Кирпич и черепица

Brick and Tile Industry International

Russia 2/2014

www.zi-online.info

bauverlag
We give ideas room to develop

Selective Picking!

All about process logistics in every Zi.

Zi Brick and Tile Industry International

GET IT NOW!

Test 2 issues at the reduced price of

JUST € 40,–

VAT and shipping included
(instead of € 58,– regular price)

Zi, the international trade magazine for the clay brick and tile, ceramic building materials, refractories and vitrified clay pipe industries.

- Interesting reports on plants and installations
- Interviews
- News from the industry
- Product innovations and much more

ORDER YOUR TRIAL SUBSCRIPTION NOW!

www.zi-online.info/order · +49 5241 8090884

Дорогие читатели!

В новом номере нашего журнала мы поднимаем большой круг проблем, относящихся к производству и использованию кирпича.

Вилли Бендер представляет развитие кирпичного станка от пресса до высокопроизводительного экструдера на примере немецкой фирмы Händle, специализирующейся на производстве машин и установок. Продолжение этой обзорной статьи, публикуемой нами частями, читайте в следующих номерах журнала «Кирпич».

Несколько специальных статей посвящены теме сырья. Александр Эппнер и Ульрих Пальцер рассматривают возможности оценки технологических свойств сырья для керамики по вещественному анализу на основе накопившегося фонда данных. Регина Фогт и Аня Татарин дают обзор свойств и воздействий часто встречающихся известковых и карбонатных включений.

Михаэль Руппик в своей статье, которая тоже публикуется нами с продолжением, обобщенно описывает происходящие в процессе обжига реакции, обусловленные характеристиками сырья и могущие приводить к возникновению дефектов в изделиях. Эффективность использования ресурсов, повторное использование сырья, замкнутый круговорот веществ – таковы новые требования, с которыми кирпичная промышленность столкнется в ближайшие годы. Герхард Кох рассматривает сложившиеся в этой области правовые условия, представляет обзор ведущихся исследований и информирует читателя о предпосылках эффективной обработки отходов для вторичного использования в кирпичной промышленности.

В качестве образца кирпичной архитектуры мы представляем сказочный замок, построенный для детей в совхозе имени Ленина, – комплекс зданий с многочисленными башенками, с разноцветными узорами, словно с конфетных оберток, по фасаду и крыше.

В рубрике «Портреты фирм» производители машин и установок представляют свой ассортимент оборудования для кирпичного производства с указанием сфер применения.

Надеемся, что чтение будет для вас интересным!

Ваша
Анетт Фишер
Zi Ziegelindustrie International

Содержание

3 **Международные новости**

5 **От кирпичного пресса до высокопроизводительного экструдера – 120 лет экструзионной техники Händle**
дипл. инж. Вилли Бендер

15 **Оценка технологических свойств сырья для керамики по его минералогии**
дипл. инж. Александр Эппнер,
д-р технических наук Ульрих Пальцер

21 **Известковые дутики и высолы извести и гипса на грубокерамических изделиях**
дипл. инж. Регина Фогт, д.т.н. Аня Татарин

29 **Причины дефектов в процессе обжига и способы их предотвращения Часть 1. Реакции в зоне нагрева до 500 °C, зависимые от диффузии**
дипл. инж. Михаэль Руппик

37 **Проблема вторичной переработки в кирпичной промышленности**
дипл. инж. Герхард Кох

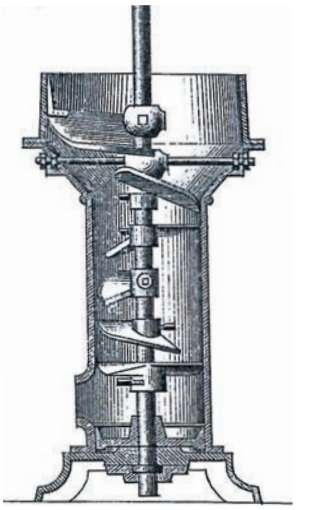
41 **Детский сад совхоза имени Ленина – сказочный замок для детей**

44 **Кладка из U-образного кирпича для взыскательных архитектурных проектов**

46 **Портреты фирм**

50 **Международные новости**

5 Почти ни одна из технологий формования керамического материала не является настолько высокопроизводительной и универсальной в применении, как методы струйного формования или экструзии. Особое же промышленное значение в формовании пластичных рабочих шихт приобрел шнековый пресс. Для сыпучих сухих масс и литьевого шликера были изобретены свои технологии струйного формования. Интересная история струйного формования керамики как в зеркале отразилась в развитии экструзионной техники фирмы Händle на протяжении последних 120 лет.



37 Эффективность использования ресурсов, вторичная переработка, замкнутый круговорот веществ – в ближайшие годы кирпичная промышленность столкнется с этими требованиями. Статья рассматривает нормативно-правовую базу, дает обзор научно-исследовательской деятельности в этой области и информирует о необходимых условиях для успешного внедрения технологий вторичной переработки в кирпичной промышленности.

Титульная страница
Переходы от светло-бежевого к темно-коричневому оживляют этот клинкерный фасад с точным рисунком швов. Проект выиграл на конкурсе «austrian brick and roof award 13/14» в категории «Оформление фасадов кирпичом и клинкером». Архитектор – д-р архитектуры Кристиан Ленц.

Фото: Норберт Проммер.

bauverlag
We give ideas room to develop

Кирпич и черепица
ZI – Ziegelindustrie International
Brick and Tile Industry International

Bauverlag BV GmbH
Avenwedder Straße 55
33311 Gütersloh
Germany
www.bauverlag.de
www.zi-online.info

Управляющий директор
Карл-Хайнц Мюллер
(Karl-Heinz Müller)

Главный редактор
Дипл. инж. Анетт Фишер
(Dipl.-Ing. Anett Fischer)
Тел.: +49 5241 8089 264
E-Mail: anett.fischer@bauverlag.de

Директор по рекламе
Инго Вандерс (Ingo Wanders)
Тел.: +49 5241 8041 973
Факс: +49 5241 8064 973
E-Mail: ingo.wanders@bauverlag.de

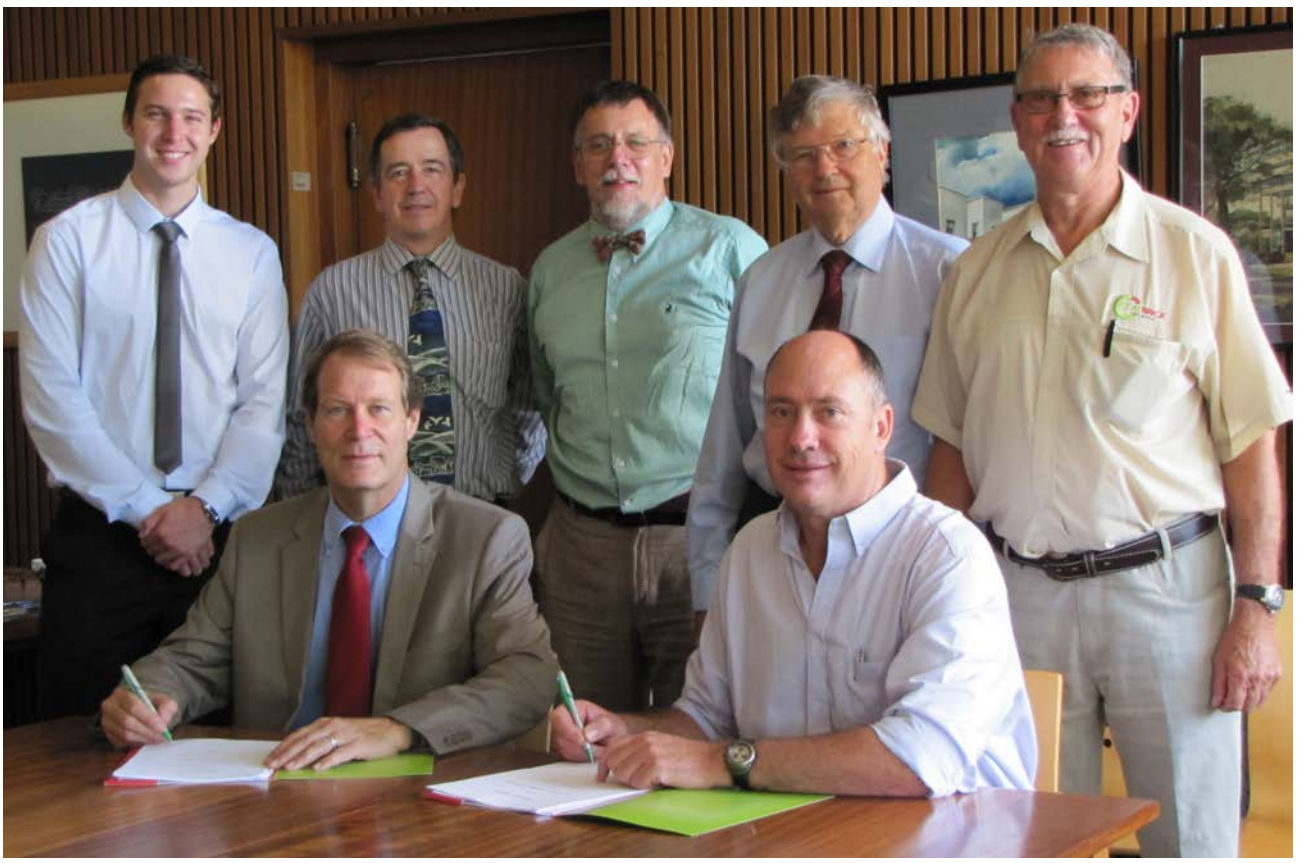
Перевод, верстка и печать
MedienTransfer Verlag
Humburg Media Group, Bremen
www.humburg.de

Арт-директор
Николай Соколов
Тел.: +49 177 496 5514
nikolai@kopfkraftwerk.de

Подписка на русское издание
Аркадий Альтшуль
Тел.: +49 421 427 9843
Факс: +49 421 427 9845
E-Mail: abo@hmg.de

Ассоциация производителей кирпича Южной Африки (ClayBrick)

Соглашение об основных положениях открывает путь исследованиям экологического баланса глиняного кирпича



» **1** Исследованием экологического баланса глиняного кирпича они намерены войти в историю отрасли: Нико Минье, технический председатель Ассоциации производителей кирпича, профессор Карел Беккер, декан архитектурного факультета Университета Претории (сидят, справа налево) вместе с Этом Кётци, руководителем Ассоциации ClayBrick, профессором Дитером Хольмом, координатором проекта профессором Питом Вослу, техническим консультантом Говардом Харрисом и научным сотрудником Грегори Райсом (второй ряд, справа налево)

Подписание Соглашения об основных положениях между Ассоциацией производителей кирпича Южной Африки (ClayBrick.org) и архитектурным факультетом Университета Претории положило начало исследовательскому проекту, уникальному для Южной Африки по форме и масштабу.

Цель новаторского исследования под названием «Экологический баланс кладки из глиняного кирпича в Южной Африке» – проанализировать полный жизненный цикл глиняного кирпича от изготовления до повторной переработки. Впоследствии исследование будет опубликовано как признанная в мировом масштабе научно-исследовательская работа. Эт Кётци, руководитель Ассоциации ClayBrick, поясняет: «Лица, принимающие решения, при выборе строительных материалов все чаще руководствуются общественной потребностью в долговечности и экологичности. Поэтому наша цель – основываясь на актуальной, объективной и достоверной исследовательской работе, квалифицировать глиняный кирпич как экологичный строительный материал, в частности в условиях южно-африканского региона. Исходя из экологического баланса, мы сможем оценить влияние строения из глиняных кирпичей на окружающую среду — от производства материалов до строительства и всего периода эксплуатации. Среди прочего будет изучен расход энергии и воды, образующиеся парниковые газы и пригодность для вторичной переработки. По тепловым характеристикам каменная кладка из глиняного кирпича сравнивается с новейшими строительными конструкциями, например, облегченными металлическими каркасными стеновыми конструкциями».

Профессор Пит Вослу, координатор проекта в Университете Претории, добавляет: «С точки зрения университета, общая цель данного исследования – составление экологического баланса глиняного кирпича в соответствии с принятыми во всем мире стандартами».

Исследование экологического баланса глиняного кирпича проводится в два этапа. Первый этап включает в себя подробный экологический баланс с целью изучения влияния глиняного кирпича на окружающую среду от добычи сырья до изготовления, транспортировки, строительства на месте, а также в течение всего срока эксплуатации здания вплоть до сноса, утилизации и вторичной переработки.

На втором этапе проводится термическое испытание на модели, которое должно будет дать сравнительные данные тепловых характеристик каменной

кладки из глиняного кирпича и других стеновых конструкций. В качестве примеров для сравнения берется дом площадью 40 м², дом площадью 130 м² и небольшое офисное здание площадью ~2000 м². В сравнение стеновых конструкций включают:

- Двухслойную кирпичную кладку (неизолированную);
- Изолированную двухслойную кирпичную кладку;
- Облегченные металлические каркасные конструкции;
- Пустотелые бетонные блоки с сечением канала 140 мм;
- Деревянные каркасные конструкции из твердых древесноволокнистых плит.

Тепловые характеристики таких разных строительных конструкций исследуются в шести разных климатических зонах Южной Африки в соответствии с положениями действующих в стране строительных норм по энергоэффективности и использованию энергии SANS 10400XA.

Технический консультант Говард Харрис из компании Structatherm Projects объясняет: «Профессиональные строители и/или владельцы земельных участков, которые хотят быть в авангарде в вопросах экологичности, все чаще выбирают продукты, оставляющие «менее глубокие следы на планете». Как показывают международные исследования, по сравнению с такими промышленными системами, как сталь/алюминий, глиняный кирпич положительно характеризуется с точки зрения экологичности. Такие данные должны быть предоставлены профессиональным строителям, чтобы они увидели, в какой области можно и нужно внести улучшения». Кроме того, почву для размышлений дает новое законодательство и запланированное введение экологического сертификата. «Чрезвычайно важно получить точную картину того, где в спектре экологичного строительства находится глиняный кирпич», – добавляет Харрис.

Экологический баланс глиняного кирпича по объему и применяемому методу будет ориентироваться на экологический баланс, составленный компанией Energetics по заказу Thin Brick Australia, австралийской дочерней организации Ассоциации Clay Brick, для Австралии. Причина этому – схожесть климатических зон. Такая схожесть дает основания ожидать выявления в южноафриканском исследовании тенденций, схожих с экологическим балансом, составленным компанией Energetics Australia. «Дальнейшие сходства – интенсивность потребления электроэнергии, методы строительства и затраты на уголь и газ, примерно равные в Австралии и Южной Африке. Кроме того, в обеих странах поставщиков глиняного кирпича и фактические места застройки разделяют слишком большие расстояния», – говорит Харрис и добавляет: «В южноафриканском исследовании более подробно рассматриваются и социально-экономические аспекты, такие как создание рабочих мест в отрасли возведения каменной кладки и смежных профессиональные областях, что являются насущной необходимостью».

Значение отрасли как работодателя и экономические мультипликаторные эффекты такого развития ситуации исследуются в дополнение к экологическому балансу. Особого внимания заслуживает предоставление рабочих мест каменщикам, а также создание благосостояния в виде имущества. Экологический баланс будет представлять собой непрерывное исследование, так как развитие достигнутых оптимальных показателей продолжится.

«Для кирпичной промышленности это исследование означает, что мы, представляя свои продукты, особенно в сочетании с методами экологичного строительства, сможем соответствовать высоким требованиям и будем избавлены от каких-либо подозрений в «зеленом пиаре». Мы гордимся нашим партнерством с Университетом Претории и с радостью ожидаем начала работы с профессором Вослу и его командой, чтобы доказать экологичность глиняного кирпича с научной точки зрения», – поясняет Эт Кётци.

Clay Brick Association (claybrick.org)
www.claybrick.org.za

University of Pretoria, Department of Architecture
web.up.ac.za

ИНОВАЦИОННОЕ ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

VHV*

3085-186-87-002zrau

VHV Anlagenbau GmbH Dornierstraße 9 48477 Hörstel, Германия
Тел.: +49 (0) 5459/9338-0 info@vhv-anlagenbau.de www.vhv-anlagenbau.de

дипл. инж. Вилли Бендер

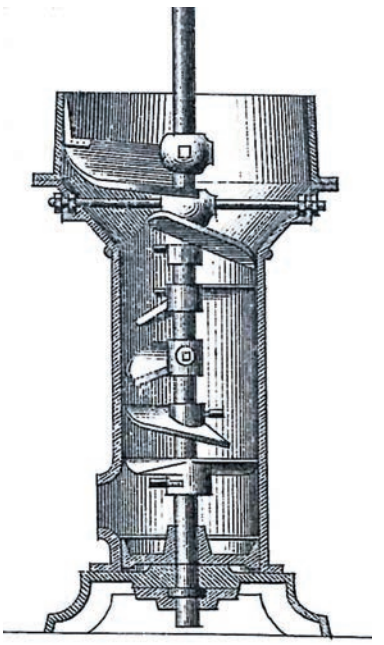
Лишь не забывая прошлого, можно стать мастером будущего
(китайская пословица)

От кирпичного пресса до высокопроизводительного экструдера – 120 лет экструзионной техники Händle

Почти ни одна из технологий формования керамического материала не является настолько высокопроизводительной и универсальной в применении, как методы струйного формования или экструзии. Особое же промышленное значение в формовании пластичных рабочих шихт приобрел шнековый пресс. Для сыпучих сухих масс и литьевого шликера были изобретены свои технологии струйного формования. Интересная история струйного формования керамики как в зеркале отразилась в развитии экструзионной техники фирмы Händle на протяжении последних 120 лет.

1 История струйного формования

Основная идея этой технологии формования, а именно образование непрерывной ленты нужного сечения и ее разрезание на заготовки нужного размера, известна с начала XVII века. Для реализации этой идеи существуют различные технические возможности, над решением которых работали многие мастера – к слову сказать, сначала без особого успеха. Все началось в 1619 году с изобретения ручного поршневого пресса, с помощью которого англичанин Джон Этерингтон производил кирпичные изделия. В 1643 году голландец Й. Й. Спекстрейфф создал глинорезательную машину, которая была названа глиномялкой и стала прародительницей технологии струйного формования с помощью шнеков. Она состояла из деревянной смесительной камеры со стационарными контрножами и ножевого вала. Один из первых валковых шнековых прессов был изобретен в 1830 году англичанином Эйнсли. Таким образом, ленточные прессы различных типов для формования керамических материалов были известны уже давно. Но лишь в 1854 году запатентованный «винт для пластичных масс» Карла Шликайзена, который он установил в вертикальную глиномялку с мундштуком, стал настоящим прорывом в механизации кирпичного производства (**»1**). Завод Шликайзена в Рикдорфе, что в окрестностях Берлина, стал первым предприятием кирпичного машиностроения в Германии.



» 1 Вертикальная глиномялка Шликайзена, 1854 год

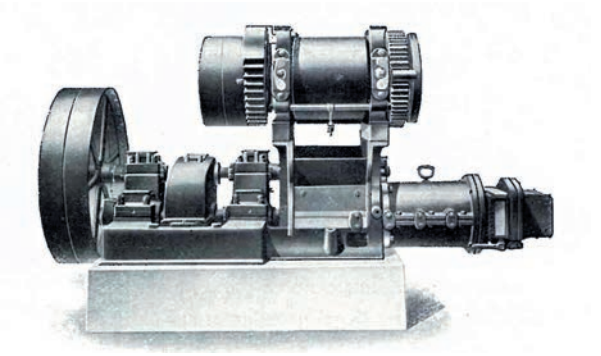
Итак, именно шнековые прессы привели к освоению производства станков для кирпичной промышленности. Стимулом для создания дополнительных заводов кирпичного оборудования стал разработанный в 1860 году горизонтальный шнековый пресс, который уже имел больше схожих характеристик с современным оборудованием.

Первые кирпичные прессы были уже довольно сложными устройствами. Тем не менее стремление превратить их в универсальные станки, которые не только формуют глину, но и обрабатывают ее, было ошибочным. Ассортимент продукции для отделочных машин, и в первую очередь для валковых и бегунковых дробилок, очень быстро развивался. В частности, именно сочетание шнекового пресса с установленной вверху валковой дробилкой было в течение долгого времени стандартным оборудованием небольших кирпичных заводов (**»2**). При этом проводилось различие между отделочными машинами, которые назывались «машинами для производства кирпича» и формовочными станками, известными как «кирпичные станки». Последние получили в англоязычных странах название «brick machines».

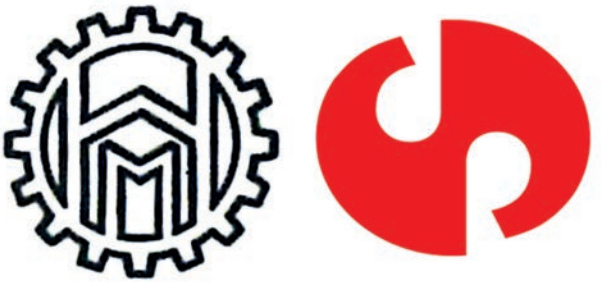
2 Начало создания экструдеров на Händle

На протяжении 20 лет Карл Хэндле ремонтировал оборудование кирпичных заводов в Мюльаккере и его округе, накапливая при этом бесценный опыт. И лишь в 1890 году он отважился на создание своего первого кирпичного пресса. Это был шнековый пресс с цилиндром Ø250 мм. Возникший как результат исключительно практических знаний и умений, этот пресс положил начало непрерывному совершенствованию и производству шнековых прессов и вакуумных агрегатов для керамической промышленности.

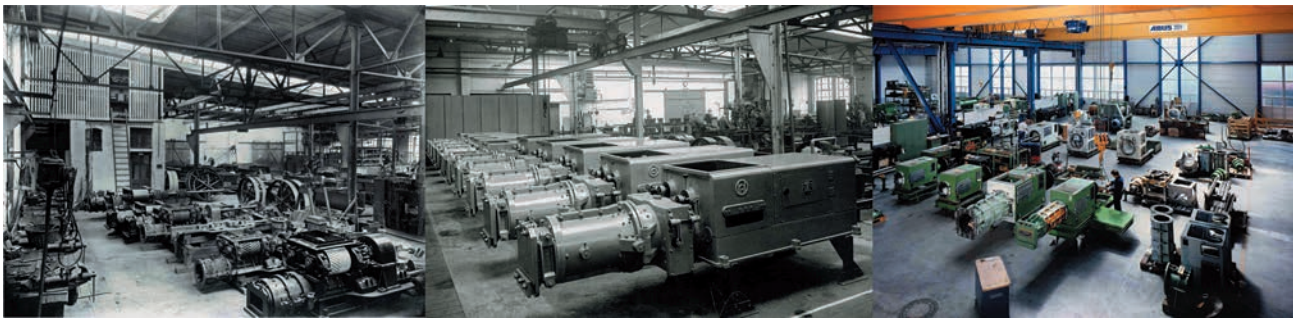
За эмпирическим опытом последовало инженерное проектирование, в рамках которого позже были проведены фундаментальные исследования. До создания пресса фирма Händle производила оборудование для различных отраслей промышленности. Однако после вы-



» **2** Горизонтальный шнековый пресс с валковой дробилкой вверху, 1900 год



» **3** Фирменный логотип Händle: с 1985 года стилизованный конический шнек заменил старинную шестеренку



» **4** Серийное производство экструдеров на заводе Händle в A) 1925, B) 1936, C) 1990

пуска пресса она начала специализироваться на создании станков для кирпичных заводов. Эта ранняя специализация является частью секрета успеха фирмы Händle. Производство экструдеров стало основной сферой деятельности фирмы Händle. А с 1985 года это нашло свое отражение и в фирменном логотипе – стилизованном шнеке экструдера (**»3**).

Когда фирма Händle создала свой первый шнековый пресс, в Германии работало около 16 производителей оборудования для кирпичных заводов (в 1900 году–20, а в 1925 году–25 производителей). Кроме того, функционировало около 17 тыс. кирпичных заводов, большинство из которых использовало технологию ручной формовки кирпичей и представляло собой огромный рынок сбыта для шнековых прессов. Так, в 1900 году две трети годового объема кирпичного производства в Германии, составлявшего 11 миллиардов штук, изготавливалось по методу ручной формовки. Для большинства машиностроительных заводов оборудование для кирпичной промышленности было лишь побочной продукцией, необходимой для участия на заманчивом рынке сбыта. При этом те немногие предприятия, которые специализировались на кирпичном машиностроении, имели явное превосходство. Их оборудование отвечало более высоким техническим требованиям и было лучшего качества. В результате они оказались в преимущественном положении как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

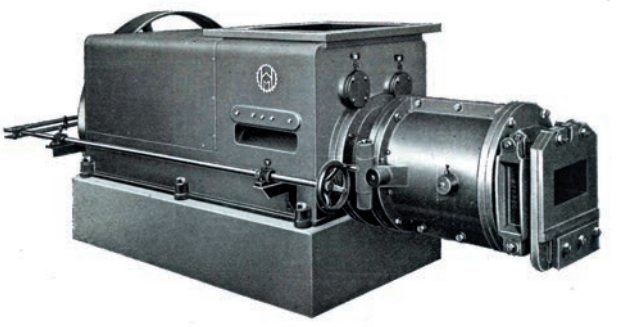
В 1912 году фирма Händle продала первый кирпичный пресс на экспорт в Италию. Первая мировая война приостановила экспортную деятельность, которая после 1920 года снова возобновилась в более крупных масштабах. С 1920 по 1938 год экспорт прессов составил около 20%, не только в Европу, но прежде всего в Южную Америку и Азию. Примечательным является ранний экспорт в Англию, Италию и Францию, потому что здесь также имелся опыт успешного производства оборудования для кирпичных заводов. После второй мировой войны доля экспорта постоянно росла на фоне уменьшения числа кирпичных заводов в Германии. Сегодня она составляет почти 90%. В большинстве стран, где производят кирпичную продукцию, работают и экструдеры фирмы Händle.

3 Экструдеры Händle, произведенные за 120 лет

Многообразие моделей шнековых экструдеров, произведенных до настоящего времени на фирме Händle, велико. В общей сложности этот объем насчитывает около 45 моделей прессов различной конструкции и размеров, а также многочисленных специальных модификаций. Точное число различных типов прессов на сегодняшний момент невозможно определить. Уже в 1925 году исследование конъюнктуры рынка фирмы Händle выявило девять различных моделей шнековых прессов, 13 разных форм рабочих цилиндров и девять видов головок пресса. Это многообразие объяснялось разной степенью пластичности отдельных видов глины и продукции.

На сегодняшний день фирма Händle произвела в общей сложности свыше 5,5 тыс. шнековых прессов как в единичном исполнении, так и в небольших партиях от 3 до 6 штук. А с 1960 года прессы выпускались преимущественно в сочетании с вакуумным смесителем (**»4**).

Одна линейка моделей производится в среднем 12 лет, пока ей на смену не приходит другая модификация. Были модели, которые присутствовали на рынке недолгое время и в ограниченном количестве. В это же



» **5** Шнековый пресс PZ 40/50–один из самых успешных типов пресса в период с 1960 по 1976 год

» Таблица 1 Некоторые типовые обозначения прессов производства фирмы Händle в процессе исторического развития

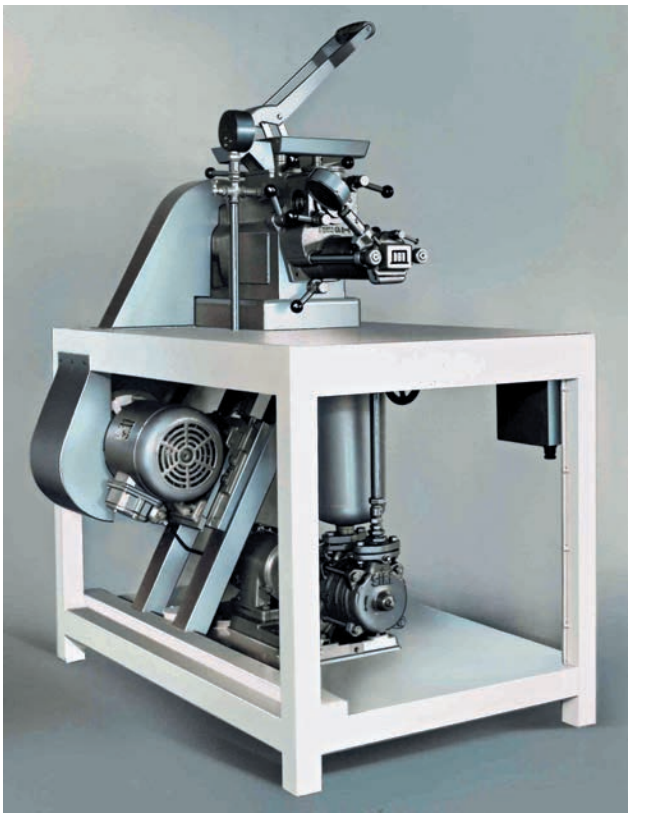
Обозначение типов	Период	Пояснения
без обозначения	1890-1908	Указан диаметр рабочего цилиндра пресса
0, 00, 01, 02	1908 – 1939 1925 – 1934	Одна или две арабские цифры
I, IA, II, IIA, IIB, IIC, III, IV	1908 – 1919 1920 – 1940	Римские цифры, частично в сочетании с заглавными буквами
PZV	1934 – 1950	Аббревиатура расшифровывается как Presse-Ziegel-Vakuum, то есть Пресс-Кирпич-Вакуум = вакуумный шнековый пресс
PZ	1940 – 1981	Аббревиатура расшифровывается как Presse Ziegel, то есть Пресс-Кирпич = шнековый пресс
PZVM	1938 – 1980	Аббревиатура расшифровывается как Presse-Ziegel-Vakuum-Mischer, то есть Пресс-Кирпич-Вакуум-Смеситель = шнековый пресс с вакуумным двухвальным смесителем = вакуумный агрегат
PZVA	1956 – 1967 1976 – 1993	Аббревиатура расшифровывается как Presse-Ziegel-Vakuum-Aggregat, то есть Пресс-Кирпич-Вакуум-Агрегат = компактный вакуумный агрегат (неразъемное соединение пресса и смесителя)
PZG	1978 – 2010	Аббревиатура расшифровывается как Presse-Ziegel-Getriebe, то есть Пресс-Кирпич-Редуктор = шнековый пресс с отдельным редуктором
E	с 1999 г.	Экструдер = шнековый пресс

время более удачные серии выпускались на протяжении почти 26 лет. Так один из самых успешных модельных рядов, шнековый пресс PZ40+45/50, выпускался с 1950 по 1976 год в количестве свыше 700 экземпляров (**»5**). Еще одним примером «долгожителя» является шнековый пресс PZ60f (диаметр цилиндра 450, 500, 560 и 600 мм), который выпускался до 1982 года, а в 1956 году был модернизирован и переименован в PZ60a. Буква «f» в названии указывает на то, что конструктивное исполнение пресса за эти годы было изменено коренным образом пять раз (**»6**). Исключительным примером долговременного использования одного типа пресса является лабораторный вакуумный агрегат, который появился на рынке в 1952 году под номером PZVM 8a. Сегодня, почти 60 лет спустя, его все еще производят как PZVM 8d (**»7**). В рамках этой статьи представляется возможным назвать лишь некоторые типы экструдеров и вакуумных агрегатов, которые были произведены в фирме Händle на протяжении 120 лет.

В **»таблице 1** можно увидеть, как на протяжении многих лет изменялись наименования типов и моделей прессов торговой марки Händle.

В 30-х годах двадцатого столетия некоторые прессы получили в рекламных целях имена собственные дополнительно к типовым обозначениям. Так известными стали модели «Gloria» (1930) и «Viktoria» (1934). Эту идею снова поддержали в 1970-х годах такими названиями, как «Compacta», «Universa» и «Futura».

» 6 Шнековый пресс PZ 60a-f в период с 1956 по 1982 год соответствовал современному уровню технического развития

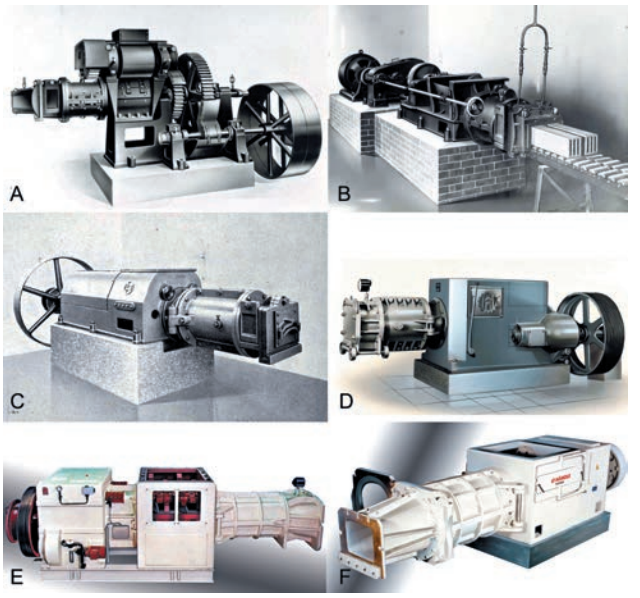


» 7 Первая модель лабораторного вакуумного агрегата PZVM 8a выпуска 1952 года

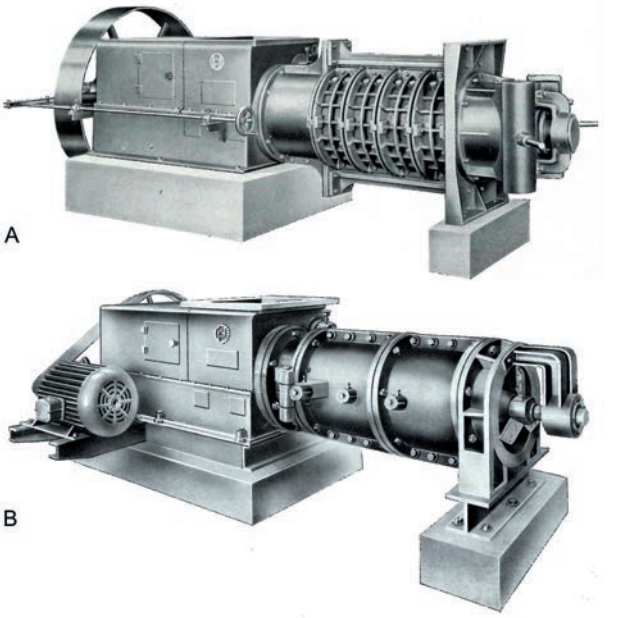
3.1 Шнековые прессы – экструдеры

В первом шнековом прессе фирмы Händle 1890 года выпуска был установлен цилиндр Ø 250 мм, трансмиссионный привод с рабочим и холостым шкивом, а промежуточный вал находился в подшипнике с кольцевой смазкой. Вал шнека приводился в действие чугунными шестернями с большими нешлифованными зубьями. Давление шнекового вала передавалось на опорную цапфу из закаленной стали. После первой мировой войны в прессах уже использовали стальные шестеренки с фрезерованными зубьями, которые работали в масляном картере. В 1974 году фирма Händle первая применила новый редуктор со шлифованными шестеренками из цементированной стали.

В 1910 году номенклатура изделий включала четыре кирпичных пресса: № 0A и 0B с цилиндром Ø 200 и 250 мм для кровельной черепицы и № I и II с цилиндром Ø 300 и 350 мм для кирпича. Впоследствии привычными стали прессы с постоянно увеличивающимся диаметром цилиндров. В зависимости от потребности и спроса ассортимент продукции расширялся. В 1995 году он соста-



» **8** 120-летняя история шнековых прессов и экструдеров: A) Кирпичный пресс № II, 1910, B) Универсальный кирпичный пресс IIB, 1925, C) Viktoria, 1940, D) PZ 45b, 1960, E) Universa, 1980, F) Futura, 2000



» **9** Модифицированные шнековые прессы, используемые в качестве подготовительного оборудования: A) глиноочистительная установка, B) глиномялка

» **Таблица 2** Усовершенствование параметров экструзионной техники с 1890 по 2010 год

Обозначение	Единицы	Технический уровень параметров			
		1910	1930	1970	201
Тип пресса	–	№ I	N IIC	PZ60f/56	E75a/75
Диаметр шнека	мм	300	400	560	750
Пропускная способность Q*	м³/ч	3,7	9,5	27,5	60
Скорость вращения шнекового вала	об/мин	8	16	25	29
Скорость выхода ленты	м/мин	1,7	4,4	12,6	27,5
Соотношение подачи материала	$Q_{эфф} : Q_{факт}$	0,3	0,35	0,4	0,5
Давление прессования	бар	8	12	20	25
Жесткость экструзии, значение пенетрометра	Н/мм²	0,08	0,10	0,15	0,20
Создание избыточного давления	бар/см	0,07	0,1	0,15	0,21
Расход энергии	(PS) кВт	(12) 8,8	(34) 25	(170) 125	(516) 380
Полезный момент вращения на шнековом валу	Нм	10700	15200	46700	84000

* для указанной скорости вращения шнекового вала
** теоретически для одной ленты монолитного брикета стандартного формата

вил 20 типоразмеров и достиг своего пика. А сегодня номенклатура изделий включает 12 модификаций экструдеров (**»8**).

Шнековые прессы в первую очередь предназначены для экструзии материала, но, кроме того, являются предварительной ступенью для последующего формования. Как, например, при вытягивании валюшек для изготовления прессованной кровельной черепицы или «скалок» для электрокерамики, а также непосредственно или в видоизмененной форме для приготовления шихты. В частности до 1965 года они входили в ассортимент продукции фирмы Händle как глиноочистительные установки или горизонтальные глиномялки трех типоразмеров с цилиндрами Ø 350, 450 и 600 мм (**»9**).

В зависимости от экструдируемого материала различают:

› прессы для строительных кирпичей и полых изделий
› ленточные прессы для кровельной черепицы
› прессы для «валюшек» и брикетов (пласты керамической массы для прессованной кровельной черепицы)
› плиточные прессы и рихтовочные плиты
› прессы для керамических труб
› пресс-гранулятор, например, для керамзита
› прессы для «скалок» из тонкой и технической керамики
› каталитические прессы для ячеистых и сотовых структур

Для экструзии всех указанных видов материала, а также для многих других, применяются экструдеры Händle. В **»таблице 2** представлено развитие экструзионной техники с учетом сравнения некоторых характеристик типичных для своего времени шнековых прессов.

3.2 Двухвальный экструдер

В 1994 году фирма Händle представила на рынке новый двухвальный экструдер. Он был специально разработан для экструзии широких плоских лент материала (прибл. 400 – 1200 мм шириной). Толщина ленты по сравнению с ее шириной незначительная, как это характерно, например, для габаритных стеновых и напольных плиток (**»11**).

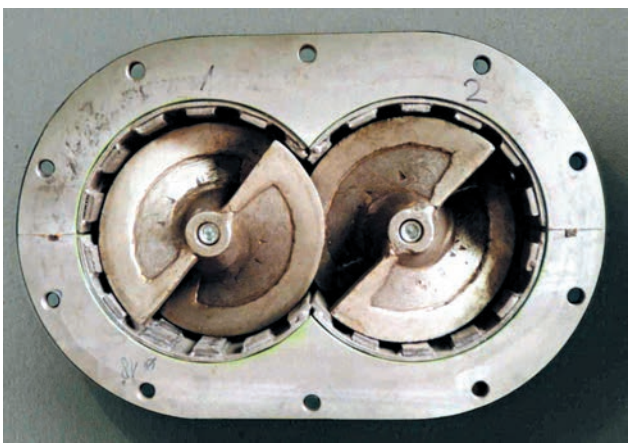
Чтобы производить их на экструдере с одним валом, необходимо выбрать диаметр шнека по ширине мундштука. При этом возможная пропускная способность мундштука существенно выше предусмотренной, в результате чего машина работает в неблагоприятных условиях. Возможные способы улучшения этих условий ис-

» 10 Вакуумные агрегаты для производства различных изделий: A) строительный кирпич, B) ленточная черепица, C) валюшка для прессованной черепицы, D) сплиттерная плита, E) керамическая труба, F) керамзитовые гранулы, G) сердечники изоляторов, H) сотовый элемент для катализаторов

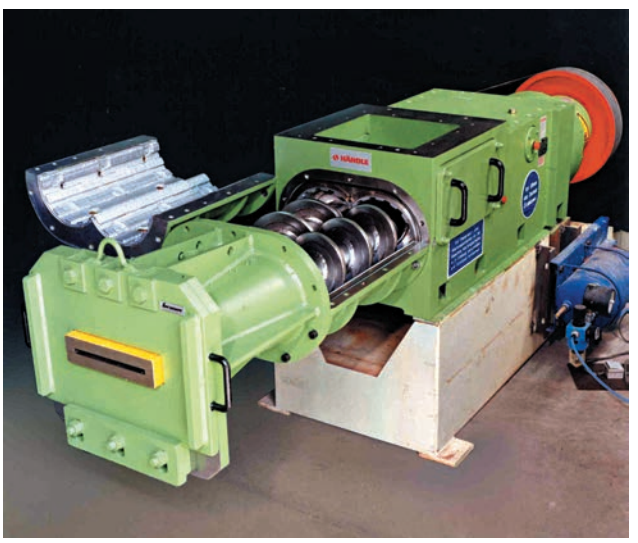
кали с помощью так называемой экструзии каландрирования для выдавливания сверхширокие стеновых и напольных плиток. Так для производства стеновых и напольных плиток шириной до 2 метров фирма Buchtal изучила все возможные методы вплоть до запатентованной технологии экструзии фирмы Händle с последующим каландрированием. Через несколько лет фирма Agrob изготовила по японской технологии плитки с аналогичными параметрами и снова был использован экструдер фирмы Händle с последующим каландрированием. Если по технологии фирмы Buchtal формование плитки производилось путем каландрирования плоской вытянутой ленты, то по японской методике сначала вытягивалась труба, которая после выхода из мундштука разрезалась, и затем также прокатывалась на каландре до широких пластин. Таким способом на экструдерах фирмы Händle изготавливают пластины толщиной до 1200 мм. Такая пластина экструдируется с учетом усадки изначально с круглым сечением Ø 415 мм на пресс с цилиндром Ø 400 мм.

Чтобы предложить более простое и оптимальное решение, фирма Händle разработала двухвальный экструдер со шнеками, вращающимися в противоположных направлениях (**»12**). Первым типом таких экструдеров была модель PZGD 25a/25 с двумя шнеками Ø 250 мм для давления прессования 30 бар и ширины ленты до 600 мм. После дальнейшего усовершенствования в 1997 году эта система включала два типоразмера PZGD 35a/25 и PZGD 45a/35. Диаметр шнеков составлял 2 × 250 мм и 2 × 350 мм. Каждый шнек рассчитан на давление прессования 40 бар, ширина ленты 800 и 1200 мм.

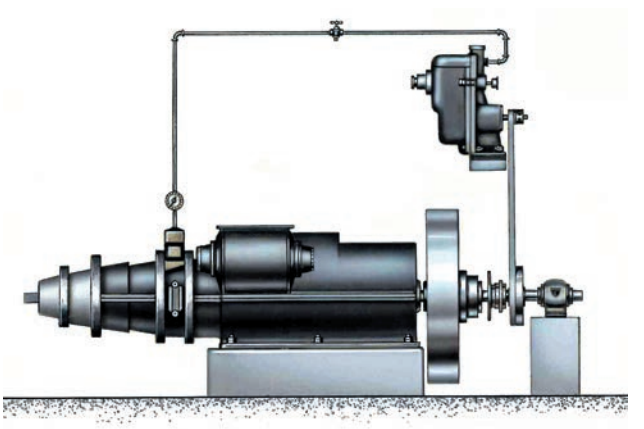
Широкое по горизонтали и узкое по вертикали выходное отверстие рабочего цилиндра пресса этого двухвального экструдера позволяет равномерно подавать материал по всей площади широкого плоского мундштука, не вызывая чрезмерные вертикальные деформации. Равномерная подача материала выравнивает продавливание ленты по всей ширине мундштука и приводит в итоге к меньшим нагрузкам в экструдированной ленте. Частично взаимопроникающие шнеки встречного вращения не закручивают рабочую шихту и поэтому на ленте не образуются низкие или высокие углы. Отсутствие скру-



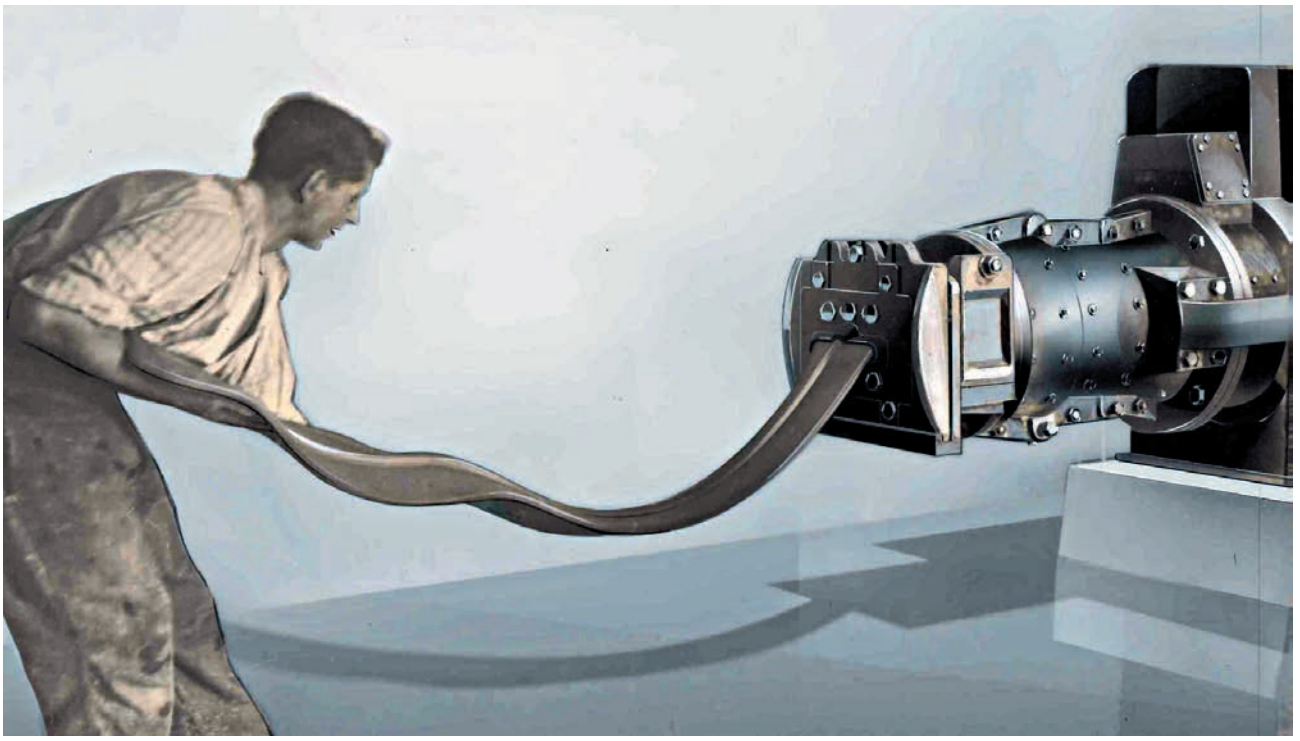
» 12 Два конических шнека двухвального экструдера



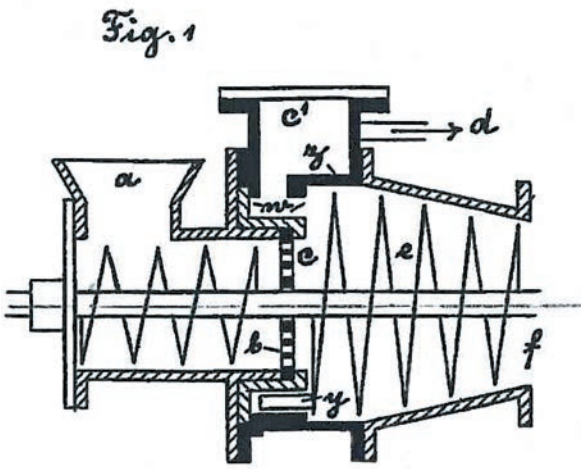
» 11 Двухвальный экструдер PZGD 35a



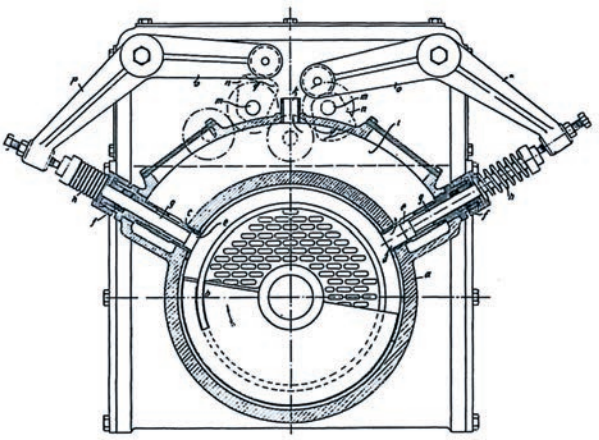
» 13 Первая дизайнерская и конструкторская разработка вакуумного пресса фирмы Händle, 1933 г.



» **14** Демонстрация повышения пластичности в результате вакуумирования



» **15** Рисунок 1 из патентного описания д-ра Дюрста



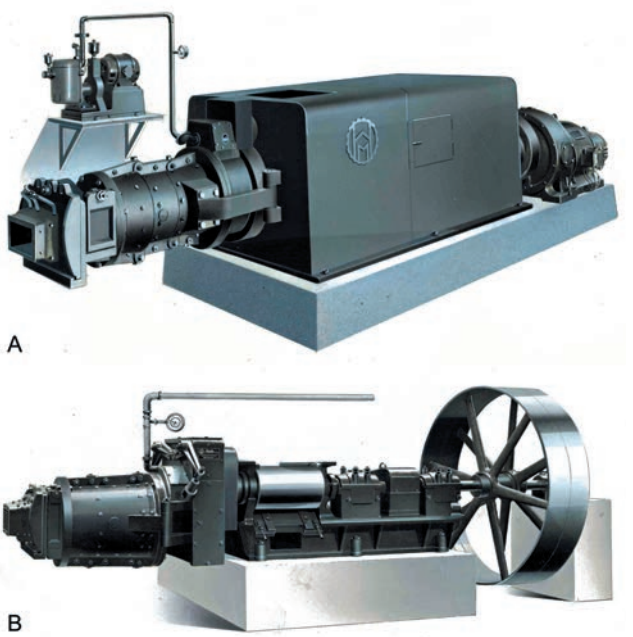
» **16** Разрез вакуумной камеры вакуумного пресса фирмы Händle

чиваемости ленты позволяет отказаться от контрножей и избежать возможных следов от разрезов. Кроме того, благодаря хорошей подаче материала не требуется дополнительное питающее оборудование и в результате минимизируется проблема сухих гранул.

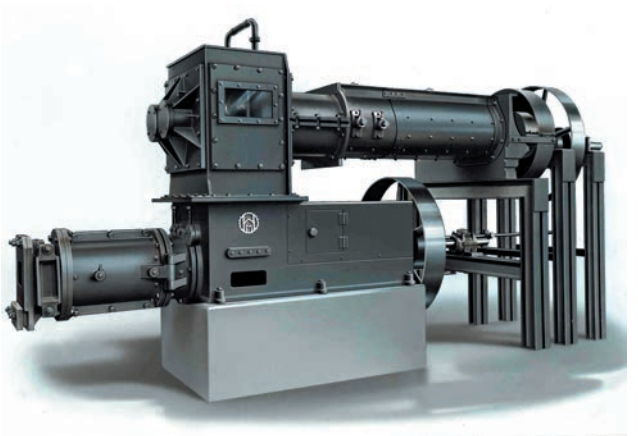
По желанию для экструдера можно предусмотреть горизонтальный или вертикальный предварительный вакуумный пресс.

3.3 Вакуумный пресс

Внедрение вакуумного прессования стало настоящим прорывом для экструзионной техники. Первый патент на «машину для откачивания воздуха» получил в 1902 году инженер Р. Х. Стейли из Чикаго. В 1923 году в США появились уже достаточно качественные вакуумные прессы. Как ни странно, в Европе это изобретение оставалось долгое время незамеченным. И лишь в начале 1930-х годов описание американской технологии было опубликовано в Европе, и этот метод стал известным. Все известные производители кирпичного оборудования, и среди них также фирма Händle, сразу же подхватили эту методику. С 1934 года они почти одновременно вывели на ры-



» **17** A) Вакуумный пресс PZV, B) Вакуумный пресс тип 02



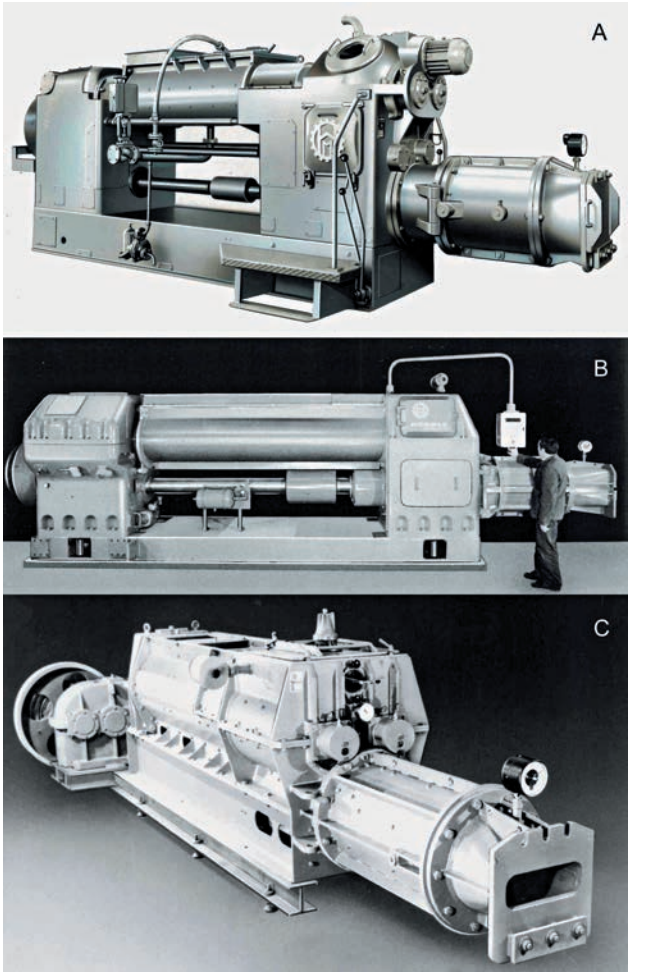
» **18** Первый вакуумный агрегат фирмы Händle, 1937 год, Тип PZVM 45/38

нок вакуумные прессы, причем каждый утверждал, что был первопроходцем (**»13**).

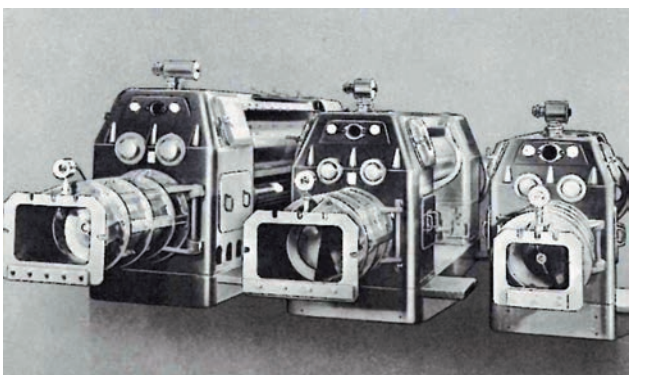
Вакуумный пресс имел колоссальный успех. Даже самые опытные специалисты поражались тем изменениям, которые претерпевали рабочие шихты с тем же составом, что и раньше, но в результате деаэрации. Ранее жесткая шихта становилась пластичной, как резина (**»14**).

Вакуумная камера в одноосном вакуумном прессе расположена между загрузочным бункером и рабочим цилиндром пресса. Фирма Händle, как и многие другие производители, использовала сначала патент по вакуумированию глины, полученный в 1932 году швейцарским инженером д-ром О. Дюрстом из Листаля.

Однако нужны были собственные разработки, чтобы создать вакуумный пресс для серийного производства (**»15**). Позже добавились патенты фирмы Händle, которые помимо прочего касались модернизации разделительного устройства и могли бы предотвратить засорение вакуумной камеры. Вакуумный пресс PZV, созданный в 1934 году, работал с предварительным и дополнительным прессованием. Шнек в загрузочном бункере продавливал материал через сито дробилки в вакуумную камеру. В процессе создания вакуума оба деаэрационных клапана срабатывали таким образом, чтобы при проскальзывании лопасти шнека один клапан был закрыт, а противолежащий клапан был открыт для откачивания воздуха (**»16**). В 1935 году программа поставки включала уже семь типоразмеров оборудования с рабочим цилиндром пресса Ø300-600 мм (**»17**). Вакуумная установка производства Händle была спроектирована таким образом, чтобы можно было доукомплектовать любой существующий обычный шнековый пресс, в том числе и других производителей. Так в 1939 году переоборудование обычного пресса с цилиндром Ø450 мм в вакуумный пресс стоило 2800 рейхсмарок без учета вакуумного насоса. Несмотря на то, что вакуумные прессы в целом хорошо работали, проблема засорения воздушного эжектора была решена не в полном объеме. Невозможно было полностью предотвратить закупорку, обратный напор и в результате этого неравномерную интенсивность деаэрации. Поэтому с 1936 года фирма Händle занялась разработкой так называемого вакуумного агрегата. Тем не менее фирма Händle производила вакуумные прессы вплоть до 1958 года. Кстати, старейшим шнековым прессом марки Händle, известным тем, что проработал свыше 60 лет и все еще эксплуатировался в 2010 году, является вакуумный пресс PZV 45/49, который был выпущен 13 февраля 1947 года.



» **19** Компактный агрегат фирмы Händle, A) Тип PZVA 40 + 45, 1953, B) Compacta PZVA 70a, 1986, C) Compacta, PZVAG, упрощенный вариант, 1990 г.



» **20** Серия Compacta, слева направо: PZVA 70a, PZVA 60a, PZVA 50a

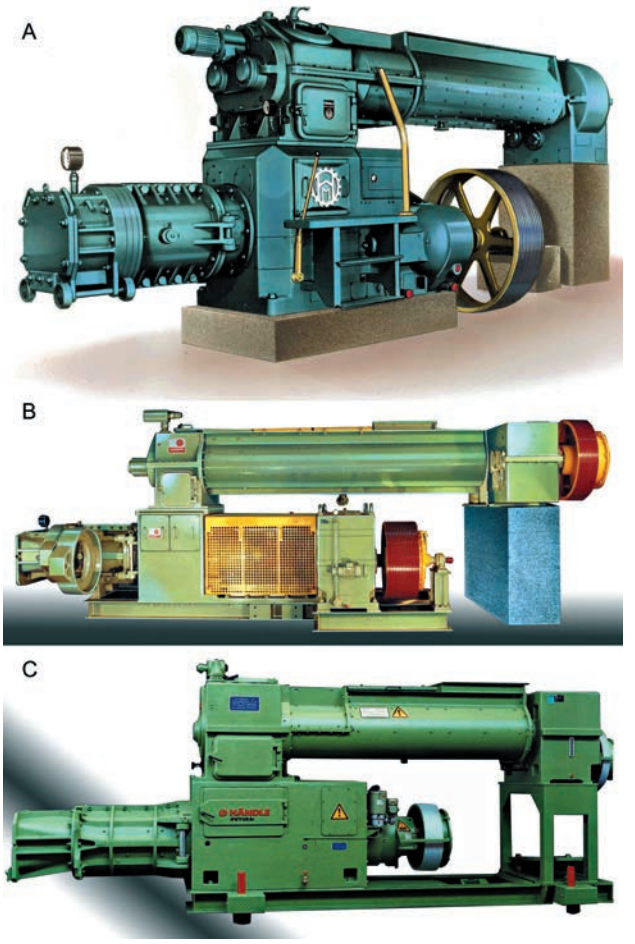
3.4 Вакуумные агрегаты

В 1937 году фирма Händle представила на рынке в Европе первый вакуумный агрегат, в то время как остальные европейские производители продолжали рекламировать вакуумные прессы. Впоследствии в грубой керамике вакуумный агрегат полностью вытеснил вакуумный пресс (**»18**).

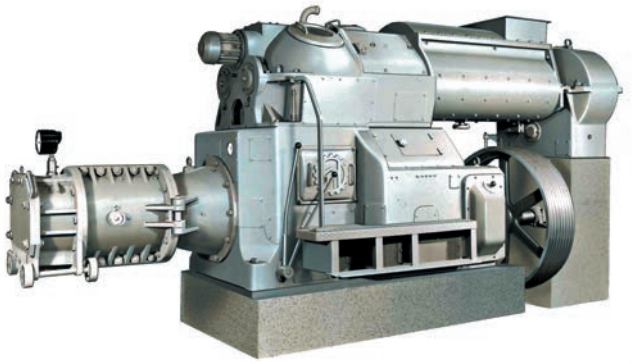
Вакуумный агрегат всегда состоит из устройства предварительного прессования (смеситель) с разделительной установкой (дробилка или перфорированная пластина), вакуумной камеры и дополнительного пресса (экструдера) с головкой и мундштуком. Различают два основных варианта исполнения.

3.4.1 Компактный или моноблочный агрегат

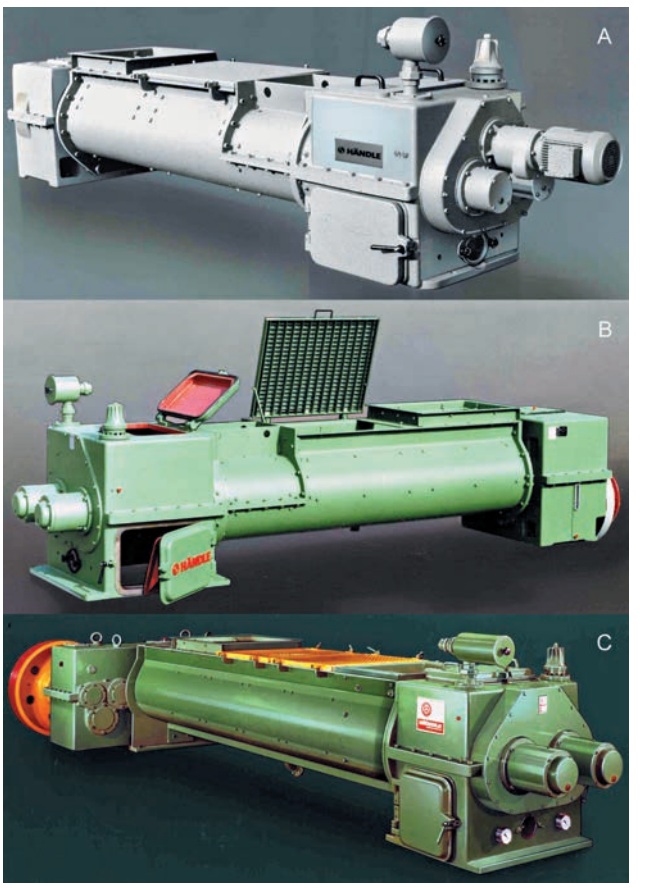
В этой модификации экструдер и смеситель представляет собой нераздельный узел с одним общим приводом, что обеспечивает преимущество в производственных из-



» 21 Три модельные серии вакуумных агрегатов: A) PZVM – производится с 1938 года, B) Universa – производится с 1980 года, C) Futura – производится с 1990 года



» 22 Вакуумный агрегат PZVM 60d, 1959 г.



» 23 Вакуумный двухвальный смеситель Händle, A) Тип MDVG 715a, 1983 год, с отдельным приводом для диффузионных ножей, B) Тип MDVG 920a – производится с 1979 года, C) Тип MDVG 1025a – производится с 1978 года

держках. Вместе с конструктивной высотой это является основной причиной успеха этой модели. В то же время ее недостатком является постоянное соотношение скорости вращения вала шнека и смесителя, которое невозможно изменить. Однако существуют редукторы с ключевым каскадом, которые позволяют переключать две ступени скорости. Компактные агрегаты представлены только в горизонтальном исполнении. Первую серию компактных агрегатов PZVA 40a и 45a-f фирма Händle произвела с 1953 по 1968 год. Вторым поколением стала серия «Compacta» с особенно привлекательным внешним видом. В 1976 году были выпущен тип PZVA 50a (цилиндр Ø 400, 450 и 500 мм), в 1979 году тип PZVA 60a (цилиндр Ø 500, 550 и 600 мм) и в 1986 году произведен тип PZVA70a (цилиндр Ø 650, 700 и 750 мм). Экономичное исполнение компактного агрегата было представлено на рынке в 1985 году в двух вариантах: Compacta PZVAE и PZVAG. Последняя серия Compacta была выпущена в 1993 году (**»19** и **»20**).

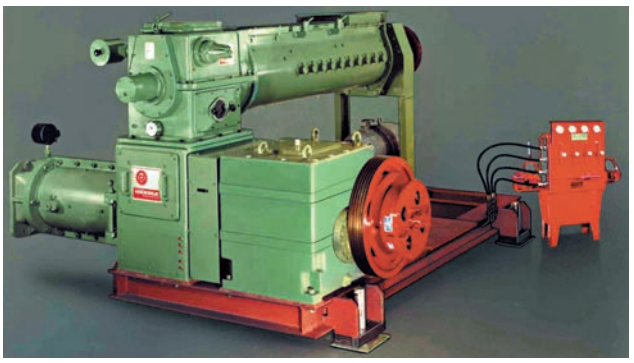
3.4.2 Комбинированный или универсальный агрегат

Экструдер и смеситель являются отдельными установками с собственными приводами. Соотношение скорости вала шнека и смесителя можно произвольно регулировать и согласовывать с учетом особых рабочих условий. Благодаря разъемному соединению смеситель можно устанавливать в зависимости от производственной необходимости в продольном или поперечном направлении, справа или слева от экструдера. Универсальными агрегатами фирмы Händle с 1938 года были многочисленные типы PZVM, с 1980 года серия Universa и с 1990 года модель Futura I. Серия Futura II, представленная на рынке в 2000 году фирмой Händle, является примером экструзионной техники XXI века (**»21**).

Если компактный агрегат выпускался только в сочетании с двухвальным смесителем, то универсальный агрегат фирмы Händle включал уже пять разных комбинаций оборудования, описанных далее. При этом связующим элементом в обеих установках является вакуумная камера.

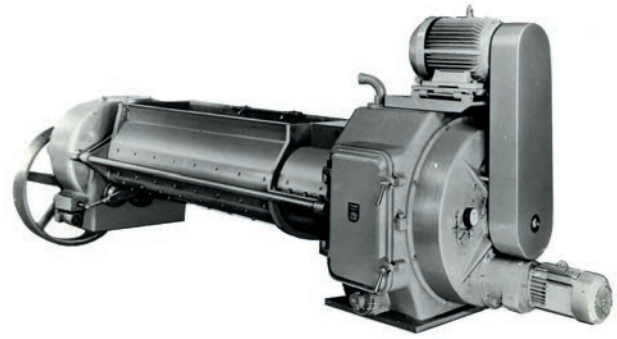
3.4.2.1 Экструдер и двухвальный смеситель

Это первоначальная комбинация была впервые внедрена в Европе фирмой Händle в 1938 году. Наиболее часто она встречается в производстве грубой керамики благодаря высокой пропускной способности, хорошему эффекту смешивания, великолепным результатам деаэрации и возможности пропаривания и увлажнения (**»22**). Произведенный в 1922 году фирмой Händle двухвальный смеситель стал основой для вакуумного двухвального смесителя, который начали разрабатывать в 1936 году. Особенностью этого смесителя является примыкающий к открытой секции смесителя закрытый двойной цилиндр

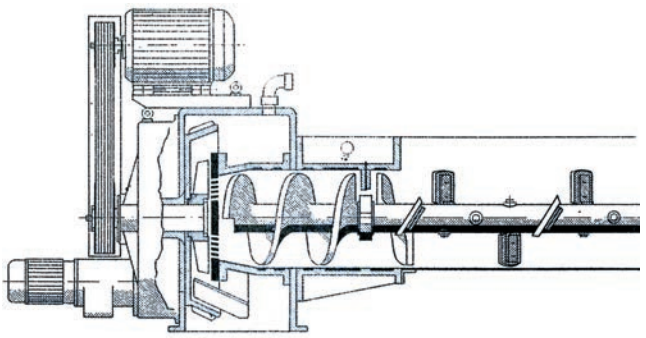


» **24** Шнековый пресс PZG 40b с одновальным смvесителем MEVG 520a, установленном в поперечном направлении на подъемной платформе

» **25** Одновальный смеситель MEVG 520a



» **26** Отбойная фрезерная установка MDF 920b



» **27** Разрез вакуумной камеры и картера отбойного фрезерного устройства

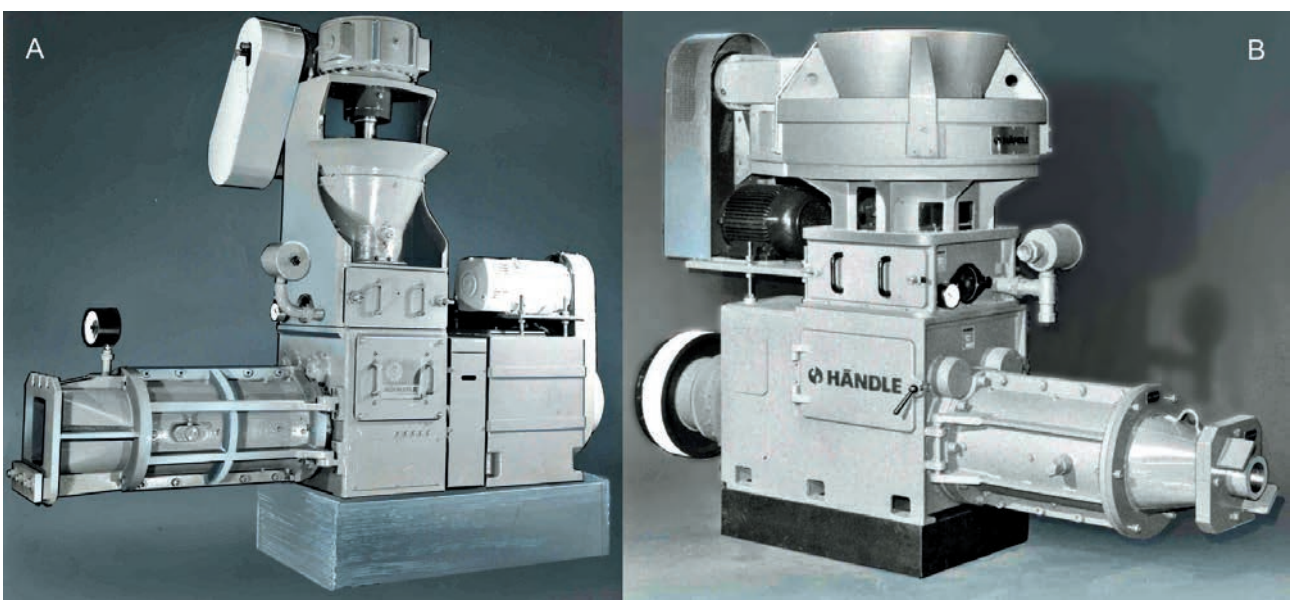
с двумя шнеками, которые продавливали глину через два цилиндрических мундштука. Выходящие жгуты круглого сечения насекаются по внешнему периметру регулируемыми тормозными суппортами и на входе в вакуумную камеру нарезаются в тонкую стружку двумя планетарными диффузионными ножами для эффективной деаэрации.

До 1955 года ножи вращались вместе с валом смесителя, а потом для них был предусмотрен отдельный привод. Благодаря скорости прибл. 60 об/мин нарезалась более тонкая стружка, и вакуумирование было намного интенсивнее. В 1938 году фирма Händle выпустила два типа с дежой смесителя 700 и 900 мм в ширину, при этом первоначально было предусмотрено семь типоразмеров, с длиной дежи от 2000 до 5000 мм и шагом 500 мм. Однако наиболее целесообразной оказалась длина дежи до 2500 мм. До настоящего момента фирма Händle производит вакуумные двухвальные смесители шести типов с дежой смесителя 700, 800, 900, 1000, 1130 и 1200 мм в ширину и от 2000 до 3400 мм в длину, включая закрытый двойной цилиндр, длина которого в зависимости от модели составляет от 500 до 1400 мм (**»23**).

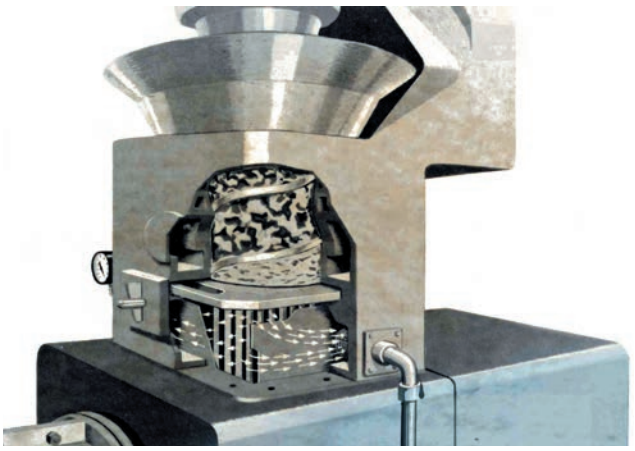
3.4.2.2 Экструдер и одновальный смеситель

В 1978 году для строительной керамики был разработан одновальный смеситель MEVG 520a (ширина/длина дежи – 500/2 000* мм), потому что в данном случае речь идет

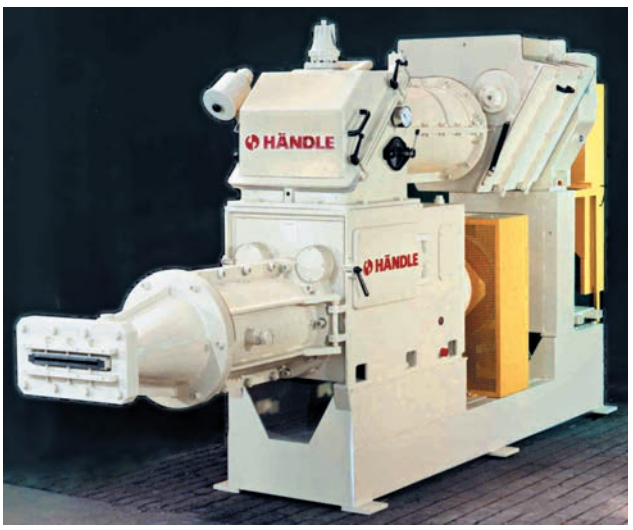
* включая закрытую шнековую часть



» **28** Шнековый пресс PZG 40b с вертикальным предварительным прессом, A) тип PZSVG с боковой подачей материала, B) тип PZSV с центральной подачей материала



» **29** Разрез вертикального предварительного пресса с вакуумной камерой



» **30** шнековый пресс PZG 35a/35 с горизонтальным предварительным прессом PZVHG 40a/40

не о перемешивании и однородности, а о точной дозировке и вакуумировании.

В 1985 году появился тип MEVG 930a (900/3700* мм). Оборудование, которое преимущественно применяется при жесткой экструзии в грубой керамике. Принцип работы вакуумного одновального смесителя соответствует вакуумному двухвальному смесителю.

3.4.2.3 Экструдер и отбойная фрезерная установка

Отбойная фрезерная установка MDF 920 – вакуумный двухвальный смеситель со специальной дробилкой. На разработанной в 1965 году первой модели MDF 920a выходящие через двойной мундштук жгуты нарезались в стружку толщиной 0,1 мм с помощью двух фрезерных ножей. Эти ножи вращались с высокой скоростью и были оснащены отдельными приводами. С большой силой эта стружка ударялась об отбойную пластину, неподвижно закрепленную в вакуумной камере, соскабливалась с нее вращающимися скребками, а затем сбрасывалась вниз в шнековый пресс. В модификации MDF 920b 1967 года шнеки продавливали глину через сортировочную пластину (**»26**).

Выступающая глиняная стружка нарезалась на фрезерном ножевом ободе, который вращался со скоростью 800 об/мин. Затем стружка ударялась о медленно вращающуюся отбойную пластину, с которой удалялась стационарным скребком в шнековый пресс (**»27**). Благодаря отбойной фрезерной установке достигалось интенсивное перемешивание и гомогенизация, в результате чего разнородная глиняная масса приобретала один цвет, и мелко вальцованные известковые включения распределялись в смеси достаточно равномерно. Несмотря на этот уникальный эффект полученной смеси, подобные отбойные фрезерные установки выпускались только до 1975 года.

3.4.2.4 Экструдер и вертикальный предварительный пресс

Этот комбинированный агрегат использовался преимущественно в строительной, тонкой и технической керамике. Задачами предварительного пресса являются загрузка и дозировка экструдера, подготовка рабочей шихты для вакуумирования путем уплотнения и распределение по горизонтальной перфорированной пластине, формирование остаточной подушки материала для герметизации вакуумной камеры и деаэрация шихты. Именно такой спектр задач привел к появлению термина «предварительный пресс» наряду с существующим обозначением «вертикальный (или горизонтальный) одновальный вакуумный смеситель. Вертикальный предварительный пресс выпускается в двух видах. В 1952 году был разработан предварительный пресс с боковой подачей материала, типовое обозначение PZVA 20, 25 и 30a. С 1978 года выпускается тип PZSVG 35b, а с 1982 года – горизонтальный предварительный пресс с центральной загрузкой материала типа PZSV 35b. Позже к ним добавились другие типоразмеры (**»28** и **»29**).

3.4.2.5 Экструдер и горизонтальный предварительный пресс

Условия эксплуатации и рабочие функции горизонтального предварительного пресса соответствуют условиям и функциям вертикального пресса. Первый горизонтальный предварительный пресс (тип PZHVG 25a с цилиндром Ø 250мм) был разработан в 1984 году для изготовления промышленных катализаторов и прессования окисно-керамических масс. Его можно комбинировать с экструдером PZG 25a, оснащенным цилиндрами Ø 160, 200 или 250 мм. В 1986 году был разработан тип PZH VG 40a с цилиндром Ø 350 и 400 мм для экструзии сплиттерных плит, рихтовочной облицовочной плиты, ленточной черепицы, «валюшек» и так далее. Как правило, эта модель комбинировалась с экструдером PZG35a, специально разработанном для экструзии этой продукции (**»30**).

Продолжение следует

Händle GmbH Maschinen und Anlagenbau
www.haendle.com

дипл. инж. Александр Эппнер, д-р технических наук Ульрих Пальцер

Оценка технологических свойств сырья для керамики по его минералогии

На основе собранного за многие годы фонда данных в статье обсуждаются возможности определения керамотехнологических свойств сырья по анализам составляющих веществ. Рассматривается только строительная керамика.

1 Введение

С помощью статистических методов произведена выборка данных и соотнесены друг с другом важные входные и выходные параметры. При этом было необходимо принять ряд существенных установок относительно этих параметров. Входные данные ограничили минералогическим составом. В качестве выходных данных измерялись усадка при сушке и прочность на изгиб, а также усадка при обжиге, прочность на изгиб, поглощение воды и плотность на разных ступенях температуры обжига. Анализы проб и изготовление образцов для испытаний проводились в одной и той же лаборатории. Размер проб, способы изготовления и испытаний физических свойств были всегда одинаковы.

2 История развития производства строительной керамики: «Многообразие продуктов – и общая базовая технология»

Сырье → продукция
добыча, смешивание/подготовка, формование, сушка, обжиг, упаковка

Общая технология производства керамики читателю известна, потому здесь приводится лишь краткий обзор исторического контекста.

В центральноевропейском регионе до промышленной революции и частично еще длительное время в XX столетии изготавливали строительную керамику из местного сырья по соответствовавшей тому времени технологии. Керамические изделия должны были удовлетворять требованиям действовавших тогда зачастую очень широко сформулированных стандартов. На основании проб и ошибок и многолетнего опыта изготовления продукции было точно известно, какую по возможности высококачественную продукцию можно изготовить из местного сырья: простой полнотелый кирпич, твердообожжённый кирпич, клинкерный кирпич, черепицу. Существенным фактором была пригодность масс для требуемой в том или ином случае либо технически доступной технологии обжига в работавших чаще всего партиями напольных печах.

Эмпирическим путем уже были получены знания о некоторых группах сырья, иногда под разными в зависимости от региона названиями для одного и того же типа. Это: запесоченные глины, мергель, тощие и жирные глины, каолины, каолиноподобные глины, болотные глины, вспученные и сланцеватые глины. Их вещественный состав в то время подробно не изучался.

Потребности массового производства, в Германии вызванного ростом спроса в эпоху грюндерства (1870-1875 гг.), дали толчок технологическому развитию. Непрерывно работающая печь для обжига, сердце завода по производству строительной керамики, потребовала постоянной загрузки и разгрузки. Такой технический прогресс требовал адаптации массы к производственному процессу. Начали формироваться тенденции: во-первых, тенденция к многокомпонентным составам, а во-вторых, к повышению контроля за выемкой, преимущественно в шахтах с меняющимися видами сырья. Дополнительно возросли требования к качеству продукции. Стандарты были сформулированы более узко или полностью созданы вновь. В результате вместе с развивающимся контролем производства возникла необходимость анализа сырья.

Еще один аспект возник с появлением исключительно добывающих предприятий. От них ждали и ждут однородной структуры поставляемого сырья на протяжении длительного времени. Современная технология изготовления грубой керамики с практически непрерывными процессами требует постоянного состава массы. Если состав не постоянен, то это оказывает более или менее существенное влияние на поведение сырья при обработке, сушке и обжиге, а также на свойства черепка. С середины XX в. в массу для изготовления грубой керамики дополнительно добавляют различные функциональные компоненты.

Параллельно с ростом производительности и сопровождающими его новыми разработками и усовершенствованиями методов анализа повторялись попытки классифицировать сырье по продукции. Визуальные методы оказались уже недостаточными, однако они и сегодня играют значительную роль при проведении первоначальной оценки. Развитие прошло путь от простых механических методов, включая ситовые анализы, через термические и химические анализы (первоначально «мокрые» химические анализы, а затем рентгеновская флуоресценция) до седиментационного анализа и рентгеновской дифрактометрии минералов, а также электронной растровой микроскопии и электронной трансмиссионной микроскопии. Для фундаментальных исследований в настоящее время применяется и синхротронное излучение (нейтронное, гамма-излучение, рентгеновское).

3 Группы сырья: «Многообразие сырья – и все с содержанием глины»

Глинистые минералы, одна из основных составных частей почвы, распространены во всем мире и, таким образом, составляют одну из основ жизни. Если глинистые минералы присутствуют в обогащенной форме и в значительном количестве, то такие их залежи рассматривают как месторождение. В рамках технических возможностей и общественного одобрения ведется добыча и/или после-

Минералогия	Размер зерна	Химия
› Рентгеновская дифрактометрия (РДА) › Синхронный термический анализ СТА (ТГ/ДСК) › Микроскопия	› Просеивание › Осаждение › Лазерная дифракция › Форма зерна (опт.) › Удельная поверхность	› Рентгеновская люминесценция › Общее содержание углерода (TOC и TIC), S, F, Cl › Элюаты/соли › Емкость катионного обмена (ЕКО) › Тяжелые металлы
Растровая электронная микроскопия (РЭМ)/ Трансмиссионная электронная (ТЭМ) с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (ЭДС)	Растровая электронная микроскопия (РЭМ)/ Трансмиссионная электронная (ТЭМ) с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (ЭДС)	Растровая электронная микроскопия (РЭМ)/ Трансмиссионная электронная (ТЭМ) с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (ЭДС)

» 1 Три направления анализа вещественного состава

дующая переработка в различные виды керамической продукции. Детальное рассмотрение глинистых минералов не является предметом настоящей публикации.

Исходя из современного уровня знаний, можно выделить следующие группы пластичного сырья, имеющие отношения к истории развития геологии в Центральной Европе:

› запесоченные глины (лёсс, аллювиальные, ледниковые отложения)
› мергель, шлир (несцементированные/сцементированные)
› каолины (автохтонные/аллохтонные)
› каолинитовые глины, с переменным содержанием смектита, иллита, с чередующимся расположением слоев
› иллитовые глины, глауконитовые глины
› смектит-иллит-каолинитовые глины, а также глины со значительной долей иллит-смектитовых минералов
› бентониты (частично сцементированные и/или карбонатсодержащие)
› сланцеватые глины (смектит-иллит-слюдосодержащие, частично богатые карбонатами)
› глинистые сланцы (хлоритовые слюдосодержащие)
› особые случаи: глины с парагонитом (шиферный сланец), вермикулитом, пирофиллитом (шиферный сланец), тальком, палыгорскитом (аттапульгит), сепиолитом, серпентином, корренситом

Так как речь идет преимущественно об осадочных отложениях, их состав всегда определяется исходными породами. Другими основными факторами их свойств являются условия окружающей среды в процессе выветривания, перемещения и отложения (как, например, климатические условия), а также место нахождения (внутренние воды, глубоководное море, впадины и пр.). Для поверхностных сланцеватых глин и глинистых сланцев, а также прочих геологически более древних геологических отложений существенное значение имеет тектоническая история.

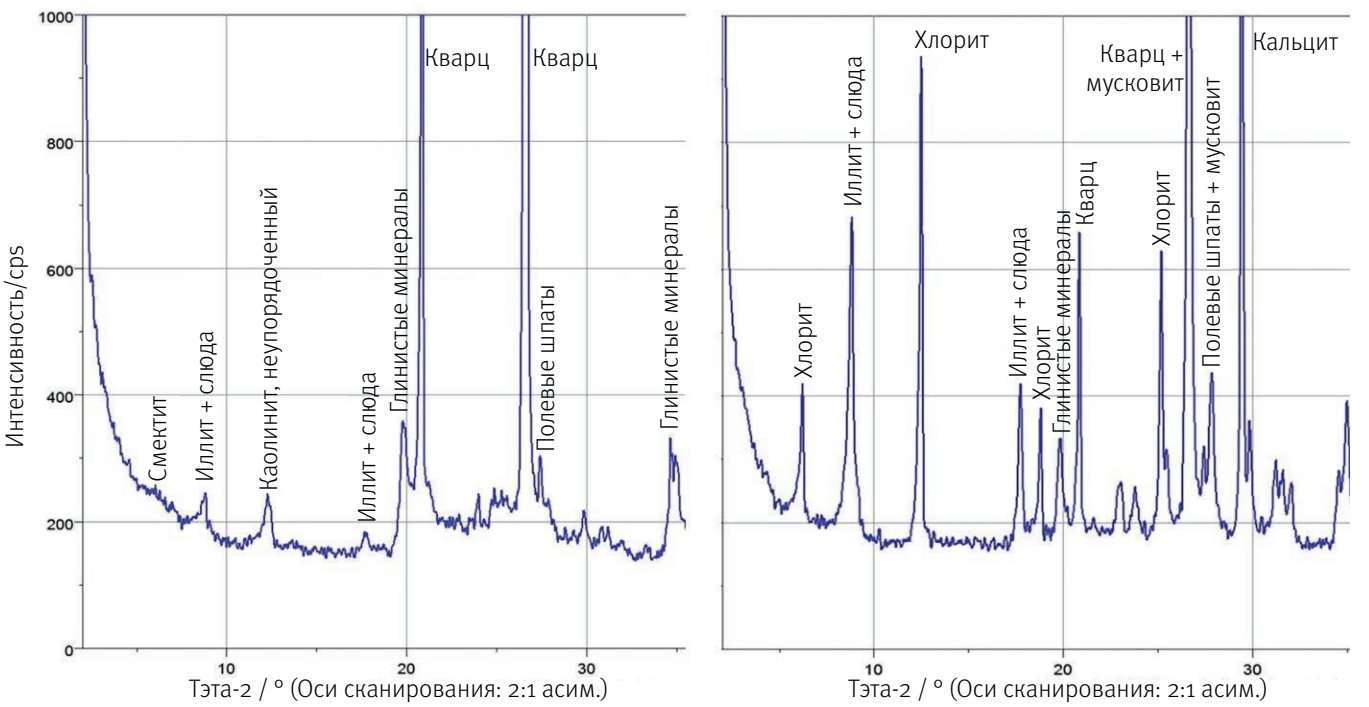
В **»таблице 1** представлен неполный список наиболее часто применяемых при изготовлении грубой керамики видов сырья. Почти полный обзор дается в [1]. Подробный обзор на примере нижнесаксонского кирпичного сырья – в [2].

4 Фазовый анализ, в частности рентгеновская дифрактометрия: «Многокомпонентные системы различной природы – один аналитический процесс»

Анализ вещественного состава возможен по существу по 3 направлениям (**»1**).

Одна из возможностей дать характеристику состава сырья и глиняных керамических масс – фазовый анализ. В этой области, помимо термоанализа и различных микроскопных методов утвердился метод рентгеновской дифрактометрии как соответствующий текущему уровню развития техники.

Необходимые для этого приборы с момента внедрения в 1950-е годы прошли значительный путь развития. Сегодня это компактные приборы с полупроводниковыми детекторами, позволяющие провести простые измерения менее чем за 30 минут. Имеются специальные приспособления для различных структурных исследований. Как правило, в оснащение входит функциональное



» 2 Результаты измерений рентгеновским дифрактометром бескарбонатной массы для изготовления черепицы и карбонатсодержащей массы для изготовления кирпича для забутовки. Прибор: ID3000, HZG4; излучение: Cu k_α; образец: порошок

» Таблица 1 Выборка сырья, минералогия, определяющая свойства сырья, и традиционно изготавливаемые из сырья продукты

Геологическая классификация – Период образования	Минералогический состав (определяющий свойства)	Преимущественно изготавливаемые продукты	Предписанный диапазон температуры обжига
Четвертичные лёссовые и аллювиальные суглинки	Кварц, частично кальцит, смектит, иллит-смектит-смешаннослойные, иллит, неупорядоченный каолинит, смектит	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич Черепица Отощающие компоненты	900–1 050 °C 1000–1 150 °C 1000–1 100 °C
Ледниковые валунные суглинки	Кварц, полевые шпаты, частично карбонаты, иллит-смектит-смешаннослойные, неупорядоченный каолинит, смектит	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич Черепица	900–1 050 °C 1000–1 150 °C 1000–1 100 °C
Ледниковые сапропели/ленточные глины	Кварц, полевые шпаты, частично карбонаты, иллит-смектит – смешаннослойные, иллит, неупорядоченный каолинит, смектит	Облицовочный кирпич Черепица	
Четвертичные болотные глины	Кварц, иллит-смектит – смешаннослойные, иллит, смектит, неупорядоченный каолинит	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич	900–1 150 °C 1050–1 150 °C
Третичные глины, каолинитные	Кварц, неупорядоченный каолинит, иллит-смектит – смешаннослойные	Черепица, клинкер Жирные компоненты Компоненты для санитарной керамики, керамическая плитка, фасадная прислонная керамическая плитка	1000–1 150 °C 1050–1 250 °C
Третичные мергелистые глины	Кальцит/доломит, кварц, смектит, иллит	Кирпич для забутовки	800–950 °C
Третичные иллитные и/или смешаннослойные глины	Кварц, иллит и неупорядоченный каолинит, иллит-смектит-смешаннослойные	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич Фасадная прислонная керамическая плитка Жирные компоненты	850 – 950 °C 900 – 1 000 °C
Четвертичные/третичные молассовые глины Жирные компоненты из Предальп/Альп	Кварц, кальцит/доломит, смектит и/или хлорит, слюда	Кирпич для забутовки Черепица	850 – 950 °C 1000 – 1 100 °C 1000 – 1 100 °C
Рухляк, мелоподобный мергель	Кварц, кальцит, иллит, слюда и неупорядоченный каолинит, смектит, смешаннослойные	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич Компоненты массы	
Черный рухляк юрского периода	Кварц, частично карбонаты, иллит-смектит-смешаннослойные	Кирпич для забутовки Компоненты массы	
Кейперные глины	Кварц, частично карбонаты, иллит-смектит-смешаннослойные, хлорит-смектит-смешаннослойные, иллит, неупорядоченный каолинит, смектит	Кирпич для забутовки Облицовочный кирпич Черепица	850 – 950 °C 950 – 1 050 °C 950 – 1 050 °C
Пестроцветные глины (рёт) Выветрелые/сцементированные	Кварц, полевые шпаты, илит, слюда, хлорит	Кирпич для забутовки Черепица Жирные компоненты	900 – 1 000 °C 950 – 1 050 °C
Красный лежень (пермь)	Кварц, неупорядоченый каолинит, иллит	Кирпич для забутовки	950 – 1 050 °C
Кембрийские глинистые сланцы	Кварц, полевые шпаты, слюда, хлорит	Отощающие компоненты	

программное обеспечение для проведения анализов и оценки результатов. В настоящее время имеется доступ к обширным базам данных, содержащим информацию о структурах и дифрактограммы большинства известных кристаллических фаз.

В основе измерений лежит свойство кристаллических веществ характерным способом преломлять направленное на них рентгеновское излучение на плоскостях решетки. Образующиеся типичные для минералов образцы, так называемые «дифрактограммы», оцениваются по количественным и качественным признакам. Методика и принципы описаны в многочисленных специальных публикациях. Кроме того, существуют отраслевые органы, как, например, Немецкое общество по изучению глин и глинистых минералов (Deutsche Ton – und Tonmineralgruppe e.V.), которое занимается именно проблемами минералогии глин.

Для классических рутинных анализов в Институте прикладных исследований в строительстве (IAB, Веймар, Германия) в качестве схемы измерений применяется геометрия Брегга-Брентано. Исследование силикатных систем, в основном, ведется с помощью рентгеновских трубки с медным анодом. Так называемые обзорные снимки делаются на подготовленных порошковых пробах со слабо выраженной текстурой. На **»рис. 2** дается пример снимка бескарбонатной массы для изготовления черепицы и карбонатсодержащей массы для изготовления кирпича для забутовки. На **»рис. 4** представлены снимки фракции карбонатсодержащей глины для кирпичного производства. Эта фракция имела подготовленную текстуру и обрабатывалась разными способами.

В IAB в настоящее время используются два рентгеновских дифрактометра, один переоборудованный ID3000/HZG4 с большой измерительной цепью для высокого разрешения, особенно в диапазоне малых углов, и небольшой настольный прибор D2 Phaser от компании Bruker AXS с небольшой вследствие конструкции измерительной цепью и многоканальным полупроводниковым де-

» **Таблица 2** Усредненный состав и свойства исследованных запесоченных глин, глин и мергелей

Сырье	Запесоченная глина	Глина	Мергель
Продукт	ЗК, ОК, Ч	ЗК, ОК, Ч	ЗК, (Ч, ОК)
Температура обжига (°C)	900...1150	900...1250	800...1050
Кварц (%)	20...60	5...55	5...30
Кальцит/доломит (%)	0...7	0...8	9...50
Неглинистые минералы (%)	25...70	5...65	25...65
Составляющие	ОГ, см., илл., СГ	ОГ, см., илл., СГ; каол., хл., Сл	ОГ, см., илл., СГ, хл., сл.
Прочность на изгиб в сухом состоянии (МПа)	2.5 ...9	0.5 ...14	0.5 ...17.5
Усадка при сушке (%)	3.5...5.5	1.5...10	3.5...10.5
Усадка при обжиге (%)	-1...7	-0.5...12	-1...5
Прочность на изгиб при обжиге(МПа)	3...35	1.5...55	1.5...40
Поглощение воды (%)	0.5...25	0.1...28	4.5...34
Плотность (г/см³)	1.6...2.3	1.5...2.5	1.4...2.1

ЗК: забутовочный кирпич; ОК: облицовочный кирпич; Ч: черепица; ОГ: огнеупорная глина; см.: смектит; илл.: иллит; СГ: смешаннослойные глинистые минералы; каол.: каолинит; хл.: хлорид; сл.: слюда

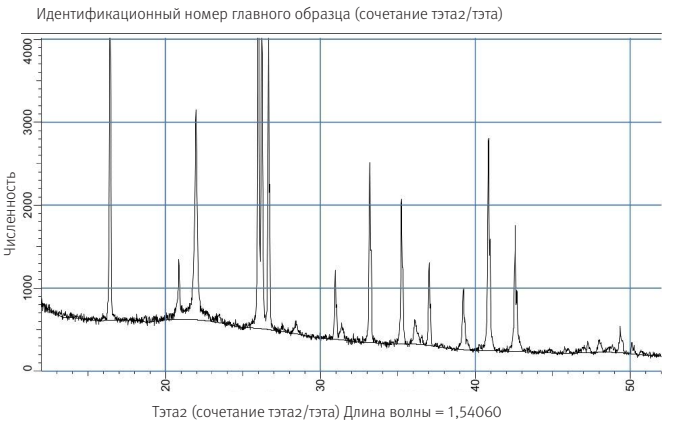
тектором LynxEy для «быстрых» измерений. Этот прибор особенно хорошо подходит для проб с невысокими требованиями к точности в диапазоне малых углов, так как по сравнению с большим прибором, оснащенным сцинтилляционным детектором, требуется примерно вполовину меньше времени измерения для того, чтобы сделать равнозначные по качеству суждения. На **»рис. 3** представлен снимок фарфорового черепка, сделанный с помощью D2 Phaser.

Оценки полученных данных рентгеновской дифрактометрии проводились чаще всего по методу внешнего стандарта с помощью эталонных образцов, а в недалеком прошлом дополнительно проводилась оценка по методу внутреннего стандарта вместе с анализом по методу Ритвельда. Для качественного анализа совершенно неизвестных проб использовались программы поиска соответствий в сочетании с базой данных фаз.

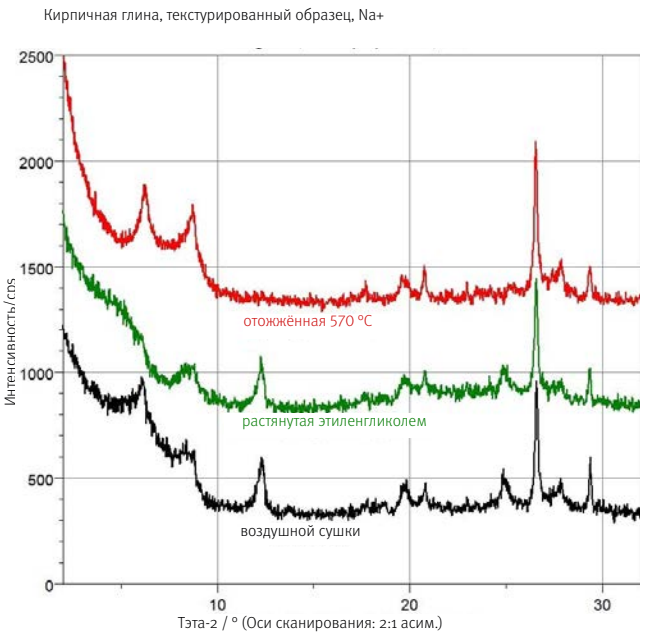
5 Лабораторные исследования с целью определения технологических параметров сырья для керамики и другие вещественные анализы

С целью определения технологических свойств рассматриваемого сырья для керамики и кирпичных масс были подготовлены при почти одинаковых условиях лабораторные образцы. Одинаковые условия были созданы как при экструзии образцов-призм, сушке и обжиге, так и при исследованиях физических свойств необработанных заготовок и керамических черепков. Обжиг проводился в туннельной печи с электрическим нагревом, скорость нагрева составляла 200 К/ч, время выдержки при температуре обжига – 2 часа, скорость охлаждения до 550 °C – 200 К/ч.

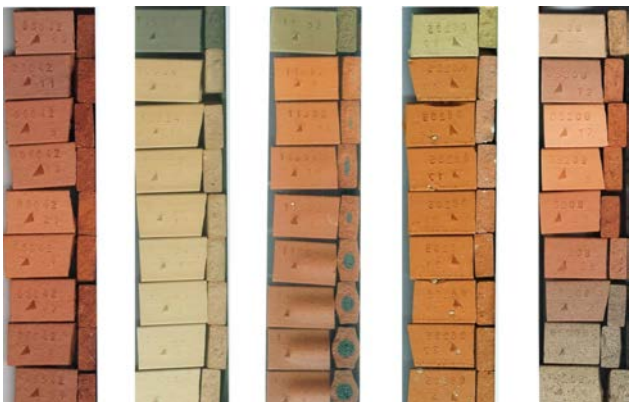
Испытания на изгиб (трехточечный изгиб) проводились на призмах размером примерно 70 мм × 25 мм x 10 мм, повышение нагрузки составляло 10 Н/с. Для измерения поглощения воды образцы после испытания на изгиб были пропитаны водой методом кипячения. Дополнительно было применено гидростатическое взвешивание с целью определения плотности керамического черепка.



» **3** Дифракционный рентгеновский анализ фарфорового черепка. Прибор: D2 Phaser; излучение: Cu k_α; подготовка образца: порошок



» **4** Результаты измерений рентгеновским дифрактометром фракции глинистого минерала для кирпичного производства. Прибор: ID3000, HZG4; излучение: Cu k_α; подготовка образца: текстурированный на стекле



» **5** Необожжённые и обожжённые половинки лабораторных образцов разных керамических материалов на основе глины (температура обжига возрастает с верхнего образца к нижнему)

В рамках лабораторных рутинных испытаний проводились как термоанализы, комбинированные и дифференциальные термоанализы и термогравиметрия, так и ситовой седиментационный анализ и микроскопические исследования минерального состава остатка на сите в отраженном свете. Также были определены химический состав и содержание углерода.

6 Статистика, обзор и используемые методы: «Почти неограниченные возможности – пределы и ограничения»

В недавнем прошлом постоянно предпринимались попытки [1, 3, 4] выразить в количественном отношении неточные, «расплывчатые» эмпирические знания о качестве. Для этого собирали накопленные, как правило, за многие годы знания о вещественном составе и керамотехнологических свойствах материалов и сопоставляли методом регрессионного анализа. Попытки, безусловно, увенчались успехом, заключавшемся в том, что полезные, проверяемые практическими примерами, тенденции получили оценку, и были составлены уравнения для систем сырья, определяемых в узких границах.

В основе лежит стремление сократить затраты на лабораторные работы при разведке месторождения и оценке сырья, а также при контроле над выемкой и периодическом производственном контроле. Кроме того, знание зависимости между минералогией и, например, свойствами керамического черепка дает возможность лучше распознавать ошибочные результаты лабораторных исследований.

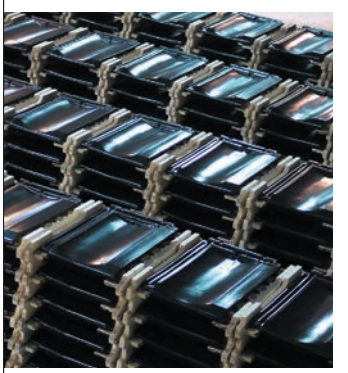
Важным инструментом применявшихся до сегодняшнего дня статистических исследований был линейный полиномиальный регрессионный анализ. Результатом стали некоторые важные выводы.

- С помощью данного анализа можно исследовать сырье только внутри групп. Исследование результатов анализов материалов всех групп в совокупности из-за слишком большого разброса не дало пригодных для прогноза формул
- Влияние температуры обжига не является линейным и, кроме того, по-разному проявляется в разных группах
- До сих пор лучшие результаты были получены в результате сочетания разных вещественных параметров из минералогии, распределения величины зерна и химического состава. Их описание выходит за рамки данной статьи.

Значения выбранных параметров более чем для 220 проб были представлены в одной таблице. Это были величины для запесоченных глин, некоторых карбонатсодержащих

CLEIA
Engineering Innovation Automation

Качество CLEIA



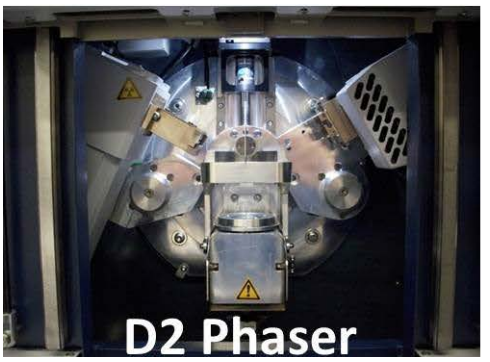
Почему мы получаем самые амбициозные проекты?

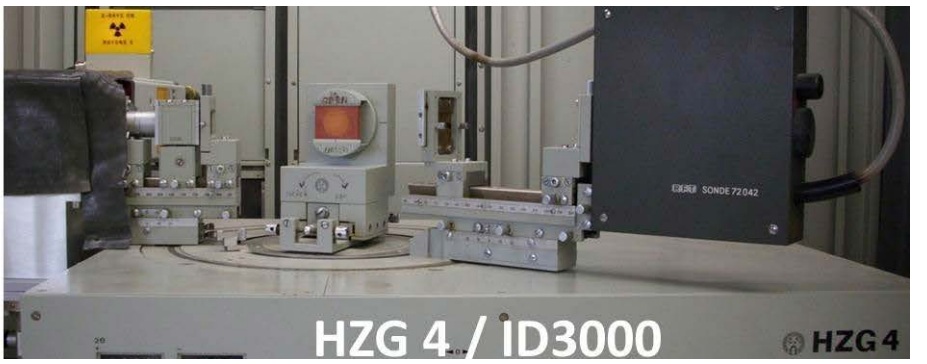
Компетенция, выполнение обязательств, надежность
Более 50 лет в керамической промышленности
600 установок по всему миру
Модернизация, заводы "под ключ" и послегарантийное обслуживание

Технические решения по комплексному проектированию "под ключ"

Представительство CLEIA в Москве
101000 г. Москва,
Покровский бульвар,
д. 4/17, строение 1, офис 12
Тел./Факс:
+7 (495) 937 70 25
+ 7 (910) 453 01 92
Эл. почта:
rouslan.svintsitski@cleia.fr

www.cleia.ru





» 6 Система рентгеновского дифрактометра-гониометра. Слева: D2 Phaser с многоканальным детектором, справа: HZG4, еще со счетной трубкой

запесоченных глин, бескарбонатных глин либо с содержанием до 7–8% и мергелистых глин, исследованных в прошлом. Некоторые входные параметры дополнительно были объединены для образования суммарных параметров. Обзор представлен в **»таблице 2**.

Использовались три разных пакета программного обеспечения: Excel (как наиболее распространенная программа), optiSLang и SyStat.

С помощью optiSLang были проанализированы наборы данных для всех проб, очень обобщенно, еще методом линейной регрессии. Удобным в этой программе является то, что составляется цветовая матрица корреляции всех параметров. Матрица интерактивна, можно видеть все парные корреляции (присутствуют или нет). По каждому параметру дополнительно приводились статистические показатели, например, гистограммы распределения и т.д. Все наборы данных также были проанализированы в SyStat. При этом в качестве дополнительного параметра был введен тип сырья. Применялись дисперсионные анализы (ANOVA) и общая линейная модель анализа (GLM). Оба метода могут анализировать отношения по классам/факторам выборочно. В данных исследованиях это были тип сырья и температура обжига, по отдельности и в сочетании. Кроме того, в GLM-анализе входные параметры можно комбинировать по-разному, поэтому была возможность обнаружить и суммарные эффекты в случае их наличия. Примечание: в приведенной здесь таблице комбинированные параметры еще не были введены. Многообразием других способов невозможно было воспользоваться из-за больших затрат времени. Это, например, нелинейные и комбинированные регрессии, многовариантные анализы и кластерные анализы. Результаты таких анализов – регрессионные уравнения с коэффициентами регрессии и качественными параметрами. Важность выбранных величин воздействия на конечные величины описывается параметром p:

- 0,000 ≤ p ≤ 0,001 очень высокая важность
- 0,001 ≤ p ≤ 0,01 высокая важность
- 0,01 ≤ p ≤ 0,05 все еще важны
- p › 0,05 никакого существенного влияния на конечную величину.

Значение параметра p в дисперсионном анализе дает представление о том, достаточно ли хорошо полученная модель отражает регрессионное уравнение и влияние входных переменных на конечные величины. Значение параметра t описывает интенсивность влияния входных переменных на конечную величину, то есть параметр t предсказывает направление. Мера определенности R2 дает представление о том, в какой степени конечная величина в модели определяется выбранными факторами влияния. При значениях от 0 до 1,0 = никакого влияния, а 1 = в данной модели выходная переменная на 100% определяется входной (регрессионное уравнение).

Тестирование регрессионного уравнения является составной частью такого рода анализов и дает графическое представление отклонений (остатков) таких вновь «оцененных» значений от фактического выходного измеренного значения.

Здесь необходимо обратить внимание на то, что количество так называемых степеней свободы dF как суммы величин влияния, количества классов и комбинаций входных параметров должно быть значительно меньше, чем количество доступных наборов данных.

Наконец, в Excel графически сопоставлены значения каждого выходного параметра с одним входным параметром. Путем составления кривых роста можно представить более или менее сильные корреляции. Группы сырья рассматривались раздельно. Дополнительно параметры керамических черепков были выстроены в зависимости от температуры обжига.

Статья основана на докладах, подготовленных для учебного курса по кирпичу за 2012 год и ежегодной конференции Немецкого керамического общества 2013 года.

Литература

[1] Ratzenberger, H.: Dissertation „Mathematisch-statistische Zusammenhänge innerhalb tonkeramischer Stoffsysteme“; Kapitel 4, S. 93ff. und Tabelle 8, S. 97ff.

[2] Irrlitz, W.; Steffens, P.: Die niedersächsische Ziegelindustrie und ihre Rohstoffe; Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften, Veröffentlichungen, Heft 9 «Steine und Erden in Niedersachsen» Hannover 1994, S. 22ff.

[3] Vogt, S.; Vogt, R.: Zusammenhang zwischen Mineralbestand und fertigungstechnischen Eigenschaften von natürlichen Tonvorkommen und daraus hergestellten Massen fur die Grobkeramik; Zi-Jahrbuch 2003, S. 114 bis 126; und Zi-Jahrbuch 2004, S. 78 bis 103

[4] Ratzenberger, H.; Vogt, R.: Möglichkeiten zur Vorausberechnung des Formgebungs-, Trocknungs – und Brennverhaltens tonkeramischer Rohstoffe und Massen; Zi-Jahrbuch 1993, S. 70 bis 11

IAB – Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH
www.iab-weimar.de

дипл. инж. Регина Фогт, д.т.н. Аня Татарин

Известковые дутики и высолы извести и гипса на грубокерамических изделиях

В этой статье представлен обзор свойств и эффектов воздействия карбонатных и гипсовых компонентов, часто встречающихся в кирпичном сырье. Мы расскажем, как они ведут себя при высушивании и обжиге, какой эффект следует ожидать на обожжённом кирпиче, как устранить такие нежелательные явления, как дутики и высолы.

1 Введение

Эта статья основана на результатах работы лаборатории фирмы Lingl. Ежедневная практика показала, что часто возникают затруднения из-за различных несистематических названий и химических реакций, при этом нет их краткого обобщенного описания.

2 Известь, доломит

2.1 Карбонатные породы

Известь (кальцит) и доломит – карбонатные минералы и неорганические соли углекислоты. Они трудно растворяются в воде. В процессе растворения образуются катионы Ca^{2+} и Mg^{2+}, а также анион карбоната CO_3^{2-}. Возникая в результате растворения и выветривания горной породы, оба минерала могут присутствовать в различном количестве в грубокерамическом сырье. В зависимости от содержания извести различают следующие глинистые и карбонатные седименты [1]:

‹4%	глина
4–10%	мергелистая глина
10–40%	глинистый мергель
40–75%	мергель
75–90%	известковый мергель
90–96%	мергелистый известняк
›96%	известняк

В **»таблице 1** перечислены часто встречающиеся обозначения и несистематические названия. В **»таблице 2** указаны плотность, растворимость в воде, а также температуры переходного состояния для избранных неорганических соединений, которые присутствуют в грубой керамике.

Во время обжига карбонатные породы разлагаются, выделяя диоксид углерода CO_2, в соответствии с уравнениями (1) и (2a + b). Этот процесс разложения называется декарбонизацией, потому что отделяется газообразный кислотный радикал [2].

Известь от ~800°C

$$CaCO_3 \rightarrow CO_2 \uparrow + CaO \quad (1)$$

Доломит от ~550°C

$$CaMg(CO_3)_2 \rightarrow CO_2 \uparrow + MgO + CaCO_3 \quad (2a)$$

от ~800°C

$$CaCO_3 \rightarrow CO_2 \uparrow + CaO \quad (2b)$$

Выделенный диоксид углерода CO_2 приводит к образованию микропор и уменьшению удельного веса черепка. Образовавшийся оксид кальция CaO или магния MgO может вступать в твердофазную реакцию с существующими минералами, образуя силикаты. Керамические массы с высоким содержанием карбоната имеют незначительную усадку, а при температурах выше 800–900°C происходит их расширение, что объясняется новообразованием силикатов [3]». При температурах выше указанных значений такие свойства черепка, как усадка, удельный вес, пористость и прочность остаются почти постоянными в широком температурном диапазоне 150–200 K (**»1** и **»2**).

Если дегазация затруднена высоким содержанием мелкозернистой фракции, а также при наличии плотной поверхности на черепке на черепке могут возникать мелкие трещины вплоть до дутиков (**»3**). При температурах свыше 1 050°C смеси с большим содержанием карбоната демонстрируют очень маленький интервал температур спекания, то есть масса может плавиться в узком диапазоне от 10 до 20 K. Указанные значения являются приблизительными и могут варьироваться в зависимости от разнообразия минералов, присутствующих в грубокерамической массе [1, 4, 5].

Из-за порообразующих свойств карбонатных пород их содержание в керамической массе морозостойкой плотной черепицы и облицовочного кирпича не должно превышать 5–7 массовых долей [7]. Однако это практическое правило сильно зависит от присутствующих глинистых минералов. Например, на юго-востоке Франции и в Швейцарии есть виды глин, минералогический состав которых позволяет производить морозостойкую черепицу, при этом содержание карбонатных пород ›7%. В данном случает морозостойкие свойства достигаются, например, путем формования без вакуума. С другой стороны, добавление 1–2 массовых долей мелкозернистой известковой муки в малоизвестковое или бескальциевое сырье может повысить прочность черепка, не меняя существенно его остальных свойств [8].

Как правило, определение содержания извести и доломита в грубокерамическом сырье производится с помощью рентгенодифракционных методов исследования или ИК-спектроскопии (количественный анализ минерального состава). Также можно применить полуколичественный метод определения карбонатов посредством синхронного термического анализа. [3, 6]. Определение содержания оксидов кальция и магния с помощью рентгено-флуоресцентного анализа (химический анализ) сравнительно дешевле. Его также можно применить, чтобы сделать приблизительные выводы о содержании карбонатов.

Однако содержание обоих оксидов нельзя прямо пересчитать на соответствующее содержание карбоната, потому что CaO может быть компонентом таких минералов, как анортит, гипс, вермикулит, монтмориллонит, а также прочих глинистых минералов. А MgO встречается в мангезите, вермикулите, хлорите, биотите, монтмориллоните и селадоните. Оксиды CaO и MgO разлагаются только при

» таблица 1 Термины и несистематические названия некоторых соединений, используемых в грубой керамике

$CaCO_3$	карбонат кальция, кальцит, известь, известковый камень, меловой известняк, мраморизованный известняк, известковый шпат, исландский шпат, арагонит, ватерит
$CaMg(CO_3)_2$	карбонат кальция и магния, доломит
CaO	оксид кальция, негашеная известь, жженая известь, обожжённая известь, кипелка, едкая известь
$Ca(OH)_2$	гидроксид кальция, гидратная известь, известковое молоко, кипелка, портландит, известковая вода
$CaSO_4$	ангидрит сульфата кальция (I, II и III) или обезвоженный
$CaSO_4$ ½H_2O	полугидрат сульфата кальция (альфа – и бета-полугидрат)
$CaSO_4$ 2H_2O	дигидрат сульфата кальция, гипс, алебастр, гипсовый шпат
CO_2	двуокись углерода, диоксид углерода, «углекислота»
H_2CO_3	угольная кислота
HCl	хлороводород, гидрохлорид, хлористоводородная кислота, соляная кислота
FeS_2	пирит, (дву)сернистое железо, серный колчедан
$BaSO_4$	сульфат бария, барит, тяжелый шпат

» таблица 2 Свойства некоторых соединений, используемых в грубой керамике [22–32]

		Плотность [г/см³] при T [°C]	Растворяемость в воде [г/л раствора] при T [°C]	Температура переходного состояния [°C]
$CaCO_3$	кальцит	2,60–2,80	0,015 (20)	› 800 Z
$CaMg(CO_3)_2$	доломит	2,84–2,86	Меньше чем $CaCO_3$	› 550 Z $MgCO_3$ › 800 Z $CaCO_3$
$Ca(OH)_2$	гидроксид кальция	2,23–2,24 (20)	1,65 (20) 0,77 (100)	550–600 W
$CaSO_4$	сульфат кальция	2,98 2,93–2,97 II 2,58 III	2,04 (20)	› 1200 Z
$CaSO_4$ ½H_2O	полугидрат сульфата кальция	2,30–3,00 2,76 (α) 2,62 (β)	8,00 6,70 (20) (α) 8,80 (20) (β)	› 300 W
$CaSO_4$ 2H_2O	дигидрат сульфата кальция	2,20–2,40	2,40 2,70–8,80	› 130 W
$CaCl_2$	хлорид кальция	2,15 (20)	42,5 (20)	782 S 2206 Z
CO_2	оксид кальция	3,37–3,40 (20)	1,65 (20)	2927 S 3570 Z
$MgCO_3$	магнезит	3,04–3,10 (20)	0,106 (20)	500-550 Z
MgO	оксид магния	3,58 (25)	0,086 (30)	2813 S 3600 V
$FeCO_3$	карбонат железа	3,80–3,96	Практически нерастворимый	550–560 Z
FeS_2	сульфид железа	5,00 пирит 4,87 марказит	Практически нерастворимый 0,006 (18)	430–450 Z
$BaSO_4$	сульфат бария	4,48–4,59	Практически нерастворимый 0,00025 (20)	1149 U 1345 S 1580 V
$BaCO_3$	карбонат бария	4,30–4,43	0,020–0,024 (20)	1360 Z
$BaCl_2$	хлорид бария	3,86–3,91	357 (20)	963 S 1560 Z

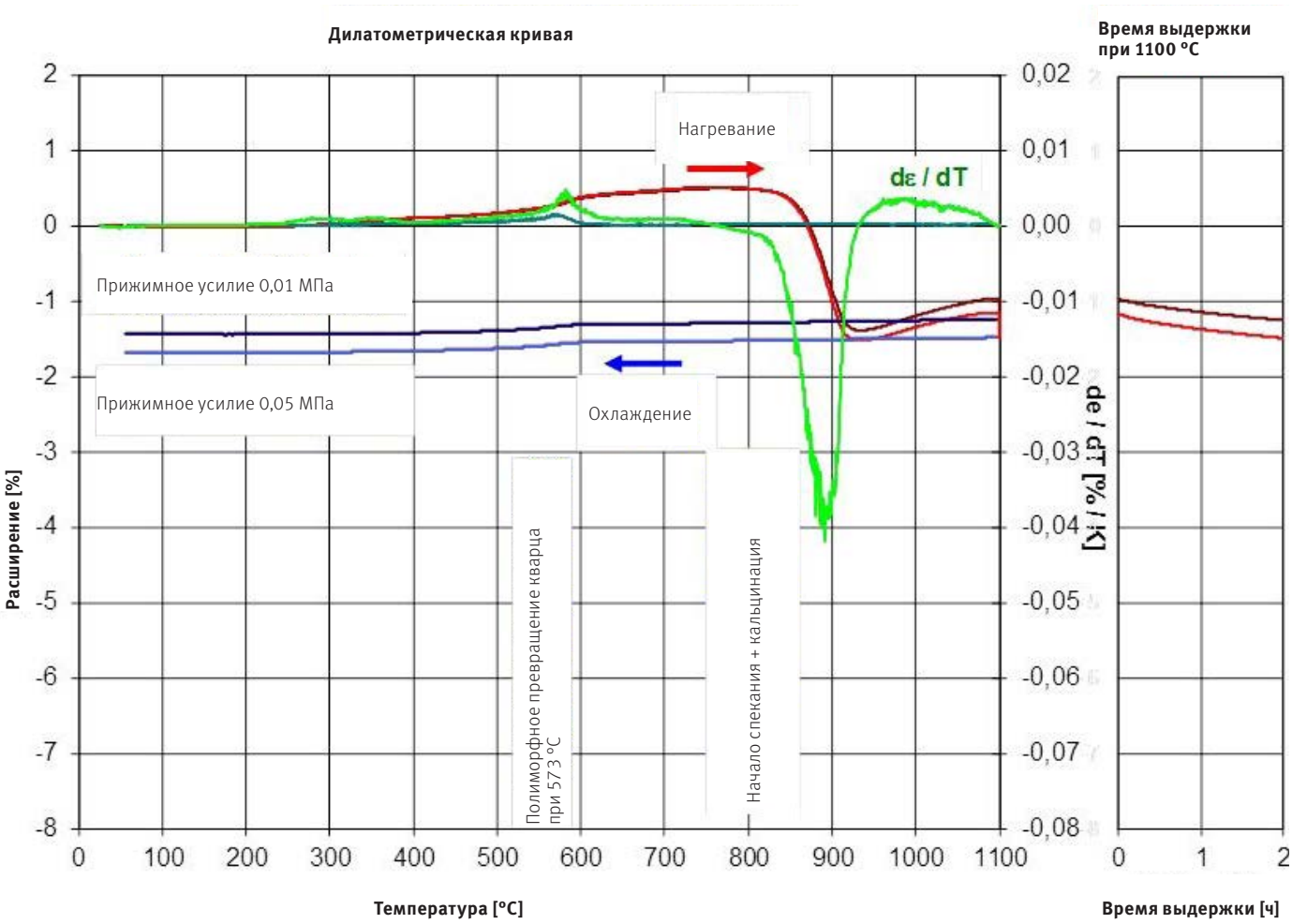
W – потеря воды, U – переходное состояние (чаще всего кристаллизация), S – плавление, V – выпаривание, Z – разложение

температуре свыше 2 800°C. Поэтому содержание в CaO и MgO до и после обжига грубой керамики при температуре до 1 300°C одинаково велико, только после обжига они образуют иные химические связи в минералах по сравнению с сухим сырьем.

Если богатая известью масса обжигается при температурах свыше 800–900°C, то из глинистых минералов, свободного кварца и CaO образуются кальциевые силикаты. Этот процесс обжига извести также называют «обжигом намертво». При этом из CaO и глинистых примесей извести образуются силикатные расплавы, которые приводят к стеклованию. В результате «обожжённая намертво» известь не вступает в реакцию с водой согласно уравнению (7). Если в массе содержится доломит, в процессе обжига образуются нерастворимые в воде силикаты кальция и магния. Для совершенно нового образования минералов во время обжига требуется равномерное распределение, а также небольшие размеры частиц карбонатных пород. Если эти условия не выполняются, в обожжённом черепке остается свободный, химически активный CaO.

Типичными силикатами кальция и магния в процессе обжига являются:

› анортит (кальциевый полевой шпат)
CAS_2 $CaO\ Al_2O_3 2\ SiO_2$ $CaAl_2Si_2O_8$
› геленит (силикат кальция и алюминия)
C_2AS_2 $CaO\ Al_2O_3\ SiO_2$ $Ca_2Al_2SiO_7$
› диопсид (силикат кальция и магния)
CMS $CaO\ MgO\ SiO_2$ $CaMgSi_2O_6$



» **1** Дилатометрическая кривая керамической массы с содержанием карбонатных пород 25%

› волластонит (силикат кальция)
CS $CaO\ SiO_2$ $CaSiO_3$
› плагиоклаз, олигоклаз (полевой шпат кальция и натрия)
10–30% анортит, 90–70% альбит
(с альбитом [полевой шпат натрия])
NAS_6 $Na_2O\ Al_2O_3\ 6\ SiO_2$ $NaAlSi_3O_8$)

Образование силикатов зависит от:
› имеющихся компонентов реакции (глинистых и безглинистых минералов, количества флюсующих материалов)
› равномерного распределения карбонатных пород в глинистом сырье
› размера фракций (контактные поверхности)
› времени (скорость реакции)
› температуры обжига
› атмосферы в зоне обжига

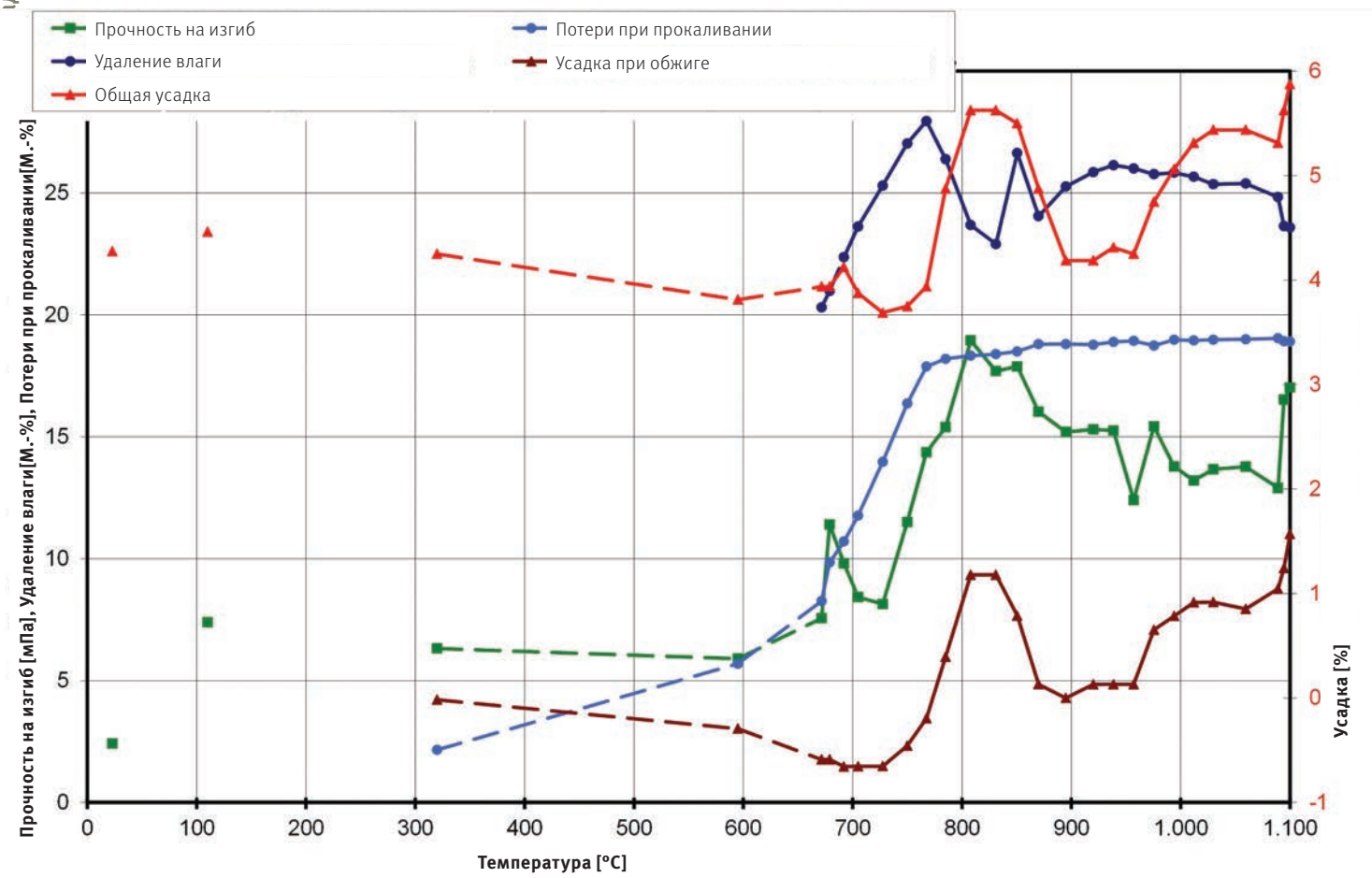
Так, преимущественно иллит, мелкозернистый мусковит и отчасти смектит в присутствии CaO образуют силикаты кальция. А при каолинитовых глинистых минералах этот процесс выражается в значительно меньшей степени [9]. Исследования зависимости формирования силикатов кальция от температуры обжига и различных исходных минералов показывают, что образование силикатов кальция увеличивается при повышении температуры обжига, а также в результате добавления флюсующих материалов (например, летучей золы). Таким образом, количество известковых дутиков можно уменьшить [10]. На примере иллита и мусковита показано влияние размеров частиц, при этом более крупные частицы (мусковит) реагируют медленнее, чем мелкие (иллит) [9]. Воздействие атмосферы в зоне обжига проявляется на практике уже в различии оттенков цвета одной партии обожжённого кирпича из карбонатного сырья. Часто на кирпичах, которые при обжиге в штабеле были перекрыты другими, появляются пятна в результате восстановления оксидов глины. Розжиг печи неочищенной нефтью, углем или природным газом, а также присутствие органических компонентов в кирпиче могут в большей или меньшей мере вызывать реакцию восстановления из-за различного парциального давления CO_2 или присутствия серы и ванадия и таким путем влиять на образование силикатов или снижать температуру плавления из-за образования эвтектик.

Уравнение [6] обобщает кинетику разложения извести. Из-за больших объемов продукции в практическом производстве грубокерамических изделий требуется достаточно много времени для образования новых минералов. Время выдержки для декарбонизации и образования силикатов составляет тридцать минут при температуре свыше 850°C на каждую массовую долю карбонатной породы [5]. Это время установлено эмпирическим путем. Оно может изменяться в зависимости от размера частиц, минералогического состава сырья, размера кирпича, схемы садки и атмосферы в зоне обжига.

Уравнения (3) – (6) показывают важнейшие реакции и температуры образования силикатов кальция и магния в процессе обжига. Силикаты в черепке могут быть кристаллические и аморфные (сплав), при этом для кристаллизации требуется дополнительное время [9].

Известь + иллит

$$6\ CaCO_3 + 2\ K\ Al_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2 \rightarrow \text{Геленит от ~800°C}$$
$$3\ Ca_2Al_2SiO_7 + 6\ CO_2 + 2\ H_2O + K_2O + 3\ SiO_2 \qquad (3)$$



» 2 Керамико-технологические свойства керамической массы с содержанием карбонатных пород 25%

Известь + кварц волластонит от ~800°C

$$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2 \quad (4)$$

Известь + кварц + иллит (мусковит)

$$CaCO_3 + 2\,SiO_2 + KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2 \rightarrow$$

анорит + ортоклаз при 900°C

$$CaAl_2Si_2O_8 + KAlSi_3O_8 + CO_2 + H_2O \quad (5)$$

доломит + кварц диопсид при 900°C

$$CaMg(CO_3)_2 + 2\,SiO_2 \rightarrow CaMgSi_2O_6 + 2\,CO_2 \quad (6)$$

Свободной известью называется свободный CaO, еще присутствующий в обожжённом черепке. Содержание свободной извести в обожжённом черепке определяется посредством «мокрого» химического анализа. «Свободный» означает, что после декарбонизации извести или доломита по уравнениям (1) и (2a + b) при температуре свыше 700–830°C оксид кальция в черепке не связан в соединениях силикатов кальция. После обжига свободный CaO вступает в реакцию с водой, в то время как силикаты кальция в таких реакциях не участвуют [2].

После обжига в результате абсорбции влаги со значительным увеличением объема свободный CaO образует $Ca(OH)_2$ (гашеная известь) по уравнению (7) и может привести к появлению известковых включений на кирпиче [1, 11, 12].

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow \text{увеличение объема } 99\% \quad (7)$$

Строго говоря, «известковые включения» или «комки извести» должны называться «включениями гидроксида кальция». Образование включений зависит, главным образом, от размера частиц, прочности черепка, а также микроструктуры (дефекты в виде текстур, пор). Если в необожжённом сырье присутствуют частицы извести размером более 0,2–0,3 мм, то после обжига при низкой прочности черепка могут не только появиться дутики, но и произойти полное разрушение кирпича (**»4**). Предельный размер частиц для большинства ущербных воздействий составляет около 0,1–0,2 мм [13].

Скорость влагопоглощения согласно уравнению (7) зависит не только от размера частиц, но и от того, в жидком или в газообразном состоянии попадает влага на частицы. В публикации [14] говорится: «Только во время медленного поглощения воды создается достаточное давление для разлома керамики. ... Во время быстрого перехода (например, если пористый кирпич погружается в воду) образуется шлам гашеной извести, и керамика не разламывается».

Наряду с размером частиц и временем влагопоглощения существенное влияние на образование дутиков оказывает форма частиц. В частности это относится к плоским остаточным частицам раковин моллюсков, которые невозможно в достаточной мере измельчить даже в ходе стандартной влажной подготовки в валках с шириной зазора 0,6–0,7 мм.

После обжига и гашения гидроксид кальция $Ca(OH)_2$ в черепке постепенно поглощает CO_2 из воздуха и образует $CaCO_3$ согласно уравнению (8):

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \quad (8)$$

Если свободная известь в обожжённом черепке распределена равномерно, то при процессах гашения извести и выделения осадка в присутствии воды через несколько недель после обжига на поверхности кирпича появляются высолы в виде белесого налета. Из-за низкой рас-

» **3** Обширный дутик в процессе обжига, образованный в результате декарбонизации извести, керамическая масса кровельной черепицы с содержанием 21% гидроксида кальция

творимости извести образование известковых высолов в отличие от гипсовых происходит чаще всего не во время сушки, а только после обжига во время хранения или после укладки кирпича и при воздействии влаги (дождь, орошение, грунтовые воды). Свободный CaO, равномерно распределенный в черепке, растворяется в воде и в условиях высыхания переносится с водой на поверхность кирпича. Здесь, в результате поглощения CO_2 происходит образование $CaCO_3$.

Если необходимо провести быстрый анализ этих высолов, используется тест применением HCl. На соответствующее место наносится капля разбавленной соляной кислоты HCl. Если в процессе участвует известь, жидкость вспенивается в результате разложения карбонатов по уравнению (9). Если имеют место гипсовые или ангидритные высолы, пены не образуется.

$$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow \qquad (9)$$

2.2 Предотвращение включений и высолов карбонатных пород

Предотвращение появления дутиков на обожжённом кирпиче существенно зависит от местных условий. Первым способом является использование малоизвесткового сырья или замена высокоизвесткового сырья на материалы с малым содержанием окиси кальция. Это, однако, связано со значительными изменениями качества кирпича (прочность, усадка и вместе с этим размер, а также цвет, удельный вес, пористость и вместе с этим теплопроводность и сцепление с отделочным материалом). К тому же использование другого сырья может полностью изменить режим сушки и обжига, поэтому на практике редко выполним. Если невозможно заменить сырье, то следующим шагом надо проверить, можно ли еще на стадии добычи удалить крупные куски и комки извести и не допустить их попадания в процесс производства.

Если в сырье присутствует известь в крупных зернах, ее необходимо тщательно измельчить. В результате подготовки сырья увеличиваются поверхности соприкосновения и реакций между свободными частицами CaO и присутствующими глинистыми минералами. Для этой цели влажный материал измельчается (ширина зазора валков 0,6–0,7 мм, в исключительных случаях до 0,4 мм). Для обеспечения постоянной ширины зазора необходимо после регулярного контроля подгонять валки. При маленьких зазорах производительность валковой дробилки снижается. Поэтому необходимо укрупнить, может быть даже в два раза, оборудование для подготовки сырья (в частности, валковых дробилок для тонкого измельчения). Для высококачественных изделий – облицовочного кирпича и кровельной черепицы – подготовка сырья сухим способом производится в измельчающих машинах. Из-за необходимого высушивания сырья сухая подготовка связана со значительными энерго затратами и поэтому рекомендуется только при карьерной влажности ‹10%.

Применительно к составу массы надо проверять, правильно ли осуществлено внесение подходящих реагентов для взаимодействия со свободным CaO, то есть мелкозернистых минералов иллитовой (глинисто-слюдистой) группы или других флюсующих добавок (летучей золы, каменной или стекольной муки и пр.). Добавки, однако, вместе с имеющимся сырьем перед практическим применением необходимо проверить относительно их керамико-технических свойств, потому что в процессе производства могут возникнуть такие осложнения, как расслоение смеси во время формования или появление дутиков во время обжига из-за образования спеченного слоя. В процессе формования необходимо избегать образования текстур.

В результате описанных выше реакций в процессе обжига появляются другие способы предотвращения дефектов, которые следует проверять для каждого сырья. Например, при повышении температуры обжига увеличивается прочность

черепка. Однако на практике повышение температуры возможно только в определенных пределах, потому что при сырье, богатом известью, температура свыше 1 050°C быстро приводит к плавлению и к появлению различий в оттенках цвета и усадке. Степень перехода свободного CaO в силикаты кальция повышается благодаря более длительному периоду выдержки при температуре свыше 850°C. Если максимальная температура обжига снижена до значения, приближенного к разложению карбонатных пород, то свободный CaO теоретически может совсем не образовываться (на рисунке 4 см. образец слева, обжиг при 833°C). На практике это находит применение в том случае, если при такой температуре обжига достигаются необходимые свойства черепков. Атмосфера с ограниченным поступлением воздуха в зоне обжига может также уменьшить степень разложения карбонатных пород. Это происходит в топках для тяжелого топлива, которые эксплуатируются с ограниченным количеством воздуха в горелках.

» **4** Известковые дутики на лабораторных образцах, температура обжига слева направо 833, 870, 915, 950, 990, 1 025°C

Во избежание известковых дутиков высокосортный кирпич погружается в холодную воду сразу после обжига. В этом случае наряду с гашением свободного CaO, вероятно, почти одновременно происходит рассеивание и растворение $Ca(OH)_2$ в сочетании с мгновенным снижением давления, что предупреждает образование известковых включений. Это предположение подтверждается на практике. Если погружение в воду выполняется через более продолжительное время после обжига, появляются дутики. Кирпичи, находящиеся после обжига на открытом воздухе под дождем, имеют меньше дутиков, чем изделия той же партии, которые хранятся в закрытом помещении. Погружение в горячую воду не предотвращает образование дутиков, так как, с одной стороны, растворимость $Ca(OH)_2$ уменьшается с повышением температуры. С другой стороны, гашение извести является экзотермической реакцией, при которой повышение температуры смещает равновесие реакции в сторону исходного сырья (т.е. в направлении CaO) – см. уравнение (7).

Чтобы предотвратить образование известковых высолов, применяют те же действия, за исключением подготовки сырья, что и для известковых дутиков. Образование светлого известкового налета на поверхности изделия можно избежать, погрузив изделие в холодную воду сразу после обжига. В странах Южной Европы кровельную черепицу погружают в разбавленный раствор соляной кислоты. Однако этот способ связан с появлением коррозии на металлических деталях, расположенных вблизи черепицы, и угрозой здоровью рабочего персонала.

Сидерит ($FeCO_3$) и магнезит ($MgCO_3$) упомянем здесь мельком, так как они в грубокерамическом сырье присутствуют редко и преимущественно только в небольшом количестве. $FeCO_3$ разлагается при температуре 550 до 560°C, а $MgCO_3$ при 500–550°C с выделением CO_2. Содержание сидерита в кирпичном сырье может привести к появлению после обжига черных дутиков. По сравнению с известковыми включениями они появляются зачастую после продолжительного хранения. Сидерит тверже и плотнее извести и доломита, поэтому более тонкая подготовка сырья с его содержанием сложна. По возможности уже во время карьерной выработки необходимо удалить крупные примеси сидерита. Быстро определить содержание сидерита и магнезита на месте можно с помощью концентрированной и нагретой соляной кислоты [15].

3 Гипс, полугидрат, ангидрит

3.1 Сульфаты кальция

Гипс, полугидрат и ангидрит – сульфатные минералы или неорганические соли серной кислоты. В грубокерамическом сырье они встречаются преимущественно в незначительных объемах – <1 массовой доли и поэтому практически не влияют на керамико-технологические свойства кирпича. Тем не менее они вызывают различия в оттенках

» **5** Вожжённые гипсовые высолы после высушивания, температура обжига 975°C, 40-кратное увеличение

цвета поверхности, а именно для облицовочного кирпича и кровельной черепицы это не желательно (**»5**).

Если на сульфат кальция CaSO4 воздействовать температурой свыше 300°C, он становится почти не растворимым в воде (см. ниже). При более низких температурах CaSO4 вступает в реакцию с водой. Во-первых, он растворяется, при этом образуются катион Ca^{2+} и анион сульфата SO_4^{2-}. Растворимость гипса примерно в сто раз выше, чем извести (**»таблица 2**). Во-вторых, вода встраивается в кристаллическую решетку (так называемая гидратная вода). При этом могут возникать различные модификации полугидрата или гипса в соответствии с уравнениями (10) и (11). О термической стабильности, а также абсорбции и отдаче кристаллизационной воды отдельных фаз CaSO4 см. [16, 17].

Сульфат кальция — полугидрат

$$CaSO_4 + ½\ H_2O \rightarrow CaSO_4\ ½\ H2O \quad (10)$$

Полугидрат — гипс (дигидрат)

$$CaSO_4\ ½\ H_2O + 1{,}5\ H_2O \rightarrow CaSO_4\ 2\ H_2O \quad (11)$$

При соприкосновении с водой гипс отвердевает. Этот процесс известен в строительной промышленности и в производстве форм как схватывание. CaSO4 может присутствовать в различных минеральных фазах с кристаллизационной водой и без нее. Альфа – и бета-полугидратов обозначают две различные кристаллические формы полугидратов. Отдельные фазы CaSO4 появляются на основе гипса (дигидрата) при соблюдении нескольких условий [18].

- Альфа-полугидрат ($CaSO_4$ ½ H_2O) образуется в закрытой емкости (автоклаве) в результате обработки влажным паром или без давления в кислотах или водных соляных растворах. При добавлении воды результатом гидратации является дигидрат.
- Бета-полугидрат ($CaSO_4$ 2 H_2O) возникает при обжиге в открытой емкости при нормальной атмосфере и температуре прибл. 120–180°C. При добавлении воды в результате гидрации через несколько минут образуется дигидрат.
- Ангидрит III ($CaSO_4$) как растворимый ангидрит образуется из полугидрата при температурах до 300°C. При наличии воды или влажности воздуха быстро образовывается полугидрат.
- Ангидрит II_s ($CaSO_4$) возникает при температурах от 300 до 500°C и с трудом растворяется в воде. При смешивании с водой процесс гидратации продолжается от нескольких часов до нескольких дней.
- Ангидрит II_u ($CaSO_4$) образуется при температурах от 500 до 700°C из ангидрита II_s и не растворяется в воде. Кальцинированный гипс обжигается при температуре 800–1 000°C и медленно затвердевает до каменного состояния.
- Ангидрит I ($CaSO_4$) – высокотемпературная модификация сульфата кальция, образуется при температуре 1 180°C.

С одной стороны, сульфаты кальция могут присутствовать в грубокерамическом сырье, образуясь уже в процессах растворения или в результате окисления пирита. Сульфаты присутствуют в растворенном виде во влажной глине или растворяются во время добавления воды для подготовки или формования. Сульфиды окисляются в присутствии воды и кислороды и могут также образовывать сульфаты [19]. С другой стороны, если во время обжига в черепке присутствует свободный CaO, то при наличии в дымовых газах окиси серы SO_2 (например, в результате сжигания тяжелого топлива или разложения пирита) образуется $CaSO_4$ (ангидрит) согласно уравнениям (12) и (13).

$$CaO + SO_2 + ½\ O_2 \rightarrow CaSO_4 \quad (12)$$

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2 \quad (13)$$

Полное разложение $CaSO_4$ на CaO и SO_3 происходит только при температурах свыше 1 200–1 300°C. Однако при наличии примесей температура начала деструкции снижается. «Обожжённый намертво» гипс получают при температурах свыше 1 000°C. При взаимодействии с водой он больше не затвердевает.

Как правило, содержание гипса или пирита в грубокерамическом сырье можно определить посредством рентгено-дифракционных методов исследования и ИК-спектроскопии (количественный минеральный анализ). Содержание пирита можно установить с помощью синхронного термического анализа уже с массовой долей пирита 0,05 на основании сильной экзотермической реакции при температуре прибл. 430–450°C. Водорастворимые сульфаты определяются в элюате визуально или методом весового анализа.

3.2 Предотвращение высолов сульфата кальция

С учетом описанных выше реакций и температур можно указать две причины появления на обожжённом кирпиче высолов $CaSO_4$:

- образование высолов в процессе сушки;
- образование $CaSO_4$ во время обжига богатого известью сырья в присутствии SO_2 в дымовом газе.

3.2.1 Высолы во время сушки

В процессе сушки растворенные ионы переносятся вместе с водой на поверхность и там кристаллизуются, в то время как вода испаряется. Образовавшиеся таким образом высолы гипса или полугидрата обезвоживаются во время последующего обжига и проявляются на поверхности кирпича в виде желтоватого налета. После обжига при обычных для кирпича температурах ›850°C этот налет невозможно будет смыть водой. Строго говоря, после процесса обжига речь идет не о гипсовых, а о ангидритных высолах.

Чтобы предотвратить высолы во время сушки, к необожжённому сырью примешивается $BaCO_3$ (карбонат бария) или $BaCl_2$ (хлорид бария). Последняя добавка дорогая, поэтому в кирпичной промышленности почти не используется. Добавление карбоната или хлорида бария способствует преобразованию легко растворимого сульфата кальция в тяжело растворимый сульфат бария в соответствии с уравнениями (14) и (15) (**»таблица 2**). Чем меньше сульфат растворяется в воде, тем в меньшей степени он будет во время сушки переносится на поверхность, там кристаллизоваться и проявляться в виде выцветов. Формирование кристаллических отложений на поверхности заготовки можно предотвратить благодаря низкой растворимости сульфата бария.

$$CaSO_4 + BaCO_3 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + CaCO_3 \quad (14)$$

$$CaSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + CaCl_2 \quad (15)$$

Для полной реакции требуется в стехиометрическом соотношении на каждую массовую долю водно-растворимого сульфата требуется 1,45 массовой доли $BaCO_3$ или 1,53 массовой доли $BaCl_2$. Однако на практике содержание увеличивается на определенный коэффициент, потому что для глинистых смесей нельзя исходить из идеальных условий, при которых каждый ион сульфата соединяется с ионом бария. Практический коэффициент редко указывается поставщиками $BaCO_3$, в литературе приводится значение 1,3 [11]. По причине высокой стоимости содержание карбо-

ната бария в глинистой смеси составляет на практике максимум 1,2–1,5 массовых долей.

Другим способом предотвращения образования высолов во время сушки является изменение режима сушки. Исследования с различными скоростями сушки показали, что в зависимости от содержания сульфата и зернистости существует оптимальная скорость, при которой растворенные в сырье сульфаты кристаллизуются только под поверхностным слоем кирпича, не образуя высолов на самой поверхности. И как снижение, так и повышение скорости сушки в сравнении с оптимальной снова приводили к появлению высолов [20]. Образование сульфатов в результате окисления в пиритовом сырье можно снизить, сократив время вылёживания и увлажнения.

3.2.2 Образование $CaSO_4$ во время обжига

Если во время обжига в черепке образуется свободный CaO и в дымовом газе присутствует сера, то могут образовываться сульфаты кальция. При наличии влаги сульфат кальция возникает уже при низких температурах по уравнению (13). Разложение $CaCO_3$ под воздействием серной кислоты используется помимо прочего для очистки дымовых газов на угольных электростанциях. Так как дымовые газы в печах обжига кирпичей подаются по принципу противотока к продукции обжига, то во влажной атмосфере с содержанием серы на еще холодный кирпич оседает конденсат серной кислоты.

Исходя из этого, можно определить способы предотвращения образования сульфатов кальция. С одной стороны, можно уменьшить источники образования серы в дымовом газе. Например, заменив нефтяное и угольное топливо на горючие материалы с низким содержанием серы или без нее (природный газ). С другой стороны, путем снижения содержания извести в сырье можно удалить реагент, вступающий во взаимодействие с серой. Но, как описано в пункте 2, это возможно только при определенных ограничениях. Еще одна возможность – подача кирпича в печь в предварительно нагретом и по возможности сухом состоянии (остаточная влажность <1%). Уменьшение влажности и содержания SO_2 в атмосфере печи понижает точку росы дымового газа. Он может конденсироваться уже при температуре ниже температуры кирпича, то есть за пределами печи [21].

4 Выводы

В этой статье в обобщенном виде описан приближенный к практическим условиям механизм действия в грубокерамическом сырье таких минералов, как известь, доломит и гипс. Представлен обзор различных обозначений и несистематических наименований, а также возможных химических и термических реакций. На примере вариантов реакций показано, какие меры можно предпринять, чтобы на практике избежать известковых включений и высолов извести и гипса.

Hans Lingl Anlagenbau GmbH & Co. KG, г. Веймар
www.lingl.com

Литература

[1] Salmang, H.; Scholze, H. (2007): Keramik. 7. vollstandig neubearbeitete und erweiterte Auflage, herausgegeben von R. Telle. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

[2] Krause, E.; Berger, I.; Krockel, O.; Maier, P. (1982): Technologie der Keramik, Band 3 – Thermische Prozesse. Verlag fur Bauwesen, Berlin

[3] Hatzl, Th.; Gehlken, P.-L. (2001): Mineralische Rohstoffe in der Ziegelindustrie – Wichtige Parameter in der taglichen Praxis des Geowissenschaftlers, Teile 1 und 2. Zi Ziegelindustrie International 11/2001, S. 23-32 und 12/2001, S. 20-26 Gehlken, P.-L.; Hatzl, Th. (2004): Rohstoffe in der Ziegelei – Parameter und ihre Bedeutung, Teile 1 und 2. Keramische Zeitschrift 04/2008, S. 458–463 und 11/2004, S. 648–651.

[4] Lehnhauser, W. (1966): Dilatometer-Prufungen im keramischen Bereich, Schriftenreihe messen, prufen, regeln, steuern, elektronik, Band 1, Sprechsaal-Verlag Coburg

[5] Vogt, S.; Vogt, R.(2004): Zur Berechnung von qualitatsgerechten Brennkurven, Teil 1. Zi Ziegelindustrie International 7/2004, S. 20–35

[6] Baykara, M. (1999): Reaktionsablaufe calcitreicher Ziegelmassen unter Schnellbrandbedingungen. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1999, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin, S. 102–110

[7] Freyburg, S. (1993): Rechnergestutzte Projektierung von Arbeitsmassen grobkeramischer Erzeugnisse. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1993, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin, S. 15–32

[8] Vogt, S.; Vogt, R. (2004): Zusammenhang zwischen Mineralbestand und fertigungstechnischen Eigenschaften von naturlichen Tonvorkommen und daraus hergestellten Massen fur die Grobkeramik – Teil 2: Fertigungstechnische Eigenschaften, Verwertbarkeitseinschatzungen sowie Masseoptimierungen. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 2004, Bauverlag GmbH Gutersloh, S. 78–103

[9] Cultrone, G.; Rodriguez, C. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. Eur. J. Mineral. 2001, 13, S. 621–634

[10] Baykara, M. (1997): Beitrag zum Studium der Reaktionsablaufe beim schnelleren Dachziegelbrand, Teil 1. Zi Ziegelindustrie International 12/1997, S. 895–898

[11] Plaul (1972): Technologie der Grobkeramik. Band 1. 3. Auflage, VEB Verlag fur Bauwesen Berlin

[12] Hajpal, M.; Torok, A. (2004): Mineralogical and colour changes of quartz sandstones by heat. Environmental Geology, Vol. 46 (2004), pp. 311–322

[13] Bender, W. (1998): Mahlanlagen fur die Trockenaufbereitung in der Baukeramik. Ziegelindustrie International 1–2/1998, S. 7–18

[14] http://de.wikipedia.org/wiki/Kalkspatz

[15] Heuschkel, H.; Muche, K. (1975): ABC Keramik. 1. Auflage, VEB Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie Leipzig

[16] Gips-Datenbuch (2006): Gips – Rohstoffe, Aufbereitung und Calcinierung. Bundesverband der Gipsindustrie e. V., Ausgabe 2006, [http://www.knauf.de/wmv/?id=2842

[17] Muller, M. (2007): Die Abbindebeschleunigung von Stuckgips durch Calciumsulfatdihydrat – Dissertation Fakultat Bauingenieurwesen der Bauhausuniversitat Weimar

[18] http://de.wikipedia.org/wiki/Gips

[19] Gmelin (1932): Handbuch der anorganischen Chemie, Band 59: Eisen Teil B, 8. Auflage, Verlag Chemie, Berlin

[20] Deppe, D. (2005): Mechanismus und Beeinflussung von Trockenausbluhungen aus Kalziumsulfat bei der Konvektionstrocknung von Ziegelrohlingen, Dissertation. Fakultat fur Verfahrens – und Systemtechnik der Otto-von-Guericke-Universitat Magdeburg

[21] Filounek, A. (2006): Schutz von Ofenwanden vor Schadigung durch Kondensate, Dissertation. Fakultat fur Maschinenbau, Verfahrens – und Energietechnik der Technischen Universitat Freiberg

[22] Henning, O. (1986): Naturwissenschaftliches Grundwissen fur Ingenieure des Bauwesens. 5. Auflage, VEB Verlag fur Bauwesen, Berlin

[23] D'Ans Lax (1998): Taschenbuch fur Chemiker und Physiker, Band 3: Elemente, anorganische Verbindungen und Materialien, Minerale, 4. Auflage, Springerverlag, Berlin, Heidelberg, New York

[24] Gmelin (1932): Handbuch der anorganischen Chemie, Band 30: Barium, 8. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim Berlin 1932

[25] http://193 175.110.91/salzwiki/index.php/Magnesit

[26] Schwister, K. (2004): Taschenbuch der Chemie. 3. Auflage,

Fachbuchverlag Leipzig

[27] Sicherheitsdatenblatt gema. Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Version 1 Bariumchlorid-Dihydrat, Fa. Roth (2011)

[28] Sicherheitsdatenblatt gema. Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Version 1 Calciumoxid, Fa. Roth (2011)

[29] Sicherheitsdatenblatt gema. 91/155/EW G, Bariumcarbonat, Fa. Silbermann (2005)

[30] Stunzi, Hans 2004: Korrosion von Kalk, AGS Info 1/94, http://www.agsr.ch/dokumente/Info-Artikel/1994-1_Korrosion_AGS-Info.pdf

[31] Hirschberg, G (1999): Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau: Chemie, Technik und Wirtschaftlichkeit, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York

[32] https://en.wikipedia.org/wiki/

дипл. инж. Михаэль Руппик

Причины дефектов в процессе обжига и способы их предотвращения

Часть 1. Реакции в зоне нагрева до 500 °C, зависимые от диффузии

В этой статье, которая будет опубликована несколькими частями, описаны происходящие в процессе обжига реакции, обусловленные характеристиками сырья и приводящие к возникновению дефектов в изделиях. Изменения под воздействием температуры физических свойств в черепках, а также выделение реакционных газов, образующихся в процессе нагревания, рассматриваются в ключе их воздействия на снижение качества изделий.
Известно, что тип и интенсивность реакций определяется в значительной степени в зависимости от состава сырья и вида продукта. При нагревании высокопоризованной кирпичной шихты с большой теплотой сгорания происходят реакции, которые отличаются от реакций в плотно обожжённой клинкерной шихте с высоким содержанием глинистых минералов. Из-за многообразия одностадийных реакций химические процессы разделены для детального описания на определенные температурные периоды. При этом различают сегменты в диапазоне до 500 °C, от 500 до 800 °C и свыше 800 °C. Заинтересованные читатели получат представление о причинах и способах предотвращения производственного брака, которые в отдельных случаях следует отнести к процессу обработки в туннельных печах.

1 Общие сведения

Обжиг кирпичной продукции зависит от ряда таких ограничивающих факторов, как расширение и усадка, эндо – и экзотермические реакции, выделение химически активных газов, а также фазовые превращения и новообразования минералов. Эти процессы определяют скорость обжига всех видов кирпичной продукции. Для различной продукции в кирпичной промышленности используются разнообразные сырьевые материалы, которые существенно отличаются по минеральному, химическому и гранулометрическому составу. Для обеспечения зависимых от этих условий реакций процесс обжига адаптируется к соответствующему сырью.

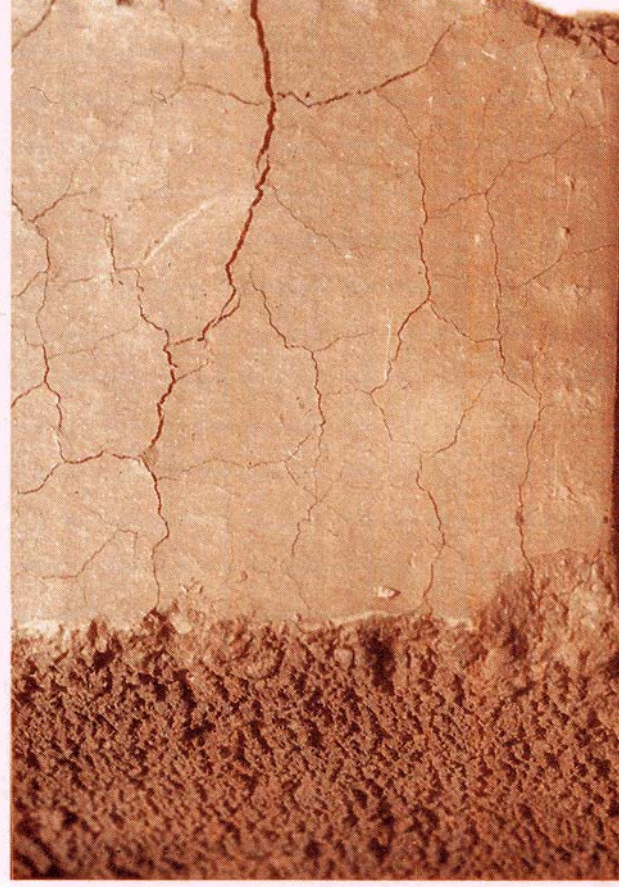
Процесс обжига (скорость нагревания и охлаждения, а также температура обжига) сырца, который, как правило, происходит в садке в туннельных печах, определяется кривой обжига. Во время нагревания устанавливаются перепады температуры поверхности и ядра, их параметры определяются в большей степени скоростью нагревания и геометрией изделия. Высокие перепады температуры приводят к внутренним напряжениям, которые могут стать причиной образования трещин и/или деформации структуры материалов. Из-за параболической температурной кривой сырца максимальные температурные градиенты устанавливаются у кромки. Это говорит о том, что из-за процессов расширения и усадки, обусловленных температурой и сырьевым материалом, особенно велика опасность возникновения трещин вблизи поверхности. К тому же риск появления трещин связан и с такими дефектами формования, как ослабление структуры материала и его текстура.

Если в процессе обжига превышаются максимально допустимые скорости нагревания в различных температурных диапазонах, существует опасность появления дефектов, снижающих общее качество изделия (трещины, сколы, деформация и повреждение структуры). Деформации, легко раскрывающиеся трещины и растрескивание на поверхности изделия становятся заметными после обжига , и кирпичи с такими дефектами можно отсортировать как брак на основании существующих требований к качеству. Зачастую очень сложно обнаружить тонкие микротрещины и трещины внутри кирпича, например, на ребре в насадочном кирпиче, или дефект в структуре полнотелого кирпича. Тем не менее они могут означать качественный дефект, который существенно уменьшает несущую способность и морозостойкость кирпича.

Приведенные ниже примеры образования дефектов на различной кирпичной продукции можно отнести по их генезису к температурному диапазону загрузочной части печи до 500 °C. На **»1** и **»2** можно увидеть открытые трещины на наружном ребре пустотелого кирпича, которые следует рассматривать как начальную стадию обширных расслаиваний. Практика показывает, что эти дефекты появляются при температуре в печной камере около 400 °C.

Такие дефекты, как паутинообразные поверхностные трещины на строительном кирпиче (**»3**) и обширные растрескивания на кровельной черепице (**»4**), возникают в зоне нагревания с диапазоном от 100 до 200 °C, при этом сырец расширяется лишь незначительно. Образование сетевидных трещин происходит, когда вышедшие из сушильной камеры сырцы снова впитывают влагу перед загрузкой в туннельную печь. В частности, гигроскопичность на поверхности сырца из сырья с содержанием набухаемых глинистых материалов приводит к набуханию материала. Последующая быстрая сушка в печи и возникающие при этом поверхностные напряжения являются причиной образования сетевидных трещин, покрывающих сырец. Аналогичный рисунок растрескивания появляется, когда в зону нагревания попадает холодный сырец и существующая в атмосфере камеры обжига влага конденсируется на поверхности сырца из-за снижения точки росы.

» **1** Раскрывающиеся трещины на наружной поверхности



» **3** Сетевидные поверхностные трещины

» **2** Наружное отслаивание

» **4** Обширное растрескивание на кровельной черепице

Обширные растрескивания и частичное нарушение структуры наиболее часто встречаются в кирпичах или сырцах, которые недостаточно высушены, то есть перед процессом нагревания еще имеют слишком высокую остаточную влажность в ядре сырца.

В зоне нагревания до 500 °C это приводит к выпариванию остаточной влаги и последовательно к расщеплению и выделению летучих органических веществ (процесс полукоксования особенно для поризованного пустотелого кирпича) и высвобождению кристаллизационной воды.

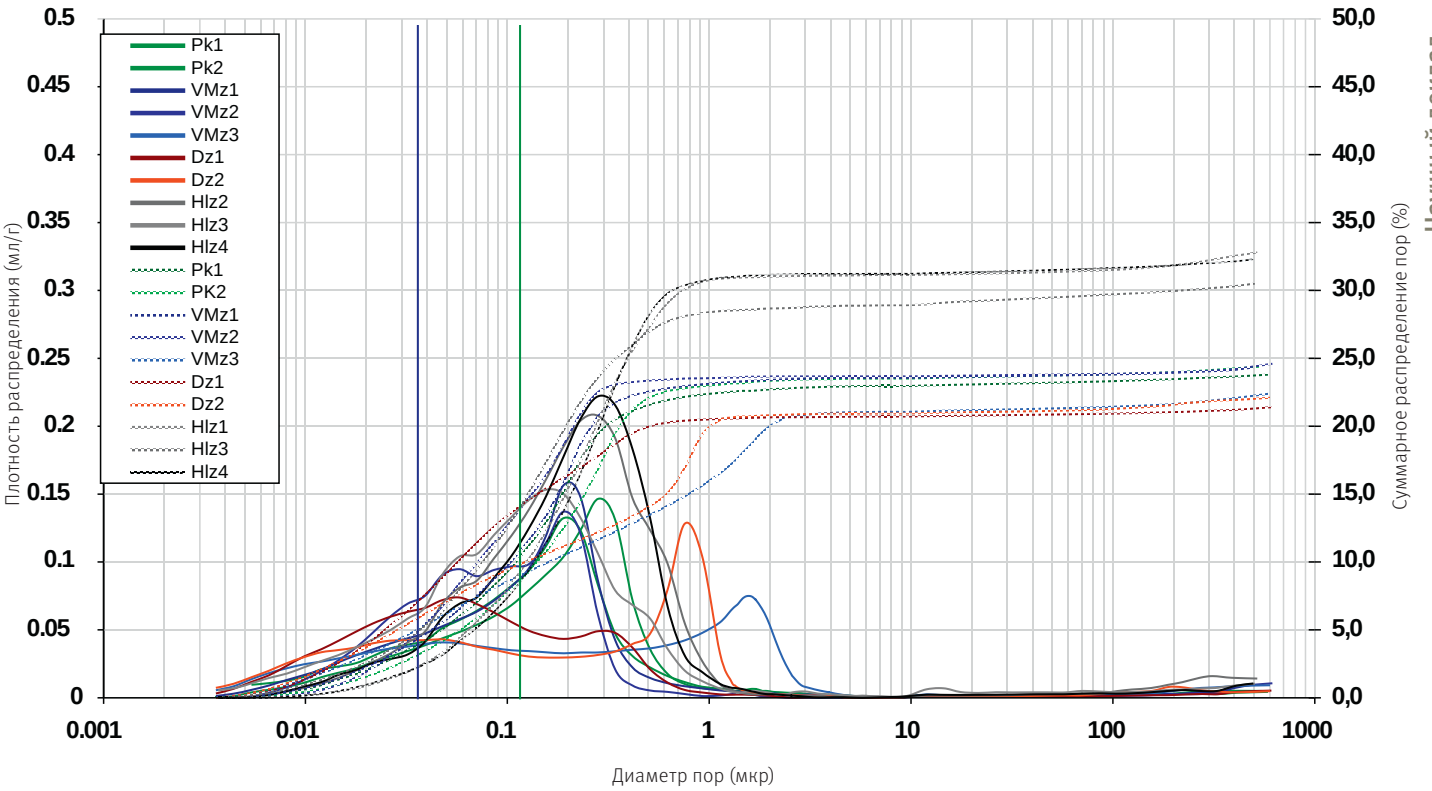
Образование высоких паровых нагрузок и разрывающих давлений определяют вид повреждений.

2 Реакции при нагреве влажного сырца до 500 °C, обусловленные сырьем и температурой

На основании описанных выше видов повреждений неоднократно допускалось, что в недостаточно сухих и/или энергоемких сырцах из-за спонтанного образования химических газов (водяные пары или полукоксовые газы) и в результате диффузионного сопротивления ввиду пористой структуры возникают высокие внутренние давления внутри кирпичей-сырцов. Причиной высоких диффузионных сопротивлений является то, что:

- поры настолько узкие, что это приводит к очень высокому гидродинамическому сопротивлению, так что внутреннее давление пара остаточной или кристаллизационной воды или образующихся полукоксовых газов не может снижаться достаточно быстро. Иначе это привело бы к нарастанию внутреннего давления, которое в экстремальных случаях разорвет сырец;
- если вид формования воздействует на геометрию пор таким образом, что существует внутренняя сеть пор с достаточно высокой объемной долей и внешняя оболочка сырца остается закрытой благодаря так называемой прессовочной корке.

В кирпичной глине практически не встречается пористость меньше 20% объема в конце процесса усушки, и ее даже теоретически сложно представить (ср. степень пустот в насыпном материале). Поэтому причиной возможных диффузионных ограничений газообразных продуктов, образующихся в процессе нагревания в передней части туннельной печи не может являться недостаточная открытая пористость. Причиной диффузионного напряжения является как объем, так и структура пор (эффективный диаметр пор и степень искривления). На структуру



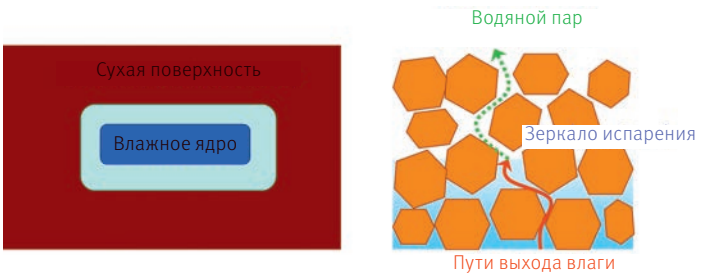
» 5 Распределение пор сухого сырца

оказывают влияние процессы формообразования (текстура поверхности, ориентация частиц, гладкость), сушки, а также взвешенные частицы и соли.

Распределение пор в сухом сырце на **»5** описывает поровое пространство. Сырцы изготавливаются из кирпичной шихты для брусчатки (Pk), облицовочного кирпича (VMz), черепицы (Dz) и пустотелых изделий (HLz). Сплошные линии на диаграмме указывают на плотность распределения, а пунктирные линии описывают процесс совокупного распределения пор. Так как дисперсность керамического сырья составляет свыше 3-4 в десятой степени, в сырце следует ожидать ярко выраженное распределение пор по размерам.

Около 90% от всего количества пор имеют диаметр в диапазоне от 0,01 до 1 мкр. Оставшееся незначительное количество пор имеет размер свыше 1 мкр. Существуют единичные поры с диаметром до 103 мкр. Пористость в сырце из кирпичной шихты брусчатки, строительного кирпича и черепицы составляет 21-25% в соответствии с суммарным распределением пор. Пористость сырца из шихты пустотелых кирпичей находится в диапазоне от 30 до 32% объема.

Установлено, что во всех этих кирпичных глинах присутствуют поры с диаметром менее 0,1 мкр и, в незначительных случаях – менее 0,01 мкр. Подавляющая доля пор имеет размеры свыше 0,1 мкр и частично свыше 1 мкр. Количество пор с диаметром ‹0,04 мкр (соответствует свободному пути движения молекулы водяного пара) составляет 3-7%, при этом для водяного пара закономерны высокие диффузионные сопротивления. Во всех исследованных кирпичных глинах с общим поровым пространством 22-24% объема преобладают поры с большим диаметром. Так массовый поток пара может отклоняться в сторону линий пор с меньшим гидродинамическим сопротивлением. Для диффузии полукоксовых газов, которые наряду с CO_2 содержат большое количество различных углеводородов, пористость линии прохождения пор ‹0,12 мкр (длина свободного пути двуокиси углерода) составляет 10-15% объема. Полукоксовые газы образуются

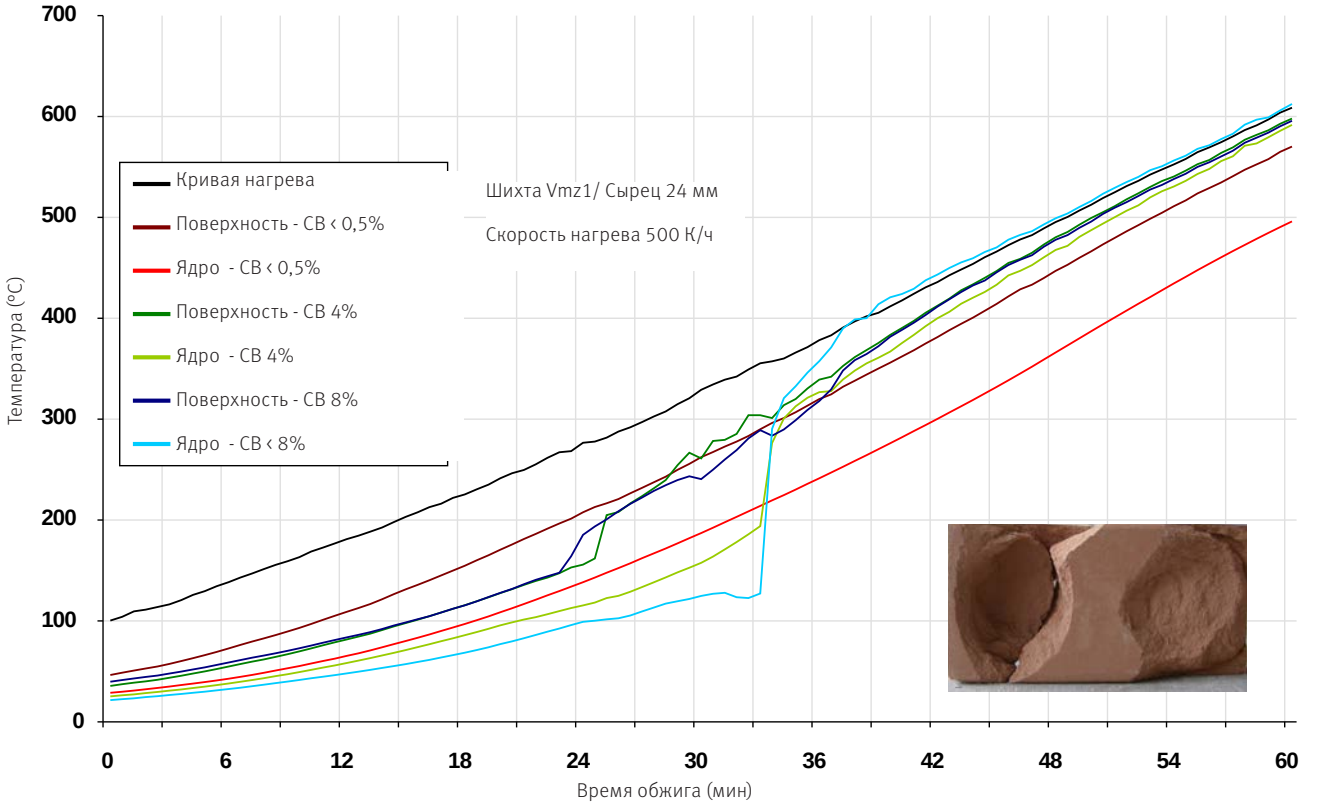


» 6 Схематичное изображение сырца с остаточной влажностью

только при нагревании поризованных шихт пустотелого кирпича, сырец которых обеспечивает для диффузии пористость свыше 30% объема. В результате исключены высокие нагрузки пара, которые с большей вероятностью являются причиной возникновения дефектов. Тем не менее не ясно, приводят ли к очень высокому приращению давления другие реакции, в результате которых выделяется газ (в частности образование полукоксовых газов в пористых пустотелых кирпичах) и которые частично сопровождаются экзотермическими реакциями и поэтому являются самоускоряющимися реакциями. Кроме того, это приводит к процессам выделения кристаллизационной воды.

В отношении указанной в блокировки линий прохождения пор из-за так называемой прессовочной корки необходимо указать следующее: даже эта шихта, отличающаяся гладкой поверхностью, является, конечно же, смесью глины и воды. Однако здесь слоистые частицы ориентированы преимущественно параллельно поверхности. Изучения прессовочной корки с помощью микроскопа показывали наличие множества проницаемых пор.

Еще одной вероятной причиной являются высокие перепады температур внутри сырца. Испарение остаточной влаги в недостаточно просохших сырцах, возникающее сразу после загрузки в печь, приводит к термически обусловленным механическим нагрузкам в сухой наружной оболочке сырца. Из-за его незначительной прочности наружная оболочка разрушается от раковистых



» 7 Зависимый от месторасположения температурный режим при нагреве кирпича-сырца с разным содержанием остаточной влажности, скорость нагрева 500 К/ч

изломов. Возникающее позднее выделение полукоксовых газов, в частности в сырцах, где поры образуются под воздействием органических веществ, является устойчиво экзотермической реакцией, самостоятельно повышающей свою скорость протекания. Здесь также возможны трещины и отслаивания, несмотря на, скорее, низкие перепады температуры внутри сырца. Такие дефекты возникают только при более высоких температурах и, как следствие, более сжиженных газах. Следует учитывать, что высокие давления разложения разрушают сырец, ослабленный множеством микрореакций. Какое предположение из двух, а именно высокие нагрузки пара или высокие перепады температур, необходимо учитывать в качестве причины появления дефектов, определяется на основании результатов испытаний.

» 8 Обширное конусообразное разрушение сырца из шихты пустотелого кирпича

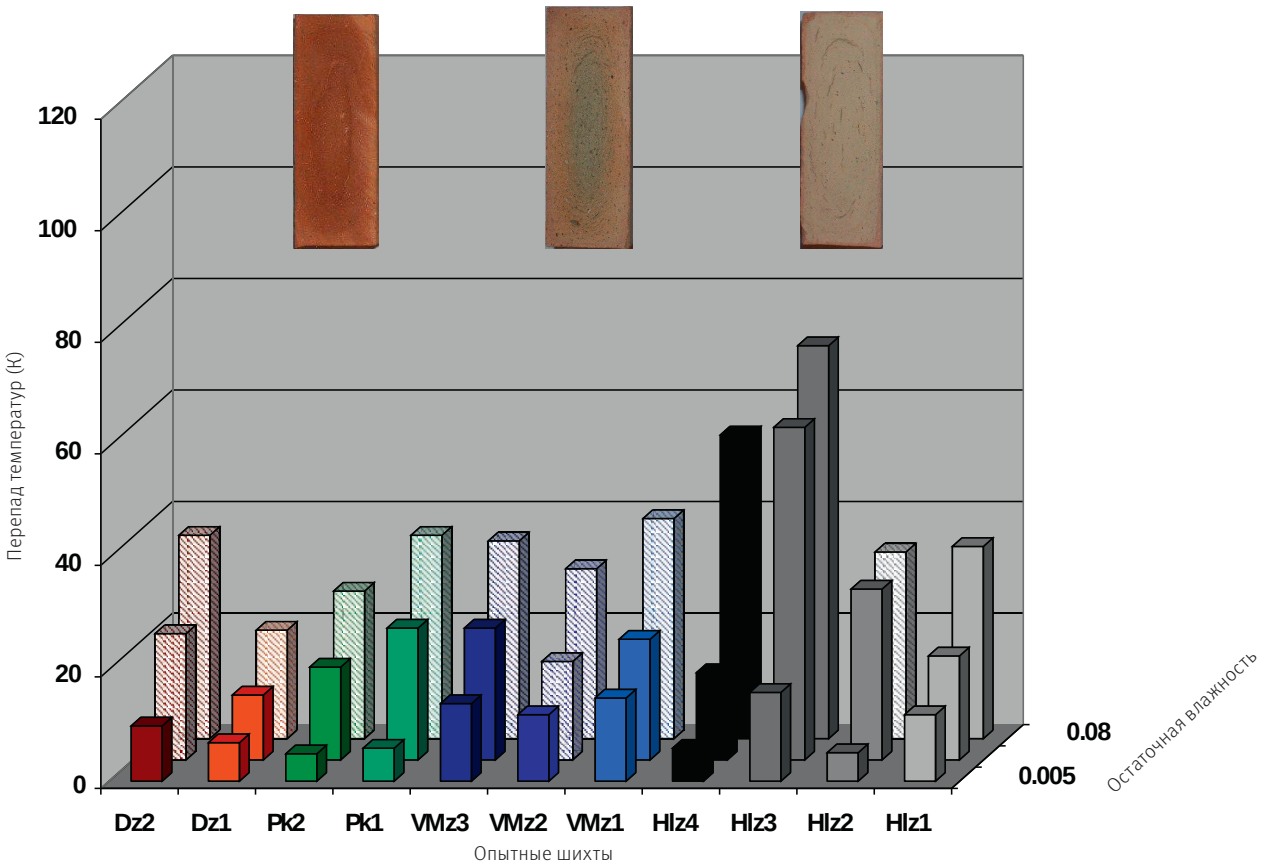
Во время процесса обжига, следующего за сушкой, кирпич-сырец нагревают в соответствии с предварительно заданной кривой обжига. Процесс проводится в туннельной печи, сконструированной по типу противоточного теплообменника. Загружаемый в печь холодный сырец подвергается воздействию более высоких температур газа. Если в процессе нагревания участвуют еще влажные сырцы, окончательная фаза второго периода сушки проводится в процессе обжига.

Схематичное изображение на рисунке **»6** демонстрирует исходное состояние сырца с сухим наружным слоем и еще влажным ядром.

Остаточная влажность 2 процента по массе, установленная в промышленных условиях в сырце, означает, что содержание остаточной влаги в ядре выше, а на поверхности ниже среднего значения. В соответствии с закономерностью процессов второго цикла сушки на начальной стадии нагревания выпаривается влага, которая передается капиллярной силой из внутренней полости сырца на зеркало испарения еще влажного ядра. Водяной пар проникает через поровое пространство зеркала в направлении поверхности сырца. При продолжительном высушивании зеркало испарения смещается в направлении центра сырца, в результате чего размеры влажного ядра временно изменяются.

При этом на поверхности сырца возникает турбулентный перенос тепла (конвективный и радиационный) с более высокой температурой газа в туннельной печи. Из-за образовавшегося теплового потока повышается температура наружного слоя. Подобному нагреву внутри ядра препятствует происходящее в нем испарение жидкости. В результате этого возникают высокие температурные градиенты между поверхностью и зеркалом испарения. Для всего влажного ядра до зеркала испарения можно принять единую температуру, так как перепад температуры во влажном ядре настолько незначительный, что им можно пренебречь. Влажное ядро окружает атмосфера, насыщенная паром в непосредственной близости от зеркала испарения. Парциальное давление насыщения пара в этой атмосфере связано с температурой зеркала испарения.

На диаграмме **»7** представлены температуры поверхности и ядра сырца толщиной 24 мм с разным содержанием остаточной жидкости. Эти температуры измерялись в процессе пробных обжигов при скорости нагревания 100 или



» **9** Перепады температур поверхности и ядра (скорость нагрева 100 К/ч)

500 К/ч. Сравнительно высокая скорость нагревания, принятая для диапазона температур до 500 °C, объясняет существующие реакции. Для энергоёмких шихт пустотелых кирпичей подобные скорости нагревания приближены к практическим параметрам.

Сырцы кубической формы высушивались для проведения опытов нагревания в кондиционированной среде до остаточной влажности 8, 4 и ‹0,5 массовых долей. После короткого загрузочного этапа на начальной стадии нагревания в сырце возникают перепады температур. Они увеличиваются при дальнейшем повышении температуры в зависимости от степени высушивания и в разном объеме. Температура поверхности и ядра сухого сырца (‹0,5% объема) соответствует указанной линейной кривой нагревания, с учетом постоянной разницы между температурой газа и поверхности. И, напротив, в сырцах с остаточной влажностью 4 или 8% происходит нагревание с выдержкой по времени. Это относится не только к сухой внешней оболочке, но и в большей степени к еще влажному ядру. На его зеркале испарения происходит интенсивное высыхание.

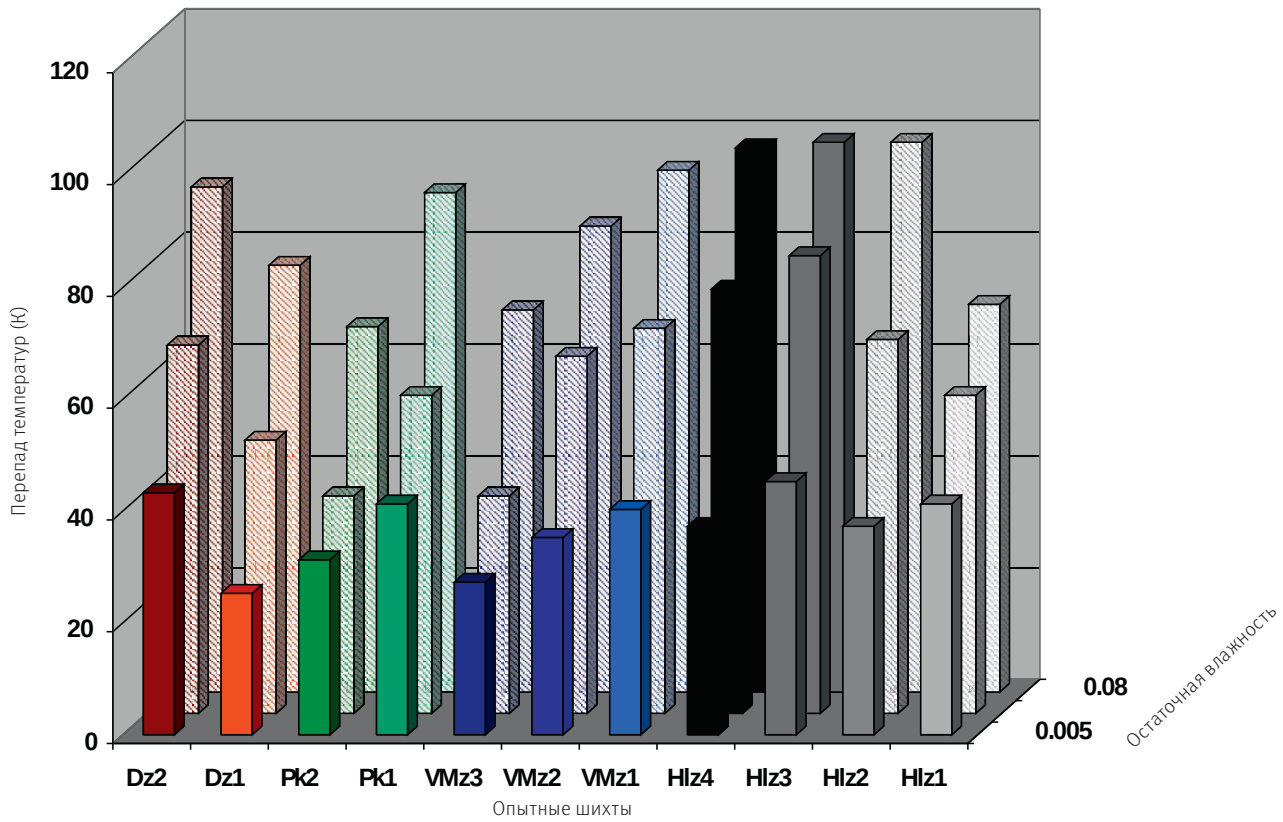
Чем выше остаточная влажность сырца, тем существенней перепад температур поверхности и ядра. Температуры шихт, при которых возникают дефекты, мгновенно изменяются. При этом температура еще влажного ядра зависит на момент разрушения от степени содержания остаточной жидкости. Если при скорости нагревания 100 К/ч температура ядра выше 150 °C, то при скорости нагревания 500 К/ч разрушение происходит через меньший отрезок времени обжига и при сравнительно более низкой температуре ядра. Скачкообразное изменение температуры поверхности, которое определяется уже на ранней стадии нагревания при предельном значении остаточной влажности 4% и 8%, является следствием образования трещин и отслаивания вблизи кромки сырца. Происходит полное разрушение сырца, которое характеризуется скачком температуры ядра.

Изменение дефектов и возможные причины следует изначально рассматривать на основе результатов обжига, которые связаны с лишь частичным разрушением сырца. На поверхности некоторых сырцов есть дугообразные трещины, которые проходят под углом к направлению прессования. Эта открытая трещина проходит под небольшим углом в направлении ядра сырца. Трещина на торцевой стороне (сторона сечения) сырца ориентируется по кольцевой текстуре. Дугообразные трещины на поверхности являются первоначальной стадией обширного отслаивания (см. пример на **»7**), которое оставляет в сырце конусовидную раковину. Этот вид дефекта возникает во влажных сырцах как из тонкодисперсных шихт кровельной черепицы и строительного кирпича, так и в высокопоризованных сырцах из шихт пустотелых кирпичей (см. **»8**).

Разрушенные сырцы показывают внутренние плоскости и поверхности излома, которые проходят параллельно направлению прессования. Расслаивание плоскости слоя показывает явные признаки текстур, возникших в результате процесса формования и обусловленных им.

Текстуры возникают в результате ориентирования слоистых частиц глины и присадок, которое происходит параллельно направлению прессования по принципу наименьшего сопротивления. В сырье с повышенной тенденцией к образованию текстур могут возникнуть как плоские, так и кольцевые текстуры. Принципиально речь идет о плоскости наслоения, которая ослабляет структуру заготовки и сырца. На выходе из металлического мундштука поверхности наслоения, трущиеся друг с другом параллельно плоскости текстуры, заглаживаются как при трении поверхностей необработанной заготовки. Такое сглаживание описано также как образование прессованной корки с высокой тонкостью зерна. В результате трения зерно более крупных размеров вытесняется в нижний слой, и поверхность обогащается тонкодисперсными глинистыми частицами.

О реакциях, протекающих в подобных случаях, будет рассказано позже. Прежде всего, следует указать на раз-



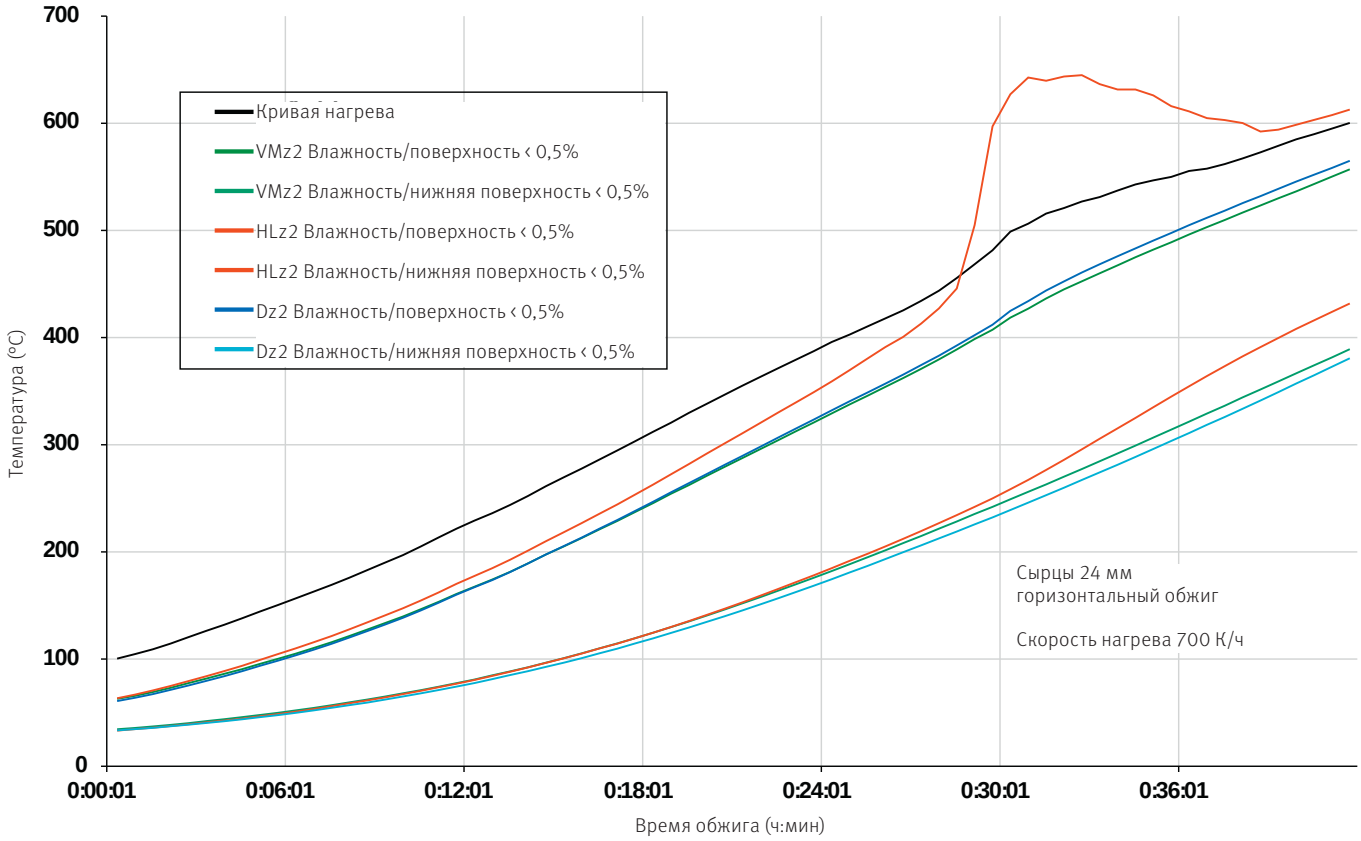
» 10 Перепады температур поверхности и ядра при скорости нагрева 500 К/ч

ницу между температурой поверхности и ядра, представленную на рисунках **»9** и **»10**. Эта разница демонстрируется в виде диаграммы для всех опытных вариантов, то есть для различных шихт, разной остаточной влажности и скорости нагрева. Перепады температур представляют собой значения, которые были установлены непосредственно перед возникновением дефекта на основании температурного режима поверхности и ядра сырца. Этим также объясняется то, что перепады температур различных шихт, представленные для аналогичных условий нагревания (постоянная скорость нагрева и остаточная влажность), имеют разные показатели. Для тех сырцов, которые при одинаковых условиях нагрева не проявляют какие-либо дефекты, выбираются перепады температур на момент возникновения дефектов в соседних образцах с одинаковым составом шихты.

Заштрихованные столбцы соответствуют случаям, когда были зафиксированы повреждения. В сырцах с остаточной влажностью 8% (за исключением некоторых шихт пустотелых кирпичей) дефект возникает при перепаде температур от 20 до 40 К. Сырцы с остаточной влажностью 4%, за исключением Dz2 и VMz2, выдержали нагревание со скоростью 100 К/ч без появления дефектов. В сырцах, высушенных до постоянного веса при температуре 105 °C, также не были обнаружены дефекты при скорости нагревания 500 К/ч и соответственно более высоких перепадах температур. Гипотеза о том, что сырцы, высушенные при высокой скорости нагрева в наружном слое, создают высокие градиенты температуры и что образовавшиеся в результате высокие напряжения являются причиной растрескивания вблизи поверхности, не может быть подтверждена. Подобные повреждения невозможно обнаружить, несмотря на то, что перепады температур выше тех, которые в сырцах с высокой остаточной влажностью уже приводят к дефектам.

Сравнение представленной на диаграммах **»9** и **»10** частоты возникновения дефектов в зависимости от перепада температур и остаточной влажности с уязвимостью текстур соответствующих шихт выявляет последующую корреляцию. Диаграмма подразумевает определение зависимого от сырья дефекта текстуры разной степени сложности, который заметен, например, внутри сечения экструдированных плит после ускоренного высушивания и обжига. Здесь шихты, которые уже визуально показывают наличие сложного дефекта текстуры, сопоставляются с результатами опытов нагревания. В шихтах Dz2 и VMz2 с высокой уязвимостью текстуры и остаточной влажностью 4% также отмечены повреждения. И, напротив, другие шихты с объективно неуязвимой текстурой не имеют повреждений в сходных условиях нагревания. Дефекты в шихтах пустотелых кирпичей HLz2 со значительным содержанием текстур появляются при остаточной влажности 8%. Здесь необходимо учесть то, что часть воды связана в органических порообразующих веществах, которые в отличие от кирпичной глины обнаруживают существенно более высокую гигроскопическую влажностью в смеси.

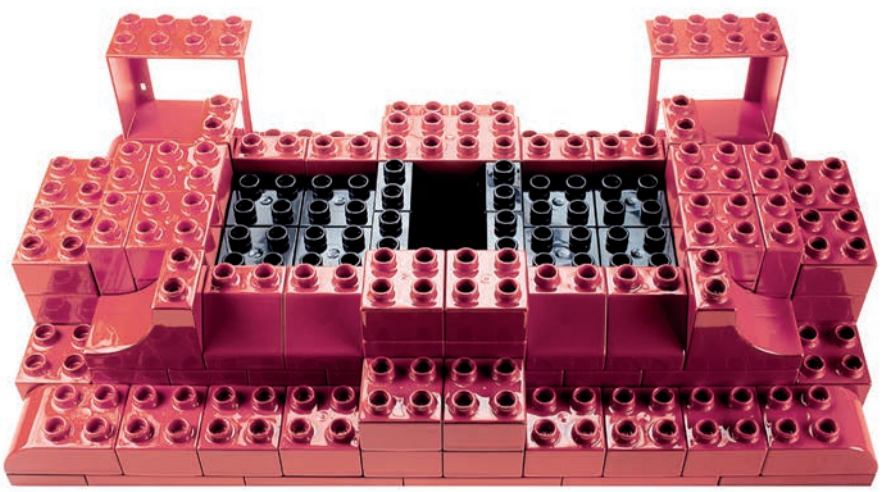
Текстуры внутри сырцов следует описывать как объемные капиллярные структуры, которые из-за своего ориентирования и, возможно, сглаживания не имеют прямой связи с капиллярной сетью окружающей шихты сырца. В сырце, ядро которого еще содержит остаточную влагу, не только поры, но и текстурные капилляры наполнены водой. В процессе нагревания влага выпаривается на зеркале испарения влажного ядра. Зеркало испарения, смещающееся при продолжительном высушивании в сторону центра сырца, впитывает оставшуюся в мелких порах воду через пути выхода влаги. Так как, по всей видимости, водоносные капилляры не соединены с объемными капиллярами, то и присутствующая здесь влага не участвует в перемещении влаги или участвует лишь частично. Объемные капилляры необходимо рассматривать как скопления влаги, своего рода «островки», которые хорошо удерживают воду. В них выпаривание воды происходит на собственном зеркале испарения, независимо от капиллярной сети. Водяной пар, образующийся поверх скопления воды



» 11 Зависимый от месторасположения температурный режим при нагреве сухого кирпича-сырца, скорость нагрева 700 К/ч, горизонтальный обжиг

ДЕЛАЙ ПРОСТО,
НАСКОЛЬКО ВОЗМОЖНО,
НО НЕ ПРОЩЕ ЭТОГО.
Альберт Эйнштейн

MORTE
MOLDES PARA EXTRUSIÓN CERÁMICA



Мы применяем технологии и инновации + развитие к мундштукам, в которых простота сопровождает возможность освободить, заменить и монтировать с лёгкостью каждую деталь, она может быть установлена только на своём месте, без ошибок.

Наши продукты считаются самыми рентабельными на рынке, благодаря низкой стоимости их обслуживания, меньших остановок в процессе производства и быстрому и лёгкому запуску.

morte@talleresmorte.com
Tel. +34 941 150 133

Distributeur für Deutschland
Verschleißschutz HUP Pietz GmbH
Tel.: -49 7955 9333-0
E-mail: info@hup-pietz.de

Дистрибьютор для России
Salvena CONSULTING LLC
тел: +7 (499) 550 50 11; +7 (499) 550 50 12
www.salvena.fr

AENOR ER-1541/2003
AENOR Gestión Ambiental
IQNet

в объемных капиллярах, не может свободно проникать через пористую структуру, частично еще заполненную влагой. Если вода и водяной пар из объемных капилляров перемещается только при условии преодоления значительного гидродинамического сопротивления пористой структуры, окружающей объемные капилляры, то для преодоления этого сопротивления появляется необходимое внутреннее давление, которое является давлением насыщенных паров при нарастающей температуре ядра. Во время опытов нагревания, в которых возникали дефекты, непосредственно перед началом разрушения с помощью измерительных приборов отмечались температуры ядра от 120 до 150 °C. Взаимосвязанное давление насыщенного пара составляло 2·105 до 5·105 Па. Это внутреннее давление повышает вызванные перепадом температур и термической деформацией напряжения внутри шихты сырца, не распадающейся из-за поверхностных напряжений. В результате превышения максимально переносимых напряжений материалов сырец получает микро – и макроскопические повреждения. Так как после образования трещины происходит снижение нагрузки и растущее до этого давление мгновенно падает, давление насыщенного пара, поднявшееся перед этим выше атмосферного, вызывает спонтанное взрывообразное испарение, которое полностью разрушает сырец. Дефекты в результате нагрева недостаточно высохших сырцов следует главным образом связывать с наличием текстур или ослаблений структур.

Опыты обжига с использованием оригинальных кирпичей-сырцов формата DF и NF показывают перепады температур между поверхностью и ядром макс. 120 или 170 К при скорости нагрева 200 К/ч в диапазоне температур от 100 до 500 °C. Подобные большие перепады, как показывает диаграмма **»11**, возникают в опытных образцах с горизонтальным обжигом, когда процедура выполняется со скоростью нагрева 700 К/ч и нижняя сторона опытных образцов не может нагреваться также быстро.

В отношении представленных шихт VMz2, Hlz2 und Dz2 речь идет о таких сырцах, которые в опытных обжигах с остаточной влажностью 4% выявили дефекты уже при более низких перепадах температур. Ни в предварительно высушенных оригинальных сырцах, ни в контрольных кирпичах-сырцах в описанных выше условиях обжига дефекты не возникли. Полукоксовые газы, образовавшиеся в процессе нагрева пустотелых сырцов, также не привели к повреждениям ни в результате экзотермических реакций, ни при высоких перепадах температур ок. 400 К в сырцах. Высокий перепад температур и диффузию полукоксовых газов через капиллярную систему сырца можно также исключить как причины дефектов, в том числе и при обжиге оригинальных кирпичей до температуры 500 °C. Необходимо учесть, что толщина ребра пустотелого кирпича с тонкой решетчатой структурой существенно меньше, чем у опытных кирпичей-сырцов, изготовленных с толщиной 24 мм. Толстые ребра характерны только для некоторых изделий. Наружные ребра теплоизоляционных кирпичей, пустоты которых заполняются после обжига теплоизолирующими легкими материалами, или кирпичей для внутренней перегородки, пустоты которых заливаются бетоном, имеют толщину около 20 мм. Во время их нагревания внешние и внутренние поверхности ребер участвуют в теплообмене, так что эффективная длина для теплопередачи и диффузии полукоксовых газов уменьшается на половину толщины ребра. Процесс обжига предполагает прохождение тепла по всей поверхности сырца и, как минимум, частичное прохождение через полости. При условии проточного обжига допускаются более высокие скорости нагрева в диапазоне температур до 500 °C. Дефекты, возникающие только в результате высоких градиентов температур и из-за напряжений, вызванных термически обусловленными деформационными отличиями, невозможно интерпретировать однозначно. Этими явлениями не объясняется возникновение обширных отслаиваний, представленных в качестве примера на **»1** и **»2**, или растрескивания наружных ребер высокопоризованного кирпича. Подобный дефект встречается при обработке в промышленных туннельных печах преимущественно на сырцах, внешние ребра которых контактируют с горючим газом. Этот дефект можно воспроизвести, если закупорить на оригинальном кирпиче-сырце каналы отверстий и исключить таким образом попадание в эти каналы воздушного потока, а также выход реакционных газов (полукоксовых газов), и, как следствие, теплопередачу на внутренней стороне наружного ребра. Уже в начале нагревания между наружной и внутренней поверхностями (первый ряд отверстий) действуют экстремально высокие перепады температур. Они усиливаются выгоранием органических компонентов. Оно происходит в вышеуказанных условиях преимущественно на наружной поверхности, окруженной газовой среды печи. На внутренней стороне внешнего ребра эти реакции начинаются с существенной задержкой по времени. В соответствии с диаграммой **»11** на наружной поверхности достигаются температуры, существующие в точке превращения кварца при 573 °C, которое связано со спонтанным расширением. Деформация в результате преобладающей на внешнем ребре температуры вызывает напряжения растяжения и сдвига, которые встречаются на сырце с незначительной плотностью. Описанное обстоятельство представляется как причина возникновения наблюдаемых дефектов. Существование возможных иных источников воздействия не было доказано. Образование полукоксовых газов, связанное с возможно высоким внутренним давлением, как причина возникновения дефектов исключается. Установленный объем и распределение пор в сырце выявляет систему открытых пор, от которой нельзя ожидать высокого диффузионного сопротивления.

3 Заключение

Высушивание сырца до низкого показателя остаточной влаги и предотвращение образования текстур как в результате мероприятий, связанных с сырьевыми материалами, так и на основе технологических воздействий на процесс формообразования, являются практическими шагами, направленными для минимизации причин возникновения обширного отслаивания и нарушений структуры в нижнем диапазоне температур процесса нагревания. В противном случае при нагревании влажных, отягощенных текстурами сырцах необходима бережная обработка с применением адаптированных процедур обжига. Образование дефектов может происходить из-за незначительной скорости нагрева в нижнем диапазоне температур. Текстуры невозможно устранить в результате обжига. Кирпичная продукция, подвергнутая испытаниям заморозкой и оттаиванием, при недостаточной морозоустойчивости демонстрирует образование дефектов в области текстур. При обжиге высокопоризованного энергоемкого сырца пустотелого кирпича можно предотвратить термические нагрузки в температурном диапазоне до 500 °C, если наряду с обтекающим потоком газа в печи можно обеспечить сквозной проток через каналы отверстий. Опытные обжиги, которые будут описаны в дальнейших публикациях, подтверждают целесообразность проточного обжига.

Институт исследования кирпича, Эссен
(Institut für Ziegelforschung Essen e.V., IZF)
www.izf.de

дипл. инж. Герхард Кох

Проблема вторичной переработки в кирпичной промышленности

Эффективность использования ресурсов, вторичная переработка, замкнутый круговорот веществ – в ближайшие годы кирпичная промышленность столкнется с этими требованиями. Статья рассматривает нормативно-правовую базу, дает обзор научно-исследовательской деятельности в этой области и информирует о необходимых условиях для успешного внедрения технологий вторичной переработки в кирпичной промышленности.

» **1** Дробление и измельчение

1 Введение

За прошедшие месяцы европейские институты опубликовали множество документов на эту тему, самым важным из которых является «План действий по целесообразному использованию ресурсов в Европе», в котором, помимо прочего, указано следующее: «К 2020 году при ремонте и строительстве новых зданий и объектов инфраструктуры будут применяться высокие стандарты эффективности использования ресурсов. 70% неопасного мусора от строительства и разборки сооружений будет проходить повторную переработку».

В настоящее время существует несколько традиционных способов использования кирпичного боя – например, в качестве наполнителя для получения легкого бетона или в качестве субстрата для растений – однако все эти способы охватывают лишь малую часть образующегося объема мусора и не отвечают стремлению замкнуть круговорот веществ. В идеальном случае эта цель была бы достигнута, если бы все 100% кирпичного боя повторно использовались для изготовления нового кирпича. По всей видимости, ни с логистической, ни с технологической точки зрения это невозможно, однако кирпичной промышленности требуется изучить данную тему и выработать определенные решения.

2 Нормативно-правовая база

2.1 «Директива ЕС об отходах» (2008/98/EG)

Одной из важных основ так называемой «Директивы ЕС об отходах» является 5-ступенчатая иерархия отходов:

› предотвращение образования отходов
› подготовка к повторному использованию

» **2** Графическое представление иерархии отходов согласно закону об управлении отходами 2010 года (см. EBRV 1005 BlgNR XXIV. GP 10)

› вторичная переработка
› прочие способы использования
› утилизация

Это означает, что с политической точки зрения предпочтительным решением является предотвращение образования отходов, на втором месте стоит повторное использование продуктов по истечении периода эксплуатации и на третьем месте по приоритету следует «классическая» вторичная переработка, которая в обычном случае принимается в расчет для кирпичных изделий.

Кроме того, директива об отходах также содержит данные о квотах, согласно которым до 2020 года как минимум 70% не опасного мусора от строительства и разборки сооружений должны проходить подготовку к повторному использованию, повторной переработке и прочим способам использования (включая использование в качестве наполнителя).

2.1 Внедрение иерархии отходов на национальном уровне – пример Австрии

В дополнении к австрийскому закону 2002 года об управлении отходами, принятом в 2010 году (дополнение к закону об управлении отходами 2010 года, BGBl. I № 9/2011), иерархия отходов была введена в австрийские правовые нормы обращения с отходами. Примечательно, что при этом явно упоминается кирпичная промышленность. Под «использованием материала в иерархии отходов» понимается подготовка к повторному использованию, вторичная переработка и использование вещества по категории прочих способов использования (например, в качестве поризатора в кирпичной промышленности), см. также **»2**.

2.2 Внедрение иерархии отходов на национальном уровне – пример Германии

В Германии основополагающей директивой об отходах стал «Закон о замкнутых циклах производства и экологически чистом управлении отходами (закон о замкнутых циклах производства – KrWG)» от 24 февраля 2012 года, BGBl. I, стр. 212. Так называемое правило теплотворной способности, указанное в § 8, абзац 3, уравнивает использование для получения энергии и использование для получения материала, если теплотворная способность без смешивания с другими веществами составляет не менее 11 000 кДж / кг. Данное правило вызвало и продолжает вызывать бурные дискуссии на европейском уровне. Так, незадолго перед вступлением директивы в силу депутат Европейского парламента Ребекка Хармс (партия «Союз 90»/»Зеленые») направила комиссару ЕС по вопросам окружающей среды Поточнику запрос («...согласна ли Европейская комиссия с тем, что правило теплотворной способности, указанное в § 8, абзац 3 немецкого законопроекта к новому закону о замкнутых циклах производства и отходах, противоречит директиве 2008/98/EG, прежде всего статье 4, и если да, то какие шаги планируется предпринять для гарантии надлежащего вне-

» **3** Линия подготовки кирпичных строительных отходов

» **Таблица 1** Использование отходов в компании Wienerberger AG

Потребление добавок [т]	2009	2010	2011
Биогенные добавки[1)]	810831	899803	1357753
Прочие добавки[2)]	725537	751648	782781
Итого	**1536368**	**1651451**	**2140534**

[1)] например, опилки, бумажное волокно, лузга подсолнечника, солома и пр.
[2)] например, зола, шлак, полистирол, каменная мука и пр.

дрения директивы ЕС об отходах».). Из ответа комиссара ЕС по вопросам окружающей среды Поточника от 4 августа 2011 года следует, что Европейская комиссия опасается возможного ослабления указанной иерархии отходов, в которой предотвращение образования отходов, повторное использование и вторичная переработка имеют приоритет перед сжиганием и утилизацией. Поэтому Европейская комиссия рекомендует Федеральному правительству отредактировать статью 8 таким образом, чтобы максимально учесть иерархию отходов. Несмотря на то, что уравнивание использования для получения материалов и использования для получения энергии в Германии было принято, до 2016 года планируется произвести проверку данного положения.

2.3 План действий по целесообразному использованию ресурсов в Европе (KOM(2011) 571 окончательный)

Две самые важные для кирпичной промышленности задачи распространяются на получение ресурсов из отходов (указанная цель: «С 2020 года управление отходами будет рассматриваться как управление ресурсами») и область строительства, для которой ключевое понятие «усовершенствование технологий строительства» определяет требование: «70% неопасного мусора от строительства и разборки сооружений должны проходить повторную переработку» и: «К 2020 году при ремонте и строительстве новых зданий и объектов инфраструктуры будут приме-

Проектируем Ваше изделие

BONGIOANNI

Фирма Bongioanni облекает в форму идеи заказчиков, преобразуя их в проекты создания кровельных, стеновых и облицовочных материалов, сочетающих эстетические требования и необходимые технологические свойства, обуславливающие качество изделия, как например, определение наиболее подходящих с точки зрения теплопроводности геометрических размеров посредством расчёта коэффициента Лямбда λ, механическая прочность, соответствие профиля изделий различным фазам производственного процесса и кладки во время строительства

BONGIOANNI MACCHINE
Bongioanni Macchine S.p.A.
Via Macallè, 36/44
12045 Fossano (CN) - Italy
Tel. +39 0172 650511
Fax +39 0172 650550
www.bongioannimacchine.com
info@bongioannimacchine.com

BONGIOANNI STAMPI
Bongioanni Stampi s.r.l.
Via Salmour, 1/A
12045 Fossano (CN) Italy
Tel. +39 0172 693553
Fax +39 0172 692785
www.bongioannistampi.com
info@bongioannistampi.com

Filea

ИН КЕРАМ
ИНДУСТРИЯ КЕРАМИКИ

INKERAM - 117418 МОСКВА - Нахимовский проспект, 47 К.322
Тел.: (495) 125 52 50,125 54 12 - Факс:(495)125 32 92,125 84 20
Сайт в Интернет: www.inkeram.ru - E-mail:inkeram@inkeram.ru

няться высокие стандарты эффективности использования ресурсов».

2.4 Прочие своды правил стратегии ЕС

На направление развития в последующие годы также влияют следующие своды правил ЕС

- Извещение Европейской комиссии «Инициатива по сырью — обеспечение Европы товарами, необходимыми для роста и занятости»
- Извещение Европейской комиссии «Стратегия устойчивой конкурентоспособности строительной отрасли и предприятий отрасли»
- Извещение Европейской комиссии на запланированное на 2013 год, на тему «Ресурсоэффективные здания» (предусматривающее систему поощрений строительных фирм, строящих здания, эффективные с точки зрения использования ресурсов)

3 Традиционные возможности использования кирпичного боя от производства и от сноса зданий

В кирпичной промышленности существует две основные категории отходов. К первой относятся отходы кирпичного производства, которые в количественном отношении относительно невелики, но при этом отличаются высоким качеством, поскольку являются чистосортными. Поэтому данная категория отходов хорошо подходит для вторичного использования. Наиболее распространенными возможностями применения являются использование в качестве отощающей добавки в производстве кирпича или дробление для получения мелкого песка для теннисных кортов. Более значительными в количественном отношении являются содержащие кирпич отходы надземного строительства, образующиеся при разборке кирпичных зданий. Возможность использования данного материала сильно зависит от того, насколько хорошо были разделены материалы при разборке. В любом случае, керамический материал содержит «загрязнения» в виде цементного раствора и штукатурки. Интересной возможностью применения подобных отходов является производство цементного клинкера, в котором кирпичный гранулят может использоваться для замены глины – однако это возможно только на цементных заводах, перерабатывающих очень чистый известняк (как, например, на цементном заводе Lafarge в Маннерсдорфе к югу от Вены). Другие распространенные возможности применения:

- субстрат для растений (например, для озеленения крыш)
- наполнитель для дорожного строительства и трубопроводных траншей
- укрепление сельскохозяйственных или лесных дорог
- кирпичный гранулят для добавления в готовые железобетонные изделия (камень для кладки, сборные элементы и т.п.)

Также следует упомянуть о возможности использования старого (преимущественно клейменого) кирпича для мощения (террасы и т.п.) или кладки стен (например, в винных погребах). В немецкоговорящих странах существует множество фирм, специализирующихся на подобной деятельности.

4 Использование вторично переработанных материалов из других отраслей в производстве строительного кирпича

В контексте эффективного использования ресурсов и вторичной переработки необходимо отметить, что кирпичная промышленность является крупным переработчиком отходов из других отраслей промышленности. Так, в качестве поризаторов в производстве кирпича для забутовки используются отходы волокна бумаги или опилки.

В **»таблице 1** приведены некоторые данные из отчета по устойчивому развитию компании Wienerberger AG. В 2010 году доля используемых вторичных материалов для производства кирпича для забутовки на всех заводах Wienerberger AG в среднем составила 11,6%. Доля в производстве облицовочного кирпича и дорожного клинкера существенно ниже (2,0% в 2010 году), в производстве черепицы вторично переработанные материалы практически не используются.

5 Недавние исследования

Разумеется, самой интересной и политически желательной возможностью применения содержащих кирпич строительных отходов является их использование в производстве нового кирпича, что позволило бы сократить потребление природных ресурсов. Поэтому в последние годы проводились и проводятся различные исследования, направленные на изучение технической и экономической осуществимости данной идеи. В этом отношении наибольший интерес представляет бельгийский проект, в ходе которого был разработан и реализован многоступенчатый процесс подготовки материала:

- избирательная разборка сооружений
- дробление/измельчение
- удаление металла
- грохочение
- просеивание для отделения материалов с различной насыпной плотностью
- производство различных фракций материала
- параллельно с проектом был проведен ряд лабораторных испытаний, в которых изучались возможности применения подготовленного кирпичного гранулята (**»1**).

Главные результаты изучения и опытов в Бельгии:

- размер зерна гранулята не должен превышать 125 мкм, чтобы избежать загрязнения $CaCO_3$ из фракции цементного раствора/бетона
- на обычном бельгийском кирпичном заводе в сырьевую смесь возможно добавление до 20% вторично переработанного материала без ухудшения качества продукции
- в чистый первичный исходный материал может быть добавлено до 30% тонко измельченного наполнителя
- к пластичной глине Вестервальда может быть добавлено до 60% тонко измельченного наполнителя, при этом продукция характеризуется высоким качеством и небольшой пористостью

К сожалению, проект пришлось прервать вследствие смены собственника у одного из участников проекта, однако техническая осуществимость в любом случае была доказана. В настоящее время ведутся другие исследовательские проекты, прежде всего в области использования старой черепицы.

Детский сад совхоза имени Ленина – сказочный замок для детей

Когда дети рисуют сказочный замок, то получается нечто похожее на то, что можно увидеть в поселке совхоза имени Ленина: комплекс зданий с множеством башенок в пестрой, как конфетные обертки, раскраске – и на фасаде, и на крыше.

Архитектура напоминает замок Нойшванштайн, цветовое решение – Диснейленд. 120 детям все равно, что послужило прообразом. Они просто замечательно чувствуют себя в детском саду, разница лишь в том, что они находят его не сказочным, а баснословным. Потому что их детский сад-замок находится в центре Москвы. На фоне, скорее, мрачного высотного жилого здания в соответствии с проектами бюро «Проектная Мастерская Line-M» возник фантастический контрпроект, который своими романтическими формами и цветами, словно взятыми из детских книжек с картинками, ориентируется на эстетические представления детей. При этом башни и зубцы стен частично носят, скорее, декоративный, нежели функциональный характер – за украшением фасада скрываются современные функциональные здания с прямыми углами и линиями.

Сказочные крыши

Характер сказочного замка подчеркивают не только цвета фасадов и живописные архитектурные формы, но и черепица на башнях – ее блестящая поверхность и оттенки цветов подхватывают красочность всего здания. При этом инвестор выбрал глиняную черепицу и оригинальные керамические материалы из Германии.

Реформаторская черепица для оптимального покрытия кровли

На одно- и двускатных крышах и поверхностях поперечных крыш использовали реформаторскую глазурованную черепицу цвета бордо, которая сочетает в себе традиции и современность оптимальным образом. Сдвижная черепица с замком имеет прекрасную форму и одновременно является функциональной. Вследствие большой подвижности ее можно легко подогнать к стропилам. Двойная фальцовка с водостоком обеспечивает оптимальную защиту от влаги. Плавные мульды создают приятную спокойную структуру крыши, а цвет бордо вносит успокаивающий контрастный оттенок в оживленную красочность фасада.

Петух на коньке крыши, кошки на свесе, белочки и скатывающиеся с горки человечки

На поверхности крыши тоже оживленно. Например, петух цвета бордо на коньке крыши отвечает за «монументальное искусство». Сидящая белочка, тоже цвета бордо, пять белых лунатиков, которые превращаются в скатывающихся по крыше человечков, и шесть кошек на свесе крыши, три из которых покрыты глазурью цвета бордо, а другие три – черного цвета, вместе с «бобрами» живут на башнях.

» **1** Немного Нойшванштайна, немного Диснейленда – великолепный контраст с окружающей высотной застройкой

» **2** Не хватает только Златовласки, выглядывающей из окна башни!

» **3** Поверхности крыш из мелких сегментов, разнообразие форм и цветов – вызов мастерству строителей

» 4 На крыше - бордовый петух и белый лунатик

Плоская черепица «бобровый хвост» для верхушек благородных башен

Черепицу «бобровый хвост» использовали на крышах башен. Базовая форма в данном случае – классический «бобер» округлой формы, покрытый глазурью цвета бордо. Контраст создают «бобры» блекло-розового цвета. На конических крышах цвета выложены хаотично, на восьмиугольных купольных крышах вырисовывается равномерный плетеный узор. На шпилях шатровых крыш конусной формы использовали более узкую плоскую черепицу, в области свеса – плоскую черепицу «бобровый хвост» для свесов. А на шатровых крышах в форме пирамиды или восьмиугольной формы дополнительно использовали желобчатую черепицу и гребни. Здесь проектировщики вместо черепицы «бобровый хвост» круглой формы выбрали сегментную черепицу. Шпили башен выполнены из металла, на них сидят совы-флюгеры. Конусообразные шатровые крыши бросили вызов мастерству строителей, однако настоящую сложность представляли собой восьмигранные круглые крыши с восемью ребрами, причем уклон от свеса крыши до вершины проходит не равномерно, а уменьшается в виде ступенчатого уклона крыши до свеса. Из-за выступающего положения каждую плитку плоской черепицы пришлось закрепить скобами, обеспечивающими ветровую защиту.

Блестящее будущее

Блестящую поверхность и многоцветность шатровых крыш видно издалека. Благодаря высокому качеству глазури эти крыши имеют долгий срок службы, свидетелями чего, возможно, смогут стать даже правнуки сегодняшнего поколения посещающих детский сад детей!

» 5 Глазурованная черепица «бобровый хвост» круглой формы цвета бордо (слева) и реформаторская ангобированная коричневая черепица

Сведения о проекте

Объект: детский сад, г. Москва

Застройщик: «Совхоз имени Ленина», г. Москва

Проектировщик: Проектная Мастерская Line-M

Исполнение: Dr. Schiefer / Премьер-Строй, г. Москва

Материалы: Черепица « бобровый хвост» (круглая), черепица для свеса (круглая и сегментная)

Реформаторская черепица и оригинальные вспомогательные материалы: фронтонная черепица, коньковая черепица, желобчатая черепица, вальмовые колпаки, гребни

Башенная черепица «бобровый хвост»

Декор на крыше: петух на крыше, кошки на свесах крыши, белочки и скатывающиеся с горки человечки

Площадь: 1660 м²

Изготовитель: Creaton AG (Вертинген, Германия)

Кладка из U-образного кирпича для взыскательных архитектурных проектов

Инновация идет навстречу высокому мастерству

До недавнего времени впечатление сплошного керамического фасада создавалось с помощью клеевых соединений. Однако U-образные кирпичи производства фирмы CRH Clay Solutions укладываются традиционным способом.

U-образный кирпич имеет спереди и сзади узкую кромку высотой около 10 мм. Благодаря такой форме из клинкерных кирпичей можно делать фасады со швом минимального размера около 4 мм. Дополнительно на тычке имеется углубление для цементного раствора. Кирпичи смыкаются тычковыми сторонами и скрепляются раствором таким образом, что фасад становится устойчивым к ливневым дождям.

U-образный кирпич укладывается таким же способом, как и традиционный клинкер. Благодаря наличию кромок на передней и задней сторонах любая из них может быть лицевой. Раствор не выходит за кромки кирпича, и внешняя стена остается чистой. Каменщик, как принято, может наносить классический слой раствора толщиной 12 миллиметров. Кладка легко поддается даже значительным корректировкам, благодаря чему создается равномерный фасад. Кирпич можно укладывать в лежачем положении, без опрокидывания, с помощью традиционного инструмента. Употребляя правильное количество раствора, каменщик предотвращает про-

» **1** Фасад, построенный с помощью инновационного U-образного кирпича: швы на стенах едва заметны

» **2** Передняя и задняя кромки U-образного кирпича удерживают раствор со всех сторон

ступание раствора между кирпичами. Поэтому не требуется последующей обработки швов по лицевой стороне. На внутренней стороне стены раствор тоже не проникает в пространство между кирпичом и изоляцией, и таким образом исключается возможность возникновения мостиков холода в толще стены.

U-образный кирпич не требует особых видов крепления или армирования, для этого могут использоваться обычные материалы.

По сравнению с обычной кирпичной кладкой при использовании U-образного кирпича расходуется меньшее количество раствора. Почти не требуется соскребывания избыточного раствора, обработка швов излишня, в чистке фасада нет необходимости. Сразу же после окончания кладки фасад приобретает готовый внешний вид, и строительные леса можно демонтировать. Такой метод работы особенно эффективен и экономичен.

CRH Clay Solutions GmbH
www.crhclaysolutions.de

» **3** Кирпичи с выразительной поверхностью, имитирующей ручную формовку, могут изготовляться в размерах, формах и сортименте, приспособленных к определенному объекту

Bernini Impianti

Компания Bernini Impianti основана в 1955 году в городе Болонья в Италии. К настоящему времени компания является лидирующей в области производства систем обжиговых и сушильных печей.

За прошедшие 60 лет деятельности компания приобрела неоценимый опыт и знания о процессе обжига. Сотни выполненных по всему миру проектов позволили компании понять, насколько важен индивидуальный подход в вопросах оптимизации потребления энергии, качестве выпускаемой продукции и экологического контроля на заводах по производству кирпича и керамики.

Благодаря штату инженеров высокой квалификации компания Bernini Impianti – является не только производителем и поставщиком, но и надежным партнером с богатым опытом планирования и запуска проектов с учетом индивидуальных потребностей каждого клиента.

Компания Bernini Impianti предлагает различные варианты реализации установок в зависимости от видов топлива, таких как нефтепродукты, газ, нефтяной кокс, уголь и различные виды биомассы.

Компания постоянно инвестирует в новые технологии, обеспечивая высокий уровень обслуживания клиентов.

Компания Bernini Impianti разработала инструмент, способный отслеживать процессы, протекающие внутри печи. Получаемые данные в виде временных характеристик температуры и давления, являются ключевыми для оптимизации процесса горения. Результатом оптимизации является последовательное уменьшение отходов горения и однородное распределение тепловой энергии в объеме печной закладки. Данный сканер высоко оценен, в частности, на российском рынке, где компания Bernini Impianti провела несколько аналитических работ с отличными результатами для клиентов.

В России компания Bernini Impianti стала хорошо известна в последние годы. Ее присутствие становится все более заметным по всей стране благодаря прекрасным результатам, полученным на системах, работающих на угле и газе. Стоит также отметить, что недавно компания участвовала в поставке полного комплекта установок, работающей на угле, включая оборудование для подготовки топлива, систему автоматической подачи и сжигания. Прогрессивная система пылеочистки позволила соблюсти экологические требования.

Bernini Impianti S.r.L.
www.bernini-impianti.it

» **1** Россия, 2010 г.

» **2** Малайзия, 2012 г.

» **3** Россия, 2010 г.

Машины и технологии для грубой керамики

Bongioanni Macchine унаследовала богатый опыт родоначальной компании Bongioanni, основанной в 1907 году. Она специализируется в области машин и технологий производства керамического кирпича и кровельной черепицы.

Поставляя технику по всему миру, новая компания Bongioanni Macchine укрепила свои позиции на рынке и является сегодня одним из передовых поставщиков промышленного оборудования. Она работает в итальянском городе Фассано на производственных площадях почти в 50 000 кв.м., из которых 15 000 кв.м. – крытые. В настоящее время на фирме занято 115 сотрудников.

Bongioanni Macchine сертифицирована согласно нормам Международной организации по стандартизации UNI EN ISO 9001, обеспечивающим полное соответствие оказываемых услуг требованиям заказчика. В 2012 году система управления охраной труда и производственной безопасностью компании Bongioanni Macchine (SGSL) была сертифицирована независимым Европейским центром сертификации (I.E.C.) согласно требованиям OHSAS 18001:2007.

Перечень продукции:

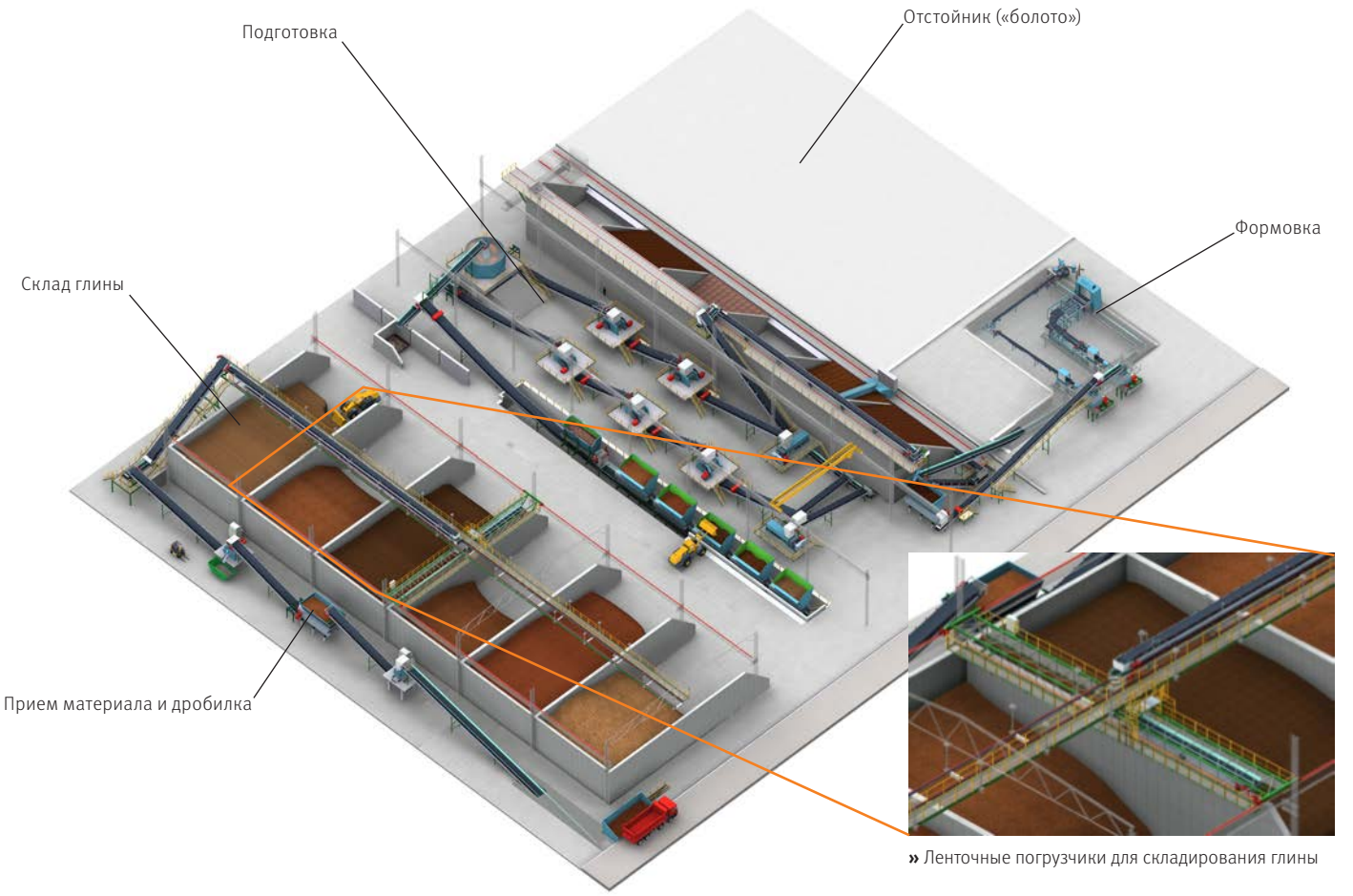
- ящичные питатели автоматического режима работы
- ленточные конвейеры для транспортировки глины
- дробилки
- глинорыхлители
- многоковшовые экскаваторы
- бегуны
- дезинтеграторные вальцы
- камневыделители
- вальцы тонкого помола
- шлифовальные автоматы для восстановления геометрии вальцов
- глиномешалки
- двухвальные глиномешалки с протирочной решеткой
- глинорастиратели
- экструдеры
- экструдеры для кровельной черепицы, известные во всем мире своим высочайшим качеством
- пресс-формы для черепицы
- мундштуки и фильеры экструдеров

Bongioanni Macchine S.p.A.
www.bongioannimacchine.com
info@.bongioannimacchine.com

Bongioanni Stampi S.r.L.
www.bongioannistampi.com
info@bongioannistampi.com

Транспортеры от VHV – инновативные, гибкие, многовариантные

Фирма VHV Anlagenbau GmbH, известный производитель инновативных ленточных транспортеров, предлагает широкий ассортимент индивидуального подъемно-транспортного оборудования и на российском рынке.



» Ленточные погрузчики для складирования глины

Планирование, конструирование, изготовление и монтаж транспортерных устройств для всех областей, где необходимо перемещение сыпучих продуктов и штучных грузов,–все это согласуется с индивидуальными потребностями клиента.

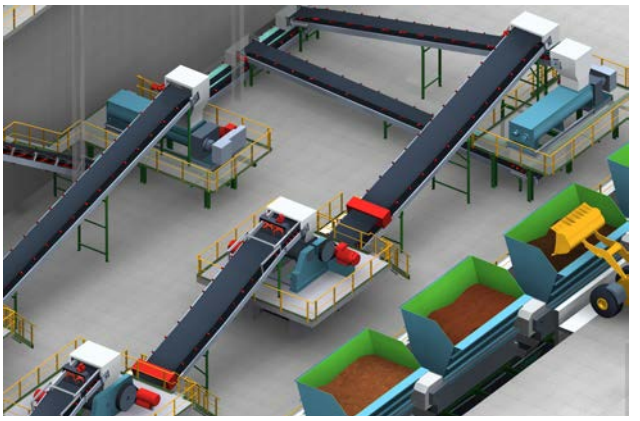
Спектр продукции состоит из различнейших видов конструкций и по ширине ленты покрывает диапазон от 200 до 5200 мм.

Точные, модульные и гибкие системы компонентов образуют основу разнообразных вариантов транспортерной техники, экономично производимых с использованием современнейших технологий конструирования и изготовления. Благодаря простым возможностям внесения изменений и расширений, равно как несложным технологиям монтажа и обслуживания, система в целом особо пригодна для расчета на будущее, при этом обеспечивает высокую совместимость с компонентами, широко распространенными сегодня.

Транспортеры должны приспосабливаться к существующим строительным объектам, поэтому обязаны иметь высокую модульность. VHV Anlagenbau с самого начала сделала ставку на эту концепцию, поэтому она в состоянии предлагать решения «по мерке» с чрезвычайной экономией места и чистыми производственными площадками у клиентов. Многолетний опыт в сочетании с точными замерами и расчетами требуемых параметров транспортировки гарантируют их безупречную эксплуатацию. Клиенты получают сопровождение уже на стадии проектирования их установок или предприятий, благодаря чему становится возможной разработка чрезвычайно эффективных концепций. Практически во всех областях, где действуют ленточные транспортеры, системы от VHV проявляют себя как наиболее модульные, гибкие и многовариантные.

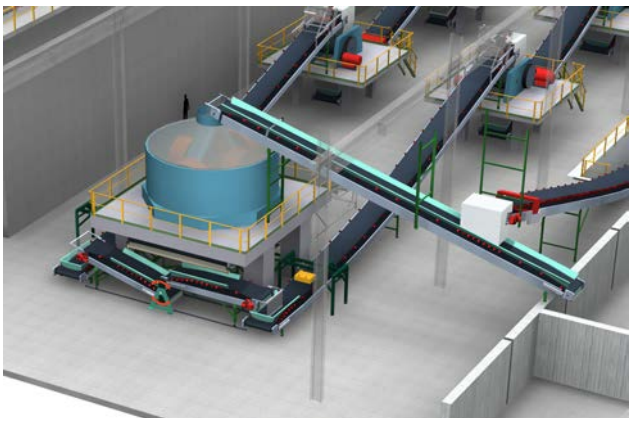
VHV Anlagenbau поставляет ленточные транспортеры для всех применений на кирпичных заводах

Транспортеры VHV поставляются и монтируются не только напрямую, но и через таких известных генподрядчиков, как Eirich, Keller HCW и Händle. Показательные установки поставлены в Россию таким клиентам, как ЛСР и Газстрой–в Санкт-Петербурге, Туле и Калининграде. VHV Anlagenbau производит точно подогнанные ленточные

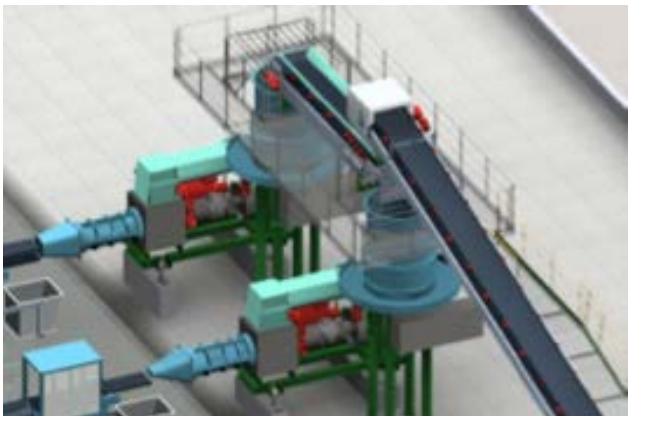


» Ящичный питатель и ленточный транспортер на участке подготовке глины

» Складной ленточный транспортер с распределителем материала переменной высоты



» Сборная лента с переменным поперечным отводом



» Перемещение готовой глины от наполнителя коробов к наполнителю сетчатых барабанов и экструдерам

транспортеры для всех областей, где необходимо перемещение сыпучих продуктов и штучных грузов. Будь это индустрия керамики или цемента, бетонный завод или каменоломня,–всюду можно увидеть ленточный транспортер от VHV Anlagenbau. Выносливая техника для промышленного применения – вот важнейшие факторы, предлагаемые вам этой фирмой.

Платформа VHV Anlagenbau – инновативные транспортеры «Made in Germany»

Предлагаем и вам найти свое точно пригнанное решение по инновативному транспортеру с помощью VHV Anlagenbau. Высокопрофессиональный персонал всегда готов ответить на любой ваш вопрос.

VHV Anlagenbau GmbH
www.vhv-anlagenbau.de

KERATEK GmbH
Инжиниринговые услуги
Системы циркуляции горячего воздуха
Инновационные технологии и концепции для производства строительных материалов
Am Hettberg 5 · D-31249 Hohenhameln/Germany
Telefon +49 (0)5128 9400 0
Fax +49 (0)5128 9400 30
E-Mail: info@keratek.de
Internet: www.keratek.de
+ экономия энергии
+ оптимизация отвода газов
+ сокращение времени обжига
+ улучшение качества
+ многократно проверены
+ отлично себя зарекомендовали
Турбоблок 800

Morte расширяет присутствие на рынках России и балканских стран

» 1 Слева направо: Франсуа Виллалба, «Салвена»; Александр Шаклов, директор компании «Пятый элемент»; Маркос Морте, директор «Morte»; Ольга Команенкова, «Пятый элемент»; Елена Блинова, «Салвена»

Испанское предприятие Morte продолжает расширять свое присутствие по всему миру и прежде всего на рынках России и балканских государств.

На Балканах был подписан договор с фирмой Advantex, представляющей Morte в регионе и обеспечивающей сбыт и послепродажное обслуживание. Сразу после подписания этого договора руководство Morte посетило Сербию, Косово и Черногорию, чтобы познакомиться с местными производителями керамики и наладить первые контакты.

В России компания Morte уже заключила договор с фирмой «Салвена» и приступила к реализации первых рекламных мероприятий и заказов. В конце апреля делегация российского кирпичного завода «Пятый элемент» под руководством генерального директора Александра Шахова производственные площадки Morte с целью установления деловых связей. Первый заказ уже размещен. В поездке группу сопровождали представители фирмы «Салвена». Компания «Пятый элемент» является одним из инновационных российских предприятий по выпуску керамического кирпича и располагает полностью автоматизированными производственными линиями. Завод работает с февраля 2010 г. и в настоящее время производит более 20 видов кирпича, которые соответствуют российским и европейским стандартам, например, теплоизоляционные блоки (керамический поризованный блок) и облицовочный кирпич. Производственная мощность составляет свыше 50 млн. кирпичей в год. Качество продукции проверяется ежедневно по 12 контрольным параметрам в собственной лаборатории на месте производства.

Маркус Морте, исполнительный директор Morte, в последнюю неделю июня посетил предприятия «Группа ЛСР» в Санкт-Петербурге и ЗАО «Петрокерамика». ОАО «Победа ЛСР», один из крупнейших производителей строительного кирпича в России, производит различные типы кирпича. Предприятие имеет собственного поставщика сырья.

Компания Morte уже поставила первые насадки ЗАО «Петрокерамика», расположенному в Тосненском районе Ленинградской области. ЗАО «Петрокерамика», возглавляемое исполнительным директором Сергеем Петровым, ежедневно производит около 300 т пустотелого, полнотелого и строительного кирпича и блоков (керамические поризованные блоки Porotherm).

Кирпичный завод был построен португальской компанией Metalcértima, имеющей 35-летний опыт работы и специализирующейся на проектировании, строительстве «под ключ» и пусконаладке полностью автоматизированных линий по производству строительной и грубой керамики. Компания Metalcértima, входящая в холдинг, работающий в керамической промышленности, уже реализовала ряд проектов в Европе, Азии, Африке и Америке.

Каждый из проектов представляет собой индивидуальное решение, учитывающее потребности и требования заказчика к размерам, форме продукции и производительности.

Деятельность в России стала результатом сотрудничества с компанией Salvena, которая намерена усилить присутствие Morte в России, Казахстане, Беларуси и Туркменистане.

Salvena также обеспечивает послепродажное обслуживание для российских заказчиков Morte.

Talleres Morte e Hijos
www.talleresmorte.com

Гибкость, эффективность и экологическая рациональность – три основных принципа работы новейшего кирпичного завода, сооружаемого фирмой Keller HCW в Мордовии

Перспективные инвестиции известной холдинговой компании ОАО «Мордовцемент» в дочернее предприятие ООО «Дубенский кирпичный завод», расположенное в Республике Мордовия, стала следующим значимым примером устойчивого развития строительного сектора в регионе с быстро развивающейся экономикой.

В селе Дубёнки, где уже на протяжении многих лет существует кирпичное производство, совместно с опытным заказчиком разрабатывается и реализуется проект по сооружению гибкой и ориентированной на потребности рынка комплексной линии полного цикла — от предварительной обработки сырья до получения конечной продукции.

В ассортименте кирпичного завода с энергоэффективным производством входит высококачественный облицовочный кирпич и дорожный клинкер с широкой цветовой гаммой, а также высокопоризованные блоки.

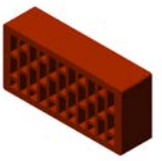
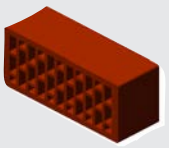
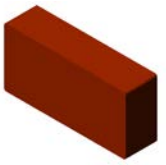
Благодаря более чем 100-летнему опыту компании Keller HCW в реализации комплексных технологических линий на территории России и предпринимательскому духу заказчика, первая вагонетка с готовой продукцией выйдет из келлеровской туннельной печи последнего поколения предположительно в июле 2014 г. В предверии этого волнующего события в истории молодого кирпичного завода все участники проекта работают ежедневно с максимальной отдачей, высокой эффективностью и непреклонным упорством.

» Монтаж машинного оборудования в Дубёнках

Keller HCW GmbH
www.keller.de

Резак Bedeschi для «Михневской керамики»

Компания Bedeschi spa является ведущей европейской компанией по производству машинного и комплектного оборудования для керамической промышленности. После более чем 100-летней деятельности наша компания, безусловно, является единственной компанией на рынке, которая поддерживает технологическую компетентность и финансовую устойчивость, гарантируя этим преемственность, надежность про-

N°	Тип	Описание	Размеры (В x Н x Т) мм	Вес обожженного кирпича, кг	Пропускная способность, шт./час
A		Лицевой кирпич	250 × 120 × 65	2,6	14 976
B		Утолщенный кирпич	250 × 120 × 88	3,4	11 232
C		Клинкерный кирпич	250 × 120 × 65	2,5	14 976

изводства и сервисное обслуживание для наших заказчиков.

«Михневская керамика» является известным российским производителем высококачественного лицевого кирпича. Сотрудничает с компанией Bedeschi на протяжении многих лет и поручила нам разработку и поставку группы резки (многострунный резак), которая будет включена в существующую производственную линию.

Многострунный резак Bedeschi четырехсторонней фаски предназначен для одновременной резки 24 кирпичей формата НФ (формат обожжённого изделия). Максимальная производительная мощность установки – 15 000 шт./час.

В данную установку был внесен ряд существенных изменений по сравнению с традиционными резаками, что облегчает техобслуживание и позволяет в случае смены формата изделия заменять режущий блок в целом.

Резак состоит из:

› Системы подачи глиняного бруса (ленточный девиатор) которая установлена над подвижной кареткой и может быть полностью извлечена из машины со стороны тыловой части по направлению к линии вагонеток сушилки, что упрощает техобслуживание и дает полный доступ к внутренним узлам резака, таким как группы снятия фаски и резки

› Другой очень важный аспект – это быстрота смены режущей группы. Струнная арка и элементы снятия фаски установлены на каретке, которая извлекается из центральной части установки. Для замены группы резки требуется около 20 минут. Операция замены струн облегчена направляющей трубкой. Поставка резака была укомплектована второй группой резки для кирпича формата 88 мм

› Несущая конструкция установок резки Bedeschi запроектирована таким образом что обеспечивает их прочность и устойчивость, а также гашение колебаний и вибраций, возникающих в процессе эксплуатации машины. Указанные аспекты являются очень важными и предоставляют пользователю определенные преимущества, что позволило компании Bedeschi поставить на российский рынок уже три резака данного типа за последний год.

Bedeschi SpA
www.bedeschi.it

Ceric возвращается – теперь и на немецкий рынок

» **1** Александр Бриф, руководитель отдела термической обработки, на фоне новой вагонетки, уже работающей в производстве

Сильная сторона фирмы Ceric не только в ее способности производить оборудование «под ключ», но и в том, что Ceric принимает участие в его совершенствовании, в зависимости от пожеланий заказчика. Деятельность Ceric не заканчивается передачей оборудования. Этот французский производитель оборудования располагает всеми кадровыми и технологическими ресурсами, чтобы адаптировать технологические линии или производственное оборудование к новым потребностям, обновлять их или внедрять новые технологии.

Хотя модернизация или изменение технологических линий связаны с меньшими затратами, однако и они требуют обширной компетенции и знаний, которые имеются у инженеров Ceric. Поэтому фирма Ceric способна выполнять требования и немецкого рынка и его клиентов. Они известны своими высокими требованиями, и слава о том, как они бросают вызов инновационному потенциалу своих поставщиков, идет впереди них. В фирме Ceric клиент стоит во главе угла. Сотрудничество с немецкой фирмой Gima, экспертом в керамических строительных материалах, хороший пример того, как Ceric сопровождает технологическую линию в течение всего жизненного цикла.

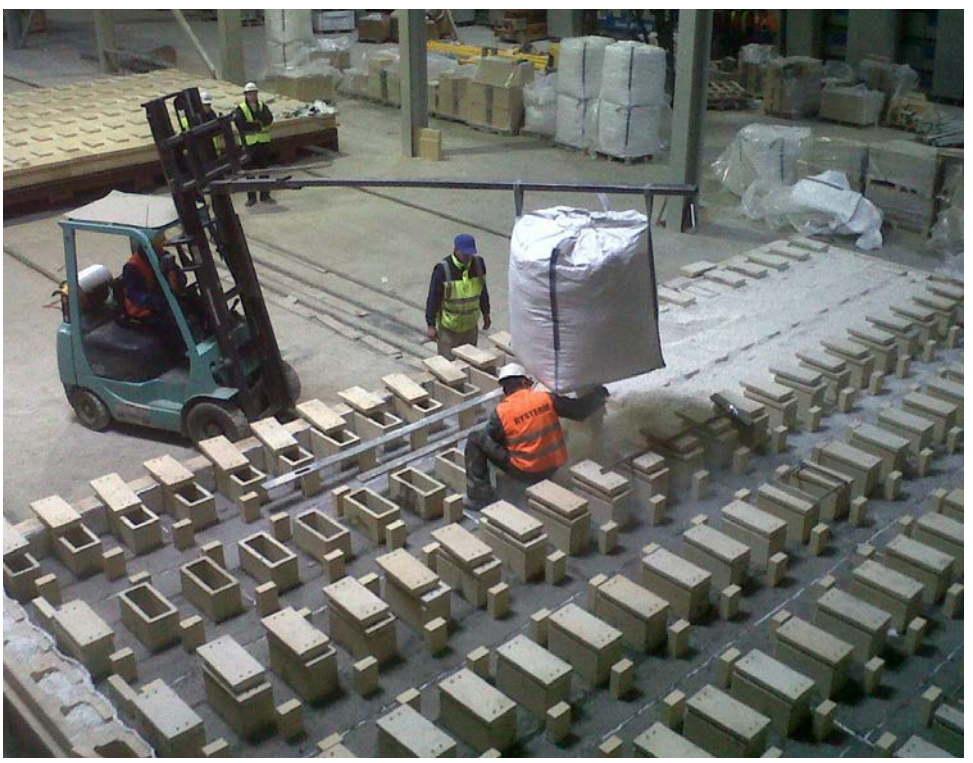
Фирма Girnghuber GmbH, более известная как Gima, с головным офисом в Нижней Баварии на юге Германии, имеет богатый опыт производства строительных материалов из глины. На производственной площадке в Марклькофене,

» **2** Исполнение боковых панелей вагонетки

которой семья Гирнгхубер владеет с 1903 года, почти 250 работников производят широкий ассортимент кирпича. Это производство хорошо знакомо фирме Ceric Technologies, так как она поставила сюда три туннельных кейзинговых печи с гидравлическим затвором. Недавно Gima разместила заказ на фирме Ceric Technologies на увеличение количества печных вагонеток для туннельных кейзинговых печей с гидравлическим затвором, построенных до 1999 года. До конца 2012 года было изготовлено в общей сложности 25 дополнительных вагонеток. Выполнение этого заказа было связано с несколькими сложными требованиями:

- чрезвычайно короткий срок изготовления
- выполнение работ без помех производственному процессу
- применение новой футеровки вагонеток, разработанной Ceric с целью оптимизации их энергоэффективности

Инженеры и технические специалисты отдела термической обработки в фирме Ceric под руководством Александра Брифа показали образец организации и контроля. Были выполнены не только все взятые перед заказчиком контрактные обязательства, но и требования к безопасности. Сотрудничество с командой Gima было замечательным.



» **3** Вагонетки можно легко и быстро наполнить материалом Cerilite

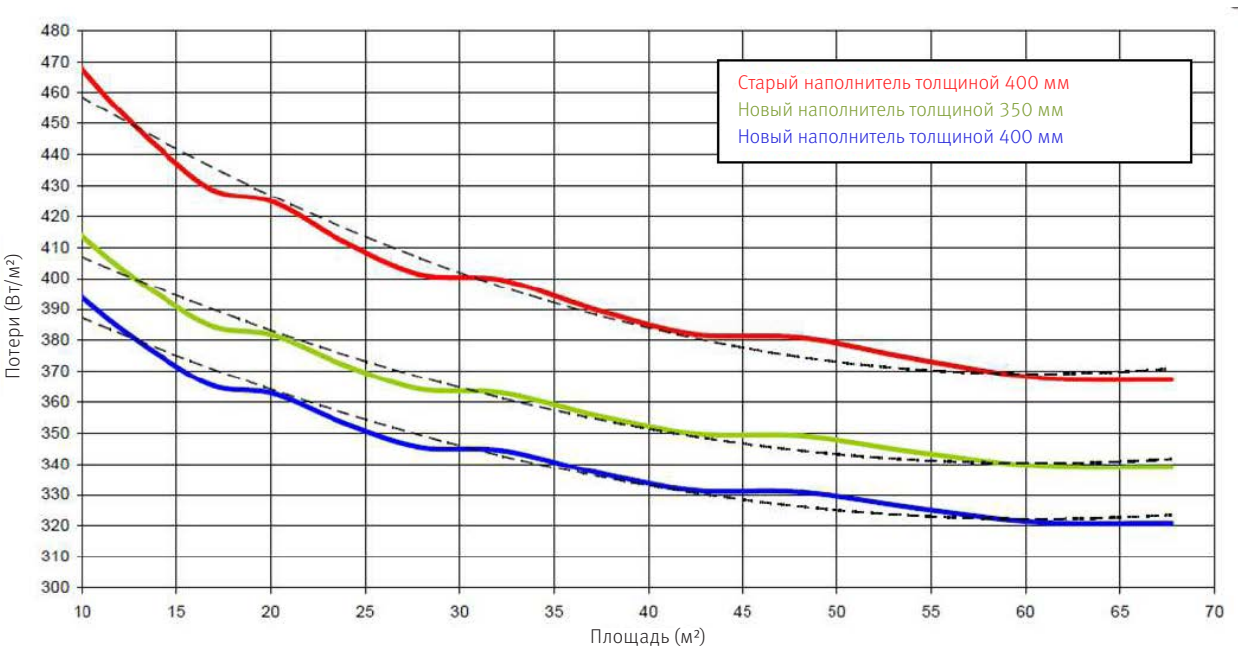
Монтаж вагонеток

Шасси

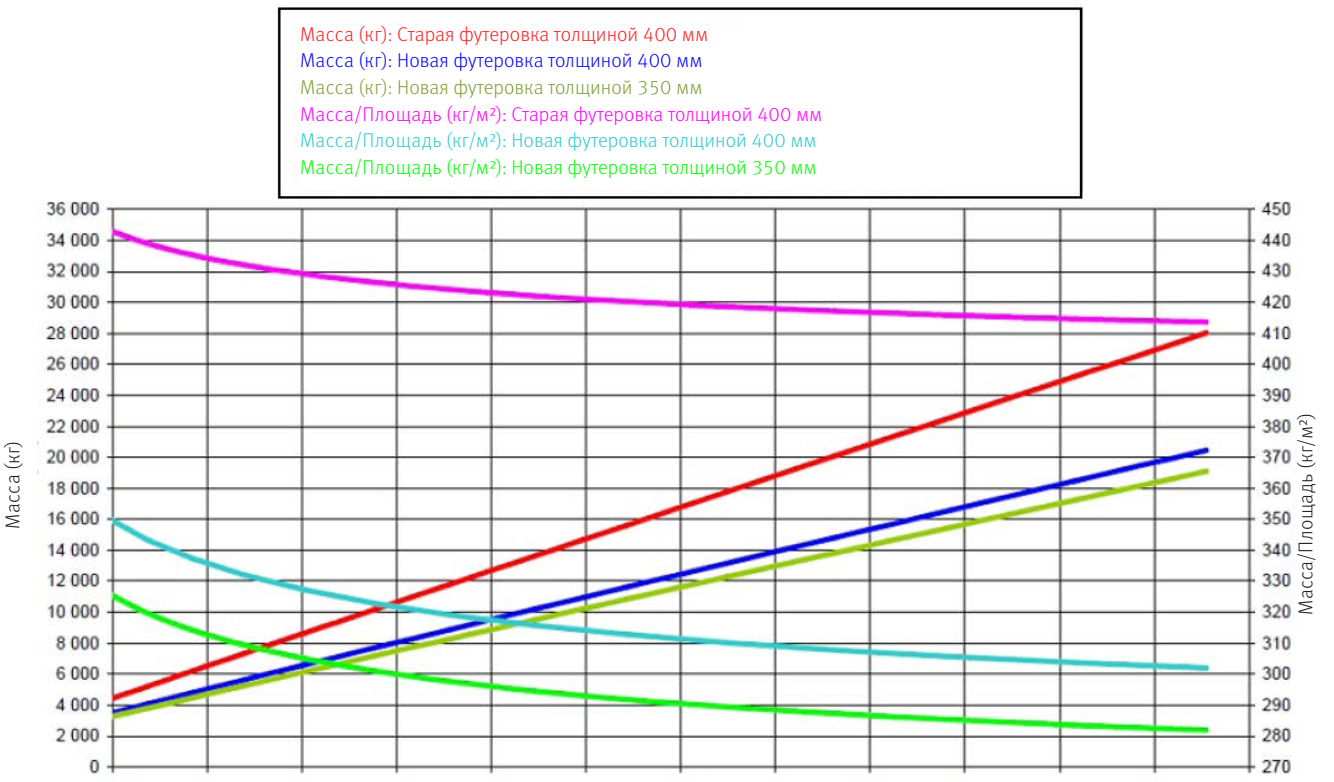
Полное изготовление и предварительный монтаж

» **4** Окончательный монтаж шасси печной вагонетки на месте

» **5** Cerilite L01 заменяет волокна в футеровке вагонетки



» 6 Средние потери по поверхности печной вагонетки при температуре 1050 °C



» 7 Изменение веса огнеупорного материала при изменении площади поверхности вагонетки

шасси в цехах Ceric позволило провести окончательный монтаж на месте без осложнений. Шасси поставляли двумя частями, чтобы предотвратить риск деформации во время автомобильной перевозки. Металлическая обшивка вагонеток состоит из двух частей, чтобы компенсировать механические напряжения между верхней и нижней частью. Такие напряжения создаются при перепаде температур, которому вагонетка подвергается в результате частого повышения и понижения температуры.

Футеровка

Отдел исследований и конструкторских разработок компании Ceric Technologies разработал новую футеровку, в которой традиционно применяемые волокна заменяются изолирующим материалом Cerilite L01 на основе чрезвычайно легкого огнеупорного материала. Для новой футеровки используются самые современные керамические технологии и при этом как можно раньше применяются легкие, прочные и изолирующие материалы, разработанные совместно с компанией Burton, специализирующейся на разработке и изготовлении огнеупорных материалов. Cerilite L01 – это материал, изготовленный на основе гранул, который выдерживает температуру 1400 °C. Он используется при строительстве в качестве насыпного сырья. Этот инновационный материал, альтернативу так называемому «зеленому»

керамическому волокну, отличают следующие преимущества:

- снижение потребления энергии: cerilite l01 сочетает в себе повышенную пористость и небольшой вес и, таким образом, способствует достижению желаемого снижения потребления энергии и переноса тепла
- улучшенные изолирующие свойства благодаря низкой теплопроводности материала cerilite l01 быстрота и легкость использования и работы с материалом благодаря небольшому весу и удобству засыпки (биг-бэги), в том числе и в условиях ограниченного пространства; короткое время нанесения, простота ремонта, так как материал легко отсасывается и используется повторно
- безопасность для здоровья: не содержит керамических или кварцевых волокон, поэтому первичное применение и последующие ремонтные работы не представляют риска

Новая конструкция усилений шасси позволяет монтировать изолирующую часть футеровки непосредственно на металлические листы с плоским основанием. Поэтому не требуется уплотнение бетона, негативно влияющее на баланс энергии. Новая изоляция снижает средние потери по длине вагонетки на 13–15% при температуре 1050 °C. Чем выше температура, тем больше экономия.

Ceric Technologies
www.ceric.com

Промышленные технологии нагрева от фирмы Dr. Fürer-Engineering

» **1** Кожух нагрева смесителя

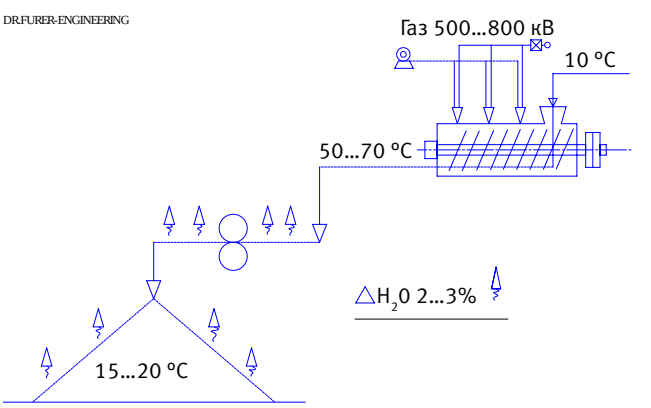
1 Экструзия горячей глиняной массы – прямой разогрев горелками

Пресс формирует наилучшим образом, если масса предварительно разогрета, поскольку в этом случае она лучше «течет». Установка расходует меньше механической энергии, уменьшается также изменение текстуры под воздействием шнека. В холодное время года разогрев может быть особенно необходим, если глиняная масс замерзла. Проблемой становится также сушка холодного и влажного сырца. Преимущество разогретого сырца состоит в том, что его сушка начинается за счет собственного тепла сразу после изготовления – а это стабилизирует сырец.

1.1 Техника

Обычно для разогрева глиняной массы используется пар из котла, проходящий через смеситель или загрузчик перед прессом. Это имеет следующие недостатки: котел с системой водоподготовки для выработки пара постоянно требует ухода, нуждается в технической проверке и разрешениях надзорных органов по правилам, действующим для емкостей высокого давления; как правило котел должен поддерживаться в рабочем состоянии и тогда, когда прессы не работают. Все это означает дополнительные затраты труда и средств.

На протяжении многих лет фирма Dr. Fürer-Engineering предлагает отличное, а главное, более простое решение, которое



» Пример нагрева и сушки глины.

может быть с небольшими затратами внедрено на любом работающем предприятии. В новейшем варианте оно состоит из двух или четырех специальных горелок, устанавливаемых на смесителе. Горелки производят горячий газ, имеющий очень высокую скорость. Высокая турбулентность этого газа обеспечивает эффективную передачу тепла в керамическое сырье. Данные измерений показывают теплотехнический коэффициент полезного действия для сжигаемого топлива на уровне 90%. Горелки могут быть использованы с любым видом газообразного топлива. Установка может включаться по необходимости в любой момент времени, горелки активны лишь тогда, когда смеситель перерабатывает материал.

» 2 Нагрев смесителя – первичная сушка

1.2 Применения

Подобные установки могут быть смонтированы на всех типах смесителей, имеющих один или два вала. Они с успехом используются с 1997 года. Одно из их преимуществ состоит в том,что масса при разогреве не увеличивает свою влажность, как это происходит при разогреве паром. А если масса приходит из «болота» уже с повышенной влажностью, то разогрев паром вообще не может быть использован.

Фирма Dr. Fürer-Enginneering предлагает и другие установки для тепловой обработки и сушки текучих масс или сыпучих материалов. Возможна и разработка специальных установок по заказу клиента.

2 Снижение слишком высокой влажности глины и глиняной массы

На отдельных кирпичных заводах и в керамическом производстве возникает проблема, когда используемое сырье с промежуточного склада или из карьера имеет слишком большое содержание влаги. В такой ситуации невозможно получить продукт правильной и стабильной формы с устойчивой окантовкой, даже создавая достаточное давление на прессе. Причина кроется в погодных условиях осени, зимы и начала года. Возникающую при этом влажность сырья в 22-24% необходимо снизить 21-20% и ниже.

Такую сушку можно осуществлять с помощью термической обработки, требующей затрат. Многие же типы сушилок (вращающийся барабан, качающийся конвейер с воздушной подушкой и т.д.) вообще не могут взять на себя просушку материала до 20% влажности. Материал внутри таких сушилок продвигается плохо, поскольку слипается в комья. При таком способе сушки можно иметь хороший результат, если конечная влажность ниже входной на 6-8%. Это означает, что часть материала необходимо более тщательно просушить, а затем вновь смешать с основной массой, что влечет за собой значительные технические затраты.

2.1 Наша альтернатива

Метод заключается в нагреве всей массы при прохождении ее внутри сдвоенного смесителя или аналогичного аппарата подачи глины в экструдер с закрепленными на валах лопатками/лопастями. В зависимости от размеров и от необходимого потока шихты «мокрая» масса глины может быть разогрета до определенной температуры. Когда теплая или горячая масса выходит из экструдера в виде лепешек/бруса, то при дальнейшей транспортировке сырцового материала на транспортере, внутри или после расположенных в технологической цепочке агрегатов (валковая дробилка), происходит быстрая просушка лепешек. Если горячая масса поступает в шихтоотстойник/болото, она продолжает там испарять влагу. Процесс продолжается до тех пор, пока температура массы превышает температуру окружающей воздушной среды.

В зимний период отлеживающаяся шихта сохраняет в «болоте» хороший температурный режим, поскольку отдача тепла из общей массы происходит очень медленно.

«Охлаждение» глиняной массы не является потерей тепла. Имеющееся в глине и воде латентное тепло превращается в теплоту парообразования. Согласно измерениям это происходит с более чем 90% внесенного тепла.

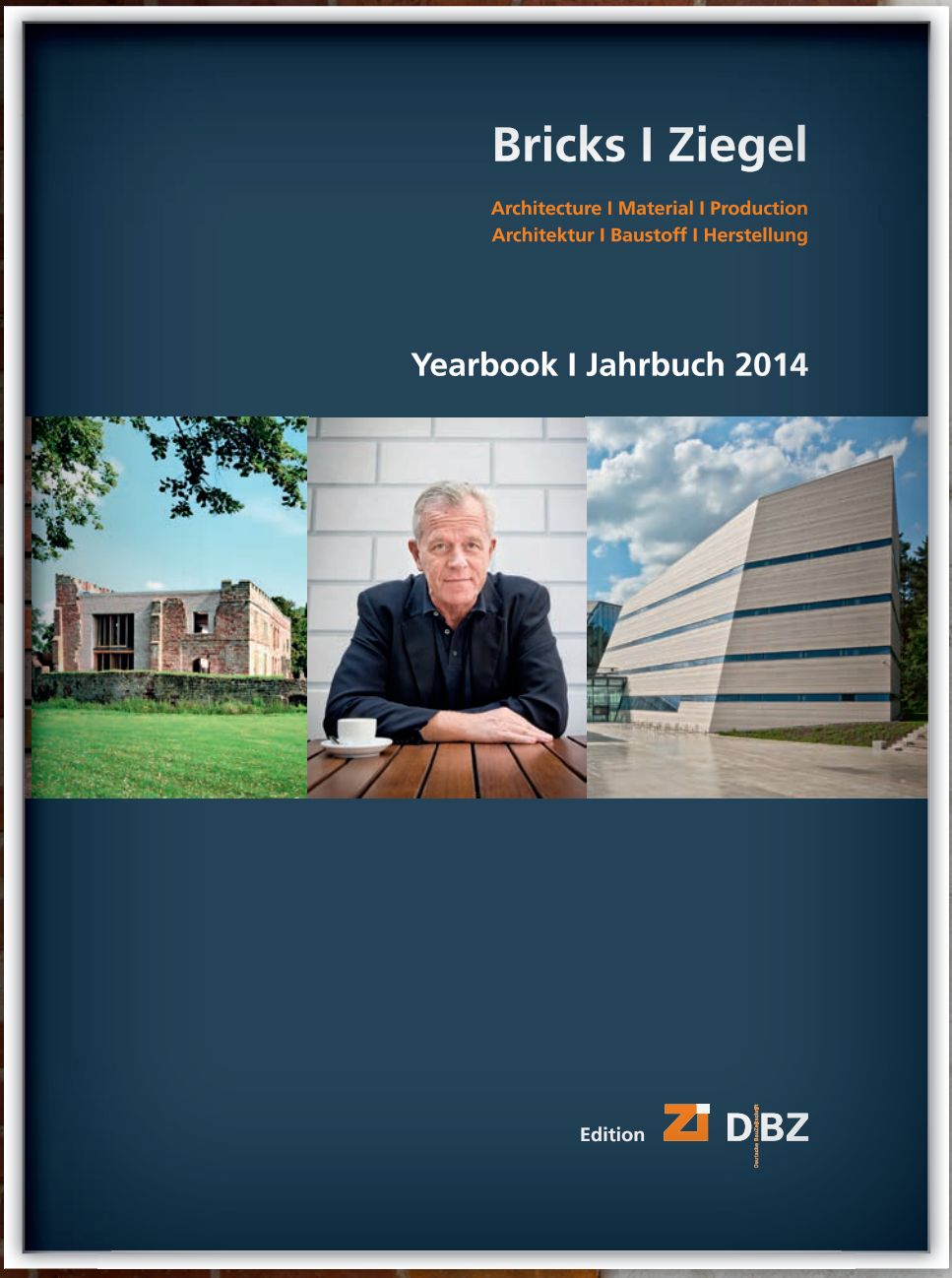
При влажности порядка 20% повышение температуры глиняной массы на каждые 15 K – 20 K может превратиться в 1% снижения влажности. Это означает, что для снижения влажности на 3% глина должна быть прогрета на 50 K по отношению к температуре окружающей среды (в машинном зале или «болоте»).

Основываясь на опыте, мы можем относительно точно и спрогнозировать возможный разогрев массы, если нам известны ситуация материала, его количество, соответствующие параметры смесителя или других транспортировочных агрегатов.

Правильный совет и выработка решения проблемы могут быть наилучшим образом проведены, конечно же, на месте,–на основании детального изучения обстоятельств и технологических особенностей конкретного предприятия.

Фирма Dr. Fürer-Engineering
fuerer@t-online.de

Bricks I Ziegel



Кирпич

Ежегодник 2014

(на английском и немецком языках)

Архитектура

Интервью с Хансом Кольхоффом:

Кирпич не прощает ошибок

Метаморфозы Astley Castle

Материалы

Активная регуляция микроклимата в помещении

с помощью кирпичных стен

Кирпич и солнце – выигрышный альянс

Производство

Архитектурный кирпич из 120-летней печи

Под старину или скромно —

эффекты обработанной поверхности кирпича

...и многое другое

ЗАКАЗЫВАЙТЕ!

www.zi-online.info/bricks

23-я Международная выставка технологий и оборудования для производства керамики и кирпича

omniadvert.com

TECNARGILLA 2014

22 - 26 Сентября 2014 . Римини . Италия

БУДУЩЕЕ КЕРАМИКИ

KROMATECH

KERMAT
ADVANCED CERAMICS - TECHNOLOGY & PRODUCTS

CLAYTECH

ОРТАНИЗАТОР RIMINI FIERA – ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ACIMAC

www.tecnargilla.it