСКАДНОГО ТИПА С ОБДИРОЧНЫМ БАРАБАНОМ

Насыщенный загрязняющими веществами известняковый гранулят подают в барабан винтовым питателем. Внешний слой гранул счищается за счет трения, после чего его, а также гранулы диаметром $< 2,5$ мм удаляют из барабана и сгружают в грузовики-накопители. Поверхность гранул диаметром $> 2,5$ мм восстанавливает активность, такой гранулят перегружают в бункер запаса адсорбера при помощи секционного питателя и оборотной трубы. Адсорбер, обдирочный барабан и оборотная труба представляют собой замкнутую систему. Обдирка и возврат гранул

происходят непрерывно и автоматически.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- высокое потребление сорбирующих агентов;
- значительное количество отходов (в связи со сравнительно большим избытком сорбента);
- взаимодействие карбоната кальция с кислыми компонентами дымовых газов сопровождается выделением CO_2 ;
- повышенный расход энергии на работу адсорбера (в частности, чтобы преодолеть перепад давления);
- возможное увеличение выбросов пыли вследствие повышенной пылевой нагрузки, в особенности при использовании обдирочного барабана;
- возможный шум.

Технические характеристики

Для удаления HF и SO_3 наилучшим образом подходит немодифицированный карбонат кальция, желательны мягких сортов. Эффективность очистки для этих соединений при использовании гранулированного сорбента превышает 90 % (доходя до 99) и 80 % соответственно. Однако обычный карбонат кальция хуже приспособлен для удаления SO_2 , поскольку его реакционная способность ниже, чем у HF и SO_3 ; эффективность очистки составляет всего 20 %. Эффективность удаления HCl при использовании немодифицированного карбоната кальция составляет примерно 50 % [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Модифицированный карбонат кальция лучше подходит для удаления SO_2 , очистка от HF и SO_3 с его помощью также несколько более эффективна. Так, при использовании модифицированного карбоната кальция удаётся удалять до 99 % HF, до 85 % SO_3 , от 30 до 85 % SO_2 при его в неочищенном газе до 1500 мг/м^3 и более 50 % HCl. Эффективность очистки по взвешенным частицам в таких системах достигает 100 % (также см. раздел 4.3.6) [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Возможна эффективная очистка дымовых газов с содержанием SO_2 порядка 2500 мг/м^3 и снижение его концентрации до 500 мг/м^3 и ниже путем, в частности, последовательной установки четырех адсорберов (горизонтальных набивных противоточных адсорберов с модифицированным карбонатом кальция). Таким же способом можно обеспечить эффективность очистки газов с высокой нагрузкой по SO_2 до 85 % [4, UBA, 2001], в то время как при использовании только одного адсорбера эффективность очистки по SO_2 падает до 30 % [2, VITO, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

В этом контексте см. табл. 3.2 по распределению выбросов соединений хлора, табл. 3.6, 3.7, 3.8 и 3.9 по выбросам при производстве кирпича и черепицы, а также табл. 3.43 по выбросам при производстве санитарно-технических изделий в случае применения очистных систем на основе

горизонтальных набивных адсорберов [2, VITO, 2003].

Применимость

Данное решение может найти применение в ряде отраслей производства керамических изделий, однако при этом необходимо учитывать необходимые для размещения оборудования площади и недостаточную гибкость в плане контроля, а также применения других видов адсорбентов. Также следует принимать во внимание и другие факторы, а именно - концентрации HF и SO_x в неочищенном газе, ассортимент изделий, размеры, режим работы и производительность печи, предельную температуру обжига, объем и температуру дымовых газов, суммарную пылевую нагрузку от адсорбера, необходимость установки пылевого фильтра, возможность повторного использования, рециркуляции или образования большого количества твердых отходов из адсорберов, наличие требуемого известнякового гранулята, увеличение затрат электроэнергии, а также общее воздействие на окружающую среду.

Экономические аспекты

По этому вопросу см. табл. 4.7.

Небольшие количества счищенного с поверхности гранул насыщенного известняка вводят в состав массы для производства керамических блоков и лицевого кирпича, однако необходимо помнить, что присутствие в нем сульфата кальция может привести к появлению высолов. Также возможно применение насыщенного известняка в производстве цемента, бетонов и асфальта. Если повторное использование оказывается невозможным, требуется учитывать дополнительные расходы на его переработку.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

Wienerberger Ziegelindustrie AG, завод по производству лицевого кирпича, Ротентурм, Австрия [1, BMLFUW, 2003], Erlus Baustoffwerke AG, завод по производству черепицы, Нойфарн, Германия [4, UBA, 2001], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.2. Модульные адсорбционные системы

Описание и природоохранный эффект

Отделение газообразных неорганических соединений фтора проводят преимущественно при помощи сухой сорбции на сотовых модулях из гидроксида кальция в так называемых модульных адсорбционных системах. Дымовые газы подают в простой стальной реактор без движущихся частей, в котором в несколько ярусов установлены сотовые сорбирующие модули, заполненные гашеной известью (гидроксидом кальция). При прохождении дымовых газов через реактор

происходит химическое преобразование содержащегося в них HF во фторид кальция (CaF_2). Продолжительность службы модулей зависит от режима работы предприятия, объемного расхода дымовых газов и концентрации фтора в неочищенном газе. Модули, чтобы ускорить процесс их замены и упростить перемещение, размещают на стойках. Насыщенные модули заменяют новыми.

На рисунке показана схема установки сухой сорбции с сотовыми модулями из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [4, УВА, 2001].

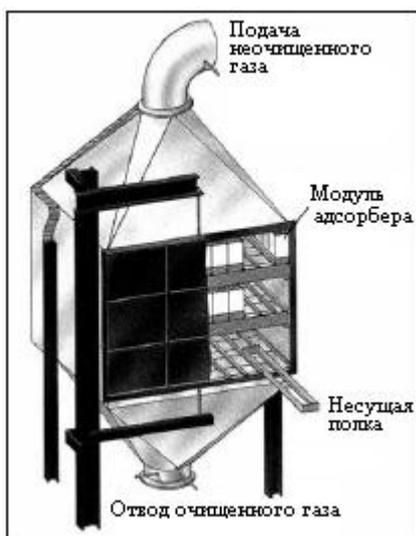


РИС. 4.10. СХЕМА СОТОВОГО МОДУЛЬНОГО АДСОРБЕРА

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- сравнительно высокое потребление сорбентов
- значительное количество отходов (в виде отработанных модулей)
- повышенный расход энергии на работу адсорбера (в частности, чтобы преодолеть перепад давления в случае дымовых газов с высокой пылевой нагрузкой)

Технические характеристики и применимость

Данная система проста с технической точки зрения и отличается надежностью, поскольку не имеет движущихся частей и в ней не создается большой перепад давления. Она особенно эффективна при невысоком ($< 18000 \text{ м}^3/\text{ч}$) объемном расходе дымовых газов в случае, когда концентрации прочих неорганических соединений, помимо HF (SO_2 , SO_3 , HCl) малы. По этой причине такие системы применяют в основном при производстве облицовочной и напольной плитки, посуды, декоративных и санитарно-технических изделий, технической керамики. Кроме того, при повышенном содержании пыли возможно засорение капилляров, поэтому данная система малоприспособна для обеспыливания.

По этому вопросу см. табл. 3.41, в которой приведены концентрации загрязняющих веществ в неочищенном и очищенном газе при производстве санитарно-технических изделий, где для очистки дымовых газов использован сотовый модульный адсорбер.

Экономические аспекты

В связи с этим см. табл. 4.7. Помимо стоимости новых сорбционных модулей, следует учитывать стоимость переработки насыщенных модулей, поскольку их повторное использование невозможно.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.3. Сухая очистка дымовых газов при помощи фильтров (рукавных или электрофильтров)

Описание и природоохранный эффект

При данном способе очистки дымовых газов сухой поглотитель вдувают в поток газа. Адсорбция кислотных компонентов (оксиды серы, неорганические соединения хлора и фтора) происходит в реакторе или в реакторной зоне, роль которых может выполнять труба для отвода дымовых газов из печи и подачи их на фильтр. Длина такой трубы должна обеспечивать необходимую продолжительность контакта. Продукты реакции в виде солей нейтрализации, а также избыток сорбента удаляют из газового потока при помощи установленного после реактора (реакторной зоны) фильтра. С этой целью, как правило, применяют рукавный фильтр, поскольку в нем обеспечивается хороший контакт между сорбентом и газообразными загрязняющими веществами. Материал рукавов должен быть кислото- и щелочестойким, кроме того, его выбор определяется температурой очищаемых газов (см. табл. 4.2). На рисунке приведена примерная схема процесса сухой очистки дымовых газов с использованием рукавного фильтра [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].

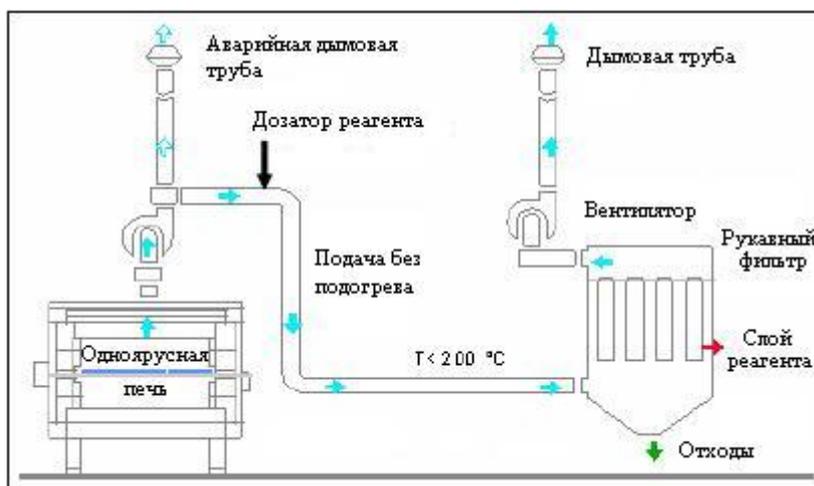


РИС. 4.11. СХЕМА СУХОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ РУКАВНОГО ФИЛЬТРА

Вместо рукавных возможно применение в системе с распылением порошкообразного реагента электрофильтров. Их достоинствами являются более высокая температура очищаемых газов (значительно выше 400 °С), что упраздняет необходимость их охлаждения и облегчает рекуперацию энергии из очищенного газа. С другой стороны, контакт между загрязняющими веществами и сорбирующим агентом в таких фильтрах хуже, чем в рукавных. На рисунке показана схема сухой очистки газов с использованием электрофильтра [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].

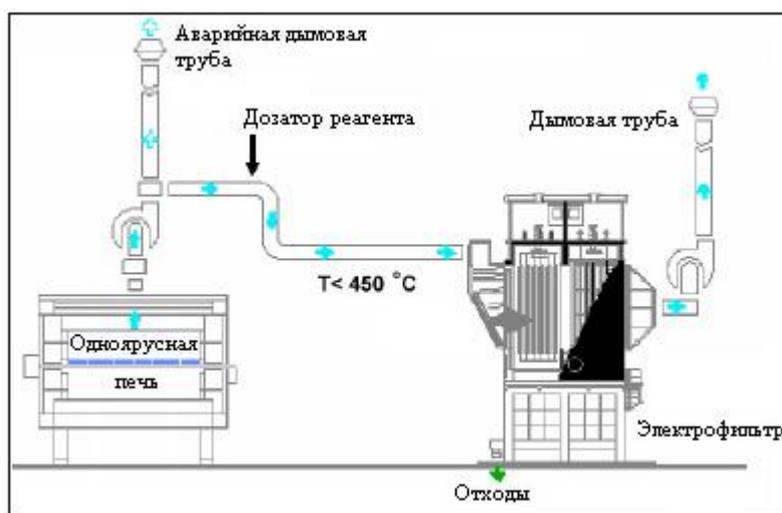


РИС. 4.12. СХЕМА СУХОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА

Особый вариант сухой очистки дымовых газов - полусухая фильтрация, или так называемая кондиционированная сухая газоочистка. Отличие этого способа заключается во введении в систему небольшого количества воды. При легком увлажнении сорбента происходит его «кондиционирование», что повышает его активность и эффективность очистки. Потребление сорбирующего агента и количество твердых отходов также снижаются. Недостатками этого способа являются вероятность возникновения коррозии, обусловленная повышенной влажностью дымовых газов, а также более сложный контроль процесса [2, VITO, 2003].

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- потребление сорбентов влечет за собой образование большого количества отходов;
- переработка отходов осложняется отрицательным воздействием кальция на реологические свойства керамических шликеров;
- повышается расход электроэнергии в результате перепада давления в рукавном фильтре и при работе электрофильтра соответственно;
- применение пневматических систем очистки фильтров может повышать уровень шума;
- при взаимодействии карбонат-содержащих поглотительных агентов с кислыми компонентами дымовых газов выделяется CO_2

Технические характеристики и применимость

Система сухой очистки дымовых газов при помощи фильтра дает возможность гибкого регулирования процесса и рационального использования поглотителя. В число применяемых сорбирующих агентов входят гидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) и оксид кальция (CaO), а также, в последнее время, бикарбонат натрия (NaHCO_3), который лучше подходит для удаления SO_2 . Следует отметить, что продукты реакции с бикарбонатом натрия представляют собой водорастворимые соли (сульфат и фторид натрия), что делает невозможным их уничтожение путем захоронения.

Применение систем с рукавным фильтром невозможно как при очень высоких температурах, поскольку фильтр может загореться, так и при низких, близких к точке росы, поскольку в таких условиях фильтр легко забивается. Преимущество систем с электрофильтром заключается в возможности их эксплуатации при высоких, свыше $400\text{ }^\circ\text{C}$, температурах, что отменяет необходимость охлаждения дымовых газов перед очисткой и упрощает извлечение энергии из очищенного газа. Путем сухой очистки с использованием рукавного фильтра удастся снизить концентрацию фторидов в очищенном газе до 5 мг/м^3 , а содержание взвешенных частиц – до $2 - 20\text{ мг/м}^3$. Эффективность очистки таких систем при использовании в качестве сорбента гидроксида кальция составляет $90 - 99\%$ по взвешенным частицам, $92 - 95\%$ по соединениям фтора, $10 - 80\%$ по SO_2 , до 90% по SO_3 и до 85% по HCl [2, VITO, 2003, 10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Применение в качестве сорбирующего агента в системах сухой очистки с рукавными фильтрами бикарбоната натрия дает возможность получить эффективность очистки порядка 99% по взвешенным частицам, более 95% по соединениям фтора, $98 - 99\%$ по SO_2 и SO_3 и 89% по HCl (см. раздел 4.3.6) [4, UBA, 2001].

Системы с электрофильтром могут эксплуатироваться при температурах до $450\text{ }^\circ\text{C}$, при этом охлаждения дымовых газов перед очисткой не требуется, что упрощает извлечение энергии из очищенного газа. Концентрация пыли в чистом газе при таком способе очистки составляет $5 - 50\text{ мг/м}^3$ (см. раздел 4.2.3.5).

Системы сухой фильтрации могут, в принципе, служить для очистки дымовых газов печей во всех отраслях производства керамических изделий, однако следует принимать во внимание их недостатки по сравнению с горизонтальными набивными адсорберами – потребность в более частом обслуживании и недостаточную долговечность фильтрующих рукавов (в случае рукавного фильтра).

Экономические аспекты

В этом контексте см. табл. 4.7 по сухой адсорбции при помощи рукавного фильтра.

- объем инвестиций при полусухой очистке, как правило, выше, чем при использовании сухой схемы;

- бикарбонат натрия дороже, чем сорбирующие агенты на основе кальция;
- необходимо учитывать дополнительные расходы на уничтожение отработанных сорбентов, повторное использование которых невозможно.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.3.4.4. Мокрая очистка дымовых газов

Описание и природоохранный эффект

Удаление кислотных компонентов дымовых газов (оксидов серы, неорганических соединений хлора и фтора) в процессе мокрой очистки происходит путем интенсивного контакта с водой, что обеспечивает их перенос из газовой фазы в жидкую. Степень протекания этого процесса определяется растворимостью данных компонентов. Увеличению растворимости газов способствует введение в воду оснований – карбоната (CaCO_3) или гидроксида кальция (Ca(OH)_2), карбоната (Na_2CO_3) или гидроксида натрия (NaOH), аммиака (NH_3).

Пример установки мокрой очистки дымовых газов представлен на рисунке [2, VITO, 2003]. Такая установка состоит из узла подготовки промывных вод, участка промывки, отстойника-сепаратора, возможно – участка очистки стоков и конденсатоотводчика. Для увеличения площади контакта используют диски или набивку из инертного материала (в насадочных колоннах). Помимо башенных, применяют также форсуночные и центробежные скрубберы, а также скрубберы Вентури.

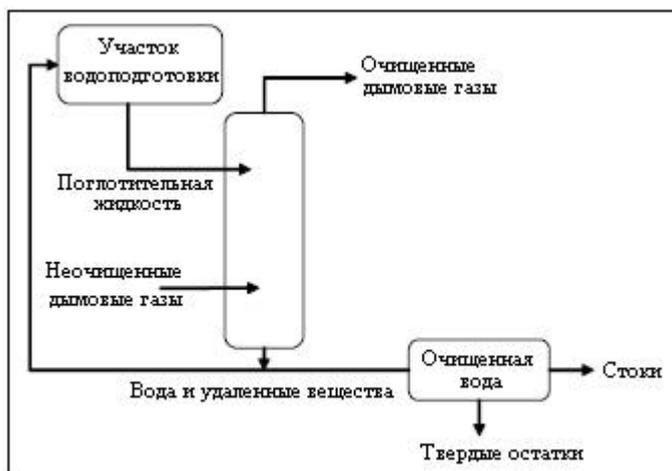


РИС. 4.13. УСТАНОВКА МОКРОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

При мокрой очистке дымовые газы сначала охлаждают, а затем очищают. При этом необходимы участок нейтрализации и участок отделения твердой фазы.

Особый вариант данного процесса – полувлажная очистка, при которой вследствие уменьшения количества воды становится возможным ее испарение. В результате образуется хорошо прореагировавший сухой остаток, который отделяют на фильтре. Такой способ требует подачи дымовых газов с более высокой температурой, чтобы обеспечить на фильтре необходимую температуру с учетом потерь энергии на испарение. Достоинства систем полувлажной очистки – пониженное потребление поглотителя, меньшее количество твердых отходов, большая эффективность очистки, однако контроль процесса более сложен [2, VITO, 2003].

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- высокое водопотребление;
- образование сточных вод (для полувлажной схемы – в меньшем объеме), что требует организации их очистки;
- сравнительно большой расход электроэнергии на преодоление перепада давления в установках;
- выделение CO_2 в результате взаимодействия карбонат-содержащих сорбентов с кислыми компонентами дымовых газов.

Технические характеристики

В качестве сорбента при мокрой очистке дымовых газов от HF, HCl и SO_x обычно применяют известь. В данном случае водный раствор гидроксида кальция (известковое молоко) или суспензию карбоната кальция распыляют в колонне. В качестве отходов, как правило, образуется гипс с небольшим количеством примесей. Эффективность данного способа очистки составляет 99 % по HF, до 98 % по SO_2 , 95 % по SO_3 и до 95 % по HCl [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001].

При использовании в качестве сорбирующего агента в горизонтальной насадочной колонне едкого натра (каустической соды) выделяются фторид (NaF), сульфит (Na_2SO_3) и хлорид натрия (NaCl). После выпаривания промывных вод требуется уничтожение твердых отходов. Эффективность очистки при помощи едкого натра достигает 98 % по HF, до 98 % по SO_2 , 96 % по SO_3 и до 98 % по HCl [4, UBA, 2001].

Одной из проблем, возникающих при мокрой очистке газов, является коррозия. Ее могут вызывать насыщенные водой после башенного скруббера газы при охлаждении до температуры ниже точки росы. Кроме того, холодные газы хуже диффундируют в атмосферу и могут образовывать влажный шлейф, во избежание чего рекомендуется подвергать дымовые газы повторному нагреву.

Применимость

Системы мокрой очистки дымовых газов могут, в принципе, найти применение во всех отраслях производства керамических изделий. Там, где содержание SO₂ в дымовых газах велико, а сухая схема не обеспечивает требуемую степень очистки, мокрый процесс становится реальной альтернативой. Практическое его применение, однако, сильно ограничено большим объемом инвестиций и расходов на эксплуатацию.

Также мокрый процесс может выступать в качестве альтернативного варианта очистки дымовых газов в случае одновременного выброса неорганических загрязняющих веществ в высокой концентрации, в частности, при содержании SO₂ более 2500 мг/м³.

Экономические аспекты

В этом контексте см. табл. 4.7. Также следует принимать во внимание возможное уменьшение продолжительности службы систем в результате коррозии.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

Завод Hallerndorf-Pautzfeld, Германия (производство керамзита) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

4.3.4.5. Угольные фильтры

Описание, природоохранный эффект, технические характеристики и применимость

Угольные фильтры пригодны только для очистки небольших объемов отходящих газов от летучих органических соединений (ЛОС), выделяющихся, например, при термообработке связок на основе смол.

Взвешенные частицы и капли жидкости следует удалять из потока газа до его подачи на фильтр. Некоторые органические вещества (фенол, нафталин) адсорбируются на фильтре лучше, другие хуже.

Угольные фильтры применяют преимущественно при производстве огнеупорных изделий.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- увеличение количества твердых отходов, если отработанные фильтры невозможно регенерировать;
- повышение затрат энергии при эксплуатации угольных фильтров.

Экономические аспекты

Высокая стоимость, особенно в случае, если отработанные фильтры невозможно регенерировать.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.6. Биоскрубберы

Описание и природоохранный эффект

Летучие продукты реакции, выделяющиеся при термообработке связок на основе смол в процессе производства огнеупоров, некоторых видов технической керамики и абразивов на неорганической связке, включают аммиак, формальдегид и фенол. Их удаление из дымовых газов возможно путем обработки соответствующими промывными жидкостями. В биологических скрубберах предусмотрена регенерация сорбента. Обязательными условиями их работы являются растворимость загрязняющих веществ в воде и непрерывная подача в скруббер.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- возможное увеличение водопотребления и объемов сточных вод;
- повышение затрат энергии при эксплуатации биоскрубберов.

Применимость

Биоскрубберы применяют при производстве огнеупорных изделий, некоторых видов технической керамики, а также абразивов на неорганической связке.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[3, CERAME-UNIE, 2003], [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.5. Дожигание

Дополнительную информацию по этому вопросу можно найти в Справочных документах по НДТ «Очистка производственных сточных вод и отходящих газов и системы менеджмента в химической промышленности».

4.3.5.1. Термическое дожигание

Описание и природоохранный эффект

Сжигание ЛОС вне печи возможно в термореакторах, которые состоят из одной или двух камер, заполненных элементами из керамики или SiO_2 с высокой теплоемкостью. Термическое дожигание осуществляют при высоком (более $100 - 150 \text{ мг/м}^3$) содержании ЛОС в неочищенном газе в зависимости от его параметров (температуры, состава).

Дымовые газы, содержащие ЛОС, подают в первую камеру, где им передается запасенное тепло. При попадании в камеру сгорания их температура уже близка к температуре воспламенения. В камере сгорания происходит их дальнейший нагрев до температуры $750 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$ при помощи горелок. Органические вещества при этом практически полностью выгорают, а присутствующий в дымовых газах СО окисляется до CO_2 . Кроме того, поскольку температура в камере составляет не менее $800 \text{ }^\circ\text{C}$, а продолжительность пребывания газов – как минимум 1,5 с, удается достичь 90 % разложения присутствующих в газе /образующихся диоксинов.

Горячие очищенные газы после камеры сгорания поступают во вторую камеру, где отдают большую часть тепла. Затем охлажденный газ сбрасывают через дымоход. Через некоторое время, когда первая камера достаточно охладилась, а вторая прогрелась, направление дымовых газов меняют. При этом нагрев неочищенных дымовых газов происходит уже во второй камере, а охлаждение очищенного газа – в первой.

Третья камера термореактора необходима для предотвращения пиковых выбросов при смене направления потока дымовых газов. После изменения направления движения дымовых газов эту камеру продувают небольшим количеством воздуха во избежание попадания неочищенного газа в дымоход.

На рисунке показана принципиальная схема термического дожигания в трехкамерном термореакторе [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

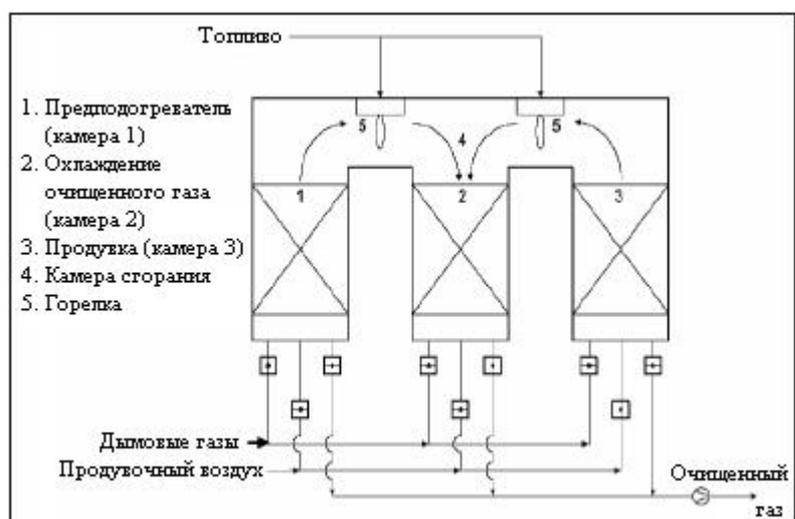


Рис. 4.14. Схема термического дожигания в реакторе (трехкамерная система)

На рисунке приведена схема подачи дымовых газов во внешнюю систему термического дожигания [4, УВА,2001].

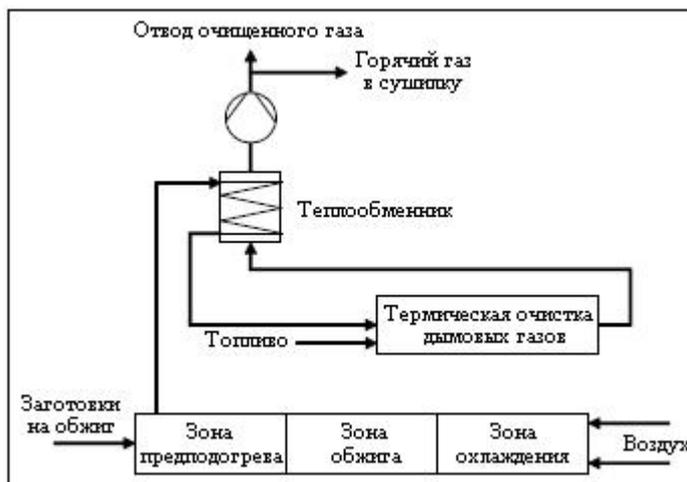


Рис. 4.15. Подача дымовых газов во внешнюю систему термического дожигания

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

- необходимо дополнительное топливо, в частности, на стадии пуска и при концентрации ЛОС ниже точки самовозгорания;
- возможны дополнительные выбросы NO_x .

Технические характеристики и применимость

Если концентрации ЛОС и СО достаточно высоки, горение протекает в автотермическом режиме. В этом случае подвода дополнительной энергии на поддержание процесса не требуется. Такой вариант реализуется в основном при производстве высокопористого кирпича, когда в массу вводят большое количество органических порообразующих агентов.

Терморекторы в последние годы находят все более широкое применение при производстве изделий из глины, в частности, керамических блоков, где в формовочную массу вводят значительное количество органических порообразователей, а также для уменьшения выбросов ЛОС при производстве других видов керамики – огнеупорных изделий, технической керамики, некоторых видов абразивов на неорганической связке. Преимущество таких систем по сравнению с системами внутripечного дожигания заключается в том, что их применение не мешает нормальной эксплуатации печи, а поток дымовых газов полностью очищается. При производстве керамзита существует проблема высокого содержания в дымовых газах влаги.

В зависимости от требуемой эффективности очистки устанавливают двух-или трехкамерные терморекторы. Применение двухкамерного терморектора позволяет достичь эффективности очистки 94 - 97 %, трехкамерный реактор дает возможность без особых сложностей очищать

дымовые газы с эффективностью более 99 % [4, UBA, 2001].

В связи с этим см. также табл. 3.6 по уровню выбросов при производстве кирпича и табл. 3.54 по уровню выбросов при производстве технической керамики (абразивов на неорганической связке), В данных технологических процессах для очистки дымовых газов служат термические дожигатели.

Экономические аспекты

В связи с этим см. также табл. 4.7.

- для экономии топлива термическое дожигание ЛОС и СО желательно проводить с организацией рекуперации тепла;
- чем ниже концентрации ЛОС и СО в неочищенном газе, тем большее количество энергии требуется на эксплуатацию термореактора и тем выше ее стоимость.

Необходимость внедрения

Требования законодательства в сочетании с энергоэффективными технологическими процессами.

Примеры предприятий и справочная литература

Wienerberger Ziegelindustrie AG/Werk Hennersdorf, завод по производству кирпича, Австрия [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.3.5.2. Каталитическое дожигание

Описание и природоохранный эффект

Данный прием устранения ЛОС предполагает повышение скорости окисления летучих загрязняющих веществ органической природы путем подачи дымовых газов на каталитическую поверхность. Применение катализаторов снижает температуру окисления органических загрязняющих веществ до 200 – 300 °С. Катализаторами преимущественно служат соединения оксидов металлов или благородные металлы (Pd, Pt, Rh).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Используемые катализаторы способствуют окислению SO₂ в более токсичный и коррозионно-активный SO₃.

Применимость

Применение каталитического дожигания при производстве изделий из глины осложняется тем, что происходит быстрое отравление катализаторов присутствующими в дымовых газах примесями (в частности, соединениями серы). Таким образом, каталитическое окисление

используют преимущественно при очистке малых объемов дымовых газов с высоким содержанием углерода, выделяющихся, например, при обжиге специальных огнеупоров или технической керамики в небольших печах или при сушке.

Необходимость внедрения

Требования законодательства.

Примеры предприятий и справочная литература

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.6. Сравнение технических данных, эффективности, потребления ресурсов и затрат для различных методов очистки дымовых газов

В таблице приведен сравнительный анализ технологической и экономической эффективности различных способов очистки отходящих газов [2, VITO, 2003] [30, TWG Ceramics, 2005]:

Таблица 4.5. Технологические параметры, эффективность, уровень потребления и затраты на различные технологии очистки дымовых газов

Способ		Горизонтальные адсорберы каскадного типа	Горизонтальные адсорберы каскадного типа	Горизонтальные адсорберы каскадного типа	Сухая фильтрация дымовых газов	Сухая фильтрация дымовых газов	Мокрая очистка дымовых газов	Мокрая очистка дымовых газов
Уровень выбросов			$SO_2 < 1500$ мг/м ³ (н. у.)	$SO_2 \geq 2500$ мг/м ³ (н. у.)				
Поглотитель		CaCO ₃	Модифицированный CaCO ₃	Модифицированный CaCO ₃	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Вода / Ca(OH) ₂ или CaCO ₃	Едкий натр (каустическая сода)
Эффективность очистки	HF	90 % (до 99 %)	до 99 %	до 99 %	80 до 96 %	> 95 %	92 - 99 %	98 %
	SO ₂	8 - 20 %	43 до 85 %	30 - 43 %	7 до 80 %	98 - 99 %	20 до 98 %	90 - 98 %
	SO ₃	80 %	80 - 85 %	80 - 85 %	до 90 %	98 - 99 %	92 - 95 %	94 - 96 %
	HCl	50 %	> 50 %	50 %	10 до 85 %	89 %	50 до 95 %	90 - 98 %
	Пыль	100 %	100 %	99 %	90 - 99 %	99 %		100 %
Избыток сорбента ^A		2,5	2,5	2,5	1,35 - 2,00		1,01 - 2,00	
Водопотребление (м ³ /сут.) ^B		0	0	0	0		86 - 240	
Расход электроэнергии (кВт·ч/сут.) ^B		641 - 864	864	864	1200 - 2880		2352 - 4824	

Стоимость сорбента (евро/т)	59	99	99	104		30 - 100	
Капиталовложения (тыс. евро) ^{В, С}	228 - 278	692	692	766 - 1081		511 - 659	
^А Здесь – отношение между количеством сорбента, необходимым на практике для обеспечения требуемой эффективности очистки и рассчитанным теоретически (исходя из стехиометрии реакции адсорбции).							
^В По данным четырех типовых предприятий.							
^С Затраты на установку и накладные расходы.							

В следующей таблице приведена эффективность снижения уровня выбросов в зависимости от применения интегрированных в процесс решений, а также решений «на конце трубы». Первые оказывают влияние только на содержание SO_x, в то время как вторые воздействуют преимущественно на концентрацию HF. В рассмотренном примере также показана зависимость эффективности уменьшения выбросов от содержания серы в сырье [2, VITO, 2003] [30, TWG Ceramics, 2005].

Таблица 4.6. Эффективность снижения выбросов в зависимости от содержания серы в сырье

Пример		1	2	3	4
Способ		Сухая фильтрация дымовых газов	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа
Сырье		Глина с высоким содержанием серы			
Уровень выбросов		SO _x > 1500 мг/м ³	SO _x > 1500 мг/м ³	SO _x ≥ 2500 мг/м ³	SO _x ≥ 2500 мг/м ³
Интегрированные в процесс решения		Введение сырья с пониженным содержанием серы и кальций-содержащих добавок	Введение сырья с пониженным содержанием серы и кальций-содержащих добавок	Введение сырья с пониженным содержанием серы и кальций-содержащих добавок	Введение сырья с пониженным содержанием серы и кальций-содержащих добавок
Поглотитель		Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃
Эффективность снижения	HF	до 96 %	до 96 %	до 92 %	до 83 %
	SO _x	до 7 %	до 8 %	до 20 %	до 24 %
	HCl	0 %	до 18 %	до 57 %	до 22 %
	Пыль	до 92 %	до 39 %	до 80 %	до 58 %
Пример		5	6	7	8
Способ		Сухая фильтрация дымовых газов	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Горизонтальный адсорбер каскадного типа
Сырье		Глина с высоким содержанием серы	Глина с низким содержанием серы	Глина с низким содержанием серы	Глина с низким содержанием серы
Уровень выбросов		SO _x > 1500 мг/м ³	SO _x < 500 мг/м ³	SO _x < 500 мг/м ³	SO _x < 500 мг/м ³

Интегрированные процесс решения	в	-	-	-	-
Поглотитель		Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃
Эффективность снижения	HF	до 95 %	до 74 %	до 99 %	до 99 %
	SO _x	до 34 %	0 %	до 76 %	до 63 %
	HCl	до 83 %	0 %	до 94 %	до 93 %
	Пыль	0 %	до 37 %	до 83 %	до 44 %

В связи с этим см. также табл. 3.8 и 3.9 по техническим характеристикам печей и уровню выбросов неочищенных и очищенных газов при производстве керамических камней и лицевого кирпича [32, TWG Ceramics, 2006].

В таблице 4.7 приведена примерная стоимость различных способов снижения выбросов таких загрязняющих веществ, как пыль, неорганические и органические газообразные вещества, с точки зрения инвестиционных и эксплуатационных расходов, а также закупки сорбента. Впрочем, эти данные не дают возможность проводить прямое сравнение различных методов очистки отходящих газов, поскольку реальные затраты зависят от таких параметров, как объемный расход, уровень контроля, показатели неочищенного газа и др. Данная информация представлена с целью показать общий объем инвестиций, необходимых для реализации различных технологических решений [3, CERAME-UNIE, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

Таблица 4.7. Затраты на снижение содержания пыли, газообразных неорганических и органических веществ при различных способах их удаления

Очистная система	Область применения	Сорбент	Типичные параметры / расходы при производстве керамических изделий (м ³ /ч) ¹	Примерный объем инвестиций (евро)	Обслуживание (евро/год)	Стоимость сорбента (евро/т) (евро/год)	Эксплуатационные расходы евро/т
Удаление пыли							
Рукавный фильтр	Целые участки предприятия, зоны массоподготовки, перемещения, хранения, формования, передача между участками и т. д.		900 - 70000	6000 – 150000 (в зависимости от размеров и количества трубопроводов)			0,03-0,1
Централизованный вакуумный пылеуловитель	Целые участки предприятия, зоны массоподготовки, перемещения, хранения, формования, передача между участками, печные вагонетки и т. д.		900 - 1000	25000 – 65000 (в зависимости от размеров и количества трубопроводов / труб)			
Система очистки печных вагонеток (варианты исполнения: неподвижным соплом, подвижным соплом, подвижными)	Печные вагонетки		8000 - 30000	40000 – 200000 (в зависимости от размеров и исполнения)			

плоскостями)							
Электрофильтр	Удаление пыли из горячих отходящих газов с большим объемным расходом		До 100000	1000000-3000000			0,1 - 0,2

Удаление газообразных неорганических веществ

Модульная система	Преимущественно уменьшение HF	Ячеистый Ca(OH) ₂	Крайне низкие объемные расходы	45000-100000	~ 500	~ 46000 евро/год	
Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Преимущественно уменьшение HF	CaCO ₃	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	40000 - 500000	~ 2000	30 – 55 евро/т (с доставкой) 4000 – 30000 евро/год	23400 - 4800
Горизонтальный адсорбер каскадного типа	Преимущественно уменьшение HF, HCl и SO _x	Модифицированный / промышленно производимый сорбент	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	40000 - 500000	~ 2000	95 – 110 евро/т (с доставкой) до 60000 евро/год	

Удаление газообразных неорганических веществ (продолжение)

Противоточный горизонтальный набивной адсорбер / модульная система	Преимущественно уменьшение HF, HCl и SO _x	CaCO ₃ и модифицированный / промышленно производимый сорбент	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	80000 - 800000	~ 2500	30 – 55 евро/т (с доставкой) соответственно 95 – 110 евро/т (с доставкой)	
--	--	---	--	----------------	--------	---	--

Система сухой сорбции помощи рукавного фильтра (продувочная система, fly stream system)	Преимущественно о уменьшение HF, HCl и SO _x Снижение содержания взвешенных частиц	Ca(OH) ₂ в различном виде	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	80000 - 1000000	~ 4000	95 – 110 евро/т (с доставкой) 8000 – 45000 евро/год	107500 - 130700
Система сухой сорбции помощи рукавного фильтра (продувочная система, fly stream system) с кондиционированием продуктов реакции	Преимущественно о уменьшение HF, HCl и SO _x Снижение содержания взвешенных частиц	Ca(OH) ₂ в различном виде (с небольшим количеством воды)	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	200000 - 1600000	~ 6500	95 – 110 евро/т (с доставкой) 8000 – 45000 евро/год	107500 - 130700
Скруббер мокрой очистки	Преимущественно о уменьшение HCl и SO _x	Водный раствор щелочи	2500 - 140000 (без верхнего или нижнего предела)	400000 - 2000000	до 8000	95 – 110 евро/т (с доставкой) 8000 – 45000 евро/год + вода	

Удаление газообразных органических веществ

Термическое дожигание в термореакторе (внешнее)	Снижение ЛОС		10000 - 50000	180000 - 420000	500 - 4500		
Дожигание газов из зоны нагрева в печи	Снижение ЛОС			42000 - 300000	500 - 8000		

Замечание: в колонках «Типичные параметры / расходы» и «Примерный объем инвестиций» приведены диапазоны значений. Уместно принять, что нижние величины расходов (м³/ч) соответствуют меньшим инвестициям в евро, высшие – большим. Между этими параметрами существует нелинейная зависимость, как правило, чем больше объем обрабатываемых газов, тем меньше стоимость 1 м³.¹⁾ Объемные расходы приведены в «фактических м³» (м³, в отличие от м³ при нормальных условиях), поскольку требуется очистка реальных дымовых газов.

4.4. Производственные сточные воды

4.4.1. Использование воды как сырья

Вода является важным сырьевым материалом при производстве керамических изделий, однако величина ее потребления сильно отличается по отраслям и технологиям. Добавление воды в шихту не влечет за собой образования сточных вод, поскольку такая вода полностью испаряется при сушке и обжиге. Сточные воды появляются в основном при промывке глинистых материалов и их роспуске в потоке воды в процессе производства.

4.4.2. Использование воды как теплоносителя

Воду применяют в качестве теплоносителя в гидравлических системах охлаждения, в компрессорах и др. Используемая в таких установках вода должна быть чистой и иметь низкую жесткость, чтобы избежать образования накипи в теплообменниках. Вода может циркулировать в замкнутом цикле после простых операций охлаждения и/или очистки, в этом случае ее потребление определяется испарением. Воду в замкнутых системах охлаждения, как правило, подвергают химическому кондиционированию во избежание коррозии и ферментации органических материалов, поэтому ее совместная переработка с производственными сточными водами обычно невозможна (также см. Справочные документы по НДТ «Промышленные системы охлаждения»).

4.4.3. Использование воды в скрубберах

Также воду применяют в скрубберах для очистки отходящих газов (в системах и сепараторах мокрой очистки дымовых газов). В таких установках возможно применение рекуперированных сточных вод после простой физической очистки (осаждения с проведением или без проведения предварительной химической обработки) путем их циркуляции или повторной очистки.

4.4.4. Использование воды для очистки

Вода, кроме того, служит для очистки оборудования, особенно для массоподготовки, форм и других литьевых установок, участков глазурования, анодирования и декорирования. Промывка оборудования – та операция, на которую расходуется наибольшее количество воды, поэтому для экономии средств и во избежание образования стоков требуется грамотное управление. Уменьшить водопотребление можно путем многократной очистки и повторного использования промывных вод.

4.4.5. Цели и способы уменьшения объемов сточных вод (выбросы и потребление)

Цель очистки возникающих при производстве керамических изделий сточных вод заключается в уменьшении водопотребления и максимальном снижении объемов сбросов в водные объекты. Для решения этих задач применяют меры по оптимизации технологического процесса и системы переработки сточных вод.

4.4.5.1. Оптимизация процесса

Описание и природоохранный эффект

Минимизация водопотребления - одна из основных мер по защите окружающей среды, и для ее реализации могут быть предложены следующие способы оптимизации технологического процесса:

- модификация водяного контура, установка автоматических клапанов для предотвращения утечек воды, когда нет необходимости в ее подаче;
- установка на предприятии промывочной системы, работающей под высоким давлением (или промывочного оборудования высокого давления);
- замена мокрой очистки отходящих газов альтернативными системами, не связанными с потреблением воды (по системам сухой очистки отходящих газов см. разделы 4.2.3 и 4.3.4);
- установка систем сбора отходов глазури «по месту»;
- установка шликеропроводов;
- отдельный сбор сточных вод с различных стадий технологического процесса;
- повторное использование сточных вод на той же стадии процесса, в частности, многократное применение промывочной воды после соответствующей очистки.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Побочные явления отсутствуют.

Технические характеристики

Оптимальное решение - использовать образующиеся сточные воды на той же стадии производственного процесса. Определить максимальное количество пригодных для повторного использования производственных сточных вод и найти такие решения позволяет составление баланса водопотребления (так называемого "потока массы"), в котором отмечены все источники и объемы образования стоков, а также способы их применения.

В таблице представлены достигаемые величины коэффициентов рекуперации воды в различных отраслях производства керамических изделий. Данные получены в Германии и представляют собой средние удельные и максимальные величины относительно образующихся стоков [4, UBA,

Таблица 4.8. Достижимые коэффициенты рециркуляции сточных вод в различных отраслях производства керамических изделий

Отрасль	Среднее значение	Максимальная величина
Облицовочная и напольная плитка	70 - 80 %	100 %
Хозяйственно-бытовая керамика	нет данных	50 %
Санитарно-технические изделия	30 - 50 %	50 %

Разброс достигаемых коэффициентов рекуперации сточных вод относительно потребляемой воды по сообщениям различных производителей облицовочной и напольной плитки таков: от 10 % (неглазурованная фарфоровая каменная керамика) до 70 % (глазурованная плитка однократного обжига, глазурованная фарфоровая каменная керамика) [6, Timellini, 2004].

Рециркуляцию и рекуперацию сточных вод обеспечивают путем сочетания мер по оптимизации процесса и применения систем очистки производственных сточных вод, упомянутых в разделе 4.4.5.2.

Применимость

Меры по оптимизации технологического процесса с целью снижения водопотребления могут применяться во всех отраслях производства керамических изделий.

Экономические аспекты

В каждом конкретном случае определяются отдельно, однако в целом снижение водопотребления ведет к уменьшению затрат на свежую воду.

Необходимость внедрения

Сокращение расходов за счет более эффективного проведения технологического процесса.

Примеры предприятий и справочная литература

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.4.5.2. Системы очистки сточных вод

Полезную информацию по этому вопросу можно также найти в Справочных документах по НДТ «Очистка производственных сточных вод и отходящих газов и системы менеджмента в химической промышленности».

Описание и природоохранный эффект

Основные технические и технологические решения по очистке производственных сточных вод

таковы:

Гомогенизация (усреднение): усреднительные бассейны служат для обеспечения постоянства состава очищаемой воды и устранения, насколько возможно, проблем, связанных с его колебаниями. Применение таких бассейнов повышает эффективность любой последующей обработки стоков, поскольку большая однородность упрощает контроль за распределением вводимых агентов и протеканием процесса.

Аэрация: физический процесс, который часто применяют при различных видах водоподготовки, в частности, для окисления частиц с целью облегчить их последующую флокуляцию, насыщения содержащихся в сточных водах органических веществ кислородом, устранения запахов и др. Аэрационные установки включают surface stirrers или турбины.

Седиментация (осаждение): процесс неполного выделения твердых частиц из жидкости под действием силы тяжести. Существуют различные типы седиментационных бассейнов - прямоугольные, круглые, многослойные (пластинчатые).

Фильтрация: выделение взвешенных твердых частиц из жидкости путем пропускания суспензии через пористую среду, которая удерживала бы твердые частицы и обеспечивала свободное протекание жидкости. В производстве керамических изделий применяют погружные фильтры, фильтр-прессы, центробежные вакуумфильтры.

Адсорбция на активированном угле: этот способ очистки сточных вод основан на способности углей прочно захватывать содержащиеся в воде молекулы органических соединений и пригоден для удаления бионеразлагаемых органических веществ.

Химическое осаждение: способ удаления растворенных в воде элементов путем их осаждения в виде нерастворимых соединений при обработке специальными реагентами (известью).

Коагуляция и флокуляция: такая обработка дает возможность разрушить коллоидные суспензии и вызвать агломерацию частиц за счет введения квасцов, полиэлектролитов и/или сочетания извести и солей металлов.

Ионный обмен и обратный осмос: такие способы обработки позволяют выделить бор из промывочных вод, поступающих с участков глазурования и декорирования. Обратный осмос также применяют для уменьшения объема сбрасываемых стоков.

Использование этих процессов или их совокупности дает возможность добиться значительного снижения объемов сточных вод и уменьшить водопотребление (ср. табл. 4.8).

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Необходимость уничтожения остатков, образующихся при седиментации / фильтрации, если их повторное использование невозможно (в частности, при обработке флокулянтами, поглотителями или осадителями).

Технические характеристики и применимость

Системы очистки производственных сточных вод можно применять во всех отраслях производства керамических изделий, однако при этом следует учитывать характер решаемой задачи:

- если сточные воды предполагается возвращать в процесс массоподготовки, их очистка в принципе не требуется, однако для сохранения постоянных параметров необходим усреднительный бассейн;
- если предполагается повторное использование воды в целях промывки, уровень ее подготовки должен быть выше, поэтому требуется седиментация с последующей аэрацией, а также, при необходимости, химической обработкой для устранения запахов;
- к избыточным сточным водам, переработка которых производится на стороне, обычно применяют сочетание гомогенизации, флокуляции, седиментации и фильтрации. Для уменьшения объема сбросов далее также проводят процесс обратного осмоса.

На рисунке показан пример схемы массопотоков участка по очистке производственных сточных вод на предприятии по производству посуды из фарфора, который организован на базе совокупности описанных выше способов и технологических решений [4, УВА, 2001].

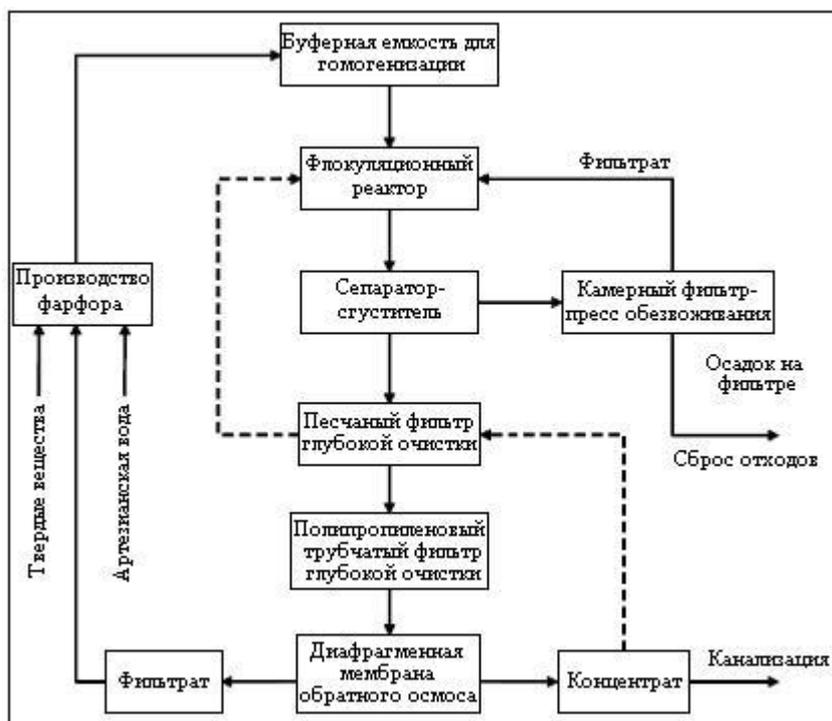


Рис. 4.16. Потокоская схема участка по очистке сточных вод

Также см. табл. 3.38, где представлен аналогичный анализ стоков на разных стадиях

технологического процесса, и табл. 3.39, где приведены результаты анализа сточных вод предприятия по производству хозяйственно-бытовой керамики, на котором очистку стоков проводят путем химического осаждения.

Кроме того, в табл. 3.49 приведены результаты анализа производственных сточных вод при изготовлении технической керамики (изоляторов), где их очистку проводят при помощи флокуляции, разделения в аппарате с отбойными экранами и фильтрации на фильтр-прессе, а в табл. 3.50 представлены концентрации загрязняющих веществ в сточных водах при производстве изоляторов после флокуляции, но без фильтрации.

Экономические аспекты

Если сточные воды необходимо перерабатывать на стороне, то в соответствии с требованиями существующего законодательства, это требует дорогостоящей переработки в несколько этапов при помощи совокупности упомянутых выше процессов, включая седиментацию, флокуляцию и окончательную обработку путем ионного обмена или обратного осмоса.

Возврат очищенной воды дает возможность экономить на использовании свежей воды. Сочетание мер по рециркуляции/рекуперации сточных вод и по оптимизации производственного процесса с целью минимизации водопотребления позволяет уменьшить затраты на уничтожение образующихся в процессе водоочистки отходов.

Необходимость внедрения

- требования законодательства;
- снижение потребления воды и сырьевых материалов.

Примеры предприятий и справочная литература

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [31, Probst, 2005]

4.5. Отходы производства

4.5.1. Шлам при производстве керамических изделий

4.5.1.1. Системы рециркуляции

Описание и природоохранный эффект

Рециркуляция подразумевает повторное использование шлама в составе формовочной массы, например в виде водных суспензий и шликеров (производство облицовочной и напольной плитки, см. тж. разделы 2.3.5 и 3.3.5).

Применение систем рециркуляции шлама возможно на предприятиях, где подготовку сырья ведут путем мокрого измельчения, поскольку в этом случае может быть организован его прямой возврат, без дополнительной обработки либо после простейших физических или физико-химических процедур. Дополнительное преимущество этого приема - применение содержащейся в шламе воды в качестве дисперсионной среды при измельчении. Если подготовку сырьевых материалов ведут по сухому способу, возврат шлама также не создает затруднений, хотя при этом происходит некоторое усложнение процесса из-за необходимости его предварительного высушивания.

На рисунке показана схема установки по рециркуляции шлама на предприятии по выпуску облицовочной и напольной плитки (мокрый способ) [4, УВА, 2001]. Шлам из хранилища перекачивают на двухъярусную ситовую установку, после чего пропускают через электромагнитный фильтр для удаления железа и подают в приемник (преднасосный накопитель) объемом 3 м³. Отсюда шлам поступает в два наполняемых по очереди демпферных бассейна объемом 200 м³ каждый. После прохождения контроля шлам подают в основной накопительный бассейн объемом 400 м³, из которого шлам полуавтоматическим способом перемещают в питатели, при помощи которых происходит дозирование сырьевых материалов в барабанные мельницы.

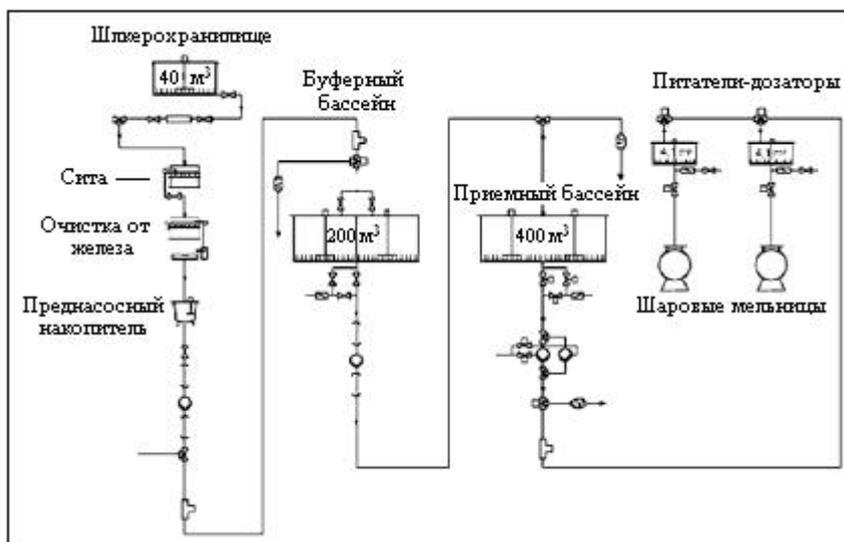


Рис. 4.17. Схема установки по переработке шлама

Рециркуляция шлама дает возможность снизить не только потребление воды и сырья, но и объем выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Если шлам перед его повторным использованием требуется высушивать, возрастает энергоемкость процесса. Также следует обращать внимание на возможные отрицательные последствия переноса загрязняющих веществ с данного передела / технологического участка

(например, подготовки и нанесения глазури) на другой (например, массоподготовки).

Для устранения последствий такого переноса необходим контроль газообразных выбросов и производственных сточных вод.

Технические характеристики и применимость

Количество шлама, поступающего от предприятия по производству облицовочной и напольной плитки находится в пределах 0,09 - 0,15 кг/м² готовой продукции в пересчете на сухое вещество, что при массе изделий 15 - 20 кг/м², составляет 0,4 - 1,0 % (по массе сухого шлама на 1 кг изделий). Таким образом, если в процесс массоподготовки возвращается весь образующийся при переработке сточных вод шлам, его доля составляет порядка 0,4 - 1,0 % в пересчете на сухое вещество относительно массы сырьевых материалов. Установлено, что введение 1 - 1,5 % шлама в массу для формования плитки не оказывает существенного влияния на свойства заготовок и готовых изделий [10, Navarro, 1998], [32, TWG Ceramics, 2006].

В результате, с точки зрения как материального баланса, так и свойств, полный возврат шлама при мокром измельчении технически осуществим и облегчает управление процессом.

В случае, если при мокром способе массоподготовки массозаготовительный участок является самостоятельным производством или расположен отдельно от производственного, возможна перевозка шлама при помощи автомобильного транспорта. Доставку шлама и водных суспензий можно осуществлять цистернами или по трубопроводу.

Возврат шлама, содержащего компоненты глазури, в качестве ее компонента представляет определенный интерес. Однако главный недостаток этого приема заключается в значительной неоднородности характеристик различных партий шлама, что связано с разбросом составов применяемых на большинстве предприятий глазурей. Кроме того, такой шлам не может быть единственным компонентом глазури, а выступает только в роли добавки (например, плавня). В некоторых случаях возврат шлама в процесс подготовки глазури оправдан, особенно если на предприятии применяют одну или небольшое число глазурей, однако общего характера такое решение не несет.

Таким образом, повторное использование шлама имеет ограниченную применимость. Если к качеству или характеристикам изделий предъявляют особые требования, шлам возвращают в производство другой продукции (см. раздел 4.5.1.2).

Экономические аспекты

Рециркуляция / повторное использование шлама дает возможность избежать затрат на уничтожение отходов и таким образом обеспечить экономию средств.

Необходимость внедрения

Уменьшение затрат путем снижения потребления сырья и воды, а также сокращения количества отходов.

Примеры предприятий и справочная литература

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [6, Timellini, 2004], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.5.1.2. Использование осадка в производстве других видов продукции

Описание и природоохранный эффект

Возможна рекуперация шлама не только в той же отрасли производства керамических изделий, но и в иных отраслях. Это создает интересные технические решения и открывает дополнительные экономические преимущества. Так, шлам из производства хозяйственно-бытовых или санитарно-технических изделий находит применение в качестве сырья / добавки при изготовлении керамических блоков и керамзита.

Это, с одной стороны, позволяет избежать образования отходов, а с другой, ведет к экономии сырьевых материалов.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

При необходимости сушки шлама перед его повторным использованием возрастает энергоемкость процесса. Кроме того, следует принимать во внимание возможные отрицательные последствия попадания загрязняющих веществ из данного передела / технологического участка / отрасли производства в другие, например, с участка подготовки и нанесения глазури при производстве хозяйственно-бытовой керамики на участок массоподготовки кирпичного завода. Для устранения последствий такого переноса необходим контроль газообразных выбросов и производственных сточных вод.

Технические характеристики и применимость

При повторном использовании в производстве изделий строительного назначения шлама, содержащего глазури, следует учитывать температуру их плавления и флюсующие свойства, поскольку это влияет на свойства готовой продукции.

Экономические аспекты и необходимость внедрения

Экономия средств за счет снижения затрат на сырьевые материалы и уничтожение отходов.

Примеры предприятий и справочная литература

[3, CERAME-UNIE, 2003], [13, SYKE, 2004], [22, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.5.2. Твердые технологические отходы

В этом разделе представлены возможные способы уменьшения количества твердых отходов, образующихся на различных переделах производства керамических изделий. Установки / технологические приемы, сопровождаемые образованием отходов, описаны ранее, в частности, в главах 2 и 4, в разделах, посвященных приемам сокращения пылеобразования.

4.5.2.1. Анализ возможности повторного использования твердых отходов в качестве сырья

Пыль, улавливаемую в процессе погрузки, разгрузки, перемещения, механизированной подачи и переработки сырья, как правило, можно возвращать в процесс в качестве сырья. Так, любая пыль из фильтров, установленных в хранилищах, может быть подана непосредственно в процесс массоподготовки или в силос, если он оборудован верхушечным фильтром очистки стравливаемого воздуха. При использовании централизованных пылеуловительных систем, однако, прямой возврат пыли становится невозможным из-за смешения сырья различных типов.

Технологические отходы, образующиеся до стадии обжига, также могут быть повторно использованы в качестве сырья путем их введения в формовочную массу. На стадии формования основными видами твердых отходов являются обрезки, отработанные гипсовые формы, а также пыль. Часто излишки массы из пресса собирают с нижнего штампа в расположенный под ним приемник и подают прямо в питатель пресса. Кроме того, пыль или излишки массы возвращают в виде компонентов шихты в литьевые шликеры или в тонкокаменные массы. Отработанные гипсовые формы находят применение в цементной промышленности или, до некоторой степени, в производстве удобрений (после дробления и измельчения).

Повторное использование пыли из систем очистки дымовых газов возможно только при определенных обстоятельствах, поскольку такая пыль может содержать большое количество серы и фтора. Ее введение в состав сырьевой смеси приводит к увеличению объема выбросов HF и SO_x в процессе обжига. Пыль из систем газоочистки может также содержать частицы сорбента - извести (например, при использовании сорбционной системы на ее основе), что сказывается на свойствах продукции. Таким образом, отдельное отведение газовых потоков облегчает оптимальную переработку пылевидных твердых отходов. В производстве керамзита пыль, в большинстве случаев, можно рекуперировать.

Гипс, который образуется при очистке дымовых газов, особенно при производстве керамзита, кирпича и черепицы, невозможно повторно использовать в производстве керамики, однако в цементной промышленности его применяют как регулятор твердения. Те материалы, которые завод не в состоянии переработать самостоятельно, поступают в другие отрасли либо на сторонние предприятия по переработке отходов или на полигоны.

Обожженные изделия, непригодные на продажу (бой изделий), а также обломки огнеприпаса и футеровки в ряде случаев измельчают и применяют в качестве сырья. Бой изделий, который невозможно вернуть в процесс производства керамики, может служить сырьем в других отраслях промышленности. Так, разбитые шлифовальные диски применяют в качестве огнеупоров в печах для выработки стали или как наполнитель в дорожном строительстве. Бой кирпича, например, можно использовать как субстрат для висячих садов, теннисных кортов или наполнитель для специальных бетонов.

По сравнению с накоплением твердых отходов в виде свалок их повторное использование имеет следующие преимущества:

- снижение потребления сырья;
- уменьшение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- повторное использование твердых отходов дает возможность избежать затрат на их уничтожение и экономить не только на этом, но и - до известной степени - на сырьевых материалах.

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005]

4.5.2.2. Анализ использования гипсовых форм, огнеприпаса и боя изделий – отказ / замена / снижение

Внедрение современных технических и технологических решений на стадии формования имеет значительный потенциал по предотвращению образования отходов. Возможна замена шликерного литья в гипсовые формы на литье в полимерные формы под давлением. Такой способ дает возможность отказаться от применения гипсовых форм, добиться снижения потребления сырьевых материалов до 20 % и уменьшить формирование белого шлама. Также применения гипсовых форм позволяет избежать применение изостатов с полимерными формами. В ряде отраслей, например, при производстве черепицы, возможно использование закрытых металлических форм вместо открытых гипсовых. Отказ от применения гипсовых форм, однако, возможен только при установке новых литейных установок или полной модернизации старых, что дорого и трудноосуществимо, особенно для малого бизнеса. В некоторых случаях использование гипсовых форм влечет за собой проблемы с качеством продукции из-за появления острых углов. Кроме того, скорость отвода воды из глины при литье в металлические формы гораздо ниже по сравнению с гипсовыми.

Добиться уменьшения количества отработанных гипсовых форм можно путем повышения срока их службы. Применение автоматических и вакуумных гипсомешалок обеспечивает выпуск более прочных форм, что означает увеличение продолжительности их службы в 2 - 3 раза. Тем не

менее, при влажном прессовании черепицы прочность форм обычно повысить не удастся. Для соответствия требованиям по удалению воды и износостойкости необходимо подобрать оптимальное соотношение между пористостью и прочностью поверхности.

Современные технологии обжига также дают возможность напрямую предотвратить образование твердых отходов. Переход от обжига в капелях или в многоярусных туннельных печах на системы скоростного обжига, например, роликовые печи, позволяет уменьшить количество (отработанного) огнеприпаса, однако в этом контексте следует принимать во внимание, что продолжительность службы огнеприпаса зависит от температуры (которая в роликовых печах, как правило, выше) и от оборачиваемости (которая при скоростном обжиге увеличивается в связи с сокращением продолжительности обжига). Кроме того, при скоростном обжиге образуется больше брака, особенно изделий сложной формы, поскольку данный способ пригоден в первую очередь для плоских изделий, а потому применим не во всех случаях.

Долю боя при обжиге можно снизить путем прецизионного электронного контроля температурной кривой и оптимизации садки [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

4.6. Анализ зашумленности

В этом разделе показаны возможные способы снижения уровня шума, сопровождающего некоторые процессы производства керамики. Ряд установок / технологических приемов, применение которых вызывает шум, в данном документе уже рассмотрены, кроме того, многие аспекты зашумленности не являются специфическими для каких-то конкретных отраслей.

Снижения уровня шума можно добиться путем непосредственного воздействия на его источники, основными из которых являются, в частности, пневматические системы очистки фильтров, компрессоры, двигатели подготовительных и транспортировочных установок. Защиту от шума обеспечивают путем помещения установки в кожух или устройства звукоизоляционных перегородок. Высокую эффективность имеют такие конструктивные элементы, как двойные стены или обшивка для создания сэндвичной конструкции, кроме того, воздушная прослойка внутри таких перегородок способствует улучшенной звукоизоляции.

Рассмотренные выше меры не дают возможность эффективно уменьшить вибрацию и шум на некоторых участках (прессования, смешения, дробления), поэтому их распространение подавляют путем виброизоляции, для чего применяют подвесы из металла, соединения металл – резина, элементы, выполненные из фетра, резины, пробки, слой битума для виброизоляции участка в целом или отдельно – основания двигателя. Кроме того, для уменьшения зашумленности служат глушители, размещаемые непосредственно в источнике шума, а также замена высокооборотных вентиляторов низкооборотными с большим размахом лопастей.

В случае, когда внедрение упомянутых выше решений по защите от шума или перемещение издающих шум установок внутри здания невозможно, необходимо использовать вторичные меры и приемы, в том числе и к самому зданию. Сюда входят утолщение стен и звукоизоляция окон (установка многослойных стеклопакетов, что также дает возможность сократить расходы на отопление). Во время выполнения технологических операций повышенной шумности окна следует держать закрытыми. В связи с этим, однако, следует отметить, что необходимость держать окна закрытыми в ряде случаев требует установки дорогостоящих и энергоемких вентиляционных систем для обеспечения нормальных условий работы. Далее, возможен перенос окон, ворот и шумных наружных установок в направлении от близко расположенных населенных районов.

Также на уровень зашумленности влияет деятельность персонала. Когда нет необходимости в постоянном сквозном проезде, ворота должны быть закрыты, аккуратное управление грузовым транспортом и вилочными погрузчиками приводит к уменьшению шума. Следует соблюдать временной интервал проведения сопровождаемых шумом работ (разгрузки боя навалом, движения погрузчиков) вне помещений и избегать подобных работ в вечернее или ночное время. Снижению уровня шума также способствует своевременное обслуживание (смазка) установок и замена глушителей [4, УВА, 2001].

Необходимость внедрения мер по защите от шума, как правило, обусловлена требованиями законодательства (защита соседних районов или рабочих мест), с экономической точки зрения применение таких мер, особенно связанных с изменением конструкции, влечет за собой дополнительные расходы

4.7. Инструменты экологического менеджмента

Описание

Как правило, наибольшую эффективность по защите окружающей среды обеспечивает внедрение наилучшей технологии и наиболее действенная ее реализация, что, в соответствии с приведенным в Директиве КПКЗ определением, означает «способ как производства продукции, так и проектирования, строительства, обслуживания, функционирования и консервации предприятия».

Система экологического менеджмента (СЭМ) на предприятиях, подпадающих под действие Директивы КПКЗ, - это инструмент для систематического и обоснованного решения вопросов, связанных с проектированием, строительством, обслуживанием, функционированием производства и выводом предприятий из эксплуатации. СЭМ включает организационную структуру, распределение ответственности, приемы, процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, соблюдения, обзора и контроля за соблюдением экологической политики. Наибольшую результативность СЭМ имеет в том случае, когда является неотъемлемой частью

управления предприятием и его деятельности.

Многие организации Европейского Союза приняли добровольное решение о внедрении СЭМ на основе EN ISO 14001:2004 либо схемы эко-менеджмента и аудита (EMAS) ЕС, в которой содержатся требования к системе менеджмента, отраженные в EN ISO 14001, однако сделан дополнительный акцент на соответствие требованиям законодательства, экологическую результативность и участие персонала. Кроме того, данная схема подразумевает верификацию (сертификацию) системы менеджмента третьей стороной и валидацию (подтверждение) публичной экологической отчетности (в системе EN ISO 14001 альтернативой сторонней верификации является самодекларирование). Во многих организациях внедрены нестандартизованные СЭМ.

В рамках как стандартизованных (EN ISO 14001:2004 и СЭМА), так и нестандартизованных (ориентированных на конкретные предприятия) систем понятие «организация» рассматривается как единое целое. В настоящем документе принят более ограниченный подход, который учитывает не весь спектр деятельности организации, а только предлагаемую ей продукцию и услуги, поскольку согласно Директиве КПКЗ эти справочные материалы относятся только к понятию «предприятие» (в соответствии с определением, данным в Статье 2).

СЭМ на предприятиях, подпадающих под действие Директивы КПКЗ, может включать следующие элементы:

- (a) определение экологической политики;
- (b) планирование и определение задач и целей;
- (c) внедрение и выполнение процедур;
- (d) контроль и корректирующие действия;
- (e) оценка руководством;
- (f) подготовка регулярной экологической отчетности;
- (g) валидация органом по сертификации СЭМ (или другой организацией);
- (h) подготовка заключений по выводу предприятия из эксплуатации;
- (i) разработка более чистых технологий;
- (j) сравнительный анализ (бенчмаркинг).

Смысл этих пунктов будет более подробно раскрыт ниже. Детальную информацию по пунктам (a) - (g), входящим в EMAS, читатели смогут найти в указанной справочной литературе.

(a) Определение экологической политики

Руководство предприятия обязано определить его экологическую политику и обеспечить, чтобы эта политика:

- соответствовала деятельности предприятия по характеру, масштабу и воздействию на окружающую среду;
- отражала готовность предотвращать и контролировать³ загрязнение окружающей среды;
- отражала готовность соблюдать все значимые природоохранные акты и положения, а также иные требования, обязательство выполнять которые берет на себя данная организация;
- создавала рамки для формулирования и пересмотра экологических целей и задач;
- была документирована и доведена до сведения всего персонала;
- была доступна для всех заинтересованных сторон.

(b) Планирование, что подразумевает:

- процедуры по выявлению экологических аспектов предприятия и той деятельности, которая оказывает или может оказать значительное воздействие на окружающую среду, и по обновлению данной информации;
- процедуры по выявлению и обеспечению доступа к законодательным актам и иным требованиям, выполнять которые намерена данная организация и которые применимы к экологическим аспектам ее деятельности;
- определение и обзор документированных экологических целей и задач с учетом законодательных и иных требований, а также позиций заинтересованных сторон;
- определение и регулярный пересмотр программы экологического менеджмента, включая распределение ответственности за достижение поставленных целей на всех значимых функциональных уровнях, способы и временные рамки для их реализации.

(c) Внедрение и выполнение процедур

Чтобы обеспечить знание, понимание и соблюдение процедур, необходимо создать определенные системы, поэтому эффективный экологический менеджмент включает следующие элементы:

(i) Структура и ответственность

- выявление, документирование и распределение ролей, ответственности и полномочий, в том числе назначение одного конкретного представителя;
- обеспечение необходимых для внедрения и контроля СЭМ человеческих и финансовых ресурсов, технологий, технических решений, специальных знаний и навыков.

(ii) Тренинг, осведомленность и компетентность

- выявление потребностей в подготовке персонала для обеспечения того, чтобы все сотрудники, деятельность которых может оказать существенное воздействие на

³ Контроль в контексте данного документа относится к использованию средств, позволяющих сокращать загрязнение окружающей среды; как правило, имеется в виду применение средозащитной техники (*Прим. ред.*).

окружающую среду, прошли соответствующую подготовку.

(iii) Коммуникации

- создание и соблюдение процедур обмена информацией между различными функциональными уровнями внутри предприятия, а также процедур, направленных на укрепление диалога, получение, оформление и, где это необходимо, на участие в информационном обмене с внешними заинтересованными сторонами.

(iv) Участие персонала

- вовлечение сотрудников в процесс достижения высокого уровня экологической результативности путем применения таких форм совместной работы, как книга предложений, проектная группа либо комитет по защите окружающей среды.

(v) Документация

- определение и своевременное обновление информации, в бумажном или в электронном виде, которая отражала бы ключевые элементы системы менеджмента и их взаимодействие, а также содержала бы ссылки на сопутствующие документы.

(vi) Действенный контроль процесса

- надлежащий контроль процесса на всех стадиях - подготовка, запуск, режим, остановка, нештатная ситуация;
- выявление ключевых показателей эффективности (объемный расход, температура, состав, количество), а также способов их измерения и управления;
- документирование и анализ любых отклонений от рабочего режима с целью выявить их причины и устранить их во избежание повторения сбоев (этому способствует внедрение среди персонала системы «отсутствия виновных», когда установить причины нештатной ситуации важнее, чем найти виновников ее возникновения).

(vii) Программа технического обслуживания

- создание структурированной программы технического обслуживания, основанной на технических характеристиках оборудования, нормах и правилах его эксплуатации и учитывающей любые его отказы, поломки и их последствия;
- поддержка такой программы путем создания соответствующих систем документирования, а также проведения диагностики оборудования;
- четкое распределение ответственности за планирование и проведение технического обслуживания.

(viii) Готовность к нештатным ситуациям и реагирование на них

- создание и выполнение процедур, направленных на выявление возможных несчастных случаев и нештатных ситуаций и адекватное на них реагирование, а также на смягчение

и предотвращение сопутствующего таким ситуациям воздействия на окружающую среду.

(d) Контроль и корректирующие действия

(i) Мониторинг и измерения

- создание и соблюдение документированных процедур регулярных наблюдений и измерения ключевых параметров тех операций и видов деятельности, которые оказывают значительное воздействие на окружающую среду. Сюда входят протоколирование данных о работе оборудования, значимые управляющие параметры, а также обеспечение соответствия принятым на предприятии экологическим целям и задачам (см. тж. Справочные документы по общим принципам мониторинга);
- создание и соблюдение документированной процедуры периодической оценки соответствия основным законодательным актам и положениям в области охраны окружающей среды.

(ii) Корректирующие действия и предотвращение несоответствий

- создание и соблюдение процедур определения ответственности и полномочий по рассмотрению и расследованию случаев несоответствия условиям природоохранных разрешений и иным требованиям законодательства, целям и задачам предприятия, по принятию мер к смягчению любых вызванных этими случаями воздействий, а также по инициированию и осуществлению направленных корректирующих и предотвращающих несоответствие действий, адекватных масштабу проблемы и воздействию на окружающую среду.

(iii) Ведение записей

- создание и соблюдение процедур выявления, ведения и хранения доступных для прочтения и отслеживания экологических записей, включая результаты тренингов, аудиторских проверок и отчеты.

(iv) Аудит

- создание и соблюдение программ(ы) и процедур периодической проверки системы экологического менеджмента, куда входили бы групповое обсуждение с персоналом, инспекция условий работы и оборудования, пересмотр записей и документации. По результатам этих действий сотрудниками предприятия (внутренний аудит) или третьей стороной (внешний аудит) должен быть составлен объективный и беспристрастный письменный отчет, отражающий область, частоту и методики проверки, а также распределение ответственности и требования по проведению аудита и представлению его результатов, с целью определить, соответствует ли система экологического менеджмента запланированным мероприятиям, правильно ли она внедрена и

выполняется;

- проведение не реже, чем один раз в три года, проверки или, если необходимо, серии аудиторских проверок в зависимости от характера, масштаба и сложности работ, значимости сопряженного с этим воздействия на окружающую среду, важности и срочности выявленных предыдущими проверками проблем и их предыстории (более сложные виды деятельности, оказывающие существенное воздействие на окружающую среду, подвергаются проверке чаще);
- наличие адекватных механизмов контроля за соблюдением результатов проверки.

(v) Периодическая оценка соответствия законодательной базе

- обзор соответствия системы экологического менеджмента законодательным актам и условиям имеющихся у предприятия природоохранных разрешений;
- документальное оформление результатов.

(e) Оценка руководством

- проведение руководством предприятия через определяемые им самим промежутки времени анализа системы экологического менеджмента с целью подтвердить ее адекватность и эффективность;
- контроль за сбором необходимой для проведения оценки информации;
- документальное оформление.

(f) Подготовка регулярной экологической отчетности

- подготовка экологического отчета, особое внимание в котором уделено достигнутым на предприятии с учетом поставленных задач и целей результатам. Отчет должен носить регулярный характер и выходить 1 раз в год или реже в зависимости от значимости уровня выбросов и сбросов, образования отходов и т. д. В отчете следует принимать во внимание информационные нужды значимых заинтересованных сторон, сам отчет должен находиться в открытом доступе (в виде электронных публикаций, в библиотеках и др.).

При подготовке отчета могут быть использованы существующие показатели экологической результативности, если такие показатели:

- i. дают возможность точной оценки деятельности предприятия;
- ii. понятны и объективны;
- iii. дают возможность проводить сравнение и оценку экологической результативности предприятия по годам;
- iv. дают возможность проводить сравнение по отраслям либо на уровне государства или региона;

v. дают возможность проводить сравнение с требованиями стандартов.

(g) Валидация сертификационным органом или сторонней организацией по СЭМ

- рассмотрение и валидация системы менеджмента, процедур аудита и экологического отчета аккредитованным сертификационным органом или сторонней верификационной организацией по СЭМ, что при правильном проведении повышает достоверность системы.

(h) Подготовка заключений по выводу предприятия из эксплуатации

- подготовка заключений об уровне воздействия на окружающую среду при выводе предприятия из эксплуатации на стадии его проектирования, поскольку заранее проведенная подготовка делает его вывод из эксплуатации проще, чище и дешевле;
- при выводе предприятия из эксплуатации возникает опасность загрязнения почвы (и грунтовых вод), образуется большое количество твердых отходов. Способы предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду определяются выбранным процессом, однако общие рекомендации таковы:
 - i. отказ от использования подземных конструкций;
 - ii. внедрение элементов, облегчающих демонтаж;
 - iii. обработка поверхностей, обеспечивающая их легкую очистку от загрязнений;
 - iv. взаиморасположение оборудования, при котором уменьшается количество задерживаемых химических веществ и упрощается смыв или промывка;
 - v. разработка гибких автономных участков, что даст возможность организовать поэтапную консервацию;
 - vi. применение, где возможно, биоразлагаемых и повторно используемых материалов.

(i) Разработка более чистых технологий

- защита окружающей среды должна быть неотъемлемой частью разработки любого процесса, поскольку внедрение на максимально ранних стадиях эффективнее и дешевле.

Заключения по разработке более чистых технологий могут иметь место на стадии проведения научных исследований и опытно-конструкторских разработок. Альтернативой самостоятельным действиям предприятия в данной области может стать передача таких работ в сторонние организации или институты, занимающиеся подобной деятельностью.

(j) Сравнительный анализ (бенчмаркинг)

- проведение систематического и регулярного сравнения с отраслевыми, национальными

или региональными показателями, в которых учтены действия по повышению энергоэффективности, выбору входящих материалов, выбросы в воздух и сбросы в водные объекты (на основе Европейского реестра выбросов загрязняющих веществ, ЕРВЗВ), водопотребление и образование твердых отходов.

Стандартизованные и нестандартизованные СЭМ:

СЭМ может принимать как стандартизованную, так и не стандартизованную (ориентированную на конкретное предприятие) форму. Внедрение и соблюдение стандартной системы, имеющей международную аккредитацию, например, EN ISO 14001:2004, повышает достоверность СЭМ, особенно при надлежащим образом проведенной верификации третьей стороной. СЭМА также способствует повышению достоверности за счет формирования связей с общественностью путем оформления экологического отчета и механизмов обеспечения соответствия природоохранному законодательству. Впрочем, нестандартизованные СЭМ могут, в принципе, обладать такой же эффективностью при условии их грамотной разработки и внедрения.

Природоохранный эффект

При внедрении и соблюдении СЭМ внимание должно быть сосредоточено на экологической результативности предприятия. Так, обеспечить выполнение предприятием условий природоохранных разрешений, достижение экологических целей и решение задач обеспечивается соблюдением четкого порядка действий в штатных и нештатных ситуациях и сопряженным распределением ответственности.

Системы экологического менеджмента обычно способствуют постоянному улучшению экологической результативности предприятия. Чем хуже исходное положение, тем более высоких результатов за короткий промежуток времени следует ожидать. Если экологическая результативность предприятия находится на хорошем уровне, СЭМ дает возможность его поддерживать.

Вопросы взаимовлияния и воздействия на различные компоненты окружающей среды

Методы экологического менеджмента, в соответствии с Директивой КПКЗ, созданы для разрешения вопросов, связанных с интегральным воздействием на окружающую среду.

Технические характеристики

Конкретные сведения отсутствуют.

Применимость

Рассмотренные выше элементы могут найти применение на любых предприятиях, подпадающих под действие Директивы КПКЗ. Область их приложения (т. е. степень детализации) и форма СЭМ (стандартизованная или нестандартизованная), как правило, зависят от характера, масштаба и сложности предприятия, а также от оказываемого им воздействия на окружающую среду.

Экономические аспекты

Определить расходы и экономические выгоды реализации грамотной СЭМ затруднительно. Ниже представлены результаты ряда исследований, тем не менее, это не более чем примеры. Полученные данные не всегда согласуются между собой, не могут служить отражением ситуации во всех отраслях производства керамических изделий в ЕС и в целом требуют осторожного подхода.

В рамках проведенного в Швеции в 1999 г. исследования были опрошены 360 прошедших сертификацию по ISO и зарегистрированных в EMAS компаний. Откликнулись 50 % компаний. Были сделаны следующие выводы:

- затраты на внедрение и реализацию СЭМ для всех компаний, за исключением очень маленьких, велики, но не чрезмерны; в будущем предполагается их снижение;
- повышение степени интеграции СЭМ с другими системами менеджмента может привести к уменьшению расходов;
- половина экологических целей и задач окупается в течение первого года за счет экономии средств и/или увеличения доходов;
- наибольшей экономии средств удалось добиться путем снижения затрат на энергию, переработку отходов и сырьевые материалы;
- в большинстве компаний уверены, что их позиция на рынке благодаря внедрению СЭМ укрепилась; треть сообщает об увеличении доходов.

В некоторых странах-членах ЕС при прохождении предприятием сертификации уменьшаются выплаты, которые организация вносит при подаче заявления о выдаче природоохранного разрешения.

Результаты ряда исследований (например, Dyllick и Hamschmidt (2000, 73), цит. по Klemisch H. и R. Holger, *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen - Befunde bisheriger Umsetzung*, KNI Papers 01/02, январь 2002, с. 15; Clausen J., M. Keil и M. Jungwirth, *The State of EMAS in the EU Eco-Management as a Tool for Sustainable Development - Literature Study*, Институт эколого-экономических исследований (Берлин) и Ecologic – Институт международной и европейской природоохранной политики (Берлин), 2002, с. 15) свидетельствуют о том, что между стоимостью внедрения СЭМ и размерами предприятия существует обратная зависимость. Такая же зависимость существует для периода окупаемости. Это подразумевает, что внедрение СЭМ для малого и среднего бизнеса будет менее выгодно с точки зрения затрат и прибыли, чем для крупных компаний.

По данным исследования, проведенного в Швейцарии, средняя стоимость разработки и реализации СЭМ по ISO 14001 находится в пределах:

- для компании, численность персонала которой составляет от 1 до 49 человек: CHF 64000 (44000 евро) на разработку СЭМ и CHF 16000 (11000 евро) в год на ее реализацию;
- для промышленного производства, где численность персонала превышает 250 человек: CHF 367000 (252000 евро) на разработку СЭМ и CHF 155000 (106000 евро) в год на ее реализацию.

Приведенные значения являются усредненными и не обязательно отражают истинный уровень затрат для конкретного предприятия, поскольку при этом необходимо учитывать ряд важных факторов (загрязняющие вещества, затраты энергии и др.) и сложность рассматриваемых проблем.

Данные недавнего германского исследования (Schaltegger, Stefan и Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis*, февраль 2002, с. 106) указывают на следующий уровень расходов на СЭМА по отраслям. *Можно отметить, что эти значения ниже, чем полученные швейцарскими исследователями. Это служит подтверждением того, что определение затрат на СЭМ представляет определенные сложности.*

Затраты на разработку (евро):

минимальные – 18750;
 максимальные – 75000;
 средние – 50000.

Затраты на валидацию (евро):

минимальные – 5000;
 максимальные – 12500;
 средние – 6000.

В проведенном Германским институтом предпринимательства (Unternehmerinstitut / Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI / ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung - Oeko-Audit in der mittelstandischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, Bonn.) исследовании содержится информация о достигнутой за счет внедрения СЭМа величине годовой экономии средств и о среднем периоде окупаемости. Так, при затратах на внедрение, равных 80000 евро, средняя величина экономии средств составляет 50000 евро в год, что дает период окупаемости порядка полутора лет.

Оценку дополнительных расходов, связанных с верификацией системы, можно провести по руководству, выпущенному Международным форумом по аккредитации (International Accreditation Forum <http://www.iaf.nu>).

Необходимость внедрения

Системы экологического менеджмента обладают рядом преимуществ, куда входят, в частности:

- более четкая картина экологических аспектов деятельности компании;
- более прочная основа для принятия решений;
- повышение уровня мотивации персонала;
- дополнительные возможности по снижению эксплуатационных расходов и улучшению качества продукции;
- более высокая экологическая результативность;
- улучшение имиджа компании;
- уменьшение расходов по обязательствам, страхованию ответственности и штрафам за несоответствие;
- повышение привлекательности у инвесторов, потребителей и потенциальных работников;
- повышение уровня доверия со стороны проверяющих органов, результатом чего могут стать более редкие проверки;
- улучшение отношений с защитниками окружающей среды.

Примеры предприятий

Перечисленные параметры от (а) до (е) являются элементами как EN ISO 14001:2004, так и схемы эко-менеджмента и аудита (EMAS) Европейского содружества, параметры с (f) по (g) входят только в СЭМА. Обе эти стандартизованные системы нашли применение на целом ряде подпадающих под действие Директивы КПКЗ предприятий. Так, в июле 2002 г. в СЭМА были зарегистрированы 357 организаций химической промышленности ЕС (код NACE 24), у большей части из которых имеются подпадающие под действие Директивы КПКЗ производственные площадки.

Агентством по защите окружающей среды Англии и Уэльса в 2001 г. среди предприятий, подпадающих под действие IPC (предшественник КПКЗ), было проведено исследование, согласно результатам которого 32 % респондентов были сертифицированы по ISO 14001 (21 % от общего числа предприятий IPC), 7 % были зарегистрированы в EMAS. Все заводы по выпуску цемента в Великобритании (около 20) сертифицированы по ISO 14001, большая их часть — также по СЭМА. В Ирландии, где введение системы экологического менеджмента (СЭМ) (необязательно стандартизованной) является одним из условий выдачи комплексного природоохранного разрешения, около 100 из приблизительно 500 лицензированных предприятий внедрились СЭМ в соответствии с ISO 14001, на оставшихся 400 предприятиях применяют нестандартизованные СЭМ.

Справочная литература

(Положение (ЕС) No 761/2001 Европейского парламента и Совета Европейского союза о добровольном участии организаций в схеме эко-менеджмента и аудита Европейского Содружества (EMAS), OJ L 114, 24/4/2001,

http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:2004, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>;
<http://www.tc207.org>)

5. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Чтобы лучше понять содержание этой главы, необходимо вернуться во Введение и, в частности, в пятый его раздел «Толкование и применение документа». Технические и технологические решения и соответствующие им уровни либо диапазоны уровней выбросов и сбросов и/или потребления, приведенные в этой главе, прошли многократную оценку по следующей схеме:

- выявление главных для производства керамических изделий вопросов, связанных с защитой окружающей среды;
- изучение наиболее значимых способов и методов решения этих вопросов;
- определение наибольшей экологической результативности на основании европейских и мировых данных;
- определение условий, при которых удастся достичь такой результативности (затраты, побочные явления, основные причины, обуславливающие необходимость внедрения этих решений);
- выбор наилучших доступных технологий (НДТ) производства керамических изделий и соответствующих им уровней выбросов, сбросов и/или потребления в общем смысле в соответствии со статьей 2(11) и Приложением IV Директивы.

Эксперты Европейского Бюро ККПЗ и техническая рабочая группа (ТРГ) сыграли ключевую роль на каждом из этапов, а также при определении того, в каком виде будет представлена собранная информация.

На основе собранных данных в главе изложены приемлемые для производства керамических изделий в целом технические и технологические решения, а также, насколько возможно, соответствующие им уровни выбросов, сбросов и потребления ресурсов. Во многих случаях рассмотренные решения отражают практику, принятую на некоторых предприятиях отрасли. «Соответствующие НДТ уровни выбросов, сбросов и потребления ресурсов» следует рассматривать только как ту экологическую результативность, достичь которой удастся в результате внедрения описанных технологий в данной отрасли, с учетом баланса заложенных в определении НДТ затрат и преимуществ. Эти значения выбросов, сбросов и потребления, однако, не являются предельно допустимыми, а потому не следует трактовать их подобным образом. Технически, путем применения тех или иных приемов возможно достичь лучших показателей по выбросам и сбросам или потреблению, тем не менее, из-за сопряженных с этим расходов или побочных явлений считать их НДТ производства керамических изделий в целом нельзя. Такие уровни выбросов, сбросов и потребления, впрочем, следует учитывать и оценивать в специальных случаях, когда необходимость внедрения данного приема или технологии обусловлена особыми причинами.

Соответствующие НДТ уровни выбросов, сбросов и потребления ресурсов необходимо

рассматривать с учетом исходных условий (например, периода, за который берется среднее значение).

В основе изложенной здесь концепции «соответствующих НДТ уровней» лежит используемое в данном документе понятие «достижимый уровень». Если некий уровень значений охарактеризован как «достижимый» при помощи определенного способа или комбинации способов, это следует понимать как возможность достичь данного уровня путем их применения за определенный период времени на надлежащим образом эксплуатируемом и управляемом предприятии либо при грамотном проведении процесса.

Вместе с описанием представленных в предыдущей главе технических решений там, где это возможно, приведены данные по затратам, по которым можно составить приближенное представление о требуемом объеме инвестиций. Тем не менее, истинные расходы на применение того или иного технологического решения или метода в значительной степени зависят от конкретной ситуации - налогов, сборов (fee), технических характеристик предприятия. Провести полную оценку столь специфических факторов в данном документе представляется невозможным. В случае отсутствия сведений о затратах заключение о пригодности методов сделано на основе деятельности существующих предприятий.

Предполагается, что общие НДТ в данной главе послужат отправной точкой для оценки текущей деятельности существующих или внесения предложений по созданию новых предприятий. Это будет способствовать выявлению подходящих для предприятия условий «на основе НДТ» и установлению общих правил регулирования (general binding rules) в рамках статьи 9(8) Директивы. Ожидается, что вновь разрабатываемые предприятия будут функционировать на том же или на более высоком уровне, нежели соответствующий представленным здесь НДТ. Также считается, что показатели существующих предприятий удастся привести к соответствующему НДТ или более высокому уровню, учитывая технико-экономические особенности применения различных методов в каждом случае.

Справочные документы по НДТ не налагают подзаконных обязательств, их цель - предоставить предприятиям отрасли, странам-членам ЕС и широкой публике информацию о достижимых за счет применения тех или иных технологических решений и технических приемов уровнях выбросов, сбросов и потребления ресурсов. Применимые в конкретных случаях предельные уровни следует определять с учетом местных особенностей и задач Директивы КПКЗ.

В данном документе заключения по НДТ производства керамических изделий представлены двумя разделами. В разделе 5.1 изложены общие выводы по НДТ, т. е., те, которые применимы к производству керамики в целом. В разделе 5.2 содержатся специальные заключения по НДТ отдельно по каждой из девяти основных рассматриваемых в рамках этого документа отраслей. «Наилучшими доступными технологиями» для конкретного предприятия станет использование

конкретных технологических и технических решений (или их совокупности), приведенных в этой главе в разделах общих и специальных выводов (5.1 и 5.2).

Там, где возможно применение индивидуально определяемых как НДТ технологических решений в совокупности, в заключениях об условиях природоохранных разрешений на основе НДТ для конкретных случаев необходимо учитывать их комбинированный эффект.

Рекомендации читателям / пользователям данного документа:

Знакомиться с главой 5 рекомендуется с учетом главы 4, поскольку в ней раскрыта не только применимость тех или иных решений и мер, но и существующие ограничения их использования. Чтобы помочь читателю, в тексте главы 5 сделаны соответствующие ссылки.

Стандартизованные условия измерения объемных расходов и концентраций определены ниже (также см. указатель терминов):

м ³ /ч	объемный расход: если не указано иначе, объемные расходы приводятся для 18 об. % кислорода при нормальных условиях.
мг/м ³	концентрация: если не указано иначе, концентрации газообразных веществ или их смесей приводятся для сухих дымовых газов при содержании 18 об. % кислорода и нормальных условиях, а бензола - для 15 об. % кислорода при нормальных условиях.

нормальные условия температура 273 К и давление 1,013·10⁵ Па.

Следует еще раз подчеркнуть, что настоящий документ не регламентирует предельные величины уровней выбросов. Выявление условий выдачи разрешений на основе НДТ потребует принятия во внимание таких факторов, как технические особенности предприятия, его территориальное расположение и условия в данной местности. На действующих производствах необходимо также учитывать экономическую и техническую возможность их модернизации. Даже единственная задача обеспечить максимально высокий уровень защиты окружающей среды в целом при выборе между различными видами воздействия требует принятия компромиссных решений, на которые местные особенности накладывают определенный отпечаток.

В документе сделана попытка рассмотреть некоторые из этих вопросов, однако осветить их все не представляется возможным. Представленные в главе 5 методы и величины, в связи с этим, применимы не для всех предприятий. С другой стороны, обязательства по реализации высокого уровня защиты окружающей среды, включая снижение удаленного и межгосударственного загрязнения, подразумевают, что выдача природоохранных разрешений не может производиться с учетом только местных особенностей. Таким образом, крайне важно всецело использовать изложенную в данном документе информацию

5.1. Общие для отрасли НДТ

В этом разделе изложены заключения по НДТ, общие для всех девяти описанных в данном документе отраслей производства керамических изделий. «Наилучшими доступными технологиями» для конкретного предприятия станет использование конкретных технологических и технических решений (или их совокупности), приведенных в этом разделе и в разделе специальных выводов (5.2).

Наилучшие доступные технологии и обозначенные здесь как соответствующие НДТ уровни выбросов, сбросов и потребления ресурсов относятся к предприятиям, где установлены печи различных типоразмеров, эксплуатируемые по разным схемам (непрерывно или периодически), при этом количество рабочего времени в год может также отличаться. Полностью учесть местные особенности не всегда возможно. Соответствующие НДТ уровни не определяют и не устанавливают предельно допустимые величины выбросов и сбросов.

Знакомиться с главой 5 рекомендуется с учетом главы 4, поскольку в ней раскрыта не только применимость тех или иных решений и мер, но и существующие ограничения их использования. Упомянутые в этой главе интервалы значений соответствующих НДТ уровней выбросов не могут быть корректно интерпретированы без изучения главы 4. Чтобы помочь читателю, в тексте главы 5 сделаны соответствующие ссылки.

5.1.1. Экологический менеджмент

Под определение наилучших доступных попадает целый ряд методов и технологий экологического менеджмента. Область их применения (т. е. степень детализации) и форма систем экологического менеджмента (стандартизованная или нестандартизованная), как правило, определяются характером, масштабом и сложностью производства, а также уровню сопутствующего воздействия на окружающую среду.

Наилучшей доступной технологией (НДТ) станет внедрение и соблюдение системы экологического менеджмента (СЭМ), которая включает, с учетом индивидуальных особенностей производства, следующие элементы (см. раздел 4.7):

а) определение руководством предприятия его экологической политики (готовность руководства к введению СЭМ является обязательным условием успешной реализации остальных ее элементов);

б) планирование и создание необходимых процедур;

в) внедрение процедур, при этом особое внимание следует обращать на:

- I. структуру и ответственность;
- II. тренинг, осведомленность и компетентность;
- III. распространение информации;
- IV. участие персонала;
- V. документацию;
- VI. действенный контроль процесса;
- VII. программу технического обслуживания;
- VIII. готовность к нештатным ситуациям и реагирование на них;
- IX. соответствие требованиям охраны труда;

г) проверку и корректировку результатов деятельности с обязательным учетом:

- I. организация мониторинга и измерений (также см. Справочный документ по общим принципам мониторинга);
- II. принятия действий, направленных на коррекцию и предотвращение воздействия на окружающую среду;
- III. ведения записей;
- IV. проведения там, где это принято, независимого внутреннего аудита с целью выявить соответствие СЭМ запланированным мероприятиям, правильность ее внедрения и выполнения;
- V. рассмотрения руководством предприятия.

Далее приведены три элемента, которые считаются необязательными и дополняют представленные выше. Отказ от их реализации, однако, обычно не считается отклонением от НДТ. Сюда входят:

д) оценка и валидация системы менеджмента и процедуры аудита аккредитованным сертификационным органом или сторонней организацией по верификации СЭМ

е) подготовка и публикация (по возможности – сторонняя валидация) регулярной экологической отчетности, где описаны все основные экологические аспекты деятельности предприятия и которая дает возможность год за годом отслеживать соответствие экологическим целям и задачам, а также отраслевым показателям;

ж) внедрение и соблюдение на добровольных началах таких принятых на международном уровне систем, как схема экомониторинга и аудита (СЭМА) и EN ISO 14001:2004. Это добровольное решение повысит степень доверия к СЭМ. В частности, высокую степень доверия обеспечивает соответствие СЭМА, включающей все перечисленные выше элементы. Впрочем, при условии грамотной разработки и внедрения нестандартизованные СЭМ могут, в принципе, обладать такой

же эффективностью.

Применительно к производству керамических изделий важно учитывать такие потенциальные элементы СЭМ, как:

ж) учет воздействия на окружающую среду при выводе участка из эксплуатации на стадии проектирования предприятия

з) развитие более чистых технологий

и) регулярное приложение там, где это практикуется, отраслевых контрольных точек, включая деятельность по повышению энергоэффективности и энергосбережению, выбор входящих материалов, выбросы в воздух, сбросы в водные объекты, водопотребление и образование твердых отходов.

5.1.2. Потребление энергии

Общие заключения о потреблении энергии можно найти в разделе 3.2.1.

а) НДТ станет снижение потребления энергии путем применения совокупности следующих технологических решений и технических приемов:

- I. модернизация печей и сушилок. В этом контексте см. раздел 4.1.1, где изложен ряд способов, применимых как совместно, так и по отдельности
- II. рекуперация избыточного тепла печей, особенно из зоны охлаждения (см. раздел 4.1.2). Так, избыточное тепло печи в форме горячего воздуха может быть направлено на обогрев сушилок;
- III. замена топлива для обжига (переход с тяжелого мазута и твердого топлива на топливо с низким уровнем выбросов). В связи с этим см. раздел 4.1.4 относительно перевода процесса обжига газообразное топливо или на мазут марки EL;
- IV. оптимизация заготовок. В этом контексте см. раздел 4.1.5, где приведены некоторые варианты изменения заготовок и их применимость.

б) НДТ станет снижение первичного энергопотребления путем когенерации / совместного получения тепла и энергии (см. раздел 4.1.3) на основе потребности в тепловой энергии с учетом экономически оправданных схем энергетического регулирования.

5.1.3. Выбросы пыли

По общим заключениям о выбросах пыли см. раздел 3.1.1.1.

5.1.3.1. Неорганизованные выбросы пыли

НДТ станет снижение неорганизованных выбросов пыли путем применения совокупности технических решений:

а) для операций, сопровождаемых большим пылеобразованием. Здесь также см. раздел 4.2.1, где описано несколько таких решений, применение которых возможно как совместно, так и по отдельности;

б) для участков бестарного хранения. Также см. раздел 4.2.2, где описаны применимые как совместно, так и по отдельности подобные решения.

5.1.3.2. Организованные выбросы пыли в технологических операциях, сопровождаемых большим пылеобразованием

Выбросы пыли, возникающие при проведении иных, нежели сушка, распылительная сушка или обжиг, технологических операций, сопровождаемых пылеобразованием.

НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в технологических операциях, сопровождаемых пылеобразованием (см. раздел 4.2.3, посвященный исключительно описанию способов пылеулавливания) до 1 - 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2). В зависимости от условий проведения операции, однако, эта величина может быть выше.

5.1.3.3. Выбросы пыли при сушке

Выбросы пыли, происходящие в процессе сушки.

НДТ станет поддержание выбросов пыли в процессе сушки в интервале 1 - 20 мг/м³ (среднесуточное значение) путем очистки сушилки, предотвращения накопления в ней пыли и применения соответствующего обслуживания (см. раздел 4.2).

5.1.3.4. Выбросы пыли при обжиге

Выбросы пыли, происходящие в процессе обжига.

НДТ станет снижение выбросов пыли (взвешенных частиц) с дымовыми газами при обжиге до 1 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение) путем применения совокупности следующих

первичных технологических решений:

- а) использования малозольного топлива (природного, сжиженного и сжатого газа, легкого мазута) (см. раздел 4.1.4)
- б) снижения образования пыли при садке заготовок в печь (см. раздел 4.2).

В случае сухой очистки дымовых газов при помощи фильтра (см. раздел 4.3.4.3), содержание пыли в очищенных дымовых газах ниже 20 мг/м³ считается НДТ (уровнем, соответствующим НДТ).

По керамзиту см. специальные НДТ (раздел 5.2.4).

5.1.4. Газообразные вещества

Общие заключения по выбросам газообразных веществ изложены в разделе 3.1.1.2.

5.1.4.1. Первоочередные меры и приемы

а) НДТ станет снижение выбросов газообразных веществ (HF, HCl, SO_x, ЛОС, тяжелых металлов) с дымовыми газами при обжиге путем применения в совокупности или самостоятельно следующих первичных мер и методов:

- I. снижение подачи источников загрязняющих веществ. В связи с этим см. раздел 4.3.1, где описаны некоторые пригодные для этого способы;
- II. оптимизация режима обжига. Здесь см. раздел 4.3.3.1, где представлен ряд аспектов оптимизации процесса в целом путем более тщательного подбора температурного режима при обжиге.

б) НДТ станет поддержание выбросов NO_x с дымовыми газами при обжиге ниже 250 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на NO₂) при температуре газов менее 1300 °С, или 500 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на NO₂) при температуре газов 1300 °С и более путем применения совокупности первичных мер и методов (см. разделы 4.3.1 и 4.3.3, в частности по снижению подачи источников NO_x), кроме производства керамзита.

в) НДТ станет поддержание выбросов NO_x с отходящими газами двигателей когенераторного типа ниже 500 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на NO₂) путем применения мер по оптимизации процесса (см. разделы 4.1.3 и 4.3.1).

5.1.4.2. Дополнительные меры и приемы и их сочетание с первоочередными

НДТ станет снижение выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге путем применения одного из перечисленных дополнительных методов и технологических решений:

- а) горизонтальных набивных адсорберов горизонтального типа (см. раздел 4.3.4.1)
- б) сухой очистки дымовых газов при помощи фильтра (рукавного или электрофильтра, см. раздел 4.3.4.3)

При применении совокупности первичных и/или дополнительных мер и технологических решений, приведенных здесь и в разделе 5.1.4.1.а, соответствующими НДТ считаются следующие уровни выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами в процессе обжига:

Таблица 5.1. Соответствующие НДТ уровни выбросов газообразных неорганических веществ с дымовыми газами при обжиге

Параметр	Единица измерения (среднесуточное значение)	Уровень выбросов, соответствующий НДТ ¹⁾
Фтор, в пересчете на HF	мг/м ³	1 - 10 ²⁾
Хлор, в пересчете на HCl	мг/м ³	1 - 30 ³⁾
SO _x , в пересчете на SO ₂ Содержание серы в сырье < 0,25 %	мг/м ³	< 500
SO _x , в пересчете на SO ₂ Содержание серы в сырье > 0,25 %	мг/м ³	500 - 2000 ⁴⁾
¹⁾ Показатели зависят от содержания загрязняющего вещества (его источника) в сырье, т. е. при обжиге керамики с его малым содержанием НДТ соответствует меньшее значение диапазона, с большим содержанием – большее.		
²⁾ Верхний предел НДТ может быть ниже в зависимости от характеристик сырья.		
³⁾ Верхний предел НДТ может быть ниже в зависимости от характеристик сырья. Верхняя граница уровня выбросов НДТ не должна препятствовать повторному использованию сточных вод.		
⁴⁾ Верхний предел НДТ относится только к материалам с крайне высоким содержанием серы.		

5.1.5. Производственные сточные воды (сбросы и потребление воды)

Общие заключения по производственным сточным водам (сбросы и водопотребление) приведены в разделах 3.1.2 и 3.2.2.

а) НДТ станет уменьшение водопотребления путем применения мер по оптимизации процесса. В этом контексте см. раздел 4.4.5.1, где перечислен ряд таких мер, применение которых возможно как в сочетании, так и по отдельности.

б) НДТ станет очистка сточных вод путем применения соответствующих систем. В связи с этим см. раздел 4.4.5.2, где представлены некоторые системы водоочистки, применение которых самостоятельно или в совокупности обеспечивает надлежащую степень очистки сточных вод для их возврата в технологический процесс, прямого сброса в водные объекты или непрямого – в муниципальную канализационную систему.

в) НДТ станет снижение содержания загрязняющих веществ в сбросных потоках. Соответствующими НДТ считаются следующие уровни содержания вредных веществ в сточных водах:

Таблица 5.2. Соответствующие НДТ уровни содержания загрязняющих веществ в производственных сточных водах

Параметр	Единицы измерения	Уровень выбросов, соответствующий НДТ (средняя проба за 2 часа)
Взвешенные твердые частицы	мг/л	50,0
Адсорбируемые галогенорганические соединения (АГС)	мг/л	0,1
Свинец (Pb)	мг/л	0,3
Цинк (Zn)	мг/л	2,0
Кадмий (Cd)	мг/л	0,07

В тех случаях, когда в производстве повторно используется более 50 % производственных сточных вод, соответствующими НДТ можно считать и сбросные потоки, концентрации загрязняющих веществ в которых превышают таковые, приведенные в таблице. Однако следует учитывать, что при этом удельные показатели (содержание загрязняющих веществ на единицу переработанного сырья) не должны превышать таковые, рассчитанные для случаев, когда в производстве используется повторно менее 50 % стоков.

5.1.6. Шлам

Общие заключения по шламу представлены в разделе 3.1.3.

НДТ станет рециркуляция / повторное использование шлама путем применения одного или нескольких технологических решений, а именно:

- а) систем повторного использования шлама (см. раздел 4.5.1.1);
- б) повторного использования шлама для изготовления другой продукции (см. раздел 4.5.1.2).

5.1.7. Отходы производства / технологические потери

Общие заключения по отходам производства / технологическим потерям представлены в разделе 3.1.3.

НДТ станет снижение образования твердых отходов путем применения совокупности следующих технологических решений:

- а) возврата не подвергнутого смешиванию сырья (см. раздел 4.5.2.1);
- б) возврата боя изделий в технологический процесс (см. раздел 4.5.2.1);
- в) использования твердых отходов в других отраслях промышленности (см. раздел 4.5.2.1);
- г) автоматизированного контроля процесса обжига (см. раздел 4.5.2.2);
- д) оптимизации садки (см. раздел 4.5.2.2).

5.1.8. Шум

Общие заключения относительно шума изложены в разделе 3.1.4.

НДТ станет снижение зашумленности путем применения совокупности следующих технологических решений (см. раздел 4.6):

- а) герметизация оборудования
- б) виброуплотнение оборудования
- в) использование звукоизоляции и низкооборотных вентиляторов
- г) размещение окон, дверей и шумных участков вдали от соседей
- д) звукоизоляция окон и стен
- е) уплотнение окон и дверей
- ж) проведение шумных работ (в т. ч. на улице) только в дневное время
- з) надлежащее техническое обслуживание

5.2. Наилучшие доступные технологии по отраслям

В этом разделе изложены специальные выводы по НДТ отдельно для каждой из девяти описанных в данном документе отраслей производства керамических изделий. «Наилучшими доступными технологиями» для конкретного предприятия станет использование конкретных технологических и технических решений (или их совокупности), приведенных в этом разделе и в разделе общих заключений (5.1).

Наилучшие доступные технологии и обозначенные здесь как соответствующие НДТ уровни выбросов, сбросов и потребления ресурсов относятся к предприятиям, где установлены печи различных типоразмеров, эксплуатируемые по разным схемам (непрерывно или периодически),

при этом количество рабочего времени в год может также отличаться. Полностью учесть местные особенности не всегда возможно. Соответствующие НДТ уровни не определяют и не устанавливают предельно допустимые величины выбросов и сбросов.

Знакомиться с главой 5 рекомендуется с учетом главы 4, поскольку в ней раскрыта не только применимость тех или иных решений и мер, но и существующие ограничения их использования. Упомянутые в этой главе интервалы значений соответствующих НДТ уровней выбросов не могут быть корректно интерпретированы без изучения главы 4. Чтобы помочь читателю, в тексте главы 5 сделаны соответствующие ссылки.

5.2.1. Кирпич и черепица

5.2.1.1. Газообразные вещества - первоочередные меры и приемы

НДТ станет снижение выбросов газообразных веществ (HF, HCl, SO_x) с дымовыми газами при обжиге путем введения кальцийсодержащих добавок (см. раздел 4.3.2), если при этом не снижается качество продукции.

5.2.1.2. Летучие органические соединения

НДТ станет снижение выбросов ЛОС с дымовыми газами при обжиге (при концентрации в неочищенном газе более 100 - 150 мг/м³ в зависимости от таких его параметров, как состав, температура и т. д.) – до 5 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на общий углерод) путем термического дожигания в одно- или трехкамерном термореакторе (см. раздел 4.3.5.1).

5.2.2. Керамические трубы

5.2.2.1. Организованные выбросы пыли

НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в процессе глазурования до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена (см. раздел 4.2.3.3).

5.2.3. Огнеупорные изделия

5.2.3.1. Летучие органические соединения

а) НДТ станет снижение выбросов ЛОС при малых объемах отходящих газов из процесса обработки изделий органическими соединениями при помощи угольных фильтров (см. раздел 4.3.4.5).

При больших объемах отходящих газов НДТ станет снижение выбросов ЛОС из процесса обработки изделий органическими соединениями при помощи термического дожигания (см. раздел 4.3.5.1) до 5 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на общий углерод).

б) НДТ станет снижение выбросов ЛОС с дымовыми газами при обжиге (при концентрации в неочищенном газе более 100 - 150 мг/м³ в зависимости от таких его параметров, как состав, температура и т. д.) – до 5 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на общий углерод) путем термического дожигания в одно- или трехкамерном термореакторе (см. раздел 4.3.5.1).

5.2.3.2. Отходы производства

НДТ станет уменьшение количества твердых отходов производства в виде отработанных гипсовых форм путем применения самостоятельно или в совокупности следующих приемов (см. раздел 4.5.2.2):

- а) замены гипсовых форм полимерными;
- б) замены гипсовых форм металлическими;
- в) применения вакуумных гипсомешалок;
- г) повторного использования отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности.

5.2.4. Керамзит

5.2.4.1. Организованные выбросы пыли

НДТ станет снижение организованных выбросов пыли с горячими отходящими газами до 5 – 50 мг/м³ (среднесуточное значение) при помощи электрофильтров (см. раздел 4.2.3.5) или сепараторов мокрой очистки (см. раздел 4.2.3.4).

5.2.4.2. Газообразные вещества - первоочередные меры и приемы

НДТ станет поддержание выбросов NO_x с дымовыми газами вращающейся печи при обжиге ниже 500 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на NO₂) путем применения

совокупности первичных мер и технологических решений (см. разделы 4.3.1 и 4.3.3).

5.2.5. Облицовочная и напольная плитка

5.2.5.1. Организованные выбросы пыли

а) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли при распылительной сушке до 1 – 30 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или, на существующих производствах, до 1 – 50 мг/м³ за счет использования циклонов (см. раздел 4.2.3.1) в сочетании с сепараторами мокрой очистки (см. раздел 4.2.3.4), если возможно повторное использование промывочной воды.

б) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в процессе глазурования до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена (см. раздел 4.2.3.3).

5.2.5.2. Выбросы пыли при обжиге

НДТ станет снижение выбросов пыли (взвешенных частиц) с дымовыми газами при обжиге до 1 – 5 мг/м³ (среднесуточное значение) путем сухой очистки при помощи рукавного фильтра (см. раздел 4.3.4.3), который также служит для удаления связанного фтора.

5.2.5.3. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы

а) НДТ станет снижение выбросов HF с дымовыми газами при обжиге до 1 – 5 мг/м³, (среднесуточное значение), путем, в частности, сухой очистки при помощи рукавного фильтра (см. раздел 4.3.4.3).

б) НДТ станет снижение выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге при помощи модульных адсорберов (см. раздел 4.3.4.2), в особенности при малом (менее 18000 м³/ч) объемном расходе дымовых газов, а также невысокой концентрации пыли и иных неорганических веществ помимо HF (SO₂, SO₃, HCl).

5.2.5.4. Повторное использование сточных вод

НДТ станет повторное использование сточных вод в технологическом процессе с коэффициентом рециркуляции 50 – 100 % (в зависимости от типа выпускаемой плитки, см.

раздел 4.4.5.1) путем применения совокупности приведенных в разделе 4.4.5 мер по оптимизации процесса и систем очистки сточных вод.

5.2.5.5. Повторное использование шлама

НДТ станет повторное использование образующегося при очистке сточных вод шлама в составе формовочной массы в количестве 0,4 – 1,5 мас. % сухого шлама путем применения, где возможно, системы его рециркуляции (см. раздел 4.5.1.1).

5.2.6. Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)

5.2.6.1. Организованные выбросы пыли

а) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли при распылительной сушке до 1 – 30 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или, на существующих производствах, до 1 – 50 мг/м³ за счет использования циклонов (см. раздел 4.2.3.1) в сочетании с сепараторами мокрой очистки (см. раздел 4.2.3.4), если возможно повторное использование промывочной воды.

б) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в процессе глазурования до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена (см. раздел 4.2.3.3).

5.2.6.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы

НДТ станет снижение выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге при помощи модульных адсорберов (см. раздел 4.3.4.2), в особенности при малом (менее 18000 м³/ч) объемном расходе дымовых газов, а также невысокой концентрации пыли и иных неорганических веществ помимо HF (SO₂, SO₃, HCl).

5.2.6.3. Повторное использование сточных вод

НДТ станет повторное использование сточных вод в технологическом процессе с коэффициентом рециркуляции 30 – 50 % путем применения совокупности приведенных в разделе 4.4.5 мер по оптимизации процесса и систем очистки сточных вод.

5.2.6.4. Отходы производства

НДТ станет уменьшение количества твердых отходов производства в виде отработанных гипсовых форм путем применения самостоятельно или в совокупности следующих приемов (см. раздел 4.5.2.2):

- а) замены гипсовых форм полимерными;
- б) замены гипсовых форм металлическими;
- в) применения вакуумных гипсомешалок;
- г) повторного использования отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности.

5.2.7. Санитарно-технические изделия

5.2.7.1. Организованные выбросы пыли

НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в процессе глазурирования до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена (см. раздел 4.2.3.3).

5.2.7.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы

НДТ станет снижение выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге при помощи модульных адсорберов (см. раздел 4.3.4.2), в особенности при малом (менее 18000 м³/ч) объемном расходе дымовых газов, а также невысокой концентрации пыли и иных неорганических веществ помимо HF (SO₂, SO₃, HCl).

5.2.7.3. Повторное использование сточных вод

НДТ станет повторное использование сточных вод в технологическом процессе с коэффициентом рециркуляции 30 – 50 % путем применения совокупности приведенных в разделе 4.4.5 мер по оптимизации процесса и систем очистки сточных вод.

5.2.7.4. Отходы производства

НДТ станет уменьшение количества твердых отходов производства в виде отработанных гипсовых форм путем применения самостоятельно или в совокупности следующих приемов (см. раздел 4.5.2.2):

- а) замены гипсовых форм полимерными;
- б) замены гипсовых форм металлическими;
- в) применения вакуумных гипсомешалок;
- г) повторного использования отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности.

5.2.8. Техническая керамика

5.2.8.1. Организованные выбросы пыли

а) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли при распылительной сушке до 1 – 30 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или, на существующих производствах, до 1 – 50 мг/м³ за счет использования циклонов (см. раздел 4.2.3.1) в сочетании с сепараторами мокрой очистки (см. раздел 4.2.3.4), если возможно повторное использование промывочной воды.

б) НДТ станет снижение организованных выбросов пыли в процессе глазурования до 1 – 10 мг/м³ (среднее значение за 30 мин) путем применения рукавных фильтров (см. раздел 4.2.3.2) или слоистых фильтров на основе расплавленного полиэтилена (см. раздел 4.2.3.3).

5.2.8.2. Газообразные вещества - дополнительные меры и приемы

НДТ станет снижение выбросов газообразных неорганических соединений с дымовыми газами при обжиге при помощи модульных адсорберов (см. раздел 4.3.4.2), в особенности при малом (менее 18000 м³/ч) объемном расходе дымовых газов, а также невысокой концентрации пыли и иных неорганических веществ помимо HF (SO₂, SO₃, HCl).

5.2.8.3. Летучие органические соединения

НДТ станет снижение выбросов ЛОС с дымовыми газами при обжиге (при концентрации в неочищенном газе более 100 - 150 мг/м³ в зависимости от таких его параметров, как состав, температура и т. д.) – до 5 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на общий углерод) путем термического дожигания в одно- или трехкамерном терморекторе (см. раздел 4.3.5.1).

5.2.8.4. Отходы производства

НДТ станет уменьшение количества твердых отходов производства в виде отработанных гипсовых форм путем применения самостоятельно или в совокупности следующих приемов (см. раздел 4.5.2.2):

- а) замены гипсовых форм полимерными;
- б) замены гипсовых форм металлическими;
- в) применения вакуумных гипсомешалок;
- г) повторного использования отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности.

5.2.9. Абразивы на неорганической связке

5.2.9.1. Летучие органические соединения

НДТ станет снижение выбросов ЛОС с дымовыми газами при обжиге (при концентрации в неочищенном газе более 100 - 150 мг/м³ в зависимости от таких его параметров, как состав, температура и т. д.) – до 5 – 20 мг/м³ (среднесуточное значение, в пересчете на общий углерод) путем термического дожигания в одно- или трехкамерном терморекторе (см. раздел 4.3.5.1).

6. ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ

6.1. Трубчатые излучательные горелки

Уменьшение содержания водяного пара в топочных газах обычно приводит к снижению уровня выбросов связанного фтора, поскольку в основе его высвобождения из глинистых минералов лежит процесс пирогидролитического разложения, протекающий при температуре выше 800 °С.

По результатам лабораторных исследований установлено, что снижение содержания влаги в атмосфере в печи действительно приводит к уменьшению выбросов HF и SO_x. На практике, добиться снижения содержания влаги технически сложно по причине того, что вода является продуктом сгорания ископаемого топлива при обогреве печи. Избежать ее образования можно путем непрямого обогрева печи при помощи газовых трубчатых излучательных горелок (см. раздел 4.3.3.2).

Применяемые при производстве керамических изделий трубчатые излучательные горелки изготавливают из карбида кремния с высокой теплопроводностью и стойкостью к термоудару в условиях резкого изменения температуры. В оборудованной такими горелками печи происходит не прямой нагрев изделий (за исключением зоны предподогрева), а факел горелки заключен в термостойкую трубку, где протекает сгорание топлива. Перенос тепла от горелки происходит преимущественно за счет излучения, соответствующая энергия теплового потока находится в интервале 70 - 120 кВт/м².

Такие горелки могут, в принципе, найти применение при производстве облицовочной и напольной плитки, посуды, декоративных и санитарно-технических изделий, технической керамики, абразивов на неорганической связке, однако масштаб производства кирпича, черепицы, керамических труб, огнеупоров, керамзита слишком велик. По результатам проектных работ такими горелками можно оснащать роликовые печи и печи с выкатным подом, хотя для туннельных печей эта технология еще не опробована.

В процессе работы собранной в Нидерландах пилотной установки, где трубчатыми излучательными горелками оснастили роликовую печь для обжига облицовочной и напольной плитки, получены значения выбросов HF в интервале от 0,7 до 1,2 мг/м³ и удельные факторы выбросов - от 3 до 6 мг/кг для облицовочной и напольной плитки соответственно. Дополнительные расходы на переоборудование и эксплуатацию печи производительностью 500000 м² плитки в год оценочно составили свыше 450000 евро [5, InfoMil, 2003].

6.2. Сушка и обжиг СВЧ-излучением

Обжиг или спекание керамических заготовок – основной этап технологического процесса. Большая масса садки и использование крупных печных вагонеток затрудняют перенос тепла в середину садки и вглубь заготовок (например, кирпича). Температура на поверхности изделий оказывается выше, чем в центре заготовки или садки, и этот температурный градиент может привести к появлению термических напряжений и образованию брака.

Перспектива применения энергии СВЧ-колебаний для обжига была подвергнута всестороннему изучению. В процессе такого обжига происходит непосредственный нагрев изделий, захватывающий их внутренние слои. Во избежание избыточных потерь тепла на прогрев печи энергию СВЧ-колебаний применяли совместно с традиционными способами обогрева (газом, электроэнергией).

Перед полномасштабным внедрением СВЧ-обжига в производство необходимо решить ряд технических проблем, касающихся безопасности и сравнительно высокого потребления электроэнергии. Тем не менее, результаты проведенных экспериментов указывают на большое число возможных преимуществ применения этой технологии:

- понижение термических напряжений в процессе обжига
- существенное увеличение пропускной способности печи, т. е. сокращение продолжительности обжига
- уменьшение энергопотребления при обжиге, хотя при этом также снижается доля избыточного тепла, отводимого на сушку
- уменьшение количества твердых отходов производства / технологических потерь
- повышение качества продукции, в первую очередь – ее механических свойств
- более активное удаление связки (из огнеупоров)
- уменьшение выбросов за счет снижения энергопотребления и и более высокого выхода продукции
- снижение выбросов соединений фтора, что напрямую связано с продолжительностью нахождения изделий при температуре выше 800 °С.

Энергия СВЧ-колебаний может, в принципе, найти применение и для сушки керамических заготовок (см. раздел 2.2.5.8). Достоинства и недостатки данного способа, перечисленные для обжига, сохраняются и при сушке изделий в микроволновых печах. По результатам исследований, СВЧ-излучением можно сушить только тонкостенные изделия, для изделий сложной формы такая сушка неприменима [20, CERAME-UNIE, 2004] [28, Schorcht, 2005] [30, TWG Ceramics, 2005].

6.3. Новый тип сушилок для огнеупорных изделий

Описание и природоохранный эффект

Сушка крупных огнеупорных изделий, например, крышек ковшей или сводов электрических печей – процесс длительный и энергоемкий. Если поместить термостойкую фольгу из нержавеющей стали (нагрев до температуры 1100 °С) или углеволокно (при пониженных, ниже 250 °С, температурах сушки) в литьевую массу, изделие можно сушить изнутри. Фольга или углеволокно встраиваются в структуру материала и не снижают его характеристики.

Поскольку сушка происходит изнутри изделия, направление движения влаги совпадает с направлением распространения теплового фронта, что существенно снижает продолжительность процесса.

Контроль температуры садки способствует значительному повышению качества продукции за счет более равномерного высыхания заготовок без образования трещин и высокой стабильности структуры материала. Отмечено улучшение следующих его характеристик:

- прочность при сжатии на холоду: +50 %
- прочность при изгибе: +50 %
- износостойкость: +70 %
- увеличение продолжительности службы: +50 %.

Такой способ сушки обеспечивает ощутимую экономию энергии, которую можно дополнительно увеличить путем теплоизоляции изделий, особенно массивных.

Воздействие на различные компоненты окружающей среды

Побочные явления отсутствуют.

Технические характеристики и применимость

Углеволокно можно применять при температурах до 250 °С, металлическую фольгу – до 1100 °С. Результаты испытаний на конструкционном элементе весом 9 т свидетельствуют о том, что энергозатраты на сушку до остаточной влажности 6 % при введении фольги и теплоизоляции изделия снизились с первоначальных 77000 до 2000 кВт·ч, что соответствует 97 % экономии. Продолжительность сушки уменьшилась с 5 до приблизительно 3 сут.

Экономические аспекты

Уменьшение энергопотребления ведет к значительной экономии средств, особенно при сушке массивных конструкционных элементов весом до 20 т.

Необходимость внедрения

- повышение качества и продолжительности службы изделий
- экономия средств
- экономия времени.

Примеры предприятий и справочная литература

Данный способ сушки применяют на некоторых производствах, например Wolf GmbH, Urbar, Germany, [30, TWG Ceramics, 2005] [32, TWG Ceramics, 2006].

6.4. Современные системы переработки сточных вод, включающие извлечение глазури

Одним из предприятий по производству керамики была предложена модель системы очистки сточных вод нового поколения. Применение этой системы позволило ощутимо уменьшить выбросы вредных веществ при производстве санитарно-технических изделий, посуды, облицовочной и напольной плитки, а также обеспечить заметную экономию.

Предложенный процесс очистки сточных вод включает 5 модулей:

- микрофльтрация: производственные сточные воды с основного участка глазурирования (белое глазурирование, 80 % от общего потребления) пропускают через установку микрофльтрации для извлечения глазури, которую затем подают на участок приготовления глазури
- переработка сточных вод вспомогательных процессов: сточные воды из процесса подготовки массы для формования облицовочной и напольной плитки, в которых, при небольшом объеме, в высокой концентрации присутствуют вредные вещества, подают в отдельный узел очистки. Образующийся шлам содержит компоненты высокого качества, способствующие спеканию материала, и его возвращают на участок массоподготовки, а стоки направляют в муниципальные очистные сооружения для удаления биоразлагаемых компонентов
- использование существующих отстойников: сточные воды из процесса приготовления глазури подают в систему модернизированных и автоматически контролируемых отстойников. Образующийся шлам также возвращают на участок подготовки массы для формования облицовочной и напольной плитки, а сточные воды направляют в новую, гораздо меньшего размера, установку по их очистке
- создание нового участка централизованной очистки производственных сточных вод: существующие мощности позволяли перерабатывать до 3500 м³ сточных вод в сутки. Применение на предприятиях по выпуску облицовочной и напольной плитки, начиная с первой половины 70-х годов прошлого века, когда были запущены первые сооружения по

очистке сточных вод, навесных конструкций сделало невозможным разделение дождевых и производственных стоков. На новый централизованный участок, который отражает современный уровень развития очистных технологий, сточные воды с предприятия собирают и перекачивают над землей, что исключает возможность смешивания с дождевыми стоками. Снижение объемов производственных сточных вод до 700 - 800 м³/сут., уменьшение потоковой нагрузки загрязняющих веществ, улучшенная технология открыли возможность создания полностью автоматизированного участка, работа которого требует всего 20 % от исходной численности персонала и способствует значительной экономии энергии и флокулянтов. Часть шлама с такого участка может быть возвращена в производство плитки, остаток можно без всякого риска хранить прямо на предприятии в силу меньшей нагрузки загрязняющих веществ и пониженного путем применения камерных фильтр-прессов новой конструкции содержания воды (максимум 25 %). По результатам испытаний, такой материал пригоден для применения в качестве минерального уплотняющего и герметизирующего слоя при окончательной консервации свалок

- отделение ливневых вод: поскольку производственные сточные воды не попадают в подземную канализационную систему, дорогостоящая модернизация старых коммуникаций не требуется. Снижение и автоматизация подачи флокулянтов позволяют добиться существенной экономии средств и материалов.

Реорганизация системы очистки сточных вод с точки зрения защиты окружающей среды имеет следующие достоинства:

- извлечение и рекуперация белой глазури
- уменьшение нагрузки на полигоны
- отсутствие необходимости использовать биоцидные вещества и угольные фильтры
- раздельная переработка сильно загрязненных стоков
- рециркуляция шлама внутри завода
- передача производственных сточных вод, содержащих биологические загрязнения, в муниципальные очистные сооружения
- отсутствия риска, связанного с поступлением загрязненных производственных стоков в канализационную систему
- экономия энергии за счет совершенствования установок
- экономия флокулянтов для выделения шлама.

Экономические преимущества

- снижение расходов на персонал до 20 % от исходной величины за счет автоматизации
- уменьшение расходов на энергию
- уменьшение количества химических добавок
- извлечение и повторное использование глазури

- снижение затрат на захоронение отходов.

Суммарные расходы на систему очистки производственных сточных вод достигают 2,8 млн. евро, ожидаемый, благодаря полученной экономии, срок окупаемости составляет 3 - 4 года.

Возможные недостатки

Несмотря на то, что представленная система считается модельной, возникающие при отклонении от описанных условий риски влекут за собой следующие сложности экономического и качественного характера:

- стоимость энергии, затраченной на фильтрацию, может превысить достигнутую за счет извлечения сырьевых материалов (в зависимости от исходного уровня их потерь) экономию
- результатом неверной разработки микрофильтрационной установки станут чрезмерные инвестиционные затраты либо недостаточная производительность
- длительные исследования применимости извлеченных глазурей (может потребоваться корректировка цвета)
- возможность введения вторичных потоков ограничена, в противном случае достичь высокого качества извлечения материала и связанной с этим экономии не удастся
- система в целом требует высокого уровня технической подготовки персонала
- на стадии планирования необходимо учитывать необходимость сокращения штатов.

Заключение: внедрение данной технологии последнего поколения по-прежнему находится на стадии моделирования и жестко привязано к описанным условиям ее применения [30, TWG Ceramics, 2005] [32, TWG Ceramics, 2006].

6.5. Использование бессвинцовых глазурей для столового фарфора высокого качества

Описание и природоохранный эффект

В прошлом для производства столового фарфора высокого качества применяли преимущественно свинцовые глазури. К числу их достоинств можно отнести прекрасную поверхность и простоту применения, в частности, благодаря характерной для таких глазурей плавкости и высокой смачивающей способности.

Производителями посуды были разработаны составы бессвинцовых глазурей на основе боросиликатов щелочных металлов, по качеству и свойствам не уступающие свинцовым. Это дало возможность уменьшить потребление оксида свинца на 60 т/год. Использование минимального количества вспомогательных веществ органической природы позволяет в

значительной мере избежать выбросов органических веществ в процессе обжига.

Глазури наносят методом влажного распыления, используя суспензии со специально подобранными реологическими свойствами. Сточные воды с узла глазурования (излишки глазури, промывочные воды), а также глазурную пыль из сепаратора сухой очистки перерабатывают и подают в процесс вместе со свежей глазурью. Применение замкнутого цикла дает возможность оптимизировать подачу глазури с точки зрения потерь и реального потребления. Последующие процессы термообработки (сушка и обжиг) также и скорректировали для новых глазурей и оптимизировали.

При нанесении простых рисунков дополнительный обжиг не требуется, их вжигают вместе с глазурью подглазурным способом. Сложные, цветные над- и внутриглазурные рисунки вжигают отдельно.

Воздействие на различные компоненты окружающей среды

Повышается расход энергии на переработку сточных вод с участка глазурования и извлечение глазурей.

Технические характеристики и применимость

Данную технологию применяют при производстве столового фарфора высокого качества. Возможность ее применения для производства полноцветных изделий с подглазурным рисунком пока невозможна либо требует дополнительных инвестиций.

Экономические аспекты

Применение бессвинцового глазурования на двух предприятиях дало ежегодную экономию 60 т оксида свинца. Переход на данную технологию был осуществлен в ходе комплексной реорганизации производства, ее внедрение способствовало повышению конкурентоспособности продукции на мировом рынке.

Необходимость внедрения

Экономия средств на сырье и предотвращение выбросов свинца.

Примеры предприятий и справочная литература

Villeroy & Boch AG, Germany, [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

График работы

Обмен информацией по НДТ «Производство керамических изделий» проходил с конца 2003 по начало 2006 г. в рамках созданной с этой целью международной технической рабочей группы (ТРГ). Составление и разработка данного документа на основе собранной информации с учетом возникших в ходе двух консультаций и заключительной встречи ТРГ замечаний и комментариев заняли два с половиной года. Основные этапы работы приведены в табл. 7.1.

Таблица. 7.1. Расписание работы над Справочным документом по НДТ производства керамических изделий

Начало работы над документом	октябрь 2003
Стартовая встреча	1 - 2 декабря 2003
Вариант 1	октябрь 2004
Комментарии к варианту 1	январь 2005
Вариант 2	июнь 2005
Комментарии к варианту 2	сентябрь 2005
Смена автора	сентябрь 2005
Заключительная встреча ТРГ	14 - 17 февраля 2006
Окончательный вариант	сентябрь 2006

Источники информации и разработка данного документа

В основу данного документа легло более 30 различных источников, как из отрасли, так и из стран-членов ЕС. Некоторые отчеты были проработаны еще до стартовой встречи ТРГ с целью определить главные информационные элементы разработки документа, большое количество данных поступило уже его составления. Отчеты были предоставлены ассоциацией CERAME UNIE, в которую входит большинство европейских производителей керамической продукции, «кирпичиками» данного документа стали такие страны ЕС, как Австрия, Бельгия, Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Португалия, Финляндия.

Дополнительную информацию удалось собрать во время поездок на предприятия по выпуску керамических изделий в Австрии, Бельгии, Германии, Дании, Испании, Италии, Финляндии, Франции, организованных и проведенных членами рабочей группы.

При разработке документа были учтены около 1000 замечаний по первому и более 750 – по второму его варианту, поступившие практически от всех участников ТРГ. В связи с этим следует отметить, что на деле обмен информацией происходил среди 15 стран-членов ЕС, поскольку 10 вновь принятых в состав Европейского Союза стран, за редким исключением, активного участия в нем не принимали.

На основе собранной информации и полученных замечаний область применения и структура документа были сформулированы таким образом, чтобы охватить 9 ключевых отраслей производства керамических изделий:

- облицовочная и напольная плитка
- кирпич и черепица
- посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)
- огнеупоры
- санитарно-технические изделия
- техническая керамика
- керамические трубы
- керамзит
- абразивы на неорганической связке.

Порядок глав (Краткое содержание, Введение, Область применения, главы 1 – 9, включая НДТ – глава 5 и Заключение – глава 9) соответствует стандартной структуре, изложенной в Описании справочных документов, предоставленном Форумом по обмену информацией (ФОИ), который организован Европейской Комиссией для содействия в реализации обмена информацией по комплексному предотвращению и контролю загрязнения (см. тж. Введение).

Существующие пробелы в информации

Несмотря на обилие ценной информации, замечаний и комментариев, некоторые проблемы и их последствия остались нераскрытыми:

- до некоторой степени отсутствуют согласующиеся между собой количественные показатели по реальной экономической характеристике (с точки зрения затрат) применения иных, кроме очистки дымовых газов, способов улавливания пыли и данные по их производительности. В результате, приведенные в гл. 4, а также в заключениях по НДТ выводы носят скорее качественный, чем количественный характер, хотя в настоящее время применяют в основном количественный подход
- многообразие продукции и вариантов технологического процесса ведет к тому, что заключения по НДТ в контексте энергоэффективности также носят качественный, а не количественный характер. В предоставленных сведениях существует много особенностей, вывод, который можно сделать на их основании таков: на текущий момент общие количественные заключения отсутствуют
- объем данных по выбросам и потреблению при использовании альтернативных источников энергии (биогаза/биомассы) или твердого топлива (угля, нефтяного кокса) невелик, такие сведения поступили уже на поздних стадиях работы над документом (часть – в ходе заключительной встречи ТРГ), поэтому полностью в данный документ эти

материалы не вошли.

Достигнутый к заключительной встрече ТРГ уровень согласия по НДТ

Предметом обсуждения на заключительной встрече технической рабочей группы стали заключения по НДТ, представленные двумя разделами:

- общие выводы по НДТ, т. е. те, которые применимы к производству керамики в целом
- специальные заключения по НДТ отдельно по каждой из девяти основных рассматриваемых в рамках этого документа отраслей.

Предложения по НДТ обсуждали отдельно в каждом случае. Кроме того, было принято, что в главе, посвященной НДТ, не установлены предельные величины выбросов, сбросов и потребления, а предложены их уровни, характерные для подобных технологий, а также что «наилучшие доступные технологии» на конкретном предприятии представляют собой одно или совокупность технических и технологических решений, приведенных в разделах общих и специальных НДТ.

Вторым обсуждаемым вопросом было решение подчеркнуть в Заключении сложность обработки информации, полученной на поздних стадиях работы, что в первую очередь относится к применению нефтяного кокса в качестве топлива для печей. Также поступили рекомендации по дальнейшему сбору информации для обновления данного документа.

На заключительной встрече ТРГ удалось достичь высокой степени согласия, особых мнений высказано не было, а потому, рассматривая весь период работы над документом, обмен информацией можно в целом считать успешным.

Рекомендации по дальнейшей работе

Процесс обмена информацией и его результаты, т. е. данный документ, — это серьезный шаг в направлении комплексного контроля и предотвращения загрязнения окружающей среды при производстве керамических изделий. Эту работу необходимо продолжать путем сбора и обработки полученной от всех 25 стран-членов ЕС информации, включающей данные о реальных экономических аспектах применения способов снижения уровня загрязнения и о соответствующей различным приемам и техническим решениям энергоэффективности.

При дальнейшем пересмотре документа также потребуются дополнительные сведения о реально замеренных уровнях выбросов, сбросов и потребления альтернативного и твердого топлива, что будет способствовать более глубокому пониманию его экологических характеристик.

Далее, потребуется пересмотр уровней выбросов и сбросов, соответствующих НДТ, в частности, высокого уровня выбросов SO_x в процессе обжига при использовании сырья со значительным содержанием серы, с учетом развития технологий снижения уровня загрязнения.

При пересмотре документа рекомендованное содержание кислорода составляет 17 %.

Тематика научных исследований в будущем

Внимательное изучение технических решений и приемов, описанных в гл. 6 «Передовые технологии» указывает на необходимость и полезность проведения научных исследований и опытно-конструкторских работ по их определению в качестве НДТ производства керамических изделий.

Помимо этого, в Европейском Союзе запущен и получил поддержку по программам развития научных и технологических исследований (Research and Technological Development Programmes) ряд проектов по развитию более чистых технологий, созданию новых эффективных приемов рециркуляции и очистки сточных вод, а также стратегий управления. В перспективе результаты этих проектов могут стать весомым вкладом в разработку Справочных документов по НДТ. Читателям предлагается сообщать в Бюро по наилучшим доступным технологиям обо всех результатах, имеющих практическую ценность в рамках данного документа (также см. Введение).

8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BMLFUW (2003). "Austrian Study on State of the Art of Manufacturing Ceramic Goods by Firing".
2. VITO (2003). "The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version - published in 1999".
3. CERAME-UNIE (2003). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003".
4. UBA (2001). "Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents".
5. InfoMil (2003). "Dutch Fact Sheets for the Production of Ceramics".
6. Timellini, G., Canetti, A. (2004). "The Italian Ceramic Tile Industry. Contribution to the identification and specification of the Best Available Techniques".
7. Dodd, A., Murfin, D. (1994). "Dictionary of Ceramics", The Institute of Materials.
8. Ullmann's (2001). "Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.
10. Navarro, J. E. (1998). "Integrated Pollution Prevention and Control in the Ceramic Tile Industry. Best Available Techniques (BAT)".
11. Shreve, R. N. (1945). "The Chemical Process Industries, The Ceramic Industries", McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
12. CTCV (2004). "Portuguese Ceramic Industry Data".
13. SYKE (2004). "The contribution of Finland to the exchange of information in the EU on the use of BAT to control the environmental impact of the manufacture of ceramic products, DRAFT June 28, 2004".
14. UBA (2004). "Production of inorganic bonded abrasives". 17 Burkart, M. (2004). "Personal Communication by site visits".
20. CERAME-UNIE (2004). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Jan. 2004".
21. Almeida, M., Vaz, S., Baio, D. (2004). "Impactes Ambientais e Comércio de Emissões Indústria Cerâmica - Un caso de estado".
22. SYKE (2004). "Report on Best Available Techniques in the Finnish ceramic industry".
23. TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1".
24. VKI-Germany (2004). "Breviary Technical Ceramics".
25. Voland, T., Leuenberger, C., Roque, R. (2004). "Statistic correlations between two methods of pollutant emission evaluation", L'INDUSTRIE CÉRAMIQUE & VERRIÈRE, No 994 - Mai-Juin 2004, pp. 54 - 66.
26. UBA (2005). "Basic information and data on the expanded clay industry in Germany", Compilation by German National Working group and German expanded clay industry.
27. VDI (2004). "Emission control ceramic industry, VDI Guideline 2585, Draft July 2004".
28. Schorcht, F. (2005). "Personal Communication by site visits".
29. IMA-Europe (2005). "IMA-Europe's comments on the inclusion of calcined clays, 4. May 2005".

30. TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 2".
31. Probst, R. (2005). "Development of processes for cleaning ceramic waste water", [cfi ceramic forum international](#) [Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft](#).
32. TWG Ceramics (2006). "Final TWG meeting Ceramics".

9. ГЛОССАРИЙ

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
абсорбция	процесс, протекающий в объеме, когда одно вещество проникает в другое (впитывание).
кислота	донор протонов; соединение, которое в водном растворе более или менее активно выделяет ионы водорода.
подкисление	добавление кислоты к веществу с целью повысить его кислотные свойства.
острый эффект	неблагоприятное действие на живой организм, когда симптомы тяжелого поражения развиваются быстро и зачастую сходят на нет после прекращения воздействия поражающих факторов.
острая токсичность	неблагоприятное действие, вызываемое единичной дозой или единичным воздействием химического вещества; любой токсический эффект, развивающийся за короткий период времени (менее 96 ч); данным термином обычно описывают результаты испытаний на подопытных животных.
адсорбция	процесс, протекающий на поверхности; накопление молекул газа или жидкости на поверхности твердого вещества с образованием тонкой пленки (поверхностная ассимиляция).
аэрация	процесс смешивания жидкости с воздухом (кислородом).
аэробный	биологический процесс, протекающий в присутствии кислорода.
щелочь	акцептор протонов; соединение, которое в водном растворе более или менее активно поглощает ионы водорода.
анаэробный	биологический процесс, протекающий в отсутствие кислорода.
АХС	адсорбируемые хлорорганические соединения.
АГС	адсорбируемые галогенорганические соединения; суммарная концентрация в мг/л, в пересчете на хлор, всех присутствующих в пробе воды галогенсодержащих соединений (кроме фтора), которые способны сорбироваться на активированном угле.
атм	нормальная атмосфера (1 атм = 101325 Н/м ²).
бар	бар (1,013 бар = 1 атм).
НДТ	наилучшие доступные технологии.
ВАТ АЕЛ	уровень выбросов, соответствующий НДТ.
ПФ	периодическая флокуляция.
БВ	вода, подаваемая в бойлер для получения пара.
биохимикаты	химические вещества, существующие в природе или идентичные таковым. В качестве примера могут выступать гормоны, феромоны и энзимы. Биохимикаты применяют в качестве нетоксичных пестицидов, обладающих несмертельным действием – отпугивающих насекомых, нарушающих процесс их спаривания или подавляющих их рост.
биоразлагаемый	вещество или материал, который может быть разрушен микроорганизмами физическим или химическим путем. Например, к биоразлагаемым относятся многие химикаты, остатки пищи, хлопок, шерсть, бумага.
биологическое разнообразие	число и разнообразие видов живых организмов в экологических комплексах их естественного обитания. Организация живых организмов протекает на разных уровнях, от цельных экосистем до биохимических структур - молекулярной основы наследственности. Таким образом, данный термин объединяет совокупность различных экосистем, видов и генетический материал, необходимый для нормального существования окружающей среды. Большое число видов можно охарактеризовать с позиции пищевых цепей и взаимосвязей хищник – жертва.
бисквит (утиль)	(1) обожженная, но еще не покрытая глазурью керамика. (2) данный термин, в значении «не покрытый глазурью», входит в состав сложных понятий, в частности «бисквитный (утильный) обжиг».

БПК	биохимическая потребность в кислороде: количество растворенного в воде кислорода, необходимого микроорганизмам для разложения органических веществ. Единица измерения - мг O ₂ /л. В странах Европы БПК, как правило, определяют за 3 (БПК ₃), 5 (БПК ₅) или 7 (БПК ₇) суток.
-----	--

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
body (русский эквивалент не используется)	(1) подготовленная для формования керамических изделий смесь сырьевых материалов. (2) внутренняя часть гончарного изделия, в отличие от глазури.
СД НДТ	справочный документ по НДТ.
ВТЕХ (русский эквивалент не используется)	бензол, толуол, этилбензол, ксилол.
ВТХ (русский эквивалент не используется)	бензол, толуол, ксилол.
кальцит	кристаллическая модификация карбоната кальция.
кассета	огнеприпас особой формы, например, для опоры черепицы в ходе обжига.
СЕН	Европейский комитет по стандартам.
керамика	как правило, термином «керамика» (керамические изделия) обозначают неорганические материалы (с некоторым содержанием органических веществ), которые состоят из неметаллических соединений и которым придана твердость путем обжига.
мел	аморфная модификация карбоната кальция.
глина	природный материал, характерной особенностью которого являются пластичность как непосредственно после добычи из карьера, так и после помола и затворения водой.
ХПК	химическая потребность в кислороде: количество бихромата калия, в пересчете на кислород, необходимое для химического окисления при температуре около 150 °С содержащихся в сточных водах веществ.
воздействие на различные компоненты окружающей среды (cross-media effects)	оценка влияния на окружающую среду выбросов в воздух, сбросов в водные объекты и отходов, потребления энергии, воды и сырья, образования шума (т. е., всех аспектов, упомянутых в Директиве КПКЗ).
dH (градусы жесткости)	единица измерения жесткости воды. 1 dH соответствует 1 части оксида кальция (CaO) или 0,719 частей оксида магния (MgO) на 100 000 частей воды. 1 dH = 0,179 ммоль/дм ³ .
неорганизованные выбросы	выбросы, которые происходят при непосредственном контакте летучих и тонкодисперсных веществ с окружающей средой (при обычных условиях эксплуатации, с атмосферой). Причины образования неорганизованных выбросов: - особенности конструкции оборудования (фильтров, сушилок и др.); - условия эксплуатации (например, при передаче материала между емкостями); - характер эксплуатации (например, техническое обслуживание); - постепенный сброс в другие виды носителей (в охлаждающую воду, в сточные воды). Одним из видов неорганизованных выбросов является поступление загрязняющих веществ в атмосферу вне системы дымовых труб (выбросы через неплотности).
неорганизованные источники	многочисленные источники неорганизованных или прямых выбросов, распределенные на некоторой территории.
DN	номинальная ширина.
доломит	сорт известняка, в котором карбонатная фракция представлена преимущественно минералом доломитом (карбонатом магния-кальция, CaMg(CO ₃)).

DS	сухое вещество (содержание). Масса материала после сушки по стандартной методике.
EC50	эффективная концентрация 50. Такая концентрация действующего вещества, в которой оно при введении единичной дозы оказывает воздействие на 50 % опытной группы, куда входит обездвиживание дафний, угнетение роста, деления клеток или образования биомассы либо подавление образования хлорофилла водорослями.
выброс или сброс (effluent)	физическая текучая среда (воздух или вода, содержащие загрязняющие вещества), образующая выброс или сброс в окружающую среду.
EIPPCB	Европейское Бюро по КПКЗ.
Эмиссии: выбросы, сбросы, отходы, шум, вибрация и пр. (emission)	прямое или не прямое попадание различных веществ, вибрации, тепла или шума из сосредоточенного (individual) или неорганизованного источника на производстве в воздух, в водные объекты или на почву.
предельные показатели выбросов (emission limit values)	та концентрация, выраженная в удельных величинах масса или уровень выбросов, превышать которые однократно или многократно не разрешается.

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
технология «на конце трубы» end-of-pipe technique	метод, который позволяет снизить конечный уровень выбросов или потребления за счет некоторого дополнительного процесса, однако не затрагивает главную технологическую операцию основного. Синонимы: «вторичный метод», «способ снижения». Антонимы: «прием, интегрированный в технологический процесс», «первичный метод» (метод, который позволяет снизить конечный уровень выбросов или потребления путем некоторого изменения основного технологического процесса).
Ангоб	покрытие из белого или окрашенного шликера, наносимое на пористую керамическую заготовку для улучшения ее внешнего вида.
ESP	электрофильтр.
эвтрофикация	загрязнение водного объекта смываемыми с почвы удобрениями, бытовыми и промышленными сточными водами (неорганическими нитратами и фосфатами). Эти соединения способствуют росту водорослей, что вызывает снижение содержания в воде кислорода и приводит к гибели организмов, имеющих в нем высокую потребность.
существующее предприятие (установка)	производственная площадка, эксплуатируемая или, в соответствии с действовавшим до момента введения в действие Директивы КПКЗ законодательством, авторизованная или заявленная для авторизации в компетентных органах в случае, если запуск площадки в эксплуатацию состоится не позднее года от даты введения Директивы в действие.
обжиг	процесс термической обработки керамических изделий в печи для формирования стеклообразной или кристаллической связи и придания изделиям присущих керамическому материалу свойств.
дымовые газы (flue-gas)	отходящие газы из процесса обжига / сгорания.
плавень	вещество, которое даже в малых количествах снижает температуру плавления того материала, в котором содержится (щелочи в глинах) или в который введено искусственно (бура в глазурях).
фритта	керамическая шихта, расплавленная, отлитая в форме стекла и гранулированная.
мазут EL	мазут марки экстра лайт
неорганизованные выбросы/сбросы, утечки через неплотности (fugitive emission)	выбросы, причиной которых являются негерметичность или утечки из оборудования: выбросы в воздух, обусловленные постепенной утратой герметичности агрегатом, предназначенным для содержания текучей среды (жидкой или газообразной), что, как правило, вызвано перепадом давления и приводит к утечке. Пример подобных выбросов: утечки из фланцев, насосов, герметизированного или уплотненного

	оборудования и др.
ВВП	валовый внутренний продукт.
ГДж	гигаджоуль.
стекло	твердое тело, в котором отсутствует дальний порядок в расположении атомов.
глазурь	тонкий стеклообразный слой, образующийся на поверхности керамического изделия при обжиге нанесенного покрытия.
политой	этот термин, в значении «покрытый глазурью», входит в состав сложных понятий, в частности «политое изделие» или «политой обжиг».
сырец	отформованные керамические изделия, не подвергнутые ни сушке, ни обжигу.
НФО	тяжелый мазут.
ГПа	гектопаскаль.
ФОИ	Форум по обмену информацией (неформальный консультативный орган в рамках Директивы КПКЗ).
immission (русский эквивалент не используется)	наличие и уровень содержания загрязняющего вещества, запаха или шума в окружающей среде.

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
установка (installation); в русском варианте, как правило, используется термин «предприятие».	стационарная техническая единица, на которой реализуется один или более видов деятельности, перечисленных в Приложении I к Директиве КПКЗ, а также любые другие напрямую связанные с этим виды деятельности, которые имеют техническое отношение к реализуемым на данной площадке видам деятельности и могут оказать влияние на уровень выбросов и загрязнения.
КПКЗ	комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды.
I-TEQ	диоксин/фурановый эквивалент токсичности.
К	кельвин ($0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$).
Каолин	название произведено от китайского «Као-Лин», горного хребта, где была впервые обнаружена беложгущаяся глина (также известная как белая, или китайская).
ккал	килокалория ($1\text{ ккал} = 4,19\text{ кДж}$).
Печь	высокотемпературная установка для обжига керамических изделий.
Объем печи	Объем рабочей части печи.
огнеприпас	общий термин для описания изделий из огнеупорного материала, применяемых для опоры и поддержки керамических изделий в ходе обжига («печной припас»).
лицевой кирпич	вид строительного кирпича, который может по качеству относиться как к клинкерному, так и к лицевому сортам кирпича и отличается низким водопоглощением и высокой прочностью на сжатие.
кВт·ч	киловатт-час ($1\text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3600\text{ кДж} = 3,6\text{ МДж}$).
LAS	цепочечный алкилбензилсульфонат.
LC50 (ЛК ₅₀)	летальная концентрация 50. Наименьшее содержание вещества в воде или в спокойном воздухе, в миллиграммах на литр, достаточное для того, чтобы вызвать гибель 50 % опытной группы животных в заданный промежуток времени (96 ч для рыб, 48 ч для дафний).
LD50 (ЛД ₅₀)	летальная доза 50. Наименьшая доза испытываемого вещества, введение которой подопытным мышам или крысам достаточно для того, чтобы вызвать гибель 50 % опытной группы в заданный промежуток времени (не более 14 сут.), выраженная в миллиграммах

	на килограмм массы тела животного.
известняк	порода, состоящая главным образом из CaCO_3 ; применяется либо в виде карбоната кальция, либо как сырье для получения в процессе декарбонизации негашеной извести (оксида кальция) и, путем ее гидратации, гашеной извести (гидроксида кальция).
LNG (русский эквивалент не используется)	сжиженный природный газ (сжатый газ).
LOEC	наименьшая наблюдаемая эффективная концентрация. Самая низкая экспериментально установленная концентрация испытываемого вещества, в которой оно оказывает наблюдаемое неблагоприятное действие.
LPG (русский эквивалент не используется)	сжиженный нефтяной газ (сжиженный газ).
LWA (русский эквивалент не используется)	легковесная вспученная глиняная гранула: вспученная глиняная гранула, полученная путем резкого нагрева соответствующих глин во вращающейся или в обжиговой печи (sinter-hearth).
$\text{м}^3/\text{ч}$	объемный расход: если в документе не указано иначе, объемный расход приведен для 18 об. % кислорода и нормальных условий.
магнезия	оксид магния (MgO).
магнезит	карбонат магния (MgCO_3).
$\text{мг}/\text{м}^3$	концентрация: если в документе не указано иначе, концентрации газообразных веществ или их смесей приведены для сухих дымовых газов при содержании кислорода 18 об. % и нормальных условий, концентрации бензола - при содержании кислорода 15 об. % и нормальных условий.
МДж	мегаджоуль (1 МДж = 1000 кДж = 10^6 Дж).
мониторинг	процесс, цель которого – определить истинное значение и отклонения выбросов или иных параметров посредством систематического, периодического или однократного наблюдения, контроля, отбора и исследования проб и иных методик оценки, предназначенных для получения информации о количестве и характере выбросов загрязняющих веществ.
МПа	мегапаскаль.

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
multi-media effects	см. «воздействие на различные компоненты окружающей среды».
n/a	не применяется.
n.a.	отсутствует.
Нафтенy	углеводороды, в состав которых входит одно или более насыщенных колец из 5 или 6 атомов углерода, к которым присоединены парафиновые цепочки (прил: нафтенowy).
n/d	нет данных.
N-Kj	азот по методу Кьельдаля.
нм^3	нормальный кубический метр (273 К, 101,3 кПа).
NOAC	концентрация острого эффекта не наблюдается.
NOEC	эффективная концентрация не наблюдается.
отходящие газы	общий термин для описания газов или воздуха, высвобождаемого в процессе горения или в процессах экстракции при умеренных температурах.

оператор	любое физическое или юридическое лицо, осуществляющее эксплуатацию или контроль предприятия, либо, там, где это предусмотрено национальным законодательством, лицо, которому делегированы полномочия по принятию экономически обоснованных решений о техническом функционировании предприятия.
взвешенные частицы	пыль.
pH	обозначение кислотности или основности раствора. Величина, равная десятичному логарифму обратной концентрации ионов водорода в водном растворе.
загрязняющее вещество	самостоятельное вещество или комбинация веществ, способные нанести ущерб или оказать воздействие на окружающую среду.
гончарные изделия	этот термин, как правило, применяют для обозначения домашней утвари из керамики.
ppm	части на миллион (концентрация).
первичная мера / технология primary measure/technique	метод, применение которого ведет к некоторому изменению основного технологического процесса, в результате чего происходит снижение конечного уровня выбросов или потребления (см. «технология "на конце трубы"»).
ПТФЭ	политетрафторэтилен (Teflon).
об/мин	обороты в минуту.
вторичная мера / технология secondary measure/technique	см. «технология "на конце трубы"».
плотность садки	масса обжигаемых заготовок в рабочем пространстве печи без учета огнеприпаса, отнесенная к общему рабочему объему печи.
спекание	общий термин для описания процесса уплотнения порошковой заготовки при нагревании с образованием поликристаллического тела.
шликер	водная суспензия глины и/или иных керамических материалов.
шлам	суспензия со сравнительно высоким содержанием твердой фазы.
SME (small and medium enterprise(s))	малый и средний бизнес
сорбция	процесс, при котором одно вещество захватывается или удерживается другим за счет ад- или абсорбции.
удельные выбросы	уровень выбросов, отнесенный к некоей величине, например, производственной мощности или реальному объему производства (масса на тонну или на единицу продукции).
SS	взвешенные вещества (содержание, в воде) (тж. см. TSS).
нормальные условия	температура 273 К и давление 101,3 кПа.
ТДж	тераджоуль.
TOC (total organic carbon)	суммарное содержание углерода в органических веществах.
TS (total solids)	общее содержание твердой фазы. Содержание твердой фазы до сушки материала.
TSS (total suspended solids)	суммарные взвешенные вещества (содержание, в воде) (тж. см. TS).
ТРГ	техническая рабочая группа.
остеклованный, витрифицированный	этот термин, в значении остеклованный, служит для обозначения керамических изделий, низкое значение пористости в которых достигнуто за счет образования большого количества стеклофазы (в отличие от спекания).
витрификация	прогрессирующее частичное плавление глины или формовочной массы в результате обжига.

ТЕРМИН	ЗНАЧЕНИЕ
ЛОС	летучие органические соединения.
об. %	объемное содержание, %.
Вт/(м·К)	теплопроводность.

мас. %	массовое содержание, %.
<input type="checkbox"/> г	микрограмм.
<input type="checkbox"/> См	микросименс.

ХИМИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ

Al...Алюминий	H ₂ O...Вода	PbO...Оксид свинца
Al ₂ O ₃ ...Оксид алюминия	HCl...Хлороводород	Pr...Празеодим
BaO...Оксид бария	HCN...Цианистоводородная кислота	Pt...Платина
BN...Нитрид бора	HF...Фтороводород	Rh...Родий
Ca...Кальций	K ₂ O...Оксид калия	S...Сера
Ca(OH) ₂ ...Гидроксид кальция	MgCO ₃ ...Карбонат магния	Sb...Сурьма
CaCl ₂ ...Хлорид кальция	MgO...Оксид магния	Si...Кремний
CaCO ₃ ...Карбонат кальция	Mn...Марганец	SiC...Карбид кремния
CaF ₂ ...Фторид кальция	Mo...Молибден	SiO ₂ ...Диоксид кремния
CaO...Оксид кальция	Na ₂ CO ₃ ...Карбонат натрия	Sn...Олово
CaSO ₃ ...Сульфит кальция	Na ₂ O...Оксид натрия	SO ₂ ...Диоксид серы
CaSO ₄ ...Сульфат кальция	Na ₂ SO ₃ ...Сульфит натрия	SO ₃ ...Триоксид серы
Cd...Кадмий	NaCl...Хлорид натрия	SO _x ...Оксиды серы
Ce...Церий	NaF...Фторид натрия	Ti...Титан
Co...Кобальт	NaHCO ₃ ...Гидрокарбонат натрия	TiN...Нитрид титана
CO...Монооксид углерода	NaOH...Гидроксид натрия	TiO ₂ ...Диоксид титана
CO ₂ ...Диоксид углерода	NH ₃ ...Аммиак	V...Ванадий
Cr...Хром	Ni...Никель	W...Вольфрам
Cu...Медь	NO ₂ ...Диоксид азота	WB ₂ ...Диборид вольфрама
F...Фтор	NO _x ...Оксиды азота	Zn...Цинк
Fe...Железо	O ₂ ...Кислород	Zr...Цирконий
Fe ₂ O ₃ ...Оксид железа	Pb...Свинец	ZrO ₂ ...Диоксид циркония