Russia 4/2014
www.zi-online.info

Кирпич и черепица
Brick and Tile Industry International

bauverlag
We give ideas room to develop

ZMB BRAUN
since 1926

HÄNDLE

Два сильных партнера в технологии керамической промышленности!

Вакуумные агрегаты Futura II
в комплекте с головкой пресса и мундштуком

HÄNDLE предлагает полную программу вакуумных агрегатов, которая покрывает широкую область применения, от панелей до крупноформатных кирпичей и подобных продуктов. Она имеет сквозное модульное строение и состоит из экструдеров и вакуумных смесителей различных размеров. При конструировании экструдеров Futura II фирмы HÄNDLE последовательно претворялись в жизнь новейшие познания в области машин и технологий экструзионной техники – тем самым этот ряд продукции предлагает ориентированное на пользу клиента соотношение благоприятной цены / производительности. Поставляются с диаметром цилиндра от 200 до 750 мм, допустимым давлением пресса от 20 до 50 бар и объёмным расходом от 1,9 до 60 м./ч. Теперь программу оборудования HÄNDLE дополняет высококачественная продукция фирмы ZMB BRAUN - ведущего мирового производителя мундштуков, обладающего широким спектром технических решений для керамической промышленности. Мы уверены, что объединение опыта двух сильных технологических партнеров принесет нашим заказчикам пользу, дополнительные удобства и возможности.

HÄNDLE GmbH Maschinen und Anlagenbau · Mühlacker (Germany) · www.haendle.com
ZMB BRAUN GmbH · Friedrichshafen (Germany) · www.zmb-braun.ru

Дорогие читатели!

В этом выпуске Zi Russia 4/14 мы начинаем на стр. 4 рассказ о 62-м годичном собрании нашего европейского Союза производителей ТВЕ. По приглашению итальянского Союза кирпичников Andil оно состоялось в Неаполе 19-20 июня 2014 г. В мероприятии участвовало около 170 ведущих специалистов и активистов нашего объединения из стран Европейского Сообщества . Покинувший свой пост президент ТВЕ Хаймо Шойх официально представил здесь своего преемника Йоанниса Малиоуриса.

Со стр. 7 мы продолжаем обширную публикацию обзорной статьи Вилли Бендера, описывающего развитие техники от первой машины для изготовления кирпича до высокопроизводительного экструдера – все на примерах немецкого производителя машин и установок Händle.

Александр Винкель со стр. 14 также освещает процессы формования, но уже специализируясь на вопросах снижения пристеночного трения в шнековом прессе посредством электроосмоса.

Регина Фогт разворачивает со стр. 19 обзор шлифования кирпича и параметров, влияющих на этот процесс.

До сих пор газификация не считалась достаточно эффективной для применения в кирпичной промышленности. Однако статья Винсента Штемпфера и Кристофа Аубертота показывает важнейшие основы процесса газификации и показывает, насколько успешно он может быть на самом деле применен в индустрии кирпича.

Д. т. н. Штефан Фогт демонстрирует во 2-й части своей статьи со стр. 32 «Различия технологических свойств трех основных глинистых минералов – каолинита, иллита и монтмориллонита». А дипл. инженеры Штефан Линк и Себастьян Зэнгер исследуют со стр. 39 взаимосвязи физических свойств исходного сырья и их влияние на морозостойкость строительной керамики.

В трех портретах фирм производители машин и оборудования раскроют перед вами спектр своей продукции и покажут области применения их установок по производству кирпича (стр. 46–48). А завершают последний выпуск 2014 года новости о продуктах и фирмах.

Желаю вам интересного чтения!

Ваша
Анетт Фишер
главный редактор Zi Ziegelindustrie International

Содержание

3 Acimac сообщает о росте оборота в 2013 году, достигнутом за счет экспорта

4 На очередной конференции TBE в Неаполе представлены годовые итоги развития европейской кирпичной промышленности
Анетт Фишер

7 От кирпичного пресса до высокопроизводительного экструдера – 120 лет экструзионной технике Händle
дипл. инж. Вилли Бендер

14 Энергосберегающие процессы формования кирпича
дипл. инж. Александр Винкель

19 Характеристики кирпича при шлифовке – данные лабораторий и практики
дипл. инж. Регина Фогт

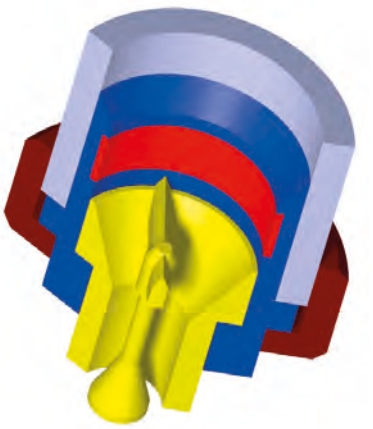
27 Газификация: эффективный источник энергии для кирпичной промышленности?
Винцент Штемпфер, Кристоф Аубертот

32 Различия технологических свойств трех основных глинистых минералов – каолинита, иллита и монтмориллонита. Часть 2
д. т. н. Штефан Фогт

39 Испытание стройкерамики на морозостойкость методом низкотемпературной дилатометрии
дипл. инж. Штефан Линк, дипл. инж. Себастьян Зэнгер

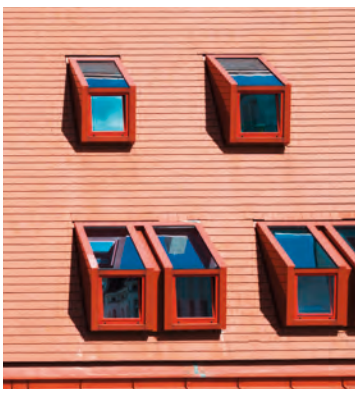
46 Реклама

50 Международные новости



14 Доклад освещает вопросы снижения пристенного трения в червячном прессе посредством электроосмоса. Цель заключалась в снижении влажности массы и экономии тем самым энергии при сушке, а также снижении потребляемой мощности пресса. Для исследования и количественного измерения этого эффекта был сконструирован поршневой пресс с керновым мундштуком и соответствующим расположением электродов.

27 До сих пор газификация не рассматривалась как достаточно эффективный источник энергии для кирпичной промышленности. В статье представлены основные принципы технологии газификации и возможности, которые открывает для кирпичной промышленности новая система, разработанная в сотрудничестве с фирмой Direxa Engineering.



Титульная страница
Натуральный красный цвет черепицы крыши продолжен на корпусах слуховых окон, а светло-красные оконные рамы расставили цветовые акценты.

Архитекторы: Architektur Steinbacher Thierrichter ZT GmbH, Вена, Австрия
Фото: Норберт Проммер, Вена

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

Acimac сообщает о росте оборота в 2013 году, достигнутом за счет экспорта

Итальянские производители машин и установок для керамической промышленности, улучшив показатели по сравнению с предыдущим годом, укрепили свои лидирующие позиции на мировом рынке. В сравнении со снижением, наблюдавшимся в предшествовавшем году, в 2013 г. общий оборот машиностроительных предприятий отрасли увеличился за счет роста экспорта на 2,2 %. Отрасль, таким образом, вновь вышла на уровень 2011 г.

Рынки экспорта

По сравнению с 2012 г. экспорт вырос на 5,8 %, достигнув суммы в 1,3664 млрд евро, что составило 79 % валового оборота.

Основным направлением экспорта была Азия – здесь был показан прирост по отношению к 2012 г. на 4 % (без учета Китая). На азиатский рынок приходится доля в 16,2 % всего экспорта (оборот – 221,3 млн евро). Второй по величине экспортный рынок для машиностроителей отрасли – Средний Восток (прирост – 3,2 %) с оборотом в 213,7 млн евро (доля – 15,6 %). Европейский союз опустился на третье место – экспорт на этом направлении снизился на 8,9 %. Хорошо развивались продажи в Африке (оборот вырос на 17,5 %, достигнув общей суммы в 200,1 млн евро). Затем следуют Южная Америка (182,2 млн евро), Восточная Европа (156,3 млн евро), Северная Америка (90,4 млн евро) и Океания (0,5 млн евро). Превосходные результаты достигнуты на китайском рынке, где оборот увеличился на 51,6 %, превысив 100 млн евро.

Итальянский рынок

Обратная тенденция преобладала на внутреннем рынке, где в 2013 г. зарегистрировано уменьшение оборота на 9,9 % – до 343,8 млн евро, что соответствовало 20,1 % валового оборота. Снижение продаж на итальянском рынке затронуло все важнейшие сферы керамической промышленности: производство плиток, санитарной керамики, посуды и строительной керамики.

Предприятия и занятость

Число действующих в Италии предприятий, производящих машины и установки для керамической промышленности, снизилось в 2013 г. до 144 (на 7 меньше, чем в 2012 г.). В соответствии с этим размеры отрасли в целом сократились, тем не менее отчетливо проявилась тенденция к улучшению в развитии предприятий. Доля предприятий, показавших рост, увеличилась по сравнению с предыдущим годом с 10 до 31 %. Количество же предприятий, данные объема продаж которых не изменились или даже ухудшились, напротив, уменьшилось.

Положительным сигналом является рост числа работников, занятых в отрасли, – на 1,3 % до 6 049 человек (на 76 человек больше, чем в 2012 г.).

Размеры предприятий

Распределение фирм по категориям в зависимости от оборота в сравнении с предшествующим годом по сути не изменилось. Категория предприятий с оборотом до 2,5 млн евро остается стабильной, являясь самой большой (55 % общего числа). Категория с оборотом до 10 млн евро также сохранила свое количество, а фирм с оборотом до 5 млн евро стало на 5 меньше, то есть 28. Небольшое снижение зарегистрировано также и в отношении предприятий с оборотом более 10 млн евро.

Распределение по специализации заказчиков

Распределение оборота по сферам отрасли, представляемым заказчиками, почти полностью соответствует данным предыдущего года, несмотря на значительные изменения в показателях оборота, достигнутых в некоторых из этих сфер.

Несколько замедлилось развитие во второй по объему заказов сфере – в производстве машин и установок для изготовителей кирпича и кровельной черепицы, где отмечено снижение на 8,6 %. В 2013 г. оборот здесь составил 133 млн евро (7,8 % валового оборота), причем достигнут этот уровень был главным образом за счет внешнеторгового оборота (90,7 %). Но, несмотря на это, объем продаж на экспортных рынках продолжил свое снижение (-5,3 %), хотя и не в такой мере, как на внутреннем рынке (-32 %).

Виды машинного оборудования

Распределение оборота по видам производимого машинного оборудования в 2013 г. почти не изменилось по сравнению с предыдущим годом.

Машины для формования керамических материалов по-прежнему возглавляют статистику показателей оборота, имея долю в 25,2 %. За ними следуют системы подготовки сырья (14,4 % валового оборота), печи (10,5 %), машины для складирования и транспортировки (9,2 %). На пятом месте стоят цифровые машины для декорирования, которые впервые рассматриваются в статистике отдельно от прочей техники для декорирования, – оборот в их производстве возрос относительно 2012 г. на 10 % и имеет теперь долю в 8,5 %. Затем следует оборудование для финишной обработки (7,3 %) и машины для глазурования, а также традиционное оборудование для декорирования (7 %).

В целом в 2013 г. наряду с производством машин для формования (+ 30,3 %) наилучшие результаты достигнуты в сфере систем подготовки сырья, машин для комплектования, упаковки и укладки на поддоны (+17,6 %). Заметный рост отмечен также в производстве лабораторного оборудования (+47,9 %), хотя это в целом мало повлияло на валовый оборот. По другим видам машин глубоких изменений наблюдалось меньше: прирост на 2,1 % в производстве форм, на 9,7 % – моечной техники и на 9,9 % – цифровых машин для декорирования.

В выпуске оборудования для глазурования, а также традиционной техники для декорирования проявилось, напротив, снижение на (-34,2 %). Показатели оборота снизились также для систем управления процессами и качеством (-82,9 %), проектирования (-46,7 %), сушки (-27,6 %) и машин для складирования и транспортировки (-15,3 %).

Интересным представляется различие в том, какое оборудование продается наиболее часто в Италии и за рубежом. На итальянском рынке наибольший оборот достигнут при продаже машин и установок для формования, финишной обработки и прессования. За границей это были машины для формования, подготовки сырья и обжига.

Acimac
www.acimac.it

» **Таблица 1** Машиностроение для керамической промышленности в Италии

	2013	2012	Разница
Число предприятий	144	151	-7
Оборот	1710	1673	+ 2,2 %
Оборот в Италии (млн евро) доля в валовом обороте (%)	343,8 20,1	381,4 22,8	- 9,9 %
Внешнеторговый оборот доля в валовом обороте (%)	1 366,4 79,9 %	1 291,3 77,2 %	+ 5,8 %

Анетт Фишер

На очередной конференции TBE в Неаполе представлены годовые итоги развития европейской кирпичной промышленности

62-я конференция объединения европейских производителей черепицы и кирпича (Tiles & Bricks Europa, TBE) проводилась с 19 по 20 июня 2014 г. в Неаполе по приглашению итальянской Национальной ассоциации производителей кирпича (Andil). Конференция TBE была объединена с годовым собранием ассоциации. В мероприятии участвовало около 170 представителей руководящих кругов и актива TBE из разных европейских стран, входящих в объединение. Хаймо Шойх, покидавший пост президента TBE, официально представил своего преемника Йоанниса Малиоуриса.

Рабочие группы TBE обсудили свои проблемы

19 июня участники различных рабочих групп TBE (по производству черепицы и кирпича, проблемам экологии и технологий) провели свои заседания. Эксперты были проинформированы об актуальной деятельности TBE в вопросах стандартизации, экологии и энергопотребления, в отношении предписаний, касающихся строительных материалов, проекта INSYSME (инновативных систем сейсмостойких ограждающих конструкций из кирпича) и ресурсосберегающего строительства. Кроме того, встреча стала для специалистов платформой для дискуссий об опыте, накопленном на национальном уровне. Эта дополнительная информация является важной основой для работы TBE на европейском (в рамках ЕС) уровне.

Во второй половине дня, после заседания президиума TBE, состоялся совместный гала-обед в яхт-клубе Nautico Savoia. Здесь гостям был предложен не только великолепный вид на Везувий и гавань Неаполя, но и предоставлены большие возможности для общения на специальные темы поверх границ, разделяющих страны. Участников приветствовали генеральный директор фирмы Wienerberger Хаймо Шойх, уходивший с поста президента TBE, и его преемник Йоаннис Малиоурис, бывший прежде вице-президентом TBE, а также президентом и генеральным директором фирмы V. Maliouris S. A (Греция). Оба выразили благодарность итальянской ассоциации производителей кирпича за прекрасную организацию конференции.

» В яхт-клубе Nautico Savoia участники конференции наслаждались чудесным видом на гавань Неаполя

Все фото: Анетт Фишер

«Представители кирпичной промышленности активно действуют в Брюсселе»

Так заявил Хаймо Шойх, выступая на общем заседании TBE 20 июня, которое состоялось в торжественной обстановке комплекса Complesso dei SS. Marcellino e Festo. Сейчас представители кирпичной промышленности активно и решительно продвигают ее проблемы в политическую повестку ЕС, показывая инновационность, современность и устремленность в будущее этой отрасли. Хаймо Шойх подчеркнул, насколько важно привлечь к активной работе в объединении еще не вступившие в него восточноевропейские страны. После приема в TBE России следующим новым членом стала Румыния.

Вместе с генеральным секретарем TBE Адольфо Айелло он сообщил об успехах, достигнутых в 2013-2014 гг. , и рас-

» В конференции TBE принимало участие большое количество руководителей предприятий из стран-членов объединения

Обсуждение проблемы ресурсосберегающего развития

Остаток дня прошел под знаком совместной дискуссии TBE и ANDIL на тему ресурсосберегающего развития в Европе. Президенты обоих объединений обсуждали роль строительной отрасли в Европе (в частности в контексте итальянского президентства в ЕС) с приглашенными докладчиками из генеральной дирекции Европейской комиссии по предпринимательству и промышленности, итальянского министерства экономического развития, итальянского инвестиционного фонда, а также из отраслевых объединений промышленников Италии Federcostruzioni и Confindustria. Дискуссия шла по поводу политических мер оживления строительного сектора, например, о европейском плане содействия строительству социального жилья, о мерах поддержки санации жилого фонда – его ремонта или при необходимости реконструкции. Эти проблемы были единогласно названы решающими для экономического подъема в Италии и ЕС.

сказал о предстоящих задачах и проектах. Особенно была выделена регламентация категорий продукции (Product Category Rules, PCR), разработанная TBE для строительного кирпича, блоков, кровельной черепицы и мостового клинкера. На уровне ЕС неограниченные возможности поддерживать конкурентоспособность дают европейской промышленности пакеты документов по климатическим и энергетическим проблемам, например, директивы о государственных субсидиях в сферах охраны окружающей среды и энергетики, а также перечень отраслей, в которых в 2015-2019 гг. существует риск «парниковой миграции». Важным требованием на будущее является, по словам Шойха, выработка отраслью «решений для создания недорогого, способствующего здоровому образу жизни, долговечного и энергоэффективного жилого пространства».

Рено Батье из Европейской ассоциации керамической промышленности (Cerame Unie) сообщил, что в 2013 г. европейской керамической промышленностью было продано продукции на сумму в 266 млрд евро. Новой задачей в ежедневной работе объединения станет установление контактов с измененными составами Европейской комиссии и парламента ЕС.

Д-р Шойх после шести лет президентства передает пост Йоаннису Малиоурису, но не покидает TBE – он будет вице-президентом объединения. Новый президент поблагодарил Хаймо Шойха за активную и успешную работу на благо кирпичной промышленности. За шестилетний срок президентства Шойха TBE стало очень успешной организацией. В ряду будущих задач отрасли новый президент Йоаннис Малиоурис назвал утверждение регламента PCR на уровне Европейского комитета по стандартизации (CEN). Кроме того, TBE будет работать на осуществление целей, выдвинутых в коммюнике Европейской комиссии о потенциалах роста ресурсоэффективности в строительной отрасли.

Некоторые из спонсоров представили затем в кратких выступлениях сведения об актуальных событиях в отрасли. При этом важную роль играла тема энергоэффективности.

» Уходящий и новый президенты TBE: Хаймо Шойх (слева) и Йоаннис Малиоурис

» Встреча в Неаполе предоставила специалистам хорошую возможность для многочисленных бесед

Хаймо Шойх энергично призвал проявить бóльшую ответственности в отношении молодежи Европы. Недостаточно только лишь говорить и пожинать лавры прошлого. Надо уже сейчас инвестировать в будущее и учитывать новые требования. Как раз в жилищном строительстве необходимы масштабные обновления для того, чтобы удовлетворять изменившиеся запросы в отношении жилья, будь то рост числа домашних хозяйств, ведущихся в одиночку или нужда в квартирах, построенных с учетом возрастных потребностей людей.

Запланировано, что в 2015 г. представители европейской кирпичной промышленности соберутся вновь в Брюсселе.

Tiles & Bricks Europe – TBE aisbl
www.tiles-bricks.eu

ИНОВАЦИОННОЕ
ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

VHV*

3085-186-87-002grau

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

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

(Продолжение. Начало см. в Zi Russia 2/2014)

6 Особые методы экструзии

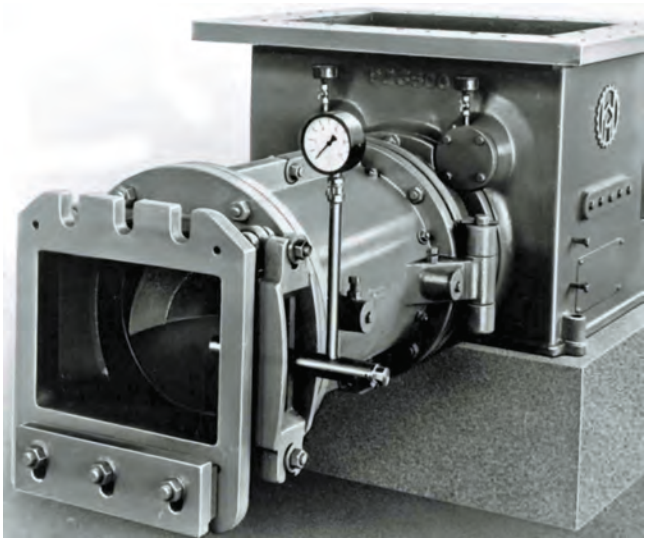
Существует большое число особых методов экструзии, которые фирма Händle или впервые внедрила, или значительным образом усовершенствовала. О восьми таких методах будет рассказано ниже.

6.1 Виды прессования: мягкое, полужесткое, жесткое, под высоким давлением

Ленточное прессование в зависимости от консистенции прессуемой массы и возникающего при этом прессующего давлении подразделяют на мягкое, полужесткое, жесткое и прессование под высоким давлением. Долгое время обычным и единственно возможным был лишь метод мягкого прессования. При измерении степени жесткости обходились прежде всего пресловутым «большим пальцем мастера прессования». Только когда фирма Händle в 1952 г. впервые встроила в прессующую головку измеритель динамического давления, стало возможным вести непрерывное измерение прессующего давления и давление потока, которые зависят от содержания влаги в рабочей массе (**»67**). Этот измеритель, в котором передача давления на манометр осуществлялась гидравлически, а также появившиеся в то же время для измерения проницаемости пластометр и пенетрометр, позволили ввести ясную классификацию различных методов ленточного прессования (**»таблица 4**).

Уже примерно с 1935 г. Händle начинает выпускать шнековые прессы, на которых можно было осуществлять полужесткое прессование (**»68**). Прессование под высоким давлением стало возможно лишь с появлением в 1985 г. экструдера Händle для технической керамики.

Для кирпичной промышленности особый интерес представляет жесткое прессование, позволяющее формовать валюшки такой высокой прочности, что их можно кантовать уже в свежем состоянии сразу же после формования – штабелировать и укладывать в садку, а следовательно, сразу грузить на печные вагонетки в один или много слоев.



» 67 Прессующая головка с манометром, установленным сбоку на дверце для очистки

Поэтому метод жесткого прессования называют методом непосредственной садки. От старого практического приема определять как можно более высокое давление прессования по величине показаний пенетрометра уже давно отказались. Сегодня устанавливают оптимальную высоту садки, определяют необходимое для этого значение пенетрометра и затем прессуют с такой жесткостью, какая необходима.

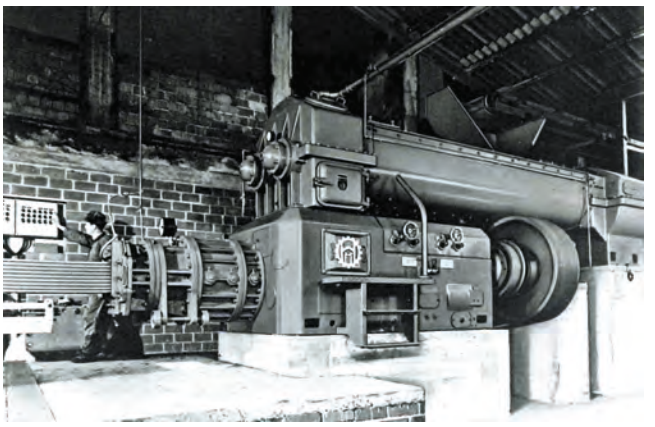
Метод жесткого прессования использовали уже раньше в США, Канаде, Южной Африке, Австралии и – в отдельных попытках – в Англии. В Германии, а затем по всей Европе и миру он стал применяться с 1967 г. с появлением первого блока Händle для жесткого прессования модели PZ 60e/45s с максимальным давлением формования в 100 бар (**»69**). К настоящему времени фирма вывела на рынок уже пятое поколение экструдеров жесткого прессования, опираясь на свой опыт, приобретенный за более чем сорок лет работы в этой специальной области экструзионной техники. Жесткое прессование для производства облицовочной сплиттерной плитки было впервые применено благодаря

» Таблица 4 Виды прессования и приближенные значения важнейших параметров

Метод прессования		Мягкое прессование	Полужесткое прессование	Жесткое прессо-вание	Прессование под высоким давлением
Параметр	Единица измерения	1	2	3	4
Влажность прессования	% (в пересчете на абс. сухое вещество)	18–28	15–22	12–18	10–15
Прессующее давление	бар	5–15	15–40	30–60	150–250**
Пенетрометр	Н/мм²	‹0,15	0,20–0.35	0,35–0,60	~ 0,18

* Неопределенная приблизительная величина (показатели влажности рабочей массы могут значительно различаться в зависимости от ее зернистости и состава, так что провести четкое разграничение не представляется возможным)
** Высокое давление обусловлено высоким сопротивлением потока, а не большой жесткостью прессуемой массы.

» **68** Высокопроизводительный пресс Gloria, модель 1933 г.



» **69** Первый блок жесткого прессования PZ 60e/45s, 1967 г.

экструдерам Händle в 1985 г. в США, а в Германии в 1994 г. – для плоской черепицы и двойной черепицы. Многолетняя практика и интенсивные исследования сделали Händle наряду с североамериканской фирмой J. C. Steele & Sons, Inc. (Стейтсвилль) пионером жесткого прессования (**»70**, **»71**, **»72**).

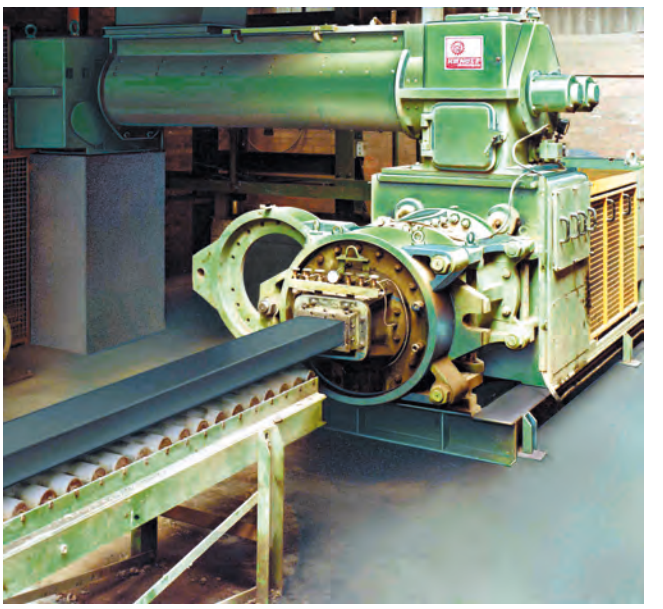
6.2 Ленточное формование с использованием допрессовочных прессов

Раньше отформованные валюшки в подсушенном состоянии часто подвергали допрессованию для того, чтобы можно было придать облицовочным и клинкерным кирпичам, плиткам для настила полов и огнеупорному сырцу точную форму с резкими кромками, а огнеупорным кирпичам обеспечить высокую плотность. Несмотря на то, что экструзионная техника уже к 1910 г. достигла такого уровня, что допрессование стало излишним, некоторые производители керамики сохраняли этот метод еще долгое время. Поэтому в 1961 г. фирма Händle создала допрессовочный пресс PNE с электроприводом для допрессования отформованных валюшек (**»73**). Они в подсушенном состоянии посредством автоматического загрузочного механизма при одновременном смазывании помещались в кассеты и прессовались на эксцентриковом прессе с прижимным валком под давлением 11 тонн. После формования валюшка автоматически извлекалась с помощью нижнего пуансона и перемещалась на приемный стол. Здесь на устройстве для очистки устранялись заусенцы, неизбежно образующиеся при прессовании. Допрессовочный пресс Händle делался передвижным для того, чтобы его можно было использовать прямо на сушильных стеллажах. Производительность составляла примерно 700–800 заготовок в час. Этот пресс использовался также для прямого формования шамотной массы.

6.3 Вакуумное прессование

Все глиняные массы содержат определенное количество газа, по большей части в форме мельчайших пузырьков, располагающихся между отдельными частицами массы.

» **70** Блок жесткого прессования Universa PZG 60a/45

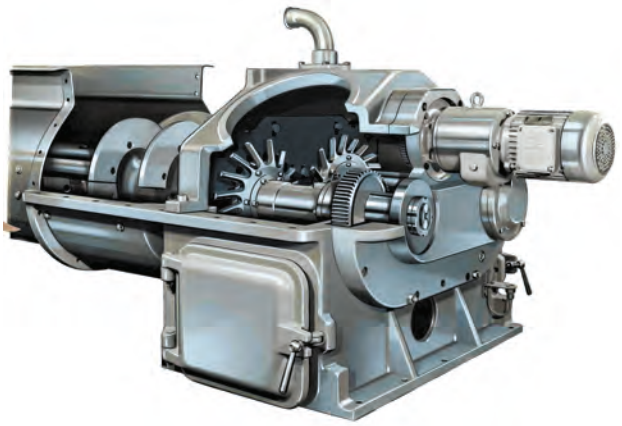


» **71** Вакуумный блок Universa PZG 65/56 (поперечное расположение)

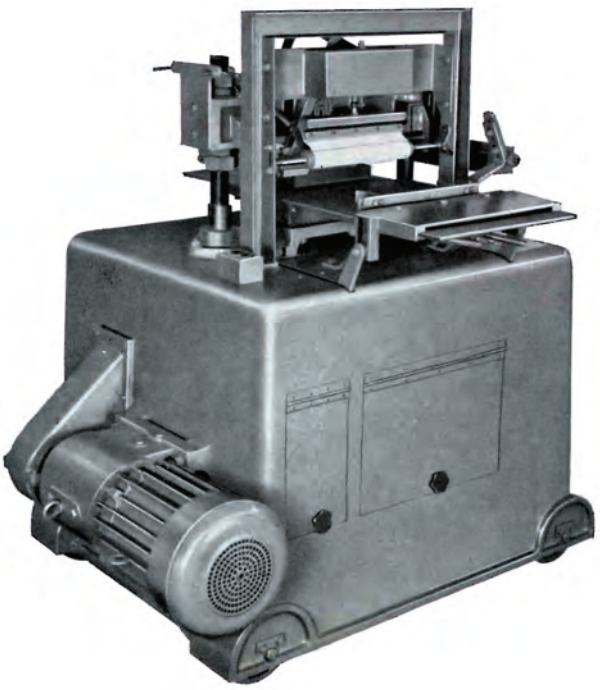
Посредством деаэрации или вакуумирования массы воздух, который оказывает отощающее действие и приводит к образованию пузырьков, выводится, и тем самым повышается пластичность и улучшается текстура массы. Для оптимальной деаэрации массы ее сначала уплотняют, то есть подвергают воздействию более высокого давления, затем измельчают таким образом, чтобы образовалась поверхность как можно большей площади. Поскольку глина в пластическом состоянии в принципе газонепроницаема, то содержащийся в ней воздух может «вырваться» наружу лишь при создании разности давления между остаточным воздухом, имеющимся в вакуумной камере, и воздухом в самой массе. Выход воздуха происходит тем легче, чем больше разница давлений и чем тоньше слой массы, что достигается с помощью рассекателя массы или измельчителя на одноили двухвалковом смесителе с применением перфорированной пластины (в вертикальном положении на горизонтальных подпрессовочных установках и в горизонтальным положении – на вертикальных) (**»74** и **»75**).

Вакуумная камера, чтобы в нее не подсасывался воздух, герметически закрывается от проникновения окружающего воздуха остаточной подушкой материала в шнековой части смесителя или подпрессовочного пресса – в

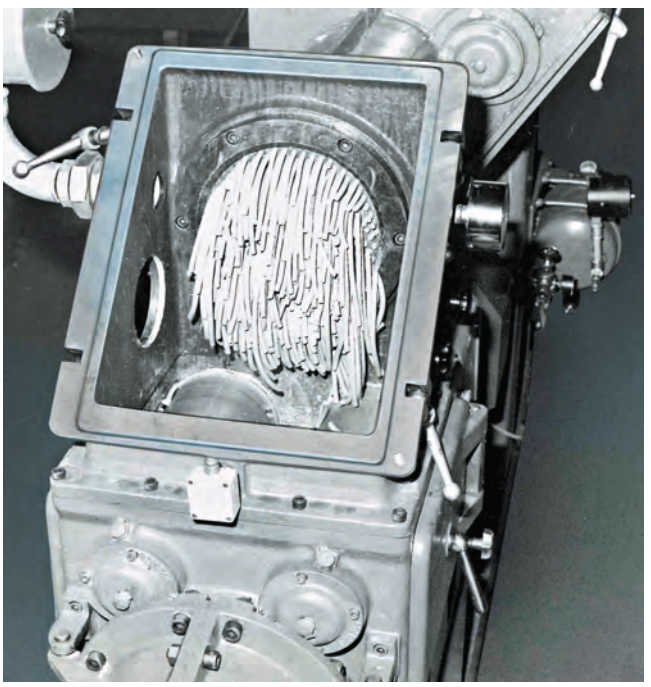
» **72** Жесткое прессование Futura-S на шнековом прессе PZGS 50a/45 с применением вакуумного валкового смесителя MEVG 930a (поперечное расположение)



» **74** Устройство для измельчения массы с отдельным приводом на двухвалковом смесителе модели MDV



» **73** Передвижной допрессовочный пресс PNE



» **75** Рассекатель с перфорированной пластиной на одновалковом смесителе MEV

зоне подвода материала и в зоне его вывода в прессующей головке.

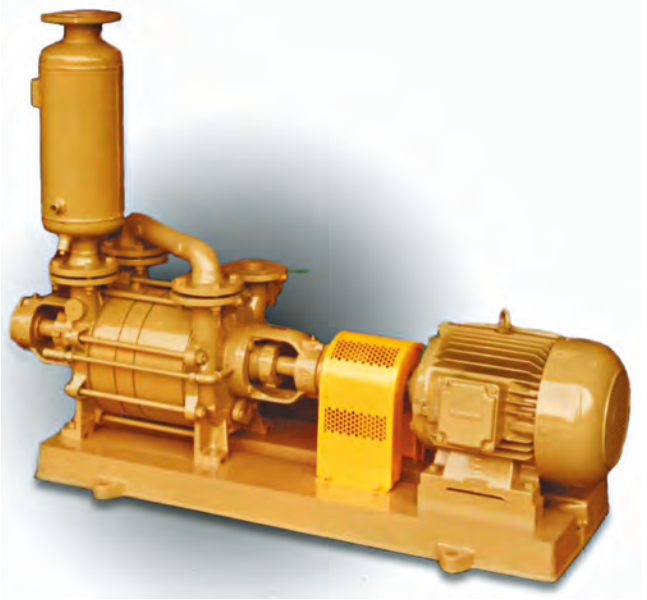
Для создания необходимого давления в вакуумной камере фирма Händle первоначально применяла поршневые вакуумные насосы, затем газовые насосы с гидравлическим поршнем, для работы которых требовался постоянный подвод свежей воды. С 1960 г. , однако, стали иногда в качестве гидравлического затвора использовать масло в автономном контуре (**»76** и **»77**). Примерно с 1970 г. Händle применяет также маслозаполненные ротационно-пластинчатые вакуумные насосы, а около 1998 г. внедряет вакуумные водокольцевые насосы без масла с замкнутым водяным контуром для остаточного давления до 50 мбар (**»78**). Сегодня вакуумное прессование осуществляется обычно при остаточном давлении от 152 до 51 мбар, то есть при 85-95 % вакуума.

6.4 Экструзия каменно-керамических труб

Каменно-керамические трубы изготавливаются в Англии с 1840 г. , в Германии – с 1863 г. Вначале их делали вручную на гончарном круге или обворачивая глиняными листами круглый сердечник. Механизированное формование началось в Англии в 1850 г. на поршневых прессах, к которым примерно с 1870 г. добавились валковые и шнековые прессы. С 20-х гг. прошлого века стали применять преимущественно шнековые прессы. Муфты первоначально прессовались отдельно и вручную закреплялись на трубах. К концу XIX в. стало возможным прессовать трубу и муфту в ходе одной рабочей операции. В отличие от горизонтальной экструзии дренажных труб прессование больших каменно-керамических труб осуществляется вертикально сверху вниз, иначе они бы теряли свою цилиндрическую форму, прогибаясь при выходе на роликовый настил или ленту приемного транспортера

С 1925 по 1967 г. фирма Händle производила вертикальные шнековые прессы для труб, с 1936 г. также с вакуумным блоком. После этого разработку и изготовление прессов для труб взяли на себя заводы фирмы Rieter в рамках консорциума Händle/Rieter.

Затем Händle начала выпуск вертикальных прессов диаметром цилиндра 280 и 400 мм для производства труб с муфтами (**»79**). В 1929 г. ассортимент включал в себя шесть прессов, рассчитанных на размеры диаметра труб (в свету) до 1000 мм. В ассортименте 1932 г. были представлены прессы четырех конструктивных размеров со следующими размерами диаметра цилиндра (в скобках указаны диа-



» **76** Вакуумный насос с гидравлическим поршнем

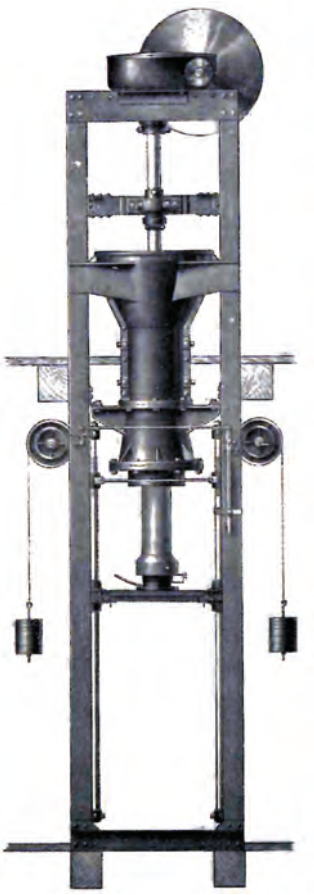
» **78** Ротационно-пластинчатый вакуумный насос

» **77** Вакуумный насос с циркуляционным резервуаром

метры труб): 250 мм (50–200 мм), 350 мм (100–300 мм), 450 мм (250–600 мм) и 600 мм (500–1200 мм). С 1936 г. эти прессы производились в двух модификациях – с вакуумным устройством (модель PMV) и без него (модель PMV) (**»80**). После Второй мировой войны прессы для труб производились только с устройством для деаэрации.

Фирма Händle изготавливала и поставляла также и требуемые запчасти, например, специальные мундштуки, поднимающиеся и опускающиеся столы для прессования с сердечником муфты и отрезным механизмом, а также устройства для нанесения рифления (**»81**).

Прессование труб с муфтами осуществляется в непрерывном цикле. Для прессования муфты стол с сердечником муфты подводится к мундштуку и фиксируется в своем положении. После отпрессовки муфты стол освобождается от фиксации и опускается вниз вместе трубой, выходящей из пресса. После достижения необходимой длины трубы стол останавливается, труба отрезается, на нее наносятся рифление и штукатурный раствор, и затем труба транспортируется. Стол вновь занимает положение перед мундштуком. Способ подъема стола для прессования по мере развития разработок менялся: сначала использовалась ручная лебедка, затем электролебедка, гидравлический цилиндр, пневматический цилиндр. Уравновешивание выходящей из пресса трубы и поднимающегося стола происходило вначале посредством противовесов, подвешенных с помощью шкивов и стальных тросов с соответствующим тормозным механизмом, затем пневматически (тогда отпала необходимость в уравновешивающих грузах).

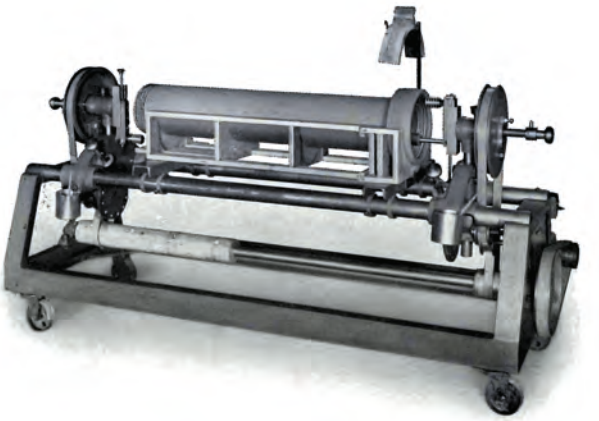


» **79** Пресс для производства каменно-керамических труб, ок. 1925 г.

По мере все большего распространения крупноформатных пустотелых блоков и сводовых кирпичей их тоже стали прессовать на прессах для труб, которые для этих целей оснащались поворотным столом, вместо поднимающегося и опускающегося.

Для вытягивания дугообразных труб применялись горизонтальные ленточные прессы, сначала обычные шнековые, затем вакуумные, позже вакуумные агрегаты, состоящие их экструдера и вертикального подпрессовочного пресса. Для прессования муфты в мундштук пресса вводилась опорная пластина муфты с устройством для рифления и фиксировалась штыковым затвором. После прессования и рифления муфты, пластина убиралась и пресс

» 80 Пресс для производства каменно-керамических труб, ок. 1960 г.



» 81 Машина для нанесения штукатурного раствора и рифления, предназначенная для труб любой длины с диаметром от 75 до 250 мм

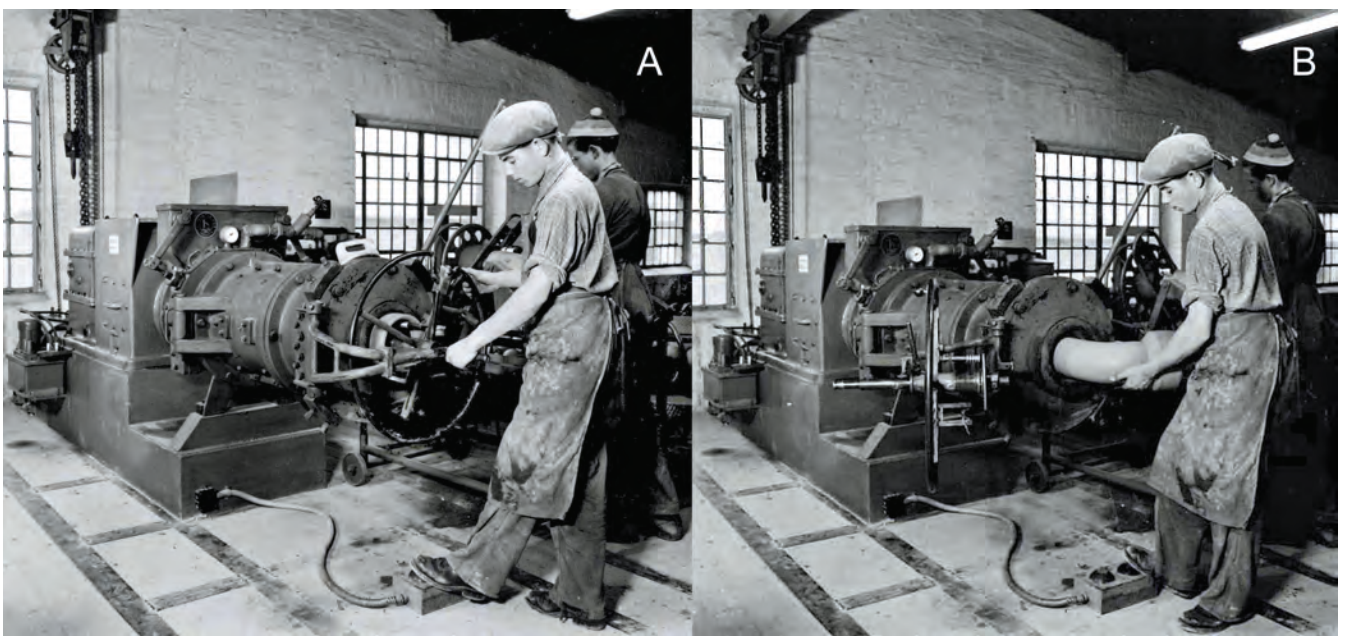
вновь включался. Во время прессования ствола трубы его руками или с помощью управляемого приспособления отклоняли в сторону или вниз для того, чтобы получился требуемый изгиб (**»82**).

В 1985 г. Händle приобрела долю в 50 % фирмы Griese, расположенной в немецком городе Ведемарк, которая специализировалась на формовании каменно-керамических труб. Эта фирма в период долевого участия в ней Händle разработала автоматизированное оборудование для производства дугообразных труб (**»83**) и полностью автоматизированное оборудование для формования деталей для разветвления каменно-керамических труб.

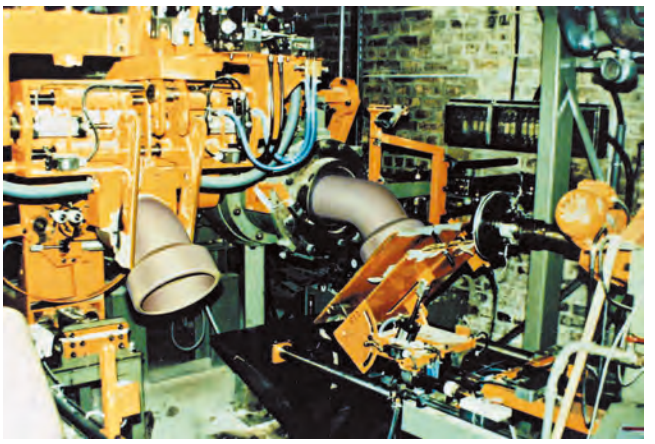
Когда в 1966 г. английская фирма Hepworth стала рекламировать безмуфтовые каменно-керамические трубы с полипропиленовой стыковкой, Händle разработала тяжелый вакуумный пресс для горизонтального изготовления труб с прессующим давлением до 100 бар. Производительность его составляла около 500 труб в час при диаметре 150 мм и длине 1000 мм.

6.5 Горячее формование

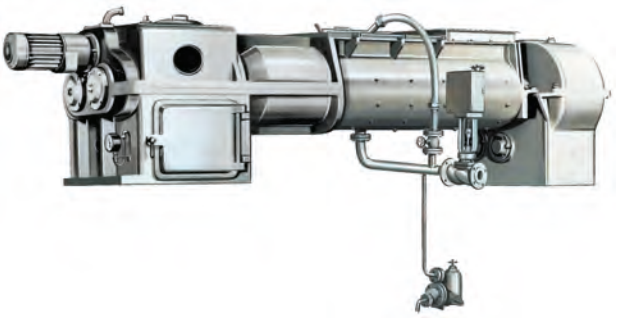
Уже в 1888 г. заметили, что влажная глина при нагревании горячей водой становится более пластичной и легче обрабатывается. В 1894 г. появились первые шнековые прессы, оснащенные устройством для горячего формования. Но лишь в 50-60-е гг. прошлого века стали интенсивно заниматься подогревом материала для изготовления труб паром. В конце концов утвердилось термоформование, а не термоподготовка. Необходимое оборудование для пропаривания Händle производит с 1957 г. (**»84**). Подачей пара в вакуумный блок стремятся прежде всего сократить время сушки и улучшить ее ход. Сначала подвод пара в вакуумном двухвалковом смесителе осуществлялся сверху и снизу (**»85**). Сегодня пар, чтобы избежать его потери, подают в закрытый сверху смеситель только снизу через нижнюю пластину. Целью пропаривания является, как правило, нагрев глиняной массы до 50-60 °C.



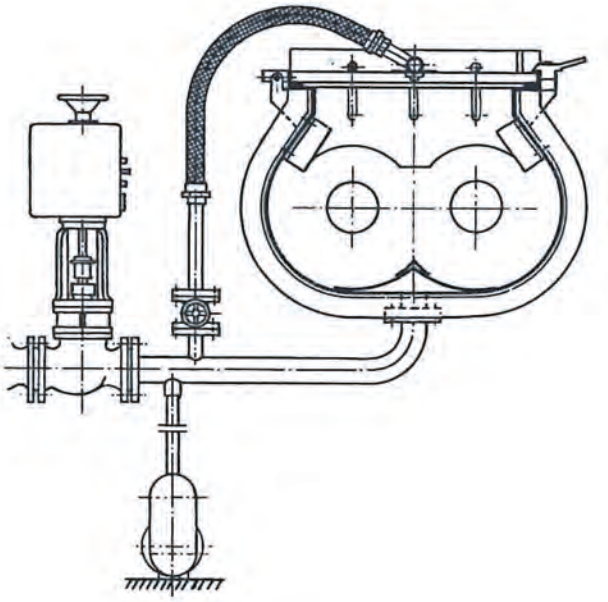
» 82 Вытягивание изогнутой трубы: A) введение в мундштук опорной пластины муфты с устройством для рифления и фиксация ее штыковым затвором; B) отведение выходящей трубы в сторону для достижения требуемого изгиба



» **83** Автоматизированное оборудование для производства дугообразных труб



» **84** Смеситель с пропариванием



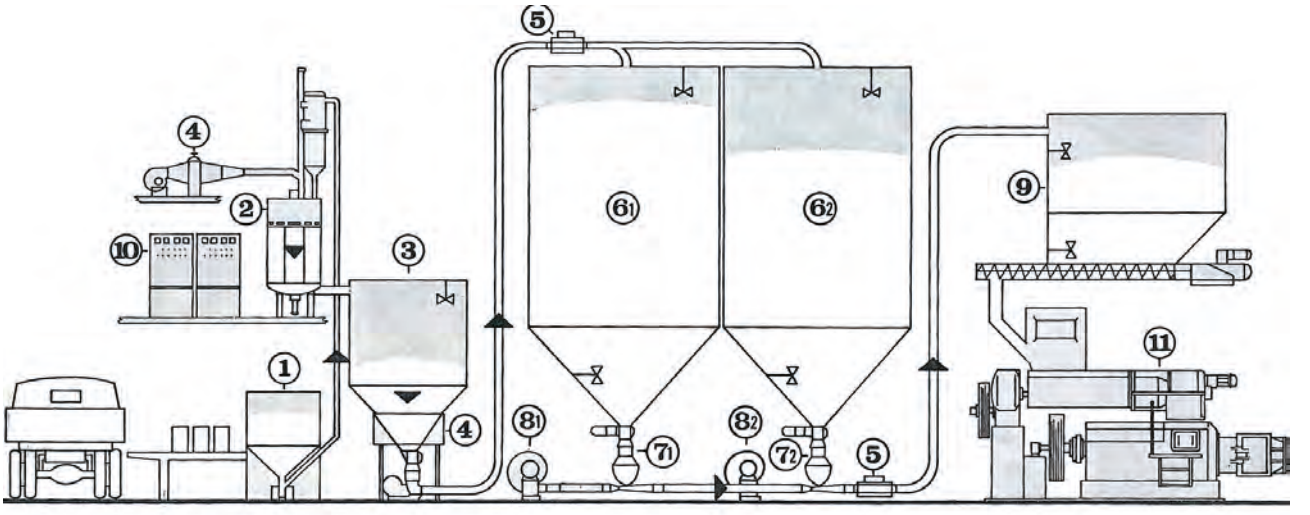
» **85** Схема устройства для пропаривания

6.6 Экструзия легкого кирпича Poroton

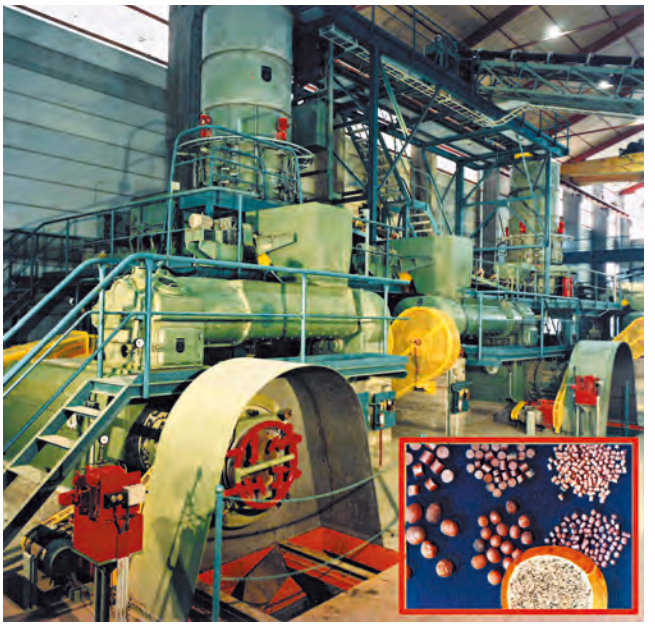
Фирма Händle оказала значительное влияние на производство легкого кирпича Poroton и своими разработками продвинула его развитие. В 1959 г. шведский инженер Свен Фернхофф подал заявку на патентование «метода производства легких керамических изделий», которые способствовали прорыву на рынок легкого поризованного кирпича (под маркой Poroton).

Кирпичи Poroton производятся при добавлении в подготавливаемую глину полистирольных гранул (торговое название – Styropor, марка фирмы BASF (Людвигсхафен, Германия). Гранулы состоят на 98 % из воздуха, но обладают достаточной упругостью и устойчивостью для того, чтобы при введении в массу для формования сохранять свою шарообразную форму. Во время обжига кирпича гранулы из пеноматериала полностью сгорают и оставляют типичные для кирпича Poroton равномерно распределенные круглые поры. Добавление стиропора снижает склонность изделия к разрушению в сухом состоянии и значительно повышает скорость сушки. Известные еще задолго до рубежа XIX и XX вв. выгораемые материалы давали далеко не такой положительный результат, как стиропор. Свойства стиропора как добавки делают возможным производство легковесных кирпичей все большего размера. Такие кирпичи революционизируют строительство, повышая скорость работ и способствуя улучшению качества проживания в зданиях, возведенных с их применением. Уже в 1969 г. размер легкого кирпича Poroton увеличился до формата 24 DF пустотелого кирпича с вертикальными пустотами.

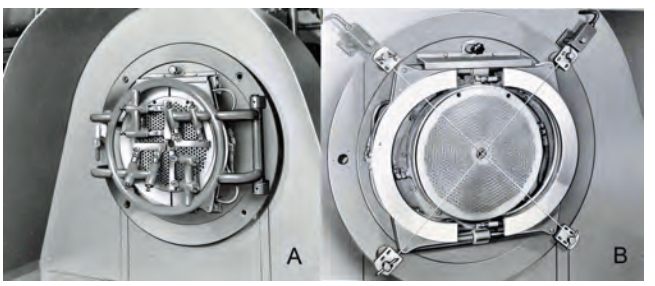
С самого начала Фернхофф тесно сотрудничал с лабораторией керамики фирмы Händle, пользуясь материальной и идейной поддержкой со стороны тогдашнего генерального директора фирмы д-ра Георга Хэндле и руководителя лаборатории Фельдмайера. Первые образцы кирпича Poroton появились в лаборатории керамики фирмы Händle, первые партии этого кирпича изготовили производители, состоявшие с фирмой в дружественных отношениях. Фернхофф предложил Händle партнерство при продвижении патента на Poroton на рынке. Можно считать, что фирма, не приняв этого предло-



» **86** Схема производственной линии для выпуска кирпичей Poroton: 1) бункер для гранул; 2) автоматический вспениватель; 3) стабилизатор; 4) воздухонагреватели; 5) трубоотводы; 6) силосы; 7) выпускные отверстия силосов; 8) воздуходувка; 9) рабочий силос с дозировочным шнеком; 10) шкаф управления; 11) вакуумный блок



» **87** Экструзионная установка для грануляции на заводе легкого бетона в Бельгии, 1989 г.



» **88** Устройство для резки гранул: A) ножами; B) струнами

жения, совершила ошибку, если учесть последующее триумфальное шествие кирпича Poroton.

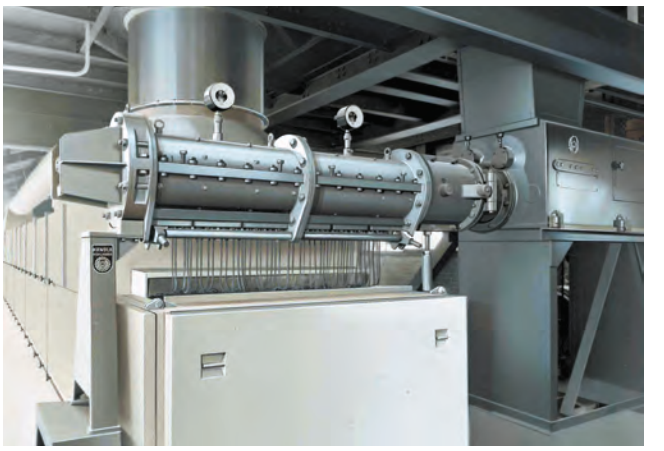
Чтобы довести метод до готовности к внедрению в производство, фирма Händle разработала полностью автоматическое, работающее в прерывистом режиме оборудование для подготовки полистирола и сконструировала целую технологическую линию формования кирпичей Poroton (**»86**).

Для производства кирпичей Poroton Фернхофф выдавал территориальные эксклюзивные лицензии. Первым лицензиатом стала фирма J. J. Deplaz (Хагельштадт, Германия) со своими кирпичными заводами, которые начали выпуск кирпичей Poroton в качестве единственных их производителей для Баварии. В 1970 г. существовало уже 35 заводов, обладавших лицензией на Poroton, и почти все они работали на созданных Händle линиях формования с подготовкой полистирола. Фернхофф инициировал также создание объединения своих лицензиатов с целью разработки новых стандартов в отношении допусков и для ведения единой рекламной политики по освоению рынка. В 1969 г. объединение производителей кирпичей Poroton было зарегистрировано в качестве некоммерческой организации. Так, благодаря добавлению стиропора, производство кирпичей для забутовки постепенно превратилось в индустрию легковесных кирпичей.

6.7 Грануляция

Особым методом экструзии является также грануляция, которая применяется, помимо прочего, для производства вспученной глины – легкого заполнителя, используемого в частности для получения легкого бетона. Впервые вспученная глина была получена в США в 1904 г. В Европе она была произведена в 1939 г. в Дании под названием Leca и в 1956 г. в Германии, где оборудование для подготовки глины поставила фирма Händle. В период между 1956 и 1965 гг. Händle оснастила этим оборудованием более 15 заводов легкого бетона. На первых установках еще не было предусмотрено никакого особого формования. Потребность в предварительном определении зернистости привела к тому, что в 1965 г. Händle начала разрабатывать метод грануляции с помощью вакуумного блока (**»87**). В качестве ленточного пресса использовался экструдер модели PZ 60f/45s с диаметром цилиндра 450 мм, который потом применялся также для жесткого прессования. Собственно устройство для грануляции состояло из:

- прессующей головки с подвеской;
- фиксатора перфорированной пластины с гидравлическим зажимом;
- сменных перфорированных пластин;
- устройства для резки с ножами или струнами (на выбор в зависимости от жесткости пресса и характеристик привода) (**»88**).



» **89** Пресс с цилиндром для экструдирования жгутов

Отверстия перфорированных пластин могли быть величиной в 4, 6, 8, 10 или 12 мм.

Одна пластина, например, с 6-миллиметровой перфорацией имела 2035 отверстий. Пропускная способность составляла в зависимости от перфорации от 15 до 30 гранул в час. Продавливаемая через отверстия глина обрезалась на длину, равную примерно 1,4 диаметра отверстий. Получавшаяся цилиндрическая гранула позже в ходе вспучивания принимала почти круглую форму. Самая крупная из изготовленных Händle установок грануляции поступила в 1968 г. на бельгийский завод легкого бетона. Ее производительность, которую обеспечивали три пресс-гранулятора, работающие в непрерывном режиме, составляла 1500 м³/24. Одна из последних установок (с двумя пресс-грануляторами) отправлена в 1995 г. в Россию. С тех пор значимость производства легкого бетона снизилась, и сейчас новые установки изготавливаются редко.

6.8 Прессование жгутов

В связи с грануляцией следует упомянуть прессование жгутов, практикуемое с 60-х гг. прошлого века. Для изготовления плиток полусухого прессования для облицовки стен и настила пола подготовленную влажную глину обезвоживали в фильтр-прессах, корж высушивали и затем размалывали в прессовочный порошок. Процесс сушки длился примерно от одного до двух дней. Благодаря разработке шнекового пресса с цилиндром, в котором экструдировались жгуты из коржей фильтр-пресса, время сушки сократилось на 15-20 минут (**»89**).

Продолжение следует.

Händle GmbH Maschinen und Anlagenbau
www.haendle.com

дипл. инж. Александр Винкель

Энергосберегающие процессы формования кирпича

Доклад освещает вопросы снижения пристенного трения в червячном прессе посредством электроосмоса. Цель заключалась в снижении влажности массы и экономии тем самым энергии при сушке, а также снижении потребляемой мощности пресса. Для исследования и количественного измерения этого эффекта был сконструирован поршневой пресс с керновым мундштуком и соответствующим расположением электродов. По всем опытным массам наблюдалось снижение требований к силе прессования, причем пластичные глины для производства кровельной черепицы показали несколько лучшие результаты по сравнению с непластичными сланцевыми глинами.

1 Введение

Так как производство кирпича относится к энергоемким производствам и доля расходов на энергию в конечном продукте очень высока, новые разработки по снижению энергопотребления имеют важное значение. В рамках исследовательского проекта выяснялось, возможно ли снижением пристенного трения при формовке уменьшить влажность массы и, тем самым, энергозатраты на сушку или потребляемую мощность пресса.

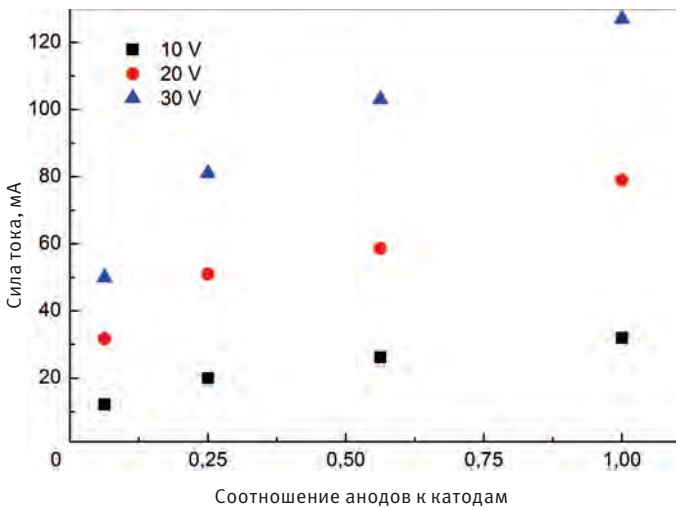
2 Научные основы

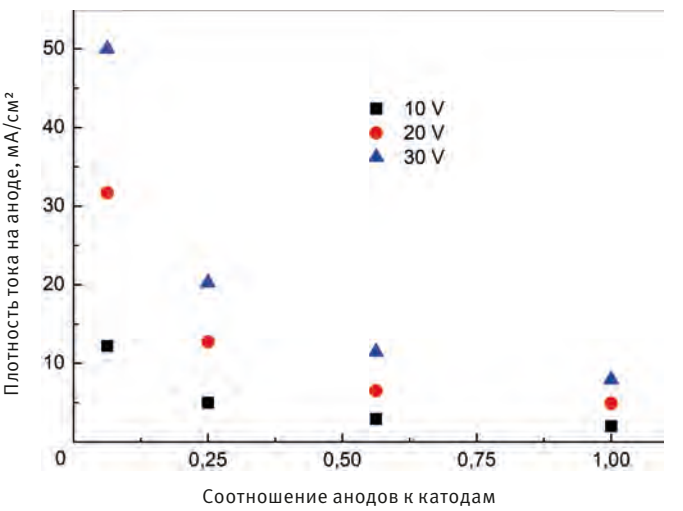
Эффект электроосмоса, тесно связанного с электрофорезом, был открыт еще в начале 19-го века. При электрофорезе отрицательно заряженные частицы в разбавленных растворах двигаются в направлении положительно заряженного анода. При этом на частицы в противоположном направлении действует сила, порождаемая положительно заряженными ионами на поверхностях частиц, которая переносится на частицы посредством вязкого взаимодействия. Эта удерживающая сила, однако, значительно слабее и вызывает лишь замедление частиц. Если концентрацию частиц в растворе повысить до такой степени, чтобы они соприкасались друг с другом и больше не могли двигаться, тогда притянутые к поверхности катионы начнут двигаться в направлении катода. Вследствие взаимодействия их гидратной оболочки с окружающими молекулами воды они увлекают за собой часть воды из пор, в результате чего между глиной и катодом образуется водяная пленка. На аноде же, напротив, происходит высыхание глины. При подаче напряжения анионы также начинают двигаться в направлении анода. Поскольку у силикатов, вследствие отрицательного поверхностного заряда, количество катионов в воде в порах значительно выше количества анионов, водяная пленка всегда образуется на катоде. Чтобы ионы могли перемещаться, они должны находиться в стационарном электрическом поле, т.е. необходимо использовать постоянное напряжение. При переменном же напряжении происходит постоянная смена полярности электродов и ионы остаются на месте.

3 Экспериментальная часть

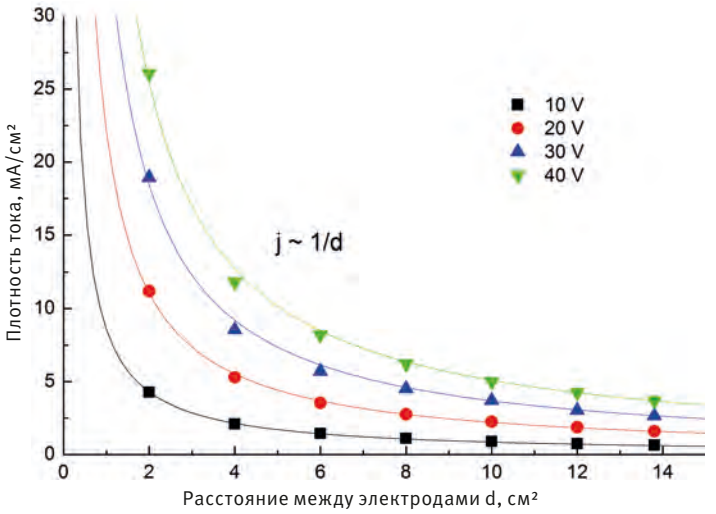
3.1 Конструкция оборудования для испытаний

Чтобы измерить требуемый эффект образования водной пленки, был сконструирован особый поршневой пресс. С его помощью эффект образования водной пленки посредством кривых силы/перемещения должен был стать воспроизводимым и количественно измеримым. Кроме того, методика измерений должна была быть максимально приближенной к реальным условиям. Поскольку для электроосмоса необходима установка двух электродов, вначале необходимо было подумать над их расположением и размерами. Мундштук и прессующая головка должны были использоваться в качестве катода, поскольку именно здесь происходит уплотнение и формование массы и, следовательно, здесь снижение пристенного трения было бы наи-

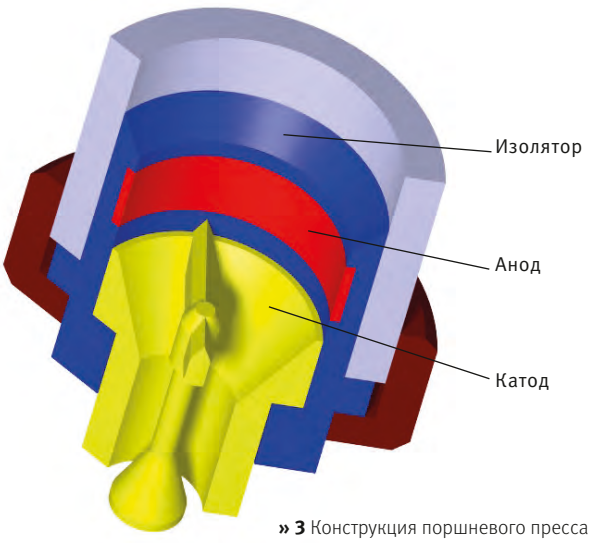




» **1** Влияние пропорций анода и катода на силу/плотность тока



» **2** Влияние расстояния между электродами d на плотность тока j в тестируемой глине



» **3** Конструкция поршневого пресса

более эффективным. Для того чтобы оценить влияние размеров и расположения анода, заранее была изучена зависимость протекания тока от пропорций анода и катода и расстояния между ними. Как можно увидеть на **»1**, с увеличением размера анода растет и сила тока. Однако этот рост не является линейным, а подобен степенной функции с дробным показателем. Поэтому увеличение размеров анода целесообразно лишь при малых пропорциях. Недостаток слишком малых размеров анода состоит в чрезмерной плотности тока, что приводит к быстрому высыханию сырья и тем самым к снижению пластичности. На **»2** показана зависимость расстояния между электродами и протеканием/плотностью тока. Так как последняя обратно пропорциональна расстоянию между электродами, при его увеличении протекание тока резко уменьшается. Эти данные были приняты в расчет при конструировании поршневого пресса (см. **»3**). Изготовленный из латуни мундштук рабочего цилиндра используется в качестве катода и изолирован от металлической части цилиндра и анода. В мундштук был впаян керн, чтобы максимально приблизить данную конструкцию к реальным условиям. Анод был изготовлен в форме кольца, чтобы минимизировать его сопротивление потоку. Кроме того, подобная конструкция обеспечивает удобство в замене деталей. Контакт с анодом происходит через отверстие в пластмассовой изоляции. Общая конструкция пресса выполнена таким образом, чтобы не возникали «мертвые зоны», в которых масса не могла бы двигаться. Непрерывное движение массы особенно важно в области анода и мундштука, поскольку застой массы на аноде приводит к ее высыханию и в зонах застоя на мундштуке не образуется водяной пленки. Экструзия глины производится при помощи универсальной испытательной машины. Сила и перемещение измеряются посредством датчика силы и датчика перемещения и передаются на компьютер. На поршневом прессе изучались базовые факторы влияния в рамках данного процесса, такие как влияние напряжения и влажности или состав глин. Для того чтобы выяснить, масштабируется ли рассматриваемый метод на прессы более крупных размеров, лабораторный экструдер соответствующим образом был переоснащен для проведения крупномасштабного эксперимента.

3.2 Подготовка рабочих масс

Для проведения испытаний было отобрано шесть масс для производства кирпича:

- две массы для производства дорожного клинкера (PK 1 und PK 2)
- масса для производства облицовочного кирпича (VMZ)
- масса для производства многопустотного кирпича (HLZ или HLZ mP для варианта с повышенной пористостью) и
- две массы для производства кровельной черепицы (DZ 1 und DZ 2)

Пластичность масс для испытаний была установлена в 30 по Пфефферкорну. Для изучения воздействия фактора влажности были подготовлены две дополнительные массы с тем же значением пластичности и влажностью на 2 % больше или меньше соответственно. Подготовка масс производилась в глиномялке с последующим временем вылеживания минимум в двое суток.

3.3 Определение характеристик сырья

У рабочих масс было определено распределение по величине зерен посредством мокрого способа ситового анализа, а также минералогический состав, посредством рентгеноструктурного анализа. С их помощью необходимо было выяснить, влияют ли на результат крупность зерен и вид глинистых минералов и примесей. Так как в основе электроосмотического потока лежит перенос зарядов и, соответственно, протекание тока, были измерены содержание растворимых ионов и электропроводность глин.

4 Результаты исследований и их анализ

4.1 Определение характеристик сырья

На **»4** показано распределение по величине зерен у использованных рабочих масс. Массы для производства кирпича можно разделить на два вида – более грубые (масса для производства дорожного клинкера и масса для производства облицовочного кирпича) и более тонкие (остальные три вида масс). В основе такой классификации лежит тип использованных глин. Более грубые массы основаны на сланцевых глинах, которые вследствие своего диагенетического уплотнения плохо поддаются растворению. Остальные три вида масс, напротив, содержат тонкодисперсные фракции. Масса для производства многопустотного кирпича к тому же характеризуется высоким содержанием тонкодисперсной извести.

»Таблица 1 содержит данные минералогического анализа отдельных масс. При этом процентная доля глинистых минералов колеблется в широком диапазоне от 38 до 63 процентов по массе. В качестве двухслойного минерала представлена преимущественно шамотная глина. Из трехслойных минералов чаще всего присутствуют минералы

иллитовой группы. Группа тектосиликатов представлена в основном кварцем. Полевые шпаты встречаются в незначительном объеме. Содержание карбонатов в массах скорее низкое, за исключением массы для производства многопустотного кирпича. В массе VMZ в качестве вспомогательного средства для спекания содержится значительное количество клинопироксена.

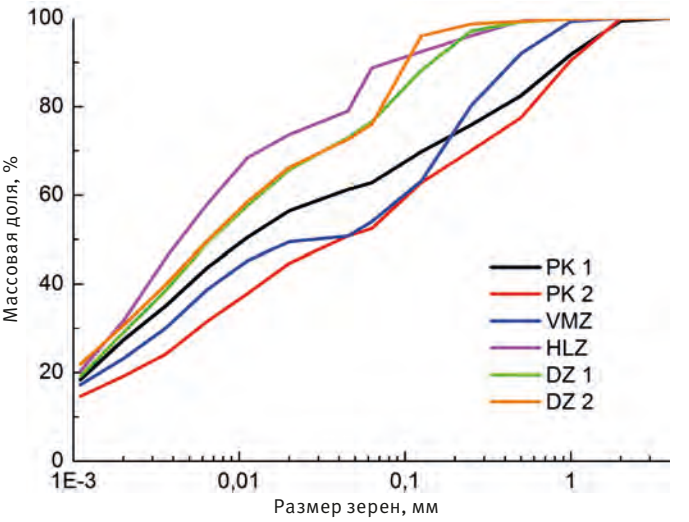
В **»таблице 2** показано количество растворимых ионов в использованных массах. Здесь особенно выделяются массы VMZ и DZ 2 с их крайне высоким содержанием ионов. Масса VMZ содержит чрезвычайно много катионов, что, вероятно, вызвано высоким содержанием клинопироксена. Масса DZ 2 выделяется высоким содержанием анионов. Кроме того, обращает на себя внимание масса DZ 1 из-за ее крайне низкого содержания катионов и анионов. У массы HLZ количество растворимых ионов было определено как при содержащихся отходах бумажного производства, так и без них. Здесь можно увидеть разницу в содержании анионов, количество которых в массе с отходами бумажного производства значительно выше. Таким образом, можно предположить, что упомянутые отходы являются причиной увеличения количества анионов.

Значения электропроводности по отдельным массам вполне коррелируют с содержанием растворимых ионов (см. **»5**). Массы VMZ и DZ 2 вследствие высокой концентрации ионов в них обладают и наибольшей электропроводностью. Масса для производства многопустотного кирпича с увеличенной пористостью характеризуется несколько более высокой электропроводностью по сравнению с массой со стандартной пористостью, что можно объяснить повышенным содержанием анионов. Масса DZ 2 по своей электропроводности несколько уступает массе для производства многопустотного кирпича. Электропроводность масс для производства дорожного клинкера наиболее низкая, причем с большим отрывом, только у массы PK 2 значение электропроводности лишь немногим выше.

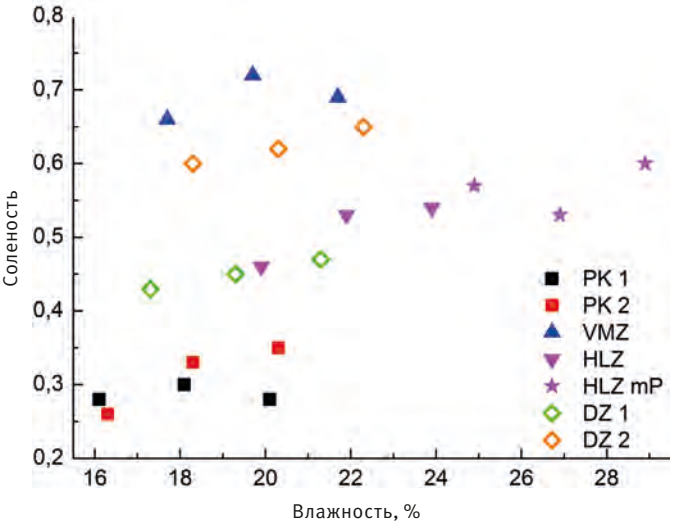
4.2 Экструзия масс для производства кирпича

У всех масс сила экструзии без напряжения при средней влажности находится в диапазоне от 1,5 до 2 кН. При уменьшении влажности на 2 % сила экструзии по всем массам существенно увеличивается вследствие повышения их жесткости и, как правило, составляет 2,5–3 кН. Соответственно, в результате повышения влажности на 2 % происходит снижение силы экструзии, поскольку масса становится более пластичной. В данном случае сила экструзии уменьшается до 1–1,5 кН.

На **»6** показано влияние напряжения на силу экструзии при постоянной влажности и, соответственно, влияние влажности при постоянном напряжении в 20 вольт. Данные приведены по массе DZ 2, показавшей хорошие результаты при испытаниях. По остальным массам для производства кирпича можно видеть аналогичную картину (см. **»7**). При подаче напряжения происходит снижение силы экструзии, при повышении напряжения она еще более снижается. Это объясняется увеличением электроосмотического потока, вследствие которого интенсифицируется процесс образования водной пленки между глиной и мундштуком и, соответственно, уменьшается пристенное трение.



» 4 Распределение масс для производства кирпича по величине зерен



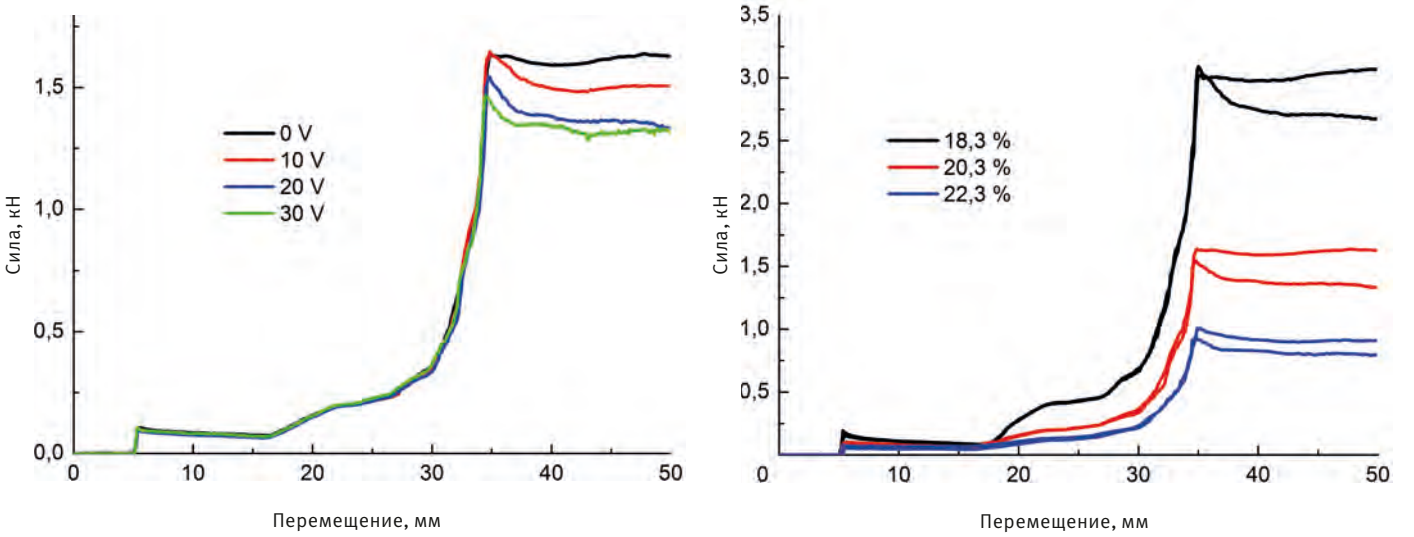
» 5 Электропроводность масс для производства кирпича

» Таблица 1 Минералогический анализ масс для производства кирпича

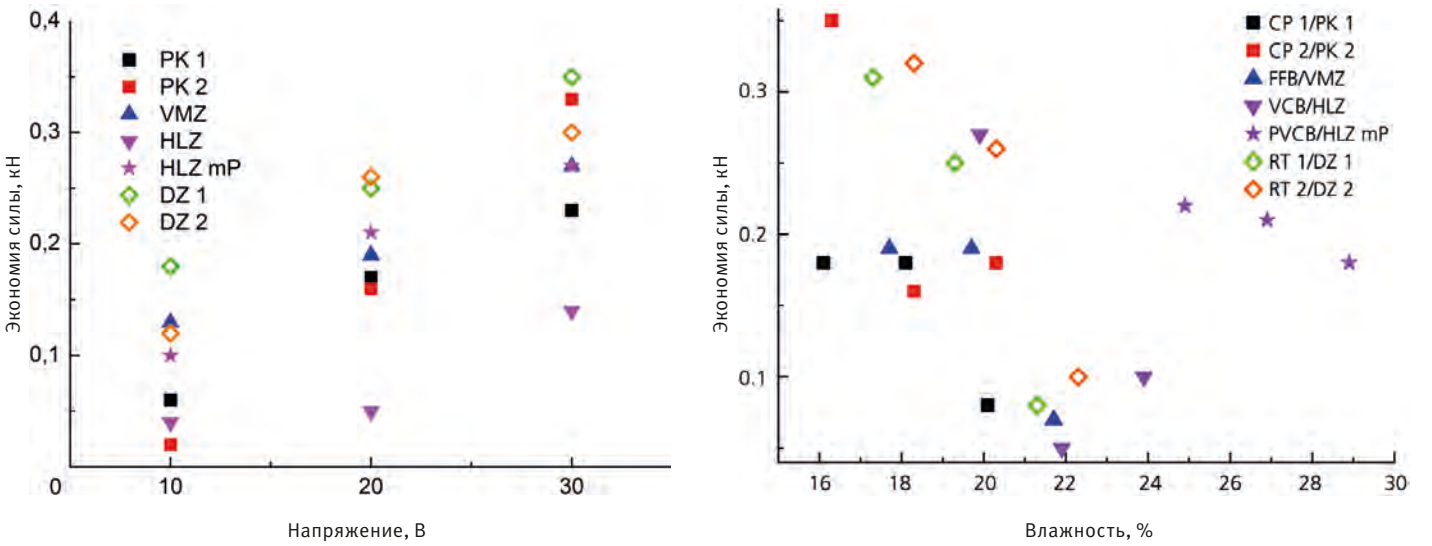
	PK 1	PK 2	VMZ	HLZ	DZ 1	DZ 2
	Массовая доля, в %					
Глинистые минералы	57–63	63	38–42	56	41–45	52
Тектосиликаты	37–39	34	41–43	22	54–58	42
Карбонаты	н.д.	1	3–5	21	н.д.	2
Гидроксиды	приб. 1	2	приб. 1	приб. 1	приб. 1	2
Сульфиды/сульфаты	< 1	н.д.	приб. 1	н.д.	н.д.	н.д.
Прочие:	н.д.	н.д.	11–13	н.д.	н.д.	н.д.

» Таблица 2 Содержание растворимых ионов в массах для производства кирпича, ммоль/100 г.

	PK 1	PK 2	VMZ	HLZ	HLZ mP	DZ 1	DZ 2
Ca^{2+}	1,05	0,96	1,60	1,36	1,28	0,46	1,37
Mg^{2+}	0,32	0,20	0,77	0,69	0,74	0,47	0,50
K^{+}	0,15	0,36	1,70	0,28	0,17	0,13	0,66
Na^{+}	0,23	0,29	0,52	0,23	0,35	0,26	0,23
Итого катионов	**1,75**	**1,81**	**4,59**	**2,55**	**2,55**	**1,32**	**2,75**
SO_4^{2-}	0,05	0,12	0,54	0,02	0,25	0,04	0,43
Cl^{-}	0,45	0,17	0,54	0,08	0,28	0,11	1,27
Итого анионов	**0,50**	**0,29**	**1,08**	**0,10**	**0,53**	**0,15**	**1,70**



» **6** Влияние напряжения (слева) и влажности (справа) на силу экструзии на примере массы DZ 2



» **7** Экономия силы по всем массам при увеличении напряжения / влажности

Абсолютная экономия энергии составляет, в зависимости от влажности и напряжения, от 0,05 до 0,35 кН, относительная – от 10 до 20 % (см. **»7**). Массы для производства кровельной черепицы, с их повышенной пластичностью, показывают несколько лучшие результаты по сравнению с менее пластичными массами для производства дорожного клинкера.

4.3 Проведение крупномасштабного эксперимента

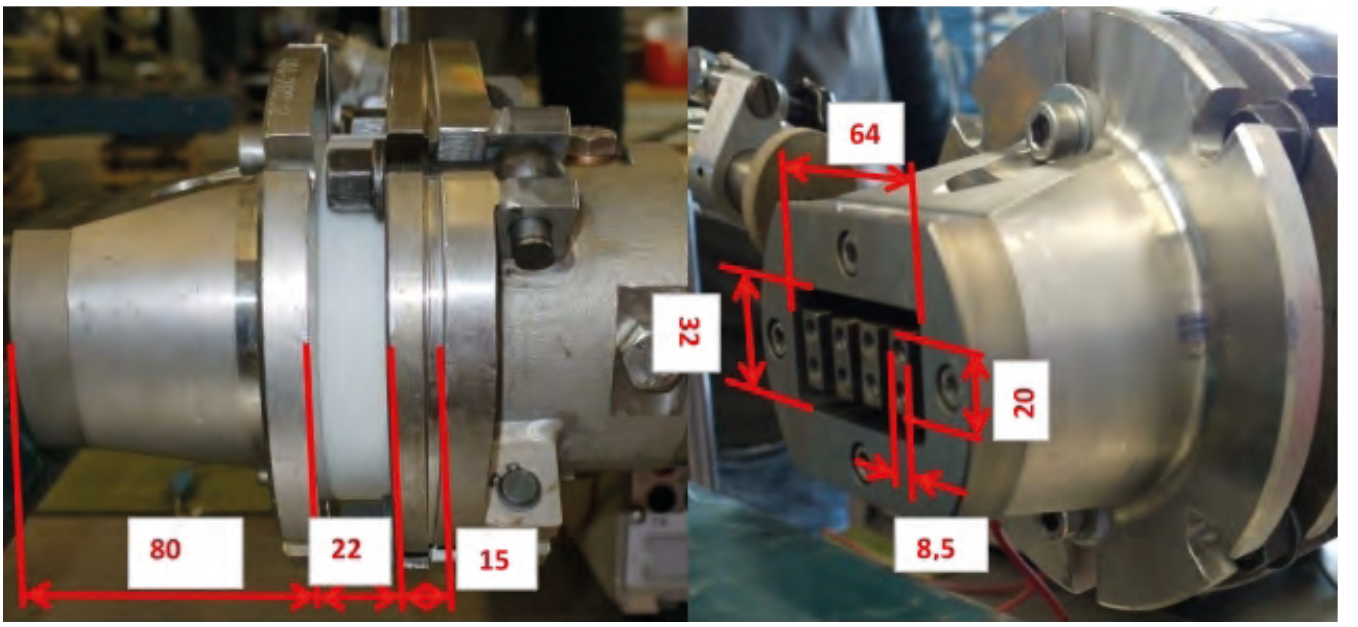
Для того чтобы выяснить, масштабируется ли рассматриваемый метод на прессы более крупных размеров, лабораторный червячный пресс был переоснащен соответствующим образом (см. **»8**). Анод находится в белом пластмассовом кольце, которое можно видеть на фотографии.

Во время испытания измерялся крутящий момент M (в Нм), радиальное давление prad (в барах), давление на подшипник pL (в барах) и пропускная способность Q (в см³/сек). Результаты испытания представлены на **»9**.

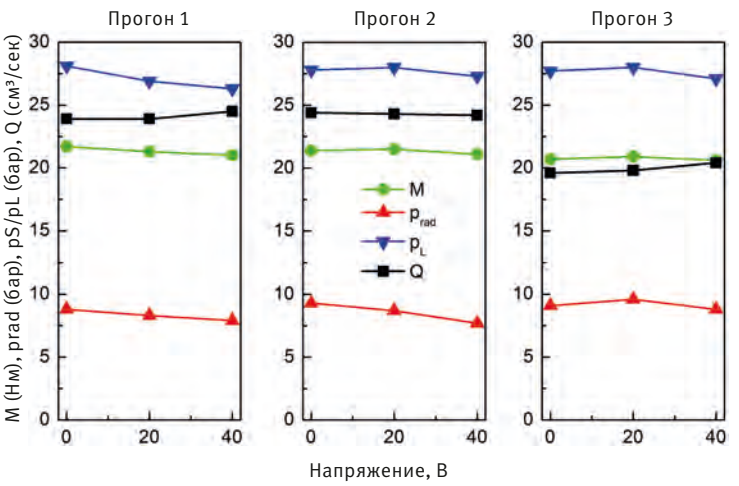
Во время проведения испытания пропускная способность по мере возможности удерживалась на постоянном уровне. При тестовых прогонах 1 и 2 она была постоянной, во время прогона 3 – пониженной. Как можно видеть на **»9**, при подаче напряжения не обнаруживается сколько-нибудь значимого эффекта, можно лишь выделить некую тенденцию. Причиной этого являются увеличенные размеры и, соответственно, большее расстояние между электродами. Вследствие этого, как показано на **»2**, возникает уменьшение силы тока и, как следствие, снижается эффект образования водной пленки. Тем не менее, конструктивные изменения (например, размещение второго анода на выходе мундштука) могут способствовать улучшению результатов в этом направлении.

4.4 Коррозия анода

Определенную проблему при данном методе представляет собой коррозия анода. Из-за высокого напряжения ее едва ли можно избежать. Поэтому здесь крайне важно использовать материалы с максимальной коррозионной стойкостью. Так, испытания показали, что высоколегированная нержавеющая сталь значительно более устойчива к воздействию коррозии по сравнению с нелегированной сталью. Хорошо показали себя и покрытия из борированного алмаза. Однако полученные результаты не позволяют сделать выводов о коррозии материалов в условиях промышленного пресса, поскольку особенности эксплуатации таких прессов (высокое давление, высокая температура, повышенный абразивный износ) невоспроизводимы в лабораторных условиях. Внести ясность здесь могут лишь натурные испытания. По общему правилу, коррозии анода способствуют высокое напряжение, высокая плотность тока и высокая электропроводность глин.



» **8** Размеры мундштука лабораторного червячного пресса, мм



» **9** Результаты испытаний на лабораторном червячном прессе

» **Таблица 3** Сокращение финансовых расходов от экономии энергии на сушку / электрической энергии

Снижение влажности, %	1
Дневная выработка (обжиг), тонн	600
Дневная выработка (сушка), тонн	714
Экономия воды, тонн/сутки	7,14
Экономия воды, тонн/год	2 606
Экономия энергии на сушку, кДж/кг	4 000
Энергия сэкономленного природного газа, 106 мДж	10,4
Теплотворная способность природного газа, мДж/м³	35
Стоимость природного газа, евро/м³	0,3
Экономия финансовых средств, евро	90 000
Потребляемая мощность, кВт/т	2
Пропускная способность, т/ч	50
Потребляемая мощность, кВт/сутки	2 000
Потребляемая мощность, кВт/год	600 000
Экономия энергии, %	15
Сэкономленная энергия, кВт/ч	90 000
Стоимость промышленной энергии, евро/кВт	0,1
Экономия финансовых средств, евро	9 000

4.5 Экономия энергии

В **»таблице 3** представлены цифры возможной экономии финансовых средств в случае масштабирования результатов лабораторных испытаний на промышленные прессы. Примеры расчетов ориентированы на крупную линию по производству многопустотного кирпича с дневной выработкой в 600 тонн обожженных изделий. Влажность массы при неизменной потребляемой мощности можно максимально сократить примерно на 1 %, что даст экономию порядка 90 000 евро в год. При неизменной влажности и исходя из того, что 15 %-ная экономия энергии в той же мере проявится на потребляемой мощности пресса, экономия финансовых средств составила бы 9 000 евро.

5 Выводы и перспективы

При помощи электроосмоса на поршневом лабораторном прессе удалось получить водную пленку, существенно снижающую пристенное трение. Если удастся масштабировать полученные результаты на крупногабаритные промышленные прессы, при благоприятных условиях можно снизить содержание влаги на примерно 1 %. Однако в случае с крупногабаритными прессами проблема состоит в том, что протекание тока, лежащее в основе электроосмотического эффекта, резко снижается при увеличении расстояния между электродами. Решить эту проблему конструктивными изменениями можно лишь в ограниченном объеме. Еще одной сложностью, требующей практического решения, является минимизация коррозии анода.

Institut für Ziegelforschung Essen e.V. (IZF)
www.izf.de

дипл. инж. Регина Фогт

Характеристики кирпича при шлифовке – данные лабораторий и практики

Доклад предоставляет обзор процесса шлифования кирпича и различных факторов, влияющих на него. Выбор подходящего шлифовального инструмента зависит от специфики тех или иных видов кирпича и на практике зачастую производится опытными специалистами интуитивно. Отсюда возникла идея провести систематическое лабораторное тестирование обрабатываемости обожженного сырья и исследовать взаимосвязь между сырьем, температурой обжига и процессом шлифования. Для этого фирмой Lingl была разработана методика проведения испытаний. С ее помощью дается количественная оценка обрабатываемости изготовленных в одинаковых условиях лабораторных проб вне зависимости от субъективного взгляда лица, проводящего испытание. В статье представлены первые результаты этого метода, они сопоставлены с данными практики.

1 Введение

Укладка кирпича без раствора и зазоров предъявляет высокие требования к характеристикам контактных поверхностей, поэтому для выравнивания имеющихся неровностей кирпичи ошлифовывают. Фирма Lingl вот уже более десятилетия разрабатывает методы и оборудование для шлифования кирпичей с самыми различными свойствами. Свою задача фирма видит в том, чтобы наряду с плоскостной параллельностью контактных поверхностей обеспечить максимальную производительность по заданным параметрам заготовки и ошлифовки. При этом требования к характеру ошлифованной поверхности устанавливаются заказчиком. При заданных параметрах необходимо минимировать инвестиционные затраты, расход энергии и износ инструмента в процессе шлифования [1].

Количество шлифовальных модулей и вид шлифовального оборудования зависят от производственной мощности, требований к съему при шлифовании (припуску на обработку кирпича) и к характеру ошлифованной поверхности, а также от самих свойств кирпича. В то же время производственная мощность и съем при шлифовании определяются процессом производства. Свойства кирпича, с одной стороны, зависят от исходного материального состава сырья. Кроме того, в процессе обжига на новообразование минералов влияют конкретные условия обжига, такие как температура, время и атмосфера. Также на кажущуюся плотность черепка и кирпича и возникновение расслоений оказывают влияние процесс формовки с давлением прессования, вакуумом и подачей материала, а также формат кирпича, ширина перегородок и пустотность. Эти переменные определяют такие вторичные свойства черепка, как прочность, упругость, вязкость, пористость, плотность и однородность, и могут влиять на процесс шлифования кирпича и появление сколов.

Механическая обработка является комплексным процессом с множеством факторов влияния. Выбор инструмента зависит от материала, подвергаемого шлифованию, при этом могут варьироваться геометрия инструмента, абразивный материал, а также связка. Выбор инструмента производится опытным тестировщиком интуитивно, в зависимости от обожженного кирпича, на основе множества переменных и с опорой на образец инструмента [2]. На практике поставщики инструмента, как правило, начинают с мягкой связки и высокого износа и посредством нескольких тестовых проходов нащупывают максимальную твердость и необходимые свойства инструмента. Совместно с производителем оборудования определяется максимально возможная скорость шлифования. Наряду с техническими характеристиками оборудования (например, потреблением тока), при каждом испытании оценивается характер ошлифованной поверхности, наличие сколов на кирпиче, а также состояние инструмента. Такое тестирование требует затрат времени и материала, а также соответствующего персонала и в настоящее время является безусловно необходимым на практике.

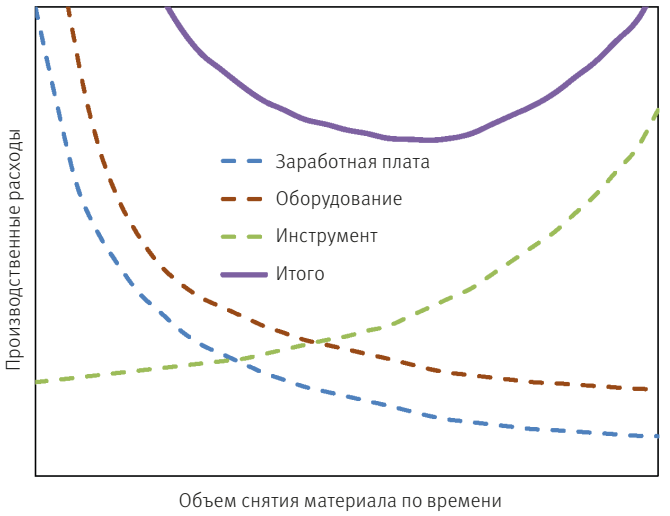
2 Основы механической обработки

На самом деле процесс, обозначаемый термином «шлифование кирпича», который используют в производстве изделий грубой керамики, согласно технической терминологии механической обработки процессом шлифования не является. Под словом «шлифование» понимается «механическая обработка посредством множества режущих граней неправильной формы, ... прочно закрепленных на инструменте, шлифовальном диске или ленте» [2].

«Шлифование» же кирпича терминологически корректно было бы называть торцевым фрезерованием. Поэтому используемые инструменты обозначаются термином «чашечная фреза». Фрезерование тоже производится посредством множества режущих граней неправильной формы, однако применительно к кирпичу используется для съема выступающего материала (в целях достижения точности размеров) и для выравнивания неровностей. В противоположность ему, шлифование главным образом служит для придания гладкости шероховатым поверхностям.

В этом докладе, однако, мы отказались от терминологически правильного обозначения и используем слово «шлифование» в его обиходном значении.

Механическая обработка представляет собой комплексный физико-химический процесс. Под воздействием сил резания инструмент и деталь сначала подвергаются механической нагрузке, возникают адгезионные и когезионные силы. Вследствие трения в отдельных местах возникают чрезвычайно высокие температуры. Поскольку свойства материала зависят от температуры, термическая нагрузка на шлифуемую поверхность вызывает локальное изменение свойств инструмента и детали. Кроме того, при механической обработке возникают стружки. Применительно к шлифованию кирпича речь идет об очень тонкой шлифовальной пыли, вызывающей износ инструмента и закупорку пор кирпича, каналов для отвода шлифовальной



» 1 Производственные расходы при различных объемах снятия материала по времени согласно [2]

пыли и зазоров между сегментам, вследствие чего опять-таки возникает повышенная температура.

2.1 Объем снятия материала по времени

Для оценки объема снимаемого при механической обработке материала рассчитывается так называемый объем снятия материала по времени в соответствии с уравнением (1). Он соответствует объему, снятому за единицу времени, т.е. изделию, скорости шлифования, а также высоте и глубине шлифования. Множитель в скобках соответствует объемной доле полнотелого кирпича (см. ниже: пустотность).

$$Q_w = a_e \cdot a_p \cdot v_f (1 - V_L/100) \quad (1)$$

где
Q_w – объем снятия материала по времени, мм³/с
a_e – высота шлифования, в мм
a_p – глубина шлифования (подача или съем), мм
v_f – скорость подачи, мм/с
V_L – пустотность, в объемных процентах

Посредством объема снятия материала по времени и производственных затрат (постоянных и переменных) можно оценить эффективность затрат на шлифование. Сюда же рассчитываются и добавляются расходы на заработную плату, оборудование и инструмент, возникающие при различных объемах снятия материала по времени. Так как они нелинейно коррелируют с объемом снятия материала по времени, имеет место некий минимальный уровень затрат, т.е. при этом значении установка эксплуатируется оптимально с точки зрения затрат (**»1**). При превышении или недостижении этого оптимума объем расходов увеличивается. При слишком малом объеме снятия материала по времени оказываются высокими расходы на заработную плату и на оборудование, а инструмент используется не оптимально. При слишком большом объеме снятия материала по времени снижаются расходы на заработную плату и на оборудование, т.е. рабочая сила и оборудование используются с большей эффективностью, однако вследствие повышенного износа расходы на инструмент непропорционально увеличиваются.

Высота шлифования ae и глубина шлифования ap, а также пустотность в уравнении (1) предопределяются размерами кирпича. Поэтому чтобы изменить объем снятия материала по времени для определенного изделия, можно лишь варьировать скорость подачи. Скорость подачи рассчитывается по уравнению (2).

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n \quad (2)$$

где
v_f – скорость подачи, мм/с
z – количество режущих кромок
f_z – подача на режущую кромку, мм
n – число оборотов, 1/с

Количество режущих кромок обусловливается выбором инструмента. Число оборотов является величиной, зависящей от станка и диаметра инструмента. Если оно слишком велико, на кирпиче могут возникать сколы либо инструмент будет изнашиваться слишком быстро. Если оно слишком мало, инструмент может затупиться. Скорость резания рассчитывается по уравнению (3) и зависит от диаметра инструмента и числа оборотов. При шлифовании кирпича максимальная скорость резания составляет 100 м/с.

$$v_s = \pi \cdot d \cdot n \quad (3)$$

где
v_s – скорость резания, м/с
d – диаметр инструмента, м
n – число оборотов, 1/с

Если инструмент (количество режущих кромок на единицу площади) уже выбран, скорость шлифования при постоянном числе оборотов зависит исключительно от подачи инструмента или детали. Скорость подачи инструмента зависит от следующих факторов:
› инструмента
› сырья и режима обжига
› формата кирпича

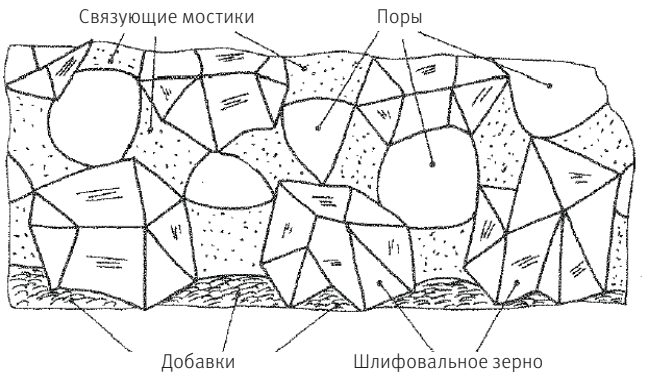
Сырье, режим обжига и формат кирпича относят к свойствам кирпича и задаются заказчиком либо особенностями производственного процесса, в то время как свойства инструмента устанавливаются поставщиком инструмента в зависимости от свойств кирпича. Ниже будут более подробно рассмотрены различные факторы, влияющие на объем снятия материала по времени.

2.2 Влияние инструмента

Шлифовальные инструменты различаются между собой по:
› абразивному материалу
› связке
› однородности абразивного материала в связке
› своей геометрии

Абразивный материал (шлифовальное зерно) образует режущие кромки для обработки детали (**»2**). В зависимости от сферы применения он изготавливается из различных материалов, например, Al_2O_3, корунда, карбида кремния, нитрида бора, карбида бора, алмазов и т.д., и всегда тверже связки. Как размер, так и форма зерна могут варьироваться и оказывают влияние на результат шлифования, так как для обработки материала необходимы постоянно острые грани. Поэтому самозатачивание инструмента в результате выкрашивания затупившихся резцов в шлифовальном зерне, как и связка, зависит от абразивного материала.

Связка, удерживающая шлифовальное зерно, может состоять из различных материалов, например, керамики, металлов и их сплавов, силикатов, шеллака, магнезита, уси-

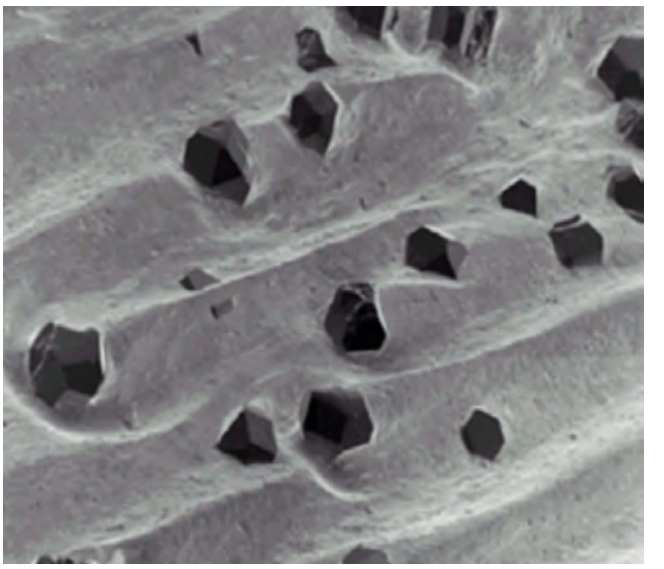


» **2** Структура инструмента со связкой, порами и шлифовальным зерном [2]

ленного волокном каучука и синтетических смол. Эти материалы могут быть различной твердости, от мягких до сверхтвердых. Твердость связки представляет собой сопротивляемость шлифовальных зерен их выкрашиванию из связки. Когезионные и адгезионные силы обусловливают внутреннюю прочность связки и ее сцепление со шлифовальным зерном. С одной стороны, связка прочно удерживает шлифовальное зерно на месте, с другой – высвобождает его, когда оно после неоднократных сколов больше не может образовывать острых граней. Поэтому связка всегда мягче шлифовального зерна. Кроме того, необходимо образование углублений перед режущими гранями посредством легкой абразии связки, для того чтобы предотвратить затупление инструмента и, как следствие, чрезмерное тепловыделение (**»3**). Последнее дополнительно обеспечивается у некоторых связок тем, что шлифовальное зерно встраивается в связку не полностью, а через связующие мостики (**»2**). При работе с высокоабразивными материалами защитить связку от слишком быстрого истирания может ее бронирование [2, 3].

Под однородностью понимается распределение шлифовального зерна и пор в связке. Так, количество шлифовальных зерен и их распределение в связке могут повлиять на результат шлифования. При слишком тесном расположении шлифовальные зерна увеличивают усилие при шлифовании и, как следствие, опасность возгорания. Шлифовальные зерна могут располагаться в связке как в упорядоченном, так и в неупорядоченном виде (**»4**). Получение упорядоченного распределения шлифовального зерна в связке связано с высокими требованиями к производственному процессу, методам структурного анализа, а также шлифовальным испытаниям. Образовавшаяся в результате структура имеет пространства для отвода шлифовальной пыли. В зависимости от объемной доли пор различают открытые либо закрытые структуры. Соответственно, в закрытой структуре шлифовальные зерна расположены ближе друг к другу, а в открытой структуре – дальше друг от друга. Размер и распределение пор также влияют на процесс шлифования. Локальные скопления связующих веществ повышают твердость и, как следствие, усилие при шлифовании. Отсутствие пор в области образования шлифовальной пыли приводит к ее скоплению и возгоранию [2, 3].

Геометрию инструмента также можно варьировать в целях достижения требуемого результата шлифования. При шлифовании кирпича, как правило, используются шлифовальные чашки. Они различаются между собой по диаметру (например, 750, 900, 1 100 мм), а также по форме и расположению сегментов (интервал, размер, форма, количество, угол наклона) (**»4**). Чем больше диаметр кольца, тем достигается большая параллельность плоскостей контакт-



» **3** Увеличенный вид поверхности шлифовального сегмента с алмазами, связующими мостиками и зазорами (источник: Saint Gobain)

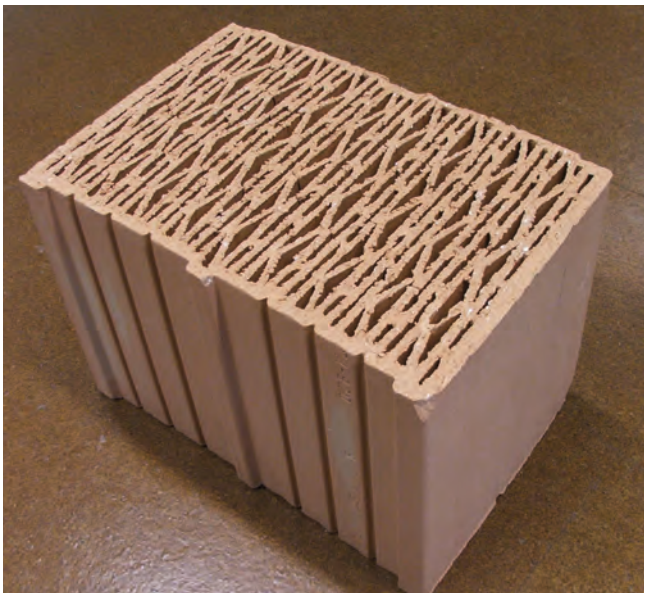
ных поверхностей, однако при этом возрастает риск дисбаланса шлифовального кольца. Форма сегментов и их расположение вследствие различного положения их рабочих поверхностей влияют на объем снимаемого материала, характер ошлифованной поверхности, а также на отвод шлифовальной пыли. Так что из-за дисбаланса, равно как и из-за неравномерного отвода кирпичной пыли, может возникнуть асимметричный износ сегментов. Неравномерный износ сегментов особенно сильно влияет на характер ошлифованной поверхности.

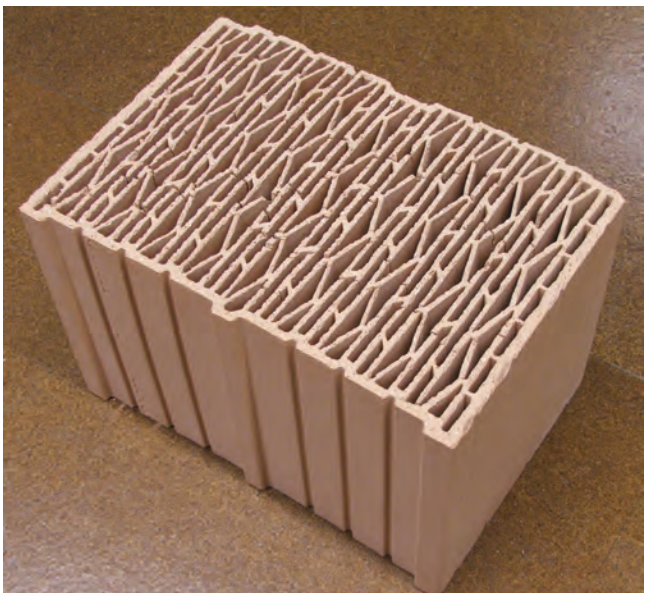
2.3 Влияние сырья и режима обжига

Материальный состав сырья для производства кирпичей, т.е. его минеральный состав (процентное содержание гли-

Источник: верхнее фото – [4], среднее и нижнее фото – фирма Ling!

» **4** Различные формы сегментов шлифовальных чашек





» 5 Кирпич пониженной плотности с высокой пустотностью и тонкими перегородками, слева – неошлифованный, справа – ошлифованный

нистых и неглинистых минералов) и зернистость, определяет такие важные для процесса шлифования свойства черепка, как прочность, твердость, вязкость (например, благодаря извести, смектиту, каолиниту, кварцу), кажущуюся плотность и пористость (например, благодаря выгораемым компонентам или извести), распределение и форма пор (например, благодаря пластинкам мусковита, полистиролу, опилкам, извести, глинистым минералам), а также абразивность (например, благодаря кварцу, шлаку, извести) [5–10].

Наряду с материальным составом, особенности спекания также зависят от режима обжига. Путем варьирования температуры, времени и атмосферы в печи изменяется размер пор, т.е. с повышением температуры поры малых размеров увеличиваются вплоть до оплавления материала. Скорость охлаждения также влияет на образующуюся структуру, например, посредством кристаллизации или отвердевания [5–10]. Так что случается, что кирпичи из одной и той же рабочей массы, но из верхних слоев печной вагонетки, шлифуются труднее, чем кирпичи из нижних слоев, поскольку в процессе обжига в печи они подвергаются воздействию различных температур.

2.4 Влияние формата кирпича

Высота шлифования ae соответствует ширине кирпича и удваивается при двухслойном шлифовании. Чем выше ее значение, тем больше материала снимается. Чтобы получить одинаковый объем снятия материала по времени Qw при заданной глубине шлифования ap, необходимо снизить скорость подачи v_s. Максимальная глубина шлифования ap задается подачей на станке и соответствует максимальному съему в расчете на инструмент. Она составляет максимум около 1,5 мм на шлифовальное кольцо. Неровности неошлифованной контактной поверхности кирпича (вогнутые или выпуклые), а также заусенцы и задиры, возникают из-за предшествующих этапов производства (например, формование или сушка), а также вследствие неоднородности материала (**»5**). Их изменение с течением времени редко регистрируется на работающем производстве. По этой причине фактическая глубина шлифования ap, или съем материала, постоянно меняется и не является точно установленной величиной.

Пустотность кирпича также влияет на объем снятия материала по времени. При отсутствии пустот шлифуется вся контактная поверхность. При увеличении пустотности объем снимаемого материала уменьшается (ср. уравнение (1)). Форма и объемная доля пустот также оказывают влияние на отвод шлифовальной пыли. Чем тоньше перемычки, тем выше доля краев и риск слома кромок и перегородок.

Чем сложнее форма кирпича, тем большее количество дефектов может возникнуть при формовке. Формовка оказывает влияние на прочность черепка и образование сколов. В процессе прессования в кирпиче возникают напряжения из-за мундштука и давления прессования или вакуума, особенно на выходе. В зависимости от состава сырья, движение червяка пресса приводит в образованию расслоений, что опять-таки может стать причиной возникновения структурных дефектов.

3 Постановка целей

Для снижения числа пробных шлифовок, а также для целенаправленного выбора инструмента и оборудования по их техническим характеристикам, необходимо было разработать метод измерений, который бы мог независимо от лица, проводящего испытание, предоставлять количественные данные измерений по обрабатываемости обожженных черепков.

Поэтому первоочередная цель заключалась в том, чтобы системно определить свойства обрабатываемости обожженной рабочей массы независимо от формата и формовки, и тем самым выяснить влияние сырья и температуры обжига на процесс шлифования. Кроме того, в настоящее время производится масштабный сбор данных от заказчиков по инструменту, формату, свойствам кирпича и фактическому объему снятия материала по времени. На основе сопоставления лабораторных и практических данных разрабатывается алгоритм выбора подходящего инструмента и спецификации необходимых шлифовальных модулей, который постоянно совершенствуется по мере поступления новых данных.

4 Лабораторные исследования

4.1 Проведение

Для определения обрабатываемости обожженных образцов кирпича в лаборатории фирмы Lingl было сконструировано сверлильное устройство. Из каждого вида сырья в одинаковых лабораторных условиях были экструдированы, высушены и обожжены в электронагревательной градиентной печи при заданной кривой температуры обжига

пять прямоугольных полнотелых образцов для испытаний. Температуры обжига этих пяти образцов находились в диапазоне от 850 до 950 °C, т.е. на том участке температур, на котором обычно обжигаются кирпичи для забутовки. Температуры обжига образцов фиксировались с помощью термоэлементов.

После этого в течение установленного отрезка времени и при постоянной подаче нагрузки на каждом образце последовательно были просверлены четыре отверстия. На каждом из образцов использовалось отдельное свежезаточенное сверло. Режущие кромки сверл после их использования затачивались в специальном устройстве под одним и тем же углом. В дополнение к сверлильному тесту на тех же самых образцах производилось шлифование вручную с помощью угловой шлифовальной машины.

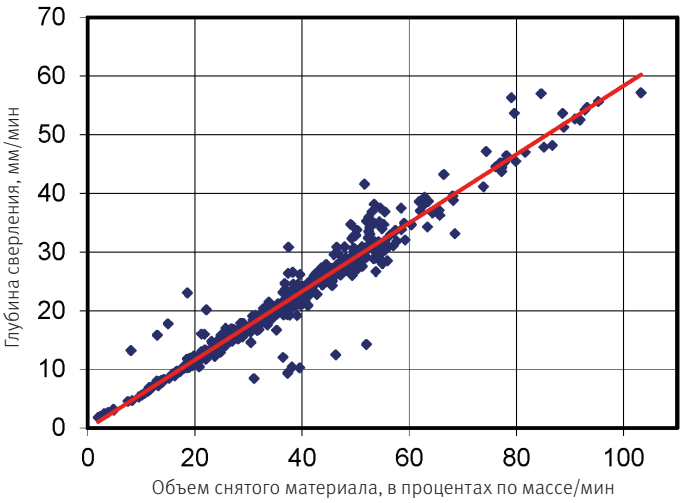
После сверления его глубина замерялась при помощи штангенциркуля, а объем снятого материала определялся методом гравиметрического анализа и соотносился со временем сверления. Кроме того, после шлифования вручную с помощью угловой шлифовальной машины производилась оценка количества и длины сколов, а также искрения.

Чтобы охватить максимально широкий спектр составов масс, наряду с рабочими массами и лабораторными смесями для производства кирпичей для забутовки исследовались также массы для изготовления облицовочного кирпича и кровельной черепицы. Кроме того, был определен минералогический, химический и гранулометрический состав сырья, а также открытая пористость, прочность на изгиб и кажущаяся плотность образцов для испытаний.

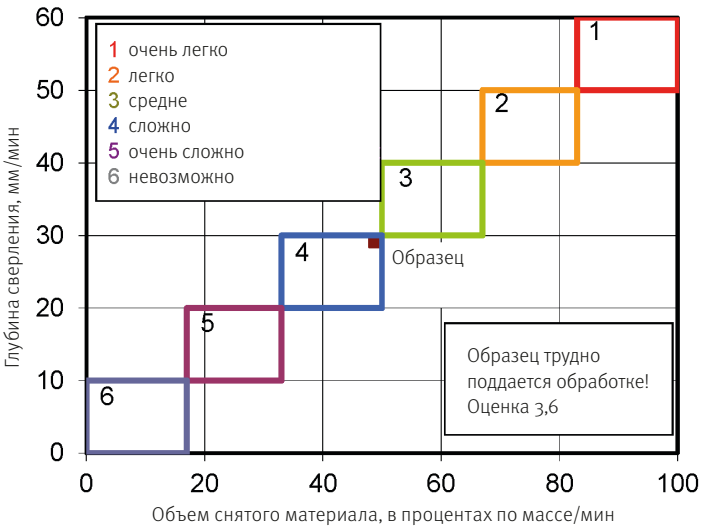
4.2 Результаты

Результаты глубины сверления и объема снятого материала по исследованным образцам сырья представлены на **»6** (на настоящий момент имеется 563 результата измерений). Оба измеряемых значения должны лежать на прямой, поскольку они были получены в рамках одного и того же сверлильного испытания. Примерно 1 % результатов измерений отклоняются от прямой. Они были подтверждены в начале испытаний при помощи другого сверла. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что большинство результатов измерений располагаются на срединном участке диаграммы, в то время как результаты с большим или малым объемом снятого материала или глубиной сверления встречаются реже. Причины этого будут рассмотрены ниже.

На основе представленных на **»6** результатов измерений была составлена оценочная таблица (см. **»таблицу 1**) и оценочная диаграмма (**»7**). С их помощью можно сравнить и оценить особенности процесса сверления обожженных рабочих масс без учета формата кирпича. Легко обрабатываемые материалы помечены цифрами 1 и 2. Эта группа представлена в основном массами для производства кирпичей для забутовки с высокой пористостью. Цифрами 3 и 4 помечены сложно обрабатываемые массы для производства кирпичей для забутовки. Эта группа включает в себя в основном непористые массы для производства кирпичей



» 6 Отдельные значения глубины сверления и снятого материала после сверлильного испытания на обожженных образцах



» 7 Оценочная диаграмма воздействия процесса сверления на обожженный черепок

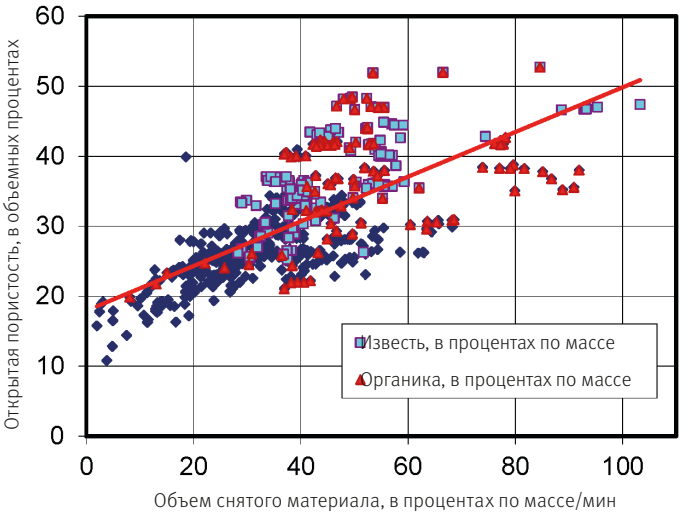
для забутовки, а также сырье с богатым содержанием извести. В группе материалов, помеченных цифрами 5 и 6, представлены преимущественно массы для производства облицовочного кирпича, клинкерного кирпича и кровельной черепицы.

На основе глубины сверления и объема снятого материала каждой исследуемой массе присваивается номер, под которым она представлена в оценочной диаграмме (**»7**).

Чтобы выяснить, в какой степени обрабатываемость материалов зависит от соответствующих свойств черепка, на следующем этапе результаты тестов сверления были сопоставлены с данными по открытой пористости, прочности и кажущейся плотности.

» Таблица 1 Данные для оценки воздействия процесса сверления на обожженный черепок

Оценка	Глубина сверления (мм/мин)	Объем снятого материала (% массы/мин)	Обрабатываемость	Изделия
1 балл 2 балла	›50 40..50	›83 67..83	легко	преимущественно у пористых масс для изготовления кирпича для забутовки
3 балла 4 балла	30..40 20..30	50..67 33..50	сложно средне	у масс для изготовления кирпича для забутовки у масс для изготовления облицовочного кирпича и кровельной черепицы
5 баллов 6 баллов	10..20 ‹10	17..33 ‹17	очень сложно	преимущественно у масс для изготовления облицовочного кирпича, клинкерного кирпича и кровельной черепицы



» **8** Объем снятого материала по результатам сверлильного испытания и открытая пористость

4.2.1 Влияние открытой пористости

На **»8** результаты измерений открытой пористости сопоставлены с данными по объему снятого материала по всем исследуемым массам. Большой разброс значений показывает, что сама по себе пористость черепка не может быть единственным фактором, влияющим на обрабатываемость. Следует отметить, что как пористость, так и прочность, наряду с режимом обжига, зависят от различных минералов и размера зерен. Они являются причиной различий в твердости, соединении зерен и наличии пустот и не находят отражения исключительно в значениях открытой пористости. Этот показатель также не отражает размера пор и их распределения.

Тем не менее, на основе представленных значений можно увидеть тенденцию, что с увеличением пористости обрабатываемость повышается. На примере компонентов с высоким содержанием извести и органики можно сделать вывод, что присутствующие в сырье минералы и органика тоже оказывают влияние как на пористость, так и на обрабатываемость.

Если в сырье присутствует известь, она разлагается при обжиге. При так называемой нейтрализации, начиная примерно с 800 °C, диоксид углерода улетучивается и образуются микропоры. Поэтому материалы с высоким содержанием извести обладают высокой пористостью. У таких материалов (с содержанием извести более 10 % по массе) результаты измерений находятся преимущественно над красной линией тренда, т.е. объем снятого материала с увеличением открытой пористости увеличивается менее сильно по сравнению с остальными материалами (голубые точки на **»8**).

Иначе обстоит дело при наличии в сырье органических компонентов (содержание органического углерода, или TOC (Total Organic Carbon), более 1 % по массе (**»8**, красные точки)). В результате выгорания органики (например, древесины или бумаги) также образуются поры. В этом случае отмечается тенденция увеличения объема снятого материала при повышении пористости. По приведенным результатам видно также, что некоторые точки накладываются друг на друга. Это вызвано тем, что в сырье присутствовала как известь, так и органические компоненты (например, в случае с содержащими известь отходами бумажного производства).

4.2.2 Влияние прочности на изгиб

Объем снятого материала и результаты измерений прочности на изгиб сопоставлены на **»9**. Здесь также имеется сильный разброс значений, вследствие чего снова была выделена в качестве примера группа материалов с высоким содержанием извести и органики. Материалы с высоким содержанием извести обладают средними значениями прочности, от 10 до 20 МПа, при этом значения объема снятого материала располагаются почти исключительно в средней части графика. Напротив, у сырья с высоким содержанием органики прочность снижается. При этом отмечается увеличение объема снятого материала, т.е. обрабатываемость материала возрастает.

4.2.3 Влияние кажущейся плотности черепка

На **»10** сопоставлены результаты измерений кажущейся плотности с объемом снятого материала. Очевидна тенденция, что с уменьшением кажущейся плотности объем снятого материала растет. Содержащие известь материалы обладают кажущейся плотностью от 1,5 до 1,9 г/см³ и даже при невысокой кажущейся плотности обрабатываются тяжелее, чем материалы с повышенным содержанием органики и той же кажущейся плотностью.

4.2.4 Влияние температуры обжига

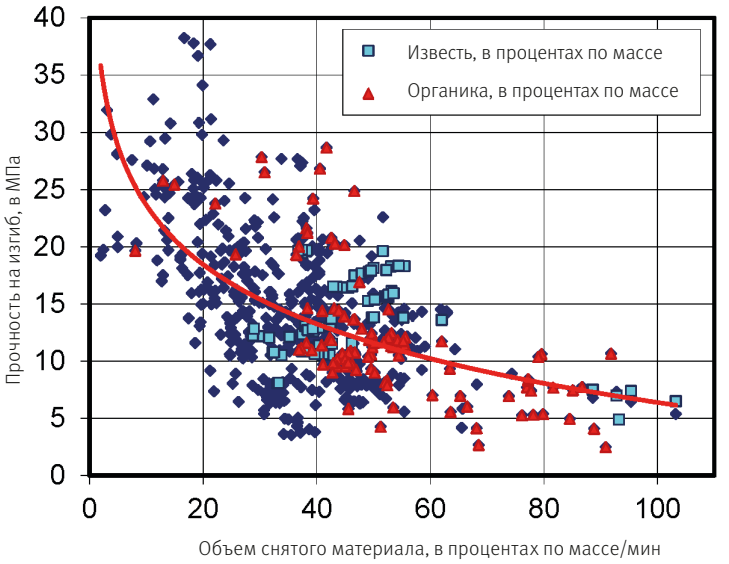
Результаты измерений глубины сверления при различных температурах в диапазоне от 850 до 950 °C представлены на **»11**. Пять соединенных между собой точек представляют собой один материал, т.е. по каждому материалу обжигалось пять образцов при пяти различных температурах. Каждая же отдельная точка представляет собой среднее значение по четырем отверстиям, просверленным в образце. На графике видно, что глубина сверления и, следовательно, обрабатываемость материалов на участке температур от 850 до 950 °C не зависит от температуры, хотя и было установлено, что с увеличением температуры значения прочности незначительно повышаются, а значения пористости несколько понижаются. Этот результат, однако, не применим к более высоким и более низким температурам, поскольку температура обжига за пределами исследованного диапазона сильнее влияет на свойства черепка, чем на представленном участке температур.

Из **»8**, **»9** и **»10** видно, что до настоящего времени было исследовано лишь относительно небольшое количество материалов с очень высокими или очень низкими значениями кажущейся плотности, прочности и пористости. Кроме того, материалы с высоким содержанием извести были представлены в большей степени, чем материалы с высоким содержанием органики. Этим объясняется концентрация результатов измерений на среднем участке на **»6**.

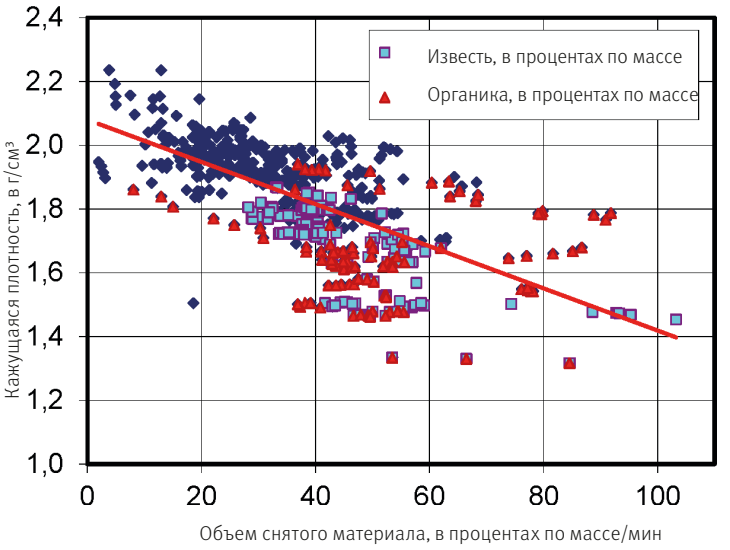
Из большого разброса значений на **»8**, **»9** и **»10** следует, что свойства сырья в значительно большей степени влияют на обрабатываемость, нежели два выбранных для исследования компонента – известь и органика. На основе имеющихся данных измерений и при помощи множественной регрессии можно идентифицировать влияние отдельных минералов, химических компонентов, а также классов крупности зерен на обрабатываемость, ср. [5]. При этом, однако, следует учитывать, что сырье для производства изделий грубой керамики состоит минимум из 10 и вплоть до 40 различных минералов, подразделяется на как минимум 7 классов крупности зерен и, как правило, в них определяют 8 химических компонентов и 9 примесей. Кроме того, постоянно имеют место взаимодействия минералов и компонентов между собой. Т.е. здесь (без учета взаимодействий) нужно из 25-64 факторов влияния выделить сначала существенные факторы, для того чтобы определить влияние основных компонентов. Однако имеющийся на настоящий момент объем данных недостаточен для этого, поэтому пока можно говорить лишь о тенденциях.

5 Оценка результатов лабораторных испытаний

Была установлена прямая связь между особенностями процессов сверления и шлифования алмазным шлифо-



» **9** Объем снятого материала по результатам сверлильного испытания и прочность на изгиб



» **10** Объем снятого материала по результатам сверлильного испытания и кажущаяся плотность черепка

вальным кругом. Образцы, труднообрабатываемые при шлифовке вручную, при сверлильном испытании показывали малый объем снимаемого материала. Подобная корреляция между данными двумя процессами была обнаружена и по легко обрабатываемым материалам. Поэтому сверлильное оборудование можно использовать для оценки обрабатываемости. Абразивность обожженного материала и забивка инструмента также могут быть оценены посредством абразивного испытания.

На основе технологических свойств керамики было установлено, что плотные и тонкозернистые материалы (с величиной зерен ‹ 2 мкм), а также материалы с высокой прочностью и малой пористостью, труднее поддаются обработке. Абразивное испытание показало, что материалы с более крупными порами обрабатываются легче материалов с очень мелкими порами. Температура обжига на участке от 850 до 950 °C при одном и том же режиме обжига не оказывает влияния на обрабатываемость.

На основе анализа минерального состава было установлено, что с увеличением доли органики в материале его обрабатываемость улучшается. Была отмечена тенденция, что глинистые минералы каолинитовой группы, рутил и свободный кварц незначительно ухудшают обрабатываемость. Карбонаты, железорудные минералы, слюдистые и трехслойные глинистые минералы никак не влияют на обрабатываемость.

Не удалось установить какой-либо значимой взаимосвязи между химическим составом материала и его особенностями при сверлении и шлифовании. В качестве тенденции можно было наблюдать, что с увеличением доли SiO_2 и TiO_2 в материале его обрабатываемость ухудшалась. Это подтверждается и данными анализа минерального состава.

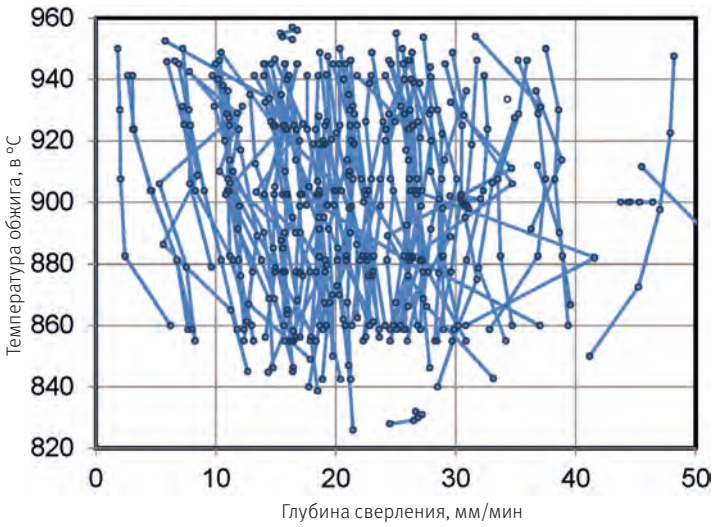
Возникновение сколов может быть вызвано несколькими причинами. С одной стороны, при абразивных испытаниях они были выявлены на грубых удлиненных порах, например пустотах вдоль расслоений, особенно когда площадь поперечного сечения пустот располагалась перпендикулярно к шлифовальному кругу. С другой стороны, их количество растет с увеличением хрупкости материала, когда материал не выдерживает возникающих при шлифовании термических и механических напряжений. Сюда же следует добавить выкрашивание на поверхностных трещинах как по линиям отрыва, причины чего, возможно, следует искать на этапе формовки или сушки и обжига.

Еще одной причиной сколов на практике является скорость шлифования. Здесь, в зависимости от количества и размеров зерен на инструменте и вида связки, при повышении скорости подачи увеличивается давление на входе в материал и растягивающая нагрузка на выходе из него. Поскольку кирпич является хрупким изделием и его прочность на разрыв составляет лишь от одной трети до одной десятой его прочности на сжатие, сколы чаще возникают на стороне натяжения, чем на стороне давления. Если сырье для производства кирпича трудно поддается обработке, а связка шлифовального материала слишком твердая, тогда затупившиеся алмазы не выкрашиваются и острые алмазы не появляются на поверхности, т.е. алмазы все более затупляются. Вследствие этого увеличивается растягивающая нагрузка на кирпич, приводящая к дополнительным сколам. То же самое происходит, когда сырье для производства кирпича оказывается недостаточно абразивным для того, чтобы снимать связку, либо когда инструмент забивается шлифовальной пылью.

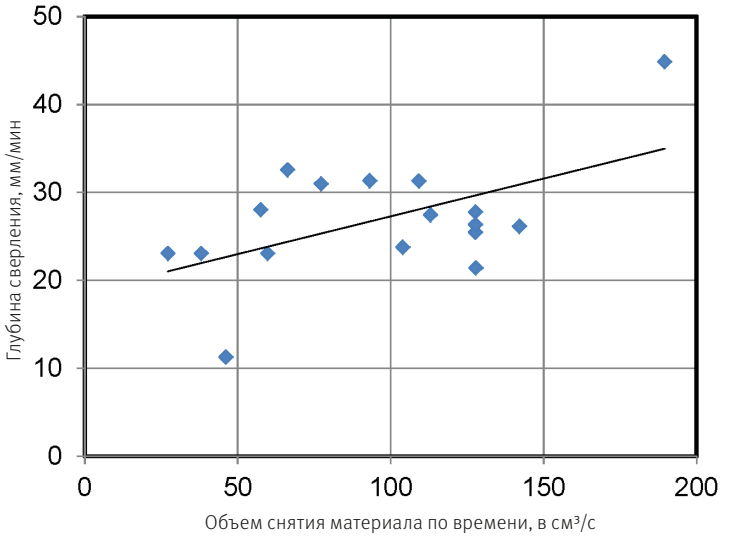
В ходе лабораторных исследований не было обнаружено взаимосвязи между материальным составом, прочностью, пористостью и плотностью, с одной стороны, и размерами сколов с другой. Вместе с тем, результаты абразивного испытания показали корреляцию с результатами шлифовальных испытаний на практике как в части сколов, так и по характеру ошлифованной поверхности. Однако в лабораторных исследованиях изучалась лишь взаимосвязь между материалом и сколами при прочих постоянных условиях. Вся совокупность факторов влияния, имеющих место на практике, таких как формовка, сушка, обжиг, скорость подачи, связка, а также количество и размер зерен на инструменте, может быть протестирована лишь в условиях практических испытаний на месте. При этом необходимо варьировать лишь по одному параметру на испытание, чтобы иметь возможность определить его влияние на результат шлифования. Кроме того, чтобы можно было сравнить между собой несколько различных материалов, необходимо обеспечить одинаковые условия проведения испытаний.

6 Сравнение результатов с первыми практическими данными и перспективы

На **»12** сопоставлены результаты сверлильного испытания и первые результаты практических испытаний отдельных материалов. Последние получены из шлифовальных испытаний, проводимых у различных заказчиков на кирпичах других заказчиков, с использованием уже работающих



» **11** Глубина сверления по результатам сверлильного испытания и температура обжига



» **12** Глубина сверления по результатам лабораторного испытания и объему снятия материала по времени по результатам практического шлифовального испытания

на производстве шлифовальных машин. При этом, однако, используемый инструмент был настроен в соответствии с задачами собственного производства, а не для тестирования кирпичей других заказчиков. В соответствии с уравнением (1), на основе значений глубины и высоты шлифования и скорости подачи был рассчитан объем снятия материала по времени, который вместе с соответствующим значением пустотности был соотнесен с фактически снятым материалом. Скорость подачи была установлена на 2 500 об/мин.

В то время как представленная на оси ординат глубина сверления отражает влияние материала при равных условиях, характеристики инструмента, т.е. тип связки, количество сегментов и алмазов, а также форма сегментов, не были учтены или оптимизированы под объем снятия материала по времени, рассчитанный на основе данных практических испытаний (**»12**). По этой причине разброс значений получился колоссальным. Показанная линия тренда хотя и говорит об увеличении глубины сверления при росте объема снятия материала по времени, однако если убрать левую нижнюю и правую верхнюю точки, никакой зависимости не наблюдалось бы.

Отсюда, равно как и из скудных на настоящий момент данных измерений из практики, следует, что пока надежных практических данных недостаточно. Поэтому следующей целью является сбор клиентских данных, который бы охватывал информацию по инструменту, формату кирпича, фактическому объему снятия материала по времени, а также оценку абразивности материала. Данные из практики будут сравниваться с результатами лабораторных исследований, чтобы совместно с поставщиком инструмента можно было выработать алгоритм выбора подходящего инструмента и необходимых шлифовальных модулей. Этот алгоритм будет постоянно совершенствоваться на основе новых данных из практики и лабораторных исследований. Кроме того, в рамках будущего исследовательского проекта представляется целесообразным исследовать воздействие процесса шлифования на материал во взаимосвязи с минеральным составом и распределением пор по размерам после обжига.

Рассмотренные в данной статье факторы влияния процесса шлифования на материал на практике предъявляют высокие требования к шлифовальному оборудованию в части его гибкости. Фирма Lingl, благодаря модульному исполнению ее шлифовальных машин, способна удовлетворить индивидуальные требования заказчика. Посредством соответствующего количества шлифовальных модулей и варьирования различных характеристик инструмента можно достичь требуемых показателей объема снимаемого материала и желаемого качества ошлифованной поверхности при минимальных затратах и занимаемой площади.

Литература

[1] Appel, F.: Planschleiftechnik mit Perspektive. CFI Berichte der DKG 88 (2011) No. 5, S. D17 – D19

[2] Pauksch, E.; et al.: Zerspantechnik. Prozesse, Werkzeuge, Technologien. 12. Auflage, Vieweg + Teubner Verlag Wiesbaden, (2008).

[3] Stabenow, R.: Die Schleifscheibe: ein Werkzeug mit großem Potential. Keramische Zeitschrift 01/2013, S. 45–47

[4] Saint Gobain, Nimbus Diamond Products: Prospekt Bricks & Blocks Grinding, S. 40

[5] Vogt, S.; Vogt, R.: Zusammenhang zwischen Mineralbestand und fertigungstechnischen Eigenschaften von natürlichen Tonvorkommen und daraus hergestellten Massen für die Grobkeramik – Teil 2: Fertigungstechnische Eigenschaften, Verwertbarkeitseinschätzungen sowie Masseoptimierungen. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 2004, Bauverlag GmbH Gütersloh, S. 78–103

[6] Telle, R.: Brand: Buchkapitel in: Salmang, H.; Scholze, H.: Keramik. 7. vollständig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Hrsg. Telle, R. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007

[7] Jasmund, K.; Lagaly, G.: Tonminerale und Tone – Struktur, Eigenschaften, Anwendung und Einsatz in Industrie und Umwelt. Darmstadt: Steinkopff Verlag, 1993

[8] Schmidt, E.: Die physikalischen und chemischen Veränderungen beim Ziegelbrand. Institut für Ziegelforschung Essen e.V., 1968

[9] Fischer, P.: Die Bildung des grobkeramischen Scherbens beim Brennen – 2. Teil: Ausbildung des Scherbengefüges. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1987/1988, S. 96–108

[10] Schmidt, H.: Chemische und physikalische Reaktionen in grobkeramischen Scherben beim Brennen. Teil 2. Ziegelindustrie International 08/1981, S. 431–442 Hans Lingl Anlagenbau GmbH & Co. KG

Hans Lingl Anlagenbau GmbH & Co. KG
Büro Weimar
www.lingl.com

Винцент Штемпфер, Кристоф Аубертот

Газификация: эффективный источник энергии для кирпичной промышленности?

До сих пор газификация не рассматривалась как достаточно эффективный источник энергии для кирпичной промышленности. В статье представлены основные принципы технологии газификации и возможности, которые открывает для кирпичной промышленности новая система, разработанная в сотрудничестве с фирмой Direxa Engineering.

Фото: Direxa

» **1** Газификатор Enerjetik

1 Введение

Высокое потребление энергии в кирпичной промышленности и рост затрат на энергию являются основными причинами поиска новых подходящих альтернативных источников энергии. Не прекращается изучение новых и пересмотр уже известных способов освоения источников возобновляемой энергии. Они становятся все более привлекательными для предприятий как с экономической, так и с технической точки зрения.

Технология газификации используется для получения энергии уже более 200 лет. Этот способ был разработан в XIX веке для получения городского газа, который использовался для освещения, отопления и приготовления пищи. В то время в качестве топлива использовался преимущественно уголь. Во время обеих мировых войн технология газификации была усовершенствована для использования в автомобилях. С середины 1920-х годов технология газификации использовалась в основном для производства синтетических химических веществ.

Технология газификации испытывалась и применялась в кирпичной промышленности с различным успехом. В некоторых странах с ограниченными запасами природного газа, таких как Китай, технология используется более широко. Однако в областях, в которых имеется природный газ или иные надежные источники энергии, технология газификации не рассматривается как эффективная для керамической промышленности. Большинство систем газификации рассчитано на использование одного определенного вида исходного топлива. Это ограничивает использование технологии в промышленности, в которой в качестве источника энергии требуется использовать различные отходы. Новые разработки в области технологии газификации позволяют изменить ситуацию.

2 Принцип газификации, исходное топливо и реакции

Основной принцип газификации заключается в превращении материалов с большим содержанием углерода в газообразный продукт с требуемой калорийностью. Процесс

газификации описывается следующими основными химическими реакциями:

$$C + H_2CO \rightarrow C + H_2 \quad (1)$$

Смесь водорода и оксида углерода называется синтез-газ. Он может подаваться в двигатель внутреннего сгорания, использоваться для образования сложных органических соединений или сжигаться подобно природному газу в керамической промышленности.

Для производства синтез-газа могут использоваться самые различные виды исходного топлива. Газификатор обычно рассчитан на определенное исходное топливо и его свойства (форма, плотность, содержание влаги, химический состав и зольность). Для газификации в крупных установках в химической промышленности или, как в Китае – в керамической промышленности часто используется уголь. Поскольку для процесса газификации используются материалы с высоким содержанием углерода, то также возможно использование ряда веществ биомассы или отходов, например, бытовых отходов, вторичного топлива из отходов или отходов промышленности и сельского хозяйства (пожнивные остатки, старые покрышки и пр.). Газификация – сложный многоступенчатый процесс, в котором на конечный результат напрямую влияют многие параметры (состав газа и побочные продукты).

Как правило, сначала исходное топливо сушится при температуре до 150 °C. В результате получается высушенное исходное топливо и пар, который иногда используется для последующих этапов технологического процесса. В других случаях пар, полученный на этой стадии, не используется и сбрасывается в атмосферу. Высушенное исходное топливо поступает на следующий этап процесса, пиролиз, который происходит при температуре 200–500 °C. Высушенный материал постепенно нагревается в бескислородной атмосфере, при этом происходит отделение летучих компонентов и образование однородного чистого угля. На этом этапе подается определенное количество кислорода и воды, чтобы начать частичное сжигание углерода, содержащегося в летучих компонентах и в угле (образование CO и CO_2), и запустить процессы собственно газификации. Целевыми продуктами являются водород, оксид углерода и метан (H_2 + CO + CH_4). Реакции процесса газификации можно описать следующим образом:

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2,\ 4CO + 2H_2O \leftrightarrow 3\,CO_2 + CH_4,\ 2C + O_2 \rightarrow 2CO,$$
$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2,\ CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2 \quad (2)$$

Все указанные реакции основаны на сочетаниях углерода, водорода и кислорода.

Перечисленные органические вещества очень реакционноспособны между собой. Так как эти компоненты образуются при строго определенных условиях реакции и реагируют друг с другом, то даже незначительные изменения условий реакции, такие как отклонения температуры или давления, сильно влияют на результат процессов газификации. При этом вследствие неконтролируемых реакций, таких как реакции риформинга, дистилляции и гидратации могут возникнуть нежелательные соединения. Наименее желательными, но наиболее часто встречающимися органическими соединениями в системах газификации являются соединения формальдегида, бензола и различных смол, что является самым большим недостатком существующей технологии. Смолы, если не поддерживать их высокую температуру, конденсируются. Поэтому в большинстве систем газификации производится горячий синтез-газ, который невозможно сжать и/или хранить. Это препятствует его широкому использованию в керамической промышленности, в которой потребность в энергии изменяется в зависимости от выбранного режима работы печи. По этой причине на большинстве керамических заводов, работающих с газификатором, используется горячий синтез-газ. Возможности операторов по управлению подачей синтез-газа в печь сильно ограничены.

» **2** Различные виды исходного топлива для газификатора Enerjetik (бытовые отходы, покрышки, вторичное топливо)

3 Технологии газификации

В настоящее время существует пять основных видов технологий газификации, каждый из которых разработан для определенного исходного топлива и определенных эксплуатационных требований.

3.1 Противоточный газификатор с неподвижным слоем

Самым простым типом газификатора является противоточный газификатор с неподвижным слоем, в котором исходное топливо подается в реактор сверху, а воздух снизу. Зола побочного продукта собирается на дне, а синтез-газ в верхней части реактора. Идет непрерывный процесс, при котором исходное топливо постепенно подается сверху вниз и происходят различные стадии газификации (сушка, пиролиз, газификация и окисление). Поскольку синтез-газ и исходное топливо движутся в противоположных направлениях, внешнее тепло для сушки и пиролиза исходного топлива не требуются. Конструкция очень проста, однако вследствие большой реакционной поверхности на всех стадиях процесса точный контроль температуры и давления невозможен, что приводит к образованию большого количества смолы и высокой температуре синтез-газа, который имеет невысокое качество.

3.2 Прямоточный газификатор с неподвижным слоем

Прямоточный газификатор с неподвижным слоем представляет собой вариант описанной выше конструкции. Ис-

ходное топливо подается в реактор газификации сверху. Для сушки и пиролиза используется внешний источник энергии. Воздух, подаваемый в реактор на стадии газификации, увлекает синтез-газ, скапливающийся на дне реактора с золой побочных продуктов, вверх. Этот тип газификатора производит меньше смолы, однако синтез-газ имеет более высокую температуру.

3.3 Реактор с псевдоожиженным слоем

Третьим типом газификатора является реактор с псевдоожиженным слоем. Для данной технологии требуется исходное топливо с высокой реакционной способностью, которое ожижается в реакторе газификатора паром и кислородом. Твердые вещества движутся вниз, а газы поднимаются вверх и используются для ожижения материала. Данная технология используется преимущественно для видов исходного топлива, образующих агрессивные золы. Эффективность преобразования энергии при данной технологии невысока.

3.4 Прямоточная технология с использованием очень мелких частиц исходного топлива

Четвертая технология газификации представляет собой вариант прямоточной технологии, при котором используются очень мелкие частицы исходного топлива. В так называемом газогенераторе с газификацией в потоке происходит сушка исходного топлива и его измельчение в порошок. Исходное топливо вместе с кислородом подается в верхнюю часть реактора газификации. Образуется густое облако, которое подвергается воздействию высокой температуры и давления. Полученный синтез-газ отбирается из нижней части реактора вместе с мелкой летучей золой или шлаком, в зависимости от используемого исходного топлива. Данная технология обычно используется для мелкого угля и видов топлива, образующих как побочный продукт агрессивные шлаки.

3.5 Плазменный газификатор

Плазменный газификатор рассчитан на использование различных видов исходного топлива. Плазменная горелка создает высокотемпературную дугу на участке реактора, на котором исходное топливо смешивается с кислородом. Синтез-газ выходит из верхней части газификатора, а побочный продукт, стекло или шлак – из нижней. Эффективность преобразования энергии выше, чем при использовании других технологий.

4 В чем заключается выгода технологии газификации для керамической промышленности?

Керамическая промышленность является энергоемкой промышленностью. Печи, необходимые для керамической промышленности, могут использовать различные виды топлива. Поскольку сжигание синтез-газа не вызывает сложностей, керамические печи легко представить себе в качестве области применения технологии газификации. Сегодня производители различных отходов оплачивают соответствующие сборы на их утилизацию. Размер сборов различается в зависимости от страны и вида отходов. Для керамической промышленности существует важный экономический стимул рассмотреть возможность применения технологии газификации, основанной на концепции «Энергия из отходов».

В ›таблице 1 показана возможная экономия и доход при использовании технологии газификации на кирпичном заводе.

Цифры, приведенные в ›таблице 1, наглядно показывают выгодность технологии газификации в керамической промышленности. Однако традиционные технологии газификации имеют слишком много недостатков для того, чтобы быть привлекательными:

- Синтез-газ должен иметь высокую температуру, чтобы избежать образования смолы, поэтому требуется специальная изоляция и контрольные устройства, которые сложно найти для данных условий эксплуатации;
- Синтез-газ должен использоваться в том виде, в котором он получен, отсутствует возможность его сжатия или хранения для компенсации пиковых нагрузок;
- Синтез-газ производится при низком давлении и имеет невысокую теплоту сгорания, поэтому требуется использование трубопроводов большого диаметра и контрольных устройств, которые сложно или вообще невозможно найти для подобных условий эксплуатации;
- Традиционные системы газификации рассчитаны на определенные виды исходного топлива, что ограничивает выбор поставщиков и может привести к дополнительным затратам для конечного потребителя
- Система газификации, которая смогла бы свести до минимума все перечисленные недостатки, стала бы настоящей находкой для промышленности. Получаемый с ее помощью синтез-газ должен иметь следующие свойства:
- Низкая температура и высокое давление;
- Высокая теплота сгорания и степень чистоты (отсутствие смолы)
- Получение из различных видов исходного топлива на одном и том же оборудовании

» **3** Зола, получаемая в газификаторе Enerjetik – связанный углерод

5 Существует ли подобная система газификации?

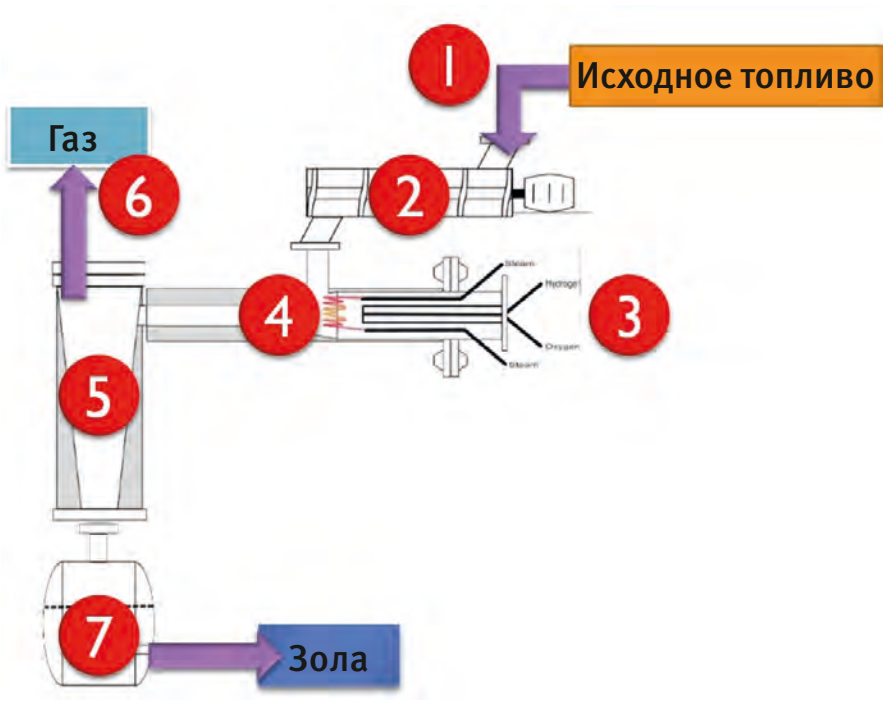
Фирма Enerjetik из Денвера, США, работающая в нефтегазовой промышленности, занимается разработкой нового способа газификации уже несколько лет. Она доказала правильность концепции и построила первую промышленную установку для производства этанола. Фирма Direxa Engineering последние 18 месяцев сотрудничала с фирмой Enerjetik и недавно разработала усовершенствованный метод для производства синтез-газа. Размеры системы в 10 раз меньше размеров газификатора первого поколения, рассчитанного на такую же производительность (одинаковое количество подаваемого исходного топлива и получаемого синтез-газа). Пилотная линия уже построена, технология готова для промышленного использования (›1).

Газификатор Enerjetik обладает рядом преимуществ по сравнению с описанными выше системами газификации:

» **Таблица 1** Возможная экономия и доход при использовании технологии газификации на кирпичном заводе

Производительность кирпичного завода: 75 млн. шт. в год Масса кирпича: 3,85 фунта (1,75 кг) Суммарное потребление энергии: 800 БТЕ/фунт (1861 кДж/кг) (общая потребность для сушки и обжига)	
Использование природного газа для печи и сушилки	**Использование синтез-газа для печи и сушилки**
Природный газ с принятой теплотой сгорания 38 МДж/м³	Исходное топливо с принятой теплотой сгорания 13,9 МДж/м³ Эффективность преобразования энергии при газификации составляет 75 %
Случай 1	
Принятая цена природного газа: 2,96 евро за 1,05 млн. кДж	Сбор на утилизацию отходов для исходного топлива, уплачиваемый производителем отходов заводу: 36,3 евро/т
При использовании природного газа ежегодные затраты составляют 684 000 евро	Технология газификации приносит ежегодный доход 477 778 евро
Случай 2	
Природный газ с принятой ценой 10,37 евро за 1,05 млн. кДж	Сбор на утилизацию отходов для исходного топлива, уплачиваемый производителем отходов заводу: 74,07 евро/т
При использовании природного газа ежегодные затраты составляют 2 393 000 евро	Технология газификации приносит ежегодный доход 970 000 евро

(При расчете 1 евро = 1,35 долл. США)



1. Исходное топливо, имеющее необходимый размер частиц и соответствующую влажность, подается в систему
2. Пиролизная камера
3. Горелка для использования топлива (синтез-газ) и пара с небольшим количеством O_2 (или воздуха)
4. Мгновенный риформер: производит чистый синтез-газ с высокой теплотворной способностью и золу
5. Разделение золы и синтез-газа происходит в циклоне
6. Синтез-газ находится в верхней части циклона под высоким давлением
7. Зола оседает в циклоне, выгружается и направляется на вторичную переработку

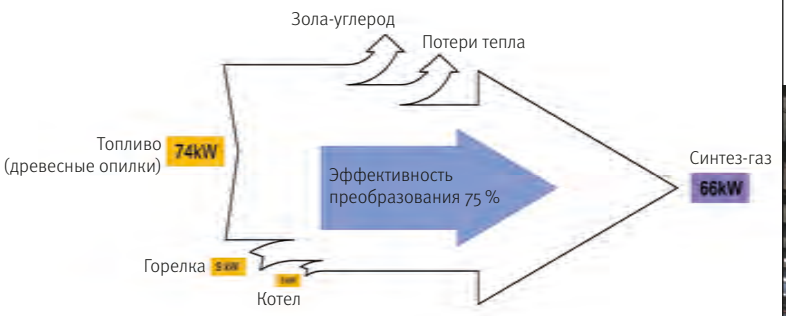
» **4** Принцип работы газификатора Enerjetik

» **Таблица 2** Состав синтез-газа, полученного с помощью газификатора нового поколения фирмы Enerjetik

Компонент	Исходное топливо = измельченные покрышки	Исходное топливо = древесная щепа
Водород [%]	42	42
Оксид углерода [%]	25	26
Метан [%]	16,5	6,5
Двуокись углерода [%]	11	19,7
Этилен [%]	4	1,9
Азот [%]	1,5	1,5
Теплотворная способность синтез-газа [БТЕ/ст. куб. фут] [МДж/кг]	445 16,6	380 14,2

Полное управление процессом:

- Равномерность температуры реакции и давления, что эквивалентно неизменному и известному составу синтез-газа;
- Отсутствие смолы;
- Очень эффективный риформинг, позволяющий снизить потребность в O2, в результате чего содержание CO2 в синтез-газе не превышает 20 %;
- Вся система работает под давлением (до 50 фунтов на кв. дюйм)
- Полный контроль реакции водяного газа в циклоне, в результате которой происходит охлаждение синтез-газа и золы;
- Небольшая теплоемкость (запуск из холодного состояния за 3 часа);
- Очень малое количество подвижных частей;
- Может работать со всем видами исходного топлива (старые покрышки, легкие фракции шредера, древесная щепа, бытовые отходы, вторичное топливо из отходов, биомассы и др.);



» **5** Энергетический баланс газификатора Enerjetik

› Зола содержит связанный углерод, который можно вносить в кирпичную массу в качестве добавки, что эквивалентно отсутствию отходов;

Главный принцип работы газификатора Enerjetik состоит в разделении реакций, происходящих во время процесса газификации. Это показано на »4. В »таблице 2 показан состав синтез-газа, полученного с помощью газификатора нового поколения компании Enerjetik.

За прошедшие шесть месяцев было произведено несколько рабочих испытаний в непрерывном режиме продолжительностью по 72 часа каждое, при которых использовались различные виды исходного топлива. Результаты чрезвычайно положительные. На »5 показан средний энергетический баланс при рабочих испытаниях.

6 Заключение

Технология газификации топлива из отходов представляет интерес для керамической промышленности по двум причинам:

› С экономической точки зрения технология газификации является для керамического завода источником дохода, поскольку избавляет от огромных затрат на энергию;

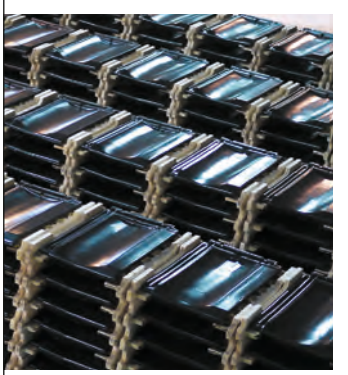
› С экологической точки зрения керамическая промышленность, используя отходы для получения необходимой ей энергии, получает возможность изготавливать свою продукцию без ущерба для окружающей среды.

Газификатор Enerjetik представляет собой испытанную концепцию, которая сводит до минимума все недостатки прежних технологий газификации. Данная система, позволяющая использовать различные виды исходного топлива, отличается высокой эффективностью преобразования энергии и производит чистый синтез-газ с низкой температурой, высоким давлением и высокой теплотворной способностью.

Direxa Engineering LLC
www.direxa.com

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

д. т. н. Штефан Фогт

Различия технологических свойств трех основных глинистых минералов – каолинита, иллита и монтмориллонита. Часть 2

Вследствие различий в кристаллической структуре основные глинистые минералы каолинит, иллит и монтмориллонит имеют разные физические и технологические свойства. Кроме того, в результате различных условий образования и нарушений залегания основных глинистых минералов часто встречаются две или три их разновидности, которые отличаются размером зерна и химическим составом. В статье представлены результаты статических анализов большого количества исходных материалов и масс для изготовления кирпича, которые наглядно и с цифрами демонстрируют различия в свойствах формования, сушки и обжига разных глинистых минералов.

4 Характеристики формования

До сегодняшнего дня не существует единого лабораторного метода измерения пластичности, так как это обобщенное понятие включает в себя многие сложные свойства, такие как вязкость, сопротивление податливости или деформации, способность к набуханию, связывающая способность и потребность в воде для затворения. Тем не менее, во всех процессах основной характеристикой является содержание воды, необходимое для достижения определенных пластических свойств.

В немецкоговорящих странах в керамических лабораториях часто используется определение потребности в воде для затворения по Пфефферкорну с коэффициентом деформации 2. Потребность в воде для затворения рассчитывается по деформации контрольного цилиндра диаметром 33 мм и высотой 40 мм. На цилиндр с высоты 18,6 см падает пластина массой 1192 г. Вследствие сильной нелинейной зависимости значения Пфефферкорна от содержания воды проще всего изменять содержание воды для затворения до тех пор, пока в ходе испытаний на деформацию не будет достигнут коэффициент деформации 2 [11]. В промышленных условиях, когда преобладает стренговое формование, как правило осуществляемое с использованием вакуумного экструдера, коэффициент деформации часто не превышает 1,6, масса более жесткая и прессуется с большим уплотнением. Поэтому потребность в воде для затворения в промышленной практике существенно отличается от значения коэффициента деформации 2, полученного с помощью аппарата Пфефферкорна (**»таблица 2**).

Помимо определения содержания воды для затворения по Пфефферкорну в почвоведении используется определение водопоглотительной способности по Энслину [12]. При этом методе определенное количество высушенной глины помещается в стекловаренный горшок с пористым дном. Через измерительную пипетку, расположенную горизонтально на одном уровне с фильтрующей пластиной, в стекловаренный горшок подается определенное количество дистиллированной воды до достижения постоянного веса. Значение Энслина характеризует сродство глинистых минералов к воде.

Информацию об интервале пластичности дают значения по Аттенбергу. Различают нижнюю границу пластичности, которая показывает содержание влаги при переходе из твердого в пластичное состояние, и верхнюю границу пластичности, которая показывает переход из пластичного в текучее состояние. Разница двух значений содержания влаги называется числом пластичности. В практической полевой работе в почвоведении нижняя граница определяется путем постепенного добавления воды в массу до тех пор, пока масса не перестанет крошиться при прокатывании валком до толщины около 3 мм. Верхняя граница определяется дальнейшим разжижением до того момента, когда канавка, сделанная в глинистой суспензии, через короткое время затягивается без какой-либо деформации [13, 14].

Сравнение удельных поверхностей и значений по Энслину и Аттенбергу глинистых минералов группы каолинита, иллита и монтмориллонита показывает однозначное увеличе-

» Таблица 2 Характеристические значения для характеристик формования глинистых минералов
(все значения массовых процентов указаны для сухих образцов, источники [4, 6, 9, 14], а также собственные результаты статистических исследований [7])

Глинистый минерал	Удельная поверхность BET (м²/г)	Значение Энслина (Массовый процент)	Значение Пфефферкорна при коэффициенте деформации 2,0 [Массовый процент	Промышленная влажность прессования (Массовый процент)	Нижняя граница по Аттенбергу (Массовый процент)	Верхняя граница по Аттенбергу (Массовый процент)	Число пластичности (Массовый процент)
Каолинит	1—10	70	36,7	2,9	30	45	15
Шамот	10—30	145	32,2	11,2	20	75	55
Иллит	50—90	160	23,1	41,0	52	111	59
Селадонит	20—50	93	23,1	17,3	24	50	26
Ca-монтмориллонит	70—120	225	48,6	25,8	50	190	142
Na-монтмориллонит	70—120	586	48,6	24,3	48	431	381

ние значений в последовательности минералов каолинит-селадонит-шамот-иллит-монтмориллонит. Пластичность глинистых минералов возрастает в той же последовательности. Монтмориллонит, помимо высочайшей пластичности, также имеет самый большой интервал влажности (число пластичности), при котором сохраняются пластические свойства.

Вследствие поверхностно-активных свойств глинистых минералов большое влияние на пластичность могут оказать химические соединения, такие как соли, железистые минералы или органические компоненты (гуминовые кислоты, порообразователи), которые иногда могут присутствовать в глине в небольших количествах. Соли вызывают повышение твердости массы. Соединения железа при небольших значениях pH могут привести к разжижению. Органические соединения часто вызывают снижение вязкости и одновременно с этим – повышение прочности на изгиб в сухом состоянии.

5 Свойства сушки

В **»таблице 2** уже были представлены первые результаты статистического анализа, отчетливо показывающие различия в характеристиках отдельных глинистых минералов. Аналогичная тенденция прослеживается и в свойствах сушки глинистых минералов, таких как усадка при сушке, прочность на изгиб в сухом состоянии и чувствительность к сушке.

5.1 Усадка при сушке

Регрессионные значения для усадки при сушке приведены в **»таблице 3**. Сумма усадки при сушки и обжиге, обозначаемая как общая усадка, является важной величиной для определения параметров пресс-форм и штампов. Значение усадки при сушке часто используется как ориентировочное значение для определения чувствительности керамической массы к сушке.

Ca-монтмориллонит имеет самые большие значения усадки при сушке. Линейная усадка при сушке возрастает в следующей последовательности минералов:

- Каолинит: 0,9 %
- Шамот: 3,4 %
- Иллит: 10,2 %
- Na-монтмориллонит: 10,4 %
- Селадонит: 11,6 %
- Ca-монтмориллонит: 13,4 %

5.2 Прочность на изгиб в сухом состоянии

Прочность на изгиб в сухом состоянии, определенная в лаборатории, обычно используется как критерий устойчивости формы высушенного керамического изделия при транспортировке от сушилки до печи. Прочность на изгиб в сухом состоянии определяется испытанием прочности на изгиб образцов после сушки при температуре 110 °C. Прочность на изгиб в сухом состоянии зависит от связывающей способности глинистых минералов, содержащихся в глине.

Часто в результате повторного накопления влаги при длительном хранении в атмосферных условиях наблюдается существенная потеря прочности по сравнению с высушенным образцом. Для определения потери прочности проводится испытание прочности на изгиб образцов, которые хранились в атмосферных условиях при температуре 20 °C и относительной влажности воздуха 60 %. Для того, чтобы выдерживать нагрузки, вызванные техникой для укладки и разгрузки, а также нагрузки, вызванные штабелированием обжигаемого материала на печных вагонетках, необходима прочность на изгиб в сухом состоянии 2,5–3 МПа.

При рассмотрении влияния каолинитных и слюдообразных глинистых материалов на прочность на изгиб в сухом состоянии после сушки при температуре 110 °C видно, что даже внутри одной основной группы минералов в зависимости от разновидности минерала могут возникнуть сильные различия в прочности в соотношении 1:8 (**»таблица 3**). Поэтому предпринятое разделение основных групп минералов на мелкозернистые и крупнозернистые разновидности совершенно необходимо. Разделение монтмориллонита на кальциевый и натриевый тип показало, что в условиях помещения прочность Na-монтмориллонита на 15–20 % выше.

У каолинов с содержанием каолинита более 90 % прочность на изгиб в сухом состоянии составляет 0,5–0,7 МПа. Так как каолинит имеет относительно невысокую прочность на изгиб в сухом состоянии, он вызывает снижение прочности глиняной смеси и, таким образом, с точки зрения свойств сушки оказывает отощающее действие. В отличие от каолинита, присутствие шамота в массе повышает прочность на изгиб в сухом состоянии на 0,066 МПа на каждый процент содержания шамота. При исключительном присутствии шамота расчетная прочность на изгиб в сухом состоянии составила бы 6,6 МПа, что в десять раз выше, чем при присутствии каолинита.

Здесь необходимо сделать примечание к линейной регрессионной модели: ее использование предполагает, что отдельный минеральный компонент в глине или в массе линейно влияет на соответствующее технологическое свойство. Как показано в [20, 21], при максимальном содержании отдельного минерала 40–60 % достаточно использовать простую линейную регрессионную модель. Этот вывод основан на том, что большее содержание отдельных минералов в обычных сырьевых смесях, используемых для изготовления кирпича, не встречается.

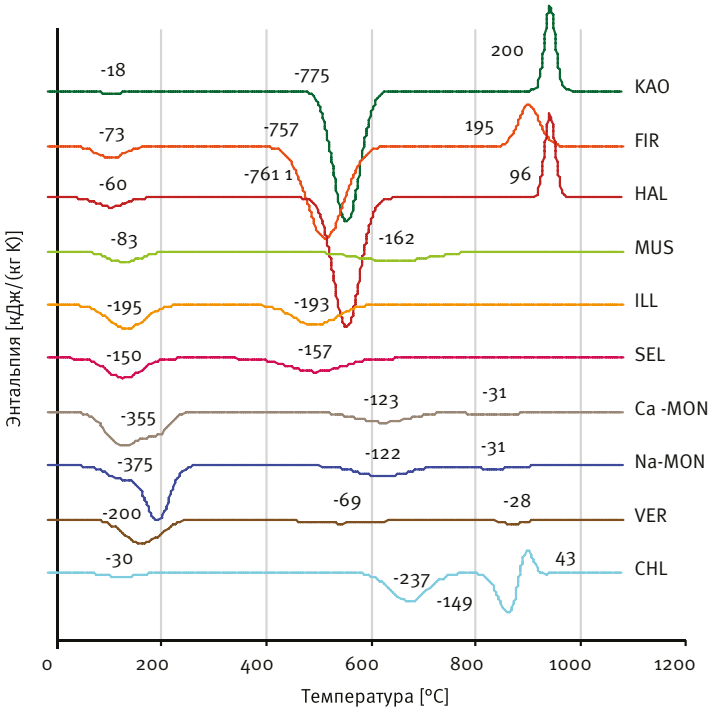
Как показано в [8], монтмориллонит определяет достигнутую прочность на изгиб в сухом состоянии природных залежей глины и масс, используемых для изготовления кирпича, на 70 %, за ним следуют иллит и шамот. Это еще раз подчеркивает особую роль монтмориллонита как прекрасного связующего в глинистом минерале. Вследствие слишком низкой прочности каолинита на изгиб в сухом состоянии каолины не используются в производстве тонкокерамических изделий без определенного содержания шамота, монтмориллонита или иллита.

Если сравнивать средние значения прочности на изгиб в сухом состоянии всех исследованных образцов, то прочность образцов, хранившихся в атмосферных условиях, составляет лишь 60 % прочности образцов, прошедших сушку при температуре 110 °C. Самую большую потерю прочности демонстрируют следующие минералы:

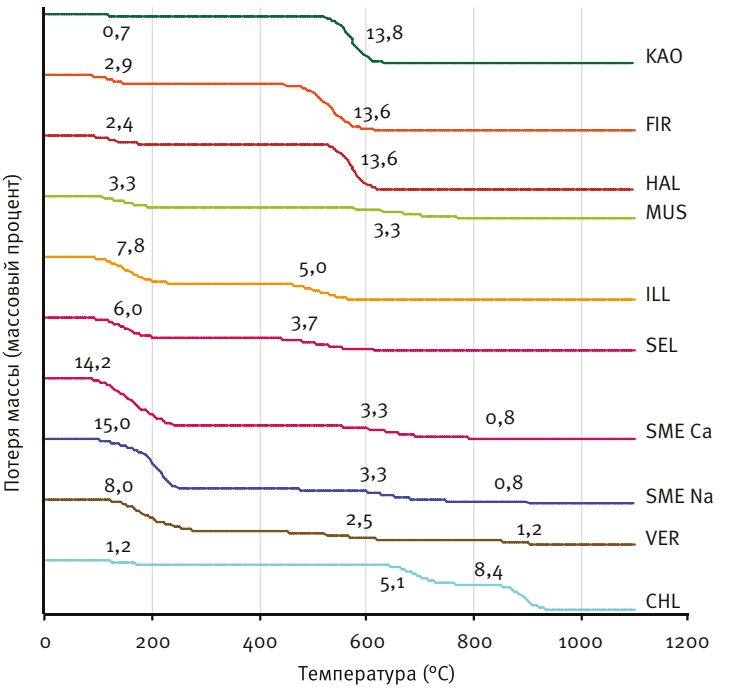
- Шамот: 59,6 %
- Иллит: 59,9 %

» Таблица 3 Результаты статистических исследований для характеристических значений сушки

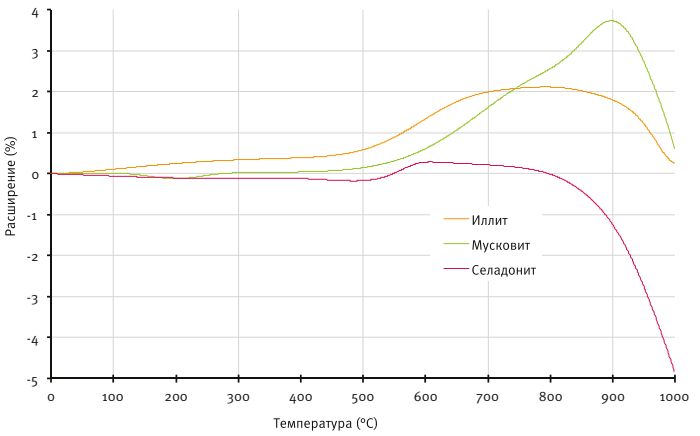
Глинистый минерал	Линейная усадка при сушке (%)	TBF при хранении в атмосферных условиях (МПа)	TBF после сушки при 110 °C (МПа)
Каолинит	0,9	1,4	0,7
Шамот	3,4	2,9	6,6
Иллит	10,2	6,9	14,9
Селадонит	11,6	5,4	2,1
Ca-монтмориллонит	13,4	16,4	31,9
Na-монтмориллонит	10,4	18,7	31,8



» **6** Дифференциальный термический анализ глинистых минералов



» **8** Кривые потери массы глинистых минералов, хранившихся при 20 °C и влажности воздуха 60 %



» **6** Дифференциальный термический анализ глинистых минералов

› Ca-монтмориллонит: 50,9 %
› Na-монтмориллонит: 52,7 %

Минералы и компоненты каолинит и селадонит, напротив, повышают прочность на изгиб в сухом состоянии при хранении в атмосферных условиях.

5.3 Чувствительность к сушке

Связь минерального состава и чувствительности к сушке была отмечена еще в начале 1960-х годов[15, 16]. Существует не менее 35 различных лабораторных методов определения чувствительности к сушке, которые, однако, дают сходные результаты вследствие изначальной связи с минеральным составом.

Чувствительность к сушке TE массы вызвана разницей влажности dF высушиваемого продукта, возникающей в результате сушки, и вызванной этим разницей усадки TS. Принято считать, что нагрузкам, вызванным разницей усадки, противодействует прочность на изгиб в сухом состоянии TBF. Таким образом, пропорциональное соотношение для чувствительности к сушке выглядит следующим образом:

$$TE \sim (dF \cdot TS) / TBF \qquad (1)$$

В [6] было доказано, что монтмориллонит является минералом, более чем на 80 % определяющим чувствительность массы к сушке, за ним следует иллит. Поскольку монтмориллонит одновременно имеет самые большие значения усадки при сушке и прочности на изгиб в сухом состоянии, пропорциональное соотношение необходимо скорректировать:

$$TE \sim dF \cdot TS \cdot TBF \qquad (2)$$

В рамках статистического исследования испытания чувствительности к сушке не проводились. Поэтому автор ссылается на обширные исследования, описанные в [6, 17]. Однако здесь необходимо привести корреляционно-регрессивное уравнение по Ратценбергеру для исследования чувствительности к сушке по Пильтцу [18]:

$$TS/tR = -0{,}0028 \times Kao - 0{,}0030 \times Fir + 0{,}0101 \times Ill + 0{,}0609 \times Mon - 0{,}0039 \times NTM \qquad (3)$$

Помимо большого влияния монтмориллонита на чувствительность к сушке уравнение (3) показывает, что каолинит и шамот почти в такой же степени снижают чувствительность к сушке, что и неглинистые минералы.

6 Свойства обжига

Понятие «свойства обжига» включает в себя химические и физические изменения, происходящие при нагреве образца глины от температуры окружающей среды до температуры обжига. В лабораториях для исследования свойств обжига используются термоаналитические методы. Термоанализ может использоваться для количественного и качественного определения следующих значений, зависящих от температуры и скорости нагрева:

› реакции сырья, протекающие с потреблением и выделением тепла, а также кинетика этих реакций (дифференциальный термический анализ, DTA, **»6**)

› удельная теплоемкость образцов сырья и энтальпия реакций сырья (дифференциальная сканирующая калориметрия, DSC)
› изменения длины, вызванные тепловым расширением и реакциями сырья (тепловое расширение, TD, **»7**)
› изменения массы в результате реакций сырья (термогравиметрия, TG, **»8**)

В производственной практике интерес представляют прежде всего процессы усадки при обжиге, зависящие от температуры, прочность и водопоглощение. В лабораторных условиях определение происходит на образцах, обжигаемых при различных температурах. Испытания обычно производятся в лабораторной печи на трех или четырех уровнях температуры, немного отличающихся от плановой температуры обжига. Обжиг до 100 испытуемых образцов в крупной градиентной печи позволяет существенно сократить время исследования по сравнению с поэтапным обжигом в лабораторной печи.

Использование компьютеризированной станции измерения испытуемого образца позволяет за более короткое время исследовать намного большее количество испытуемых образцов [19]. При этом достигается невозможная ранее плотность данных со значениями измерений с интервалом 10 °C, которая позволяет построить практически замкнутую кривую от температуры окружающей среды до температуры обжига.

6.1 Усадка при обжиге

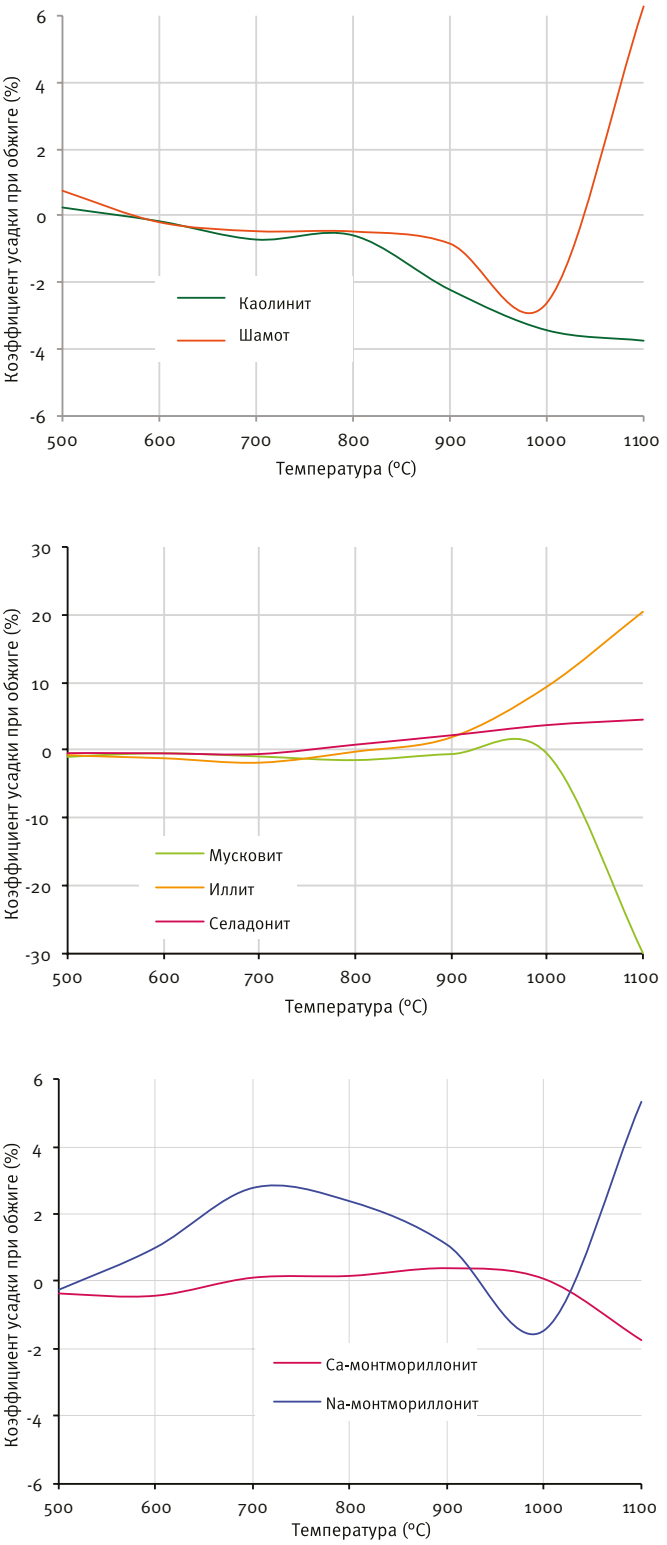
Наряду с усадкой при сушке, усадка при обжиге является важной величиной для определения параметров пресс-форм и штампов. В **»9** показан процесс усадки при обжиге с шагом 100 °C. Коэффициенты регрессии представляют состояние, при котором содержание соответствующего глинистого минерала в образце составляло бы 100 %.

При температуре выше 600–1100 °C каолинит в смесях минералов вызывает расширение испытуемого образца. Поведение шамота при температуре до 1000 °C аналогично. При температуре 1100 °C шамот показывает значительную усадку при обжиге 6,28 %. Это первый признак того, что только шамот участвует в спекании в диапазоне температур обжига, обычном для изготовления кирпича.

В случае со слюдой и слюдообразными глинистыми минералами в диапазоне температур 500–700 °C также отмечается расширение испытуемого образца. При температуре выше 800 °C происходит увеличение усадки при обжиге, которая при температуре 1100 °C в случае с иллитом составляет 20,4 %, а в случае с селадонитом – 4,5 %. Таким образом, в отличие от селадонита иллит показывает намного большее уплотнение.

В случае с мусковитом при температуре 1100 °C происходит резкое расширение на 29,9 %, которое, вероятно, связано с порообразованием вследствие затруднения удаления газов из испытуемого образца, вызванного слюдяными пластинками, все еще существующими при данных температурах обжига. В кирпичных глинах с высоким содержанием железа при температуре 1000–1100 °C усиленно происходит реакция восстановления Fe_2O_3 в FeO. Отделившегося при данной реакции кислорода достаточно для возникновения тенденции к порообразованию при затруднении газового переноса. Кроме того, при температуре выше 1000 °C происходит дальнейшее выделение связанного углерода, оставшегося в черепке.

В монтмориллонитной группе при температуре до 1000 °C кальциевый монтмориллонит ведет себя относительно нейтрально, затем при температуре 1100 °C происходит расширение на 1,7 %. Натриевый монтмориллонит при температуре от 1000 °C показывает большие значения усадки, чем кальциевый монтмориллонит.

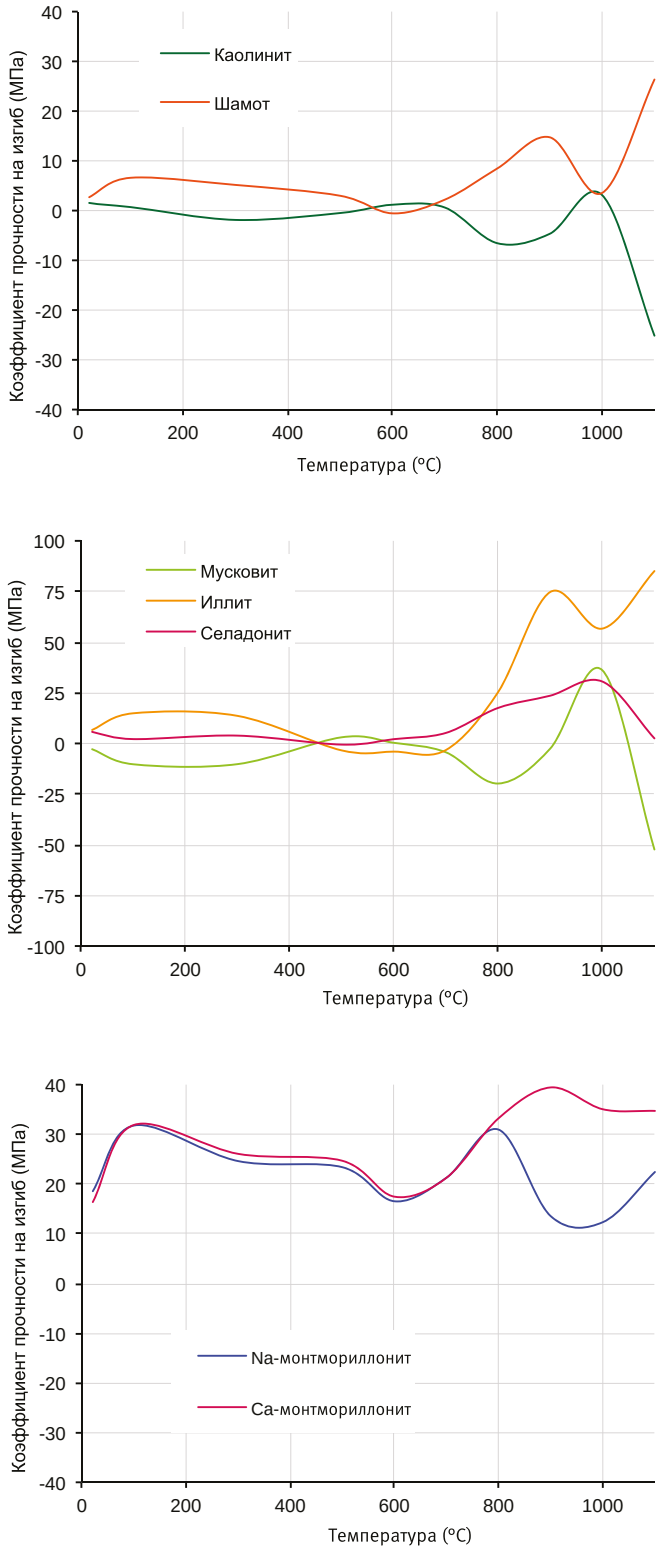


» 9 Температурно-зависимые коэффициенты статистического анализа усадки при обжиге разновидностей глинистых минералов после обжига

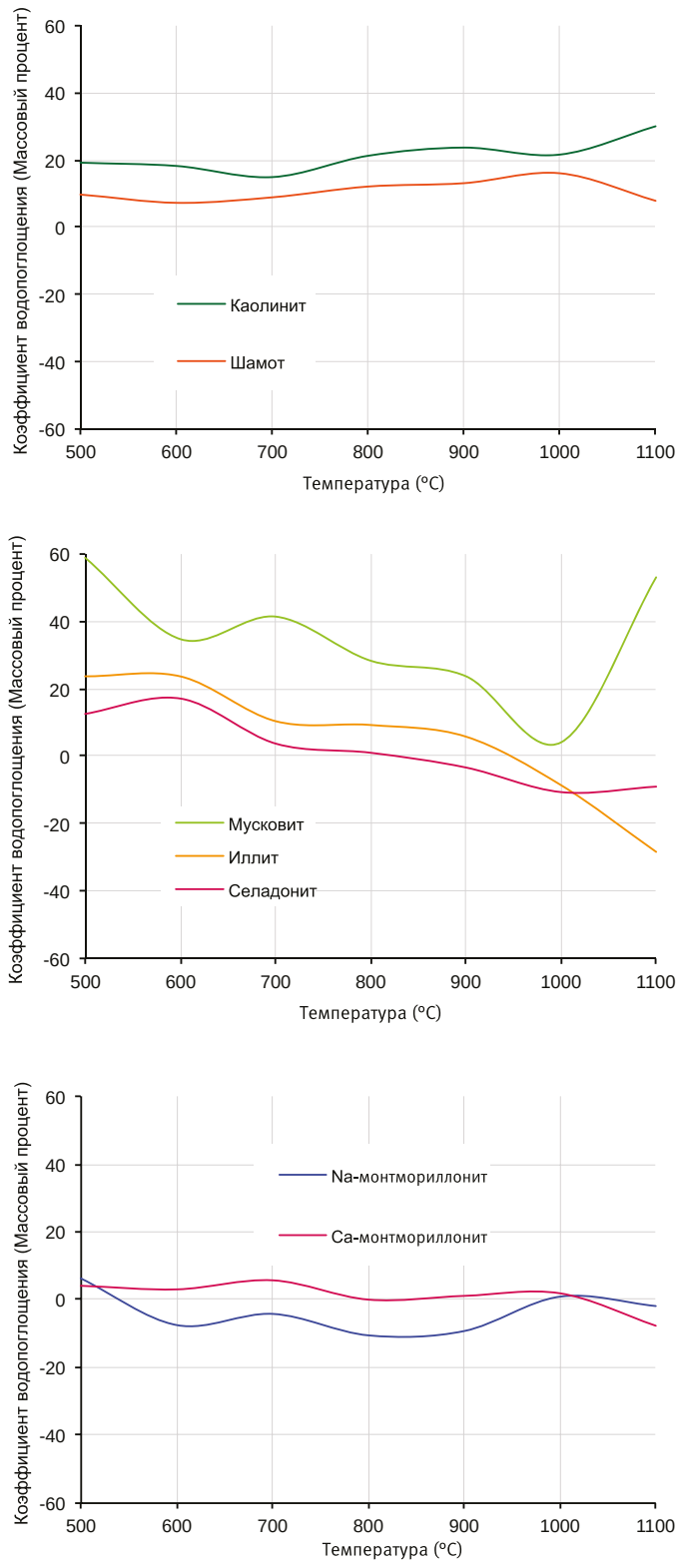
6.2 Прочность на изгиб

Для строительного кирпича большое значение имеет прежде всего прочность на сжатие, а для кровельной черепицы – прочность на изгиб. Для керамических труб на практике принято определение «прочность на раздавливание». В лабораторных условиях самым недорогим и очень хорошо воспроизводимым способом определения прочности на изгиб является использование устройства для испытания на 3-х точечный изгиб экструдированных образцов.

В [19] показано несколько случаев нарастания прочности, характерных для глинистых минералов, на примере образ-



» **10** Температурно-зависимые коэффициенты статистического анализа прочности на изгиб разновидностей глинистых минералов после обжига



» **11** Температурно-зависимые коэффициенты статистического анализа водопоглощения разновидностей глинистых минералов после обжига

цов, изготовленных с использованием градиентного обжига. В **»10** представлены коэффициенты прочности на изгиб из статистического анализа.

При температурах до 700 °C и при 1000 °C каолинит почти инертен. При температуре 800–900 °C и при 1100 °C каолинит не только не способствует повышению прочности, но даже снижает достижимую прочность. Каолинит ведет себя в грубокерамических массах как отощающее, а не спекающее вещество.

Шамот при температуре от 700 °C (с резким снижением при 1000 °C) показывает усиление отвердевания, которое, однако, при температуре до 1100 °C является относительно небольшим по сравнению с иллитом и кальциевым монтмориллонитом. Резкое снижение прочности в случае с каолинитом при 1100 °C и шамотом при 1000 °C связано, вероятно, с распадом метакаолиновой структуры (у шамота при температуре около 920 °C, у каолинита при температуре около 980 °C, **»6**). Точный ход данных реакций полностью еще не объяснен [9], однако после распада метакаолиновой структуры при температуре от 1000 °C происходит усиленное образование тонких игловидных муллитовых кристаллов [9, 20].

Аналогично шамоту и обеим разновидностям монтмориллонита, иллит в диапазоне температур 500–700 °C отчетливо показывает резкое снижение прочности. Оно вызвано отделением связанной воды, происходящим в структуре кристаллической решетки глинистых минералов при данных температурах (**»6**). Присутствие каолинита и мусковита смягчает резкое снижение прочности.

Селадонит до 600 °C ведет себя инертно, при дальнейшем повышении температуры показывает устойчивое, хотя и меньшее, чем у иллита, отвердевание. При 800 °C прочность селадонита составляет уже 60 % максимальной прочности, достигаемой при 1000 °C. Иллит отличается сильным отвердеванием уже при температуре 700 °C. Мусковит при температуре до 900 °C снижает прочность и действует как отощающий материал. При 1000 °C мусковит увеличивает прочность, затем при 1100 °C существенно снижает ее аналогично селадониту с высоким содержанием железа вследствие упомянутой тенденции к порообразованию.

У смектитов после резкого снижения прочности в диапазоне температур 500–700 °C упрочнения, в отличие от высокой прочности на изгиб в сухом состоянии, при температуре до 800 °C почти не происходит. Прочность Na-монтмориллонита после обжига даже меньше, чем после сушки.

6.3. Водопоглощение

Характеристики водопоглощения определяют морозоустойчивость обожженного черепка. Уменьшение водопоглощения достигается за счет увеличения содержания жидкой фазы расплава в черепке, которая заполняет открытые поры. Как правило, уменьшение водопоглощения сопровождается увеличением объемной плотности черепка. Для масс для забутовочного кирпича требуется пониженная, а для облицовочного кирпича и кровельной черепицы – повышенная объемная плотность черепка.

В **»11** представлены коэффициенты водопоглощения из статистического анализа. Водопоглощение определяется методом кипячения испытуемых образцов, обожженных при температуре выше 500 °C. Водопоглощение каолинита во всем диапазоне температур 600–1100 °C составляет около 20 % с небольшими отклонениями. Водопоглощение шамота в аналогичном диапазоне температур равно половине значения каолинита и составляет около 10 %. Поэтому в каолинитных глинистых минералах при температуре до 1100 °C происходит сухое спекание без образования стекловидной фазы.

Слюдообразные глинистые минералы в диапазоне температур 700–1000 °C устойчиво снижают водопоглощение (влажное спекание с образованием стекловидной фазы). У селадонита, коэффициенты водопоглощения которого становятся отрицательными уже начиная с 800 °C, значения при температуре выше 1000 °C остаются неизменными. В отличие от селадонита, у мусковита водопоглощение вновь увеличивается до исходного значения при температуре 500 °C (тенденция к порообразованию). Иллит при температуре 1100 °C демонстрирует самое большое снижение водопоглощения среди слюдообразных глинистых минералов.

У монтмориллонитов уже при сушке происходит сильное уплотнение, связанное с сильной усадкой при сушке. Кроме того, особенно мелкие частицы монтмориллонита хорошо заполняют промежутки между более крупными частицами глинистых и неглинистых минералов. Поэтому Cau Na-монтмориллонит отличаются небольшим водопоглощением 4–6 % уже при температуре 500 °C. При повышении температуры водопоглощение уменьшается лишь незначительно. Как и в случае с упрочнением, здесь вновь проявляется незначительная склонность монтмориллонита к спеканию.

7 Заключение

Данная статья основана на статистических анализах большого количества глинистых материалов и масс, в ходе которых рассчитывалось влияние глинистых и неглинистых минералов на результаты измерений различных лабораторных исследований. В результате исследований была определена высокая и очень высокая корреляция между минеральным составом и гранулометрическими фракциями, а также измеренными технологическими свойствами. Таким образом, со значительной долей уверенности можно предположить, что минералы имеют предсказуемый диапазон размеров зерна.

Знание характерных свойств отдельных минералов и особенностей их поведения в минеральных смесях является ключом к фундаментальной оценке, классификации и направленному воздействию на технологические свойства глин, суглинков и керамических масс. Вследствие различных условий образования и нарушений залегания основных глинистых минералов часто встречаются две или три их разновидности. Они отличаются размером зерна и химическим составом, а также керамико-технологическими свойствами. Поэтому при изучении прочности на изгиб в сухом состоянии предпринятое разделение основных групп минералов на мелкозернистые и крупнозернистые разновидности совершенно необходимо.

Оценка влияния различных разновидностей основных глинистых минералов на технологические свойства дает следующую картину:

- Крупнозернистый каолинит имеет очень небольшую усадку при сушке и прочность на изгиб в сухом состоянии. При обжиге он уменьшает усадку глинистых веществ и масс, при этом частично снижая их прочность. Таким образом, каолинит может использоваться в качестве отощающего материала, который, в отличие от кварца, не вызывает нежелательного перехода из одной модификации в другую при обжиге.
- Мелкозернистый неупорядоченный каолинит, называемый в немецкоговорящих странах шамотом (Fireclay), отличается хорошей пластичностью и прочностью на изгиб в сухом состоянии. Подобно каолиниту, шамот снижает чувствительность к сушке в той же степени, что и неглинистые минералы. При температурах обжига, обычных для изготовления кирпича, шамот достигает прочности, аналогичной прочности обеих разновидностей монтмориллонита и селадонита. Однако вследствие более крупного по сравнению с другими глинистыми минералами размера зерна и сухого спекания шамот не способствует уменьшению водопоглощения. Поэтому его можно рекомендовать в качестве глинистого минерала для снижения чувствительности к сушке, не вызывающего сильной потери пластичности при формовании. При добавлении глин с высоким содержанием шамота в массы для изготовления кровельной черепицы и клинкера необходимо увеличить температуру обжига, чтобы обеспечить достаточно низкое водопоглощение.
- Присутствие мусковита в сырье или в массе приводит к усиленному расслоению при прессовании, к повышенному водопоглощению и снижению прочности после обжига, а также к тенденции к порообразованию в черепке при температуре около 1100 °C. Мусковит препятствует только снижению прочности глинистых минералов в диапазоне температур 500–700 °C. Кроме того, в узком диапазоне температур около 1000 °C мусковит показывает образование жидкой фазы расплава со снижением водопоглощения и увеличением прочности.
- По сравнению с мелкозернистым иллитом крупнозернистый селадонит с высоким содержанием железа имеет низкую прочность на изгиб в сухом состоянии и прочность на изгиб после обжига. Прочность при температуре обжига 1100 °C даже ниже, чем при температуре обжига 1000 °C, как в случае с иллитом, у которого наблюдается резкое снижение прочности уже при 1000 °C. Однако при температуре до 1000 °C значения водопоглощения у селадонита ниже, чем у иллита.
- Иллит является идеальным глинистым минералом для изготовления кирпича, поскольку обеспечивает высокую прочность на изгшиб в сухом состоянии и хорошую пластичность при сравнительно небольшой чувствительности к сушке. Кроме того, иллит вызывает упрочнение кирпича при более низких температурах обжига, чем другие глинистые минералы. При температуре обжига около 900 °C иллит показывает прочность на изгиб в четыре раза выше, чем шамот, в три раза выше, чем селадонит и в два раза выше, чем кальциевый монтмориллонит. Кроме того, иллит вместе с селадонитом позволяет достичь минимальных значений влагопоглощения основных глинистых минералов, поскольку при спекании, в отличие от каолинитных и монтмориллонитных разновидностей глинистых минералов, образуется стекловидная фаза.
- Монтмориллонит проявляет себя как очень разносторонний глинистый минерал. Он отличается наибольшей пластичностью, наибольшим интервалом пластичности и придает минеральным смесям очень большую прочность на изгиб в сухом состоянии. Таким образом, он является превосходным пластификатором и связующим для изготовления кирпича. Одновременно с этим монтмориллонит является глинистым минералом, который более чем на 80 % определяет чувствительность к сушке глинистых материалов и керамических масс. Кроме того, монтмориллонит после обжига демонстрирует почти такие же показатели прочности и водопоглощения, как после сушки. Монтмориллонит не упрочняется во время обжига. Несмотря на это, содержание монтмориллонита до 15 % в массах для изготовления кирпича для забутовки и кровельной черепицы позволяет улучшить их прессуемость и стабильность при транспортировке внутри предприятия, а также прочность во время обжига, прежде всего в диапазоне температур 500–700 °C. Вследствие большой удельной поверхности и вызванной этим большой равновесной влажностью в атмосферных условиях кирпичи с большим содержанием монтмориллонита после сушки необходимо сразу направлять в печь, а в случае длительной выдержки между сушилкой и печью – хранить в подогревателе.

Условные обозначения в формулах

dF	Разность влагосодержания, %
TBF	Прочность на изгиб в сухом состоянии, МПа
TE	Чувствительность к сушке [-]
TS	Усадка при сушке, %
tR	Время до образования первой трещины, мин

Сокращения

Chl	Хлорит
DSC	Дифференциальная сканирующая калориметрия
DTA	Дифференциальный термический анализ
Fir	Шамот
Hal	Галлуазит
Ill	Иллит
Kao	Каолинит
Mon	Монтмориллонит
Mus	Мусковит
NTM	Неглинистые минералы
Sel	Селадонит
TG	Термогравиметрия
TD	Тепловое расширение
Ver	Вермикулит

дипл. инж. Штефан Линк, дипл. инж. Себастьян Зэнгер

Испытание стройкерамики на морозостойкость методом низкотемпературной дилатометрии

Доклад посвящен взаимосвязям между физическими свойствами веществ и их влиянием на морозостойкость строительной керамики. Благодаря использованию низкотемпературной дилатометрии удалось исследовать и задокументировать показатели морозоустойчивости различных изделий из строительной керамики в течение более чем 10 циклов замерзания-оттаивания (FTC), а также взаимосвязи между водопоглощением и прочностью на изгиб. Полученные результаты показывают, что материал получает постепенное повреждение микроструктуры, которое в совокупности с критическим уровнем водопоглощения и недостаточной прочностью изделия кумулятивно приводит к повреждению морозом.

1 Введение

Несмотря на соответствие керамических изделий стандартам качества, проведенным испытаниям на морозостойкость и надлежащей укладке, снова и снова при использовании вне помещений возникают их повреждения морозом. Действующие в настоящее время стандарты методов испытаний не позволяют, либо не в полной мере позволяют, проводить надежную сертификацию изделий из строительной керамики на морозостойкость, поскольку вода в порах достоверно замерзает лишь при –4,5 °C.

К таким изделиям из строительной керамики, как кровельная черепица, стеновые и клинкерные кирпичи, сплиттерная (колотая) и облицовочная плитка, предъявляются особые требования в части морозостойкости. Проникающая через открытые поры вода при замерзании увеличивает свой объем примерно на 9 %, что может привести к разрушению изделий. Замерзающая вода, при полном насыщении материала, теоретически может создавать давление на стенки пор до 200 МПа [1]. С другой стороны, изделия из строительной керамики, согласно действующим нормам по отдельным видам продукции, должны обладать прочностью на изгиб всего лишь порядка 30 МПа. Вследствие этого возникает повышенная вероятность повреждения материала при неблагоприятных значениях водопоглощения. Допустимая прочность на изгиб плитки II-й группы (водопоглощение от 3 до 6 %) лежит в диапазоне 13-22 МПа. Поэтому прежде всего эта группа изделий находится под особо пристальным вниманием. Однако и у кровельной черепицы, чья несущая способность при изгибе должна находиться в пределах от 600 до 1200 Н, возникает риск повреждения при замерзании воды в структуре материала. В настоящее работе при помощи низкотемпературной дилатометрии исследуется реакция отдельных изделий из строительной керамики на замораживание и растяжение. Полученные результаты анализируются и сопоставляются с водопоглощением и прочностью на изгиб до и после нескольких циклов замерзания и оттаивания.

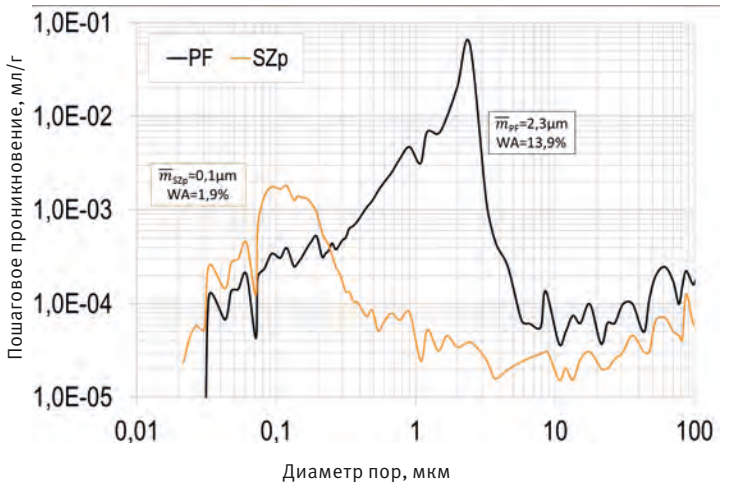
2 Уровень развития техники

2.1 Стандартизация

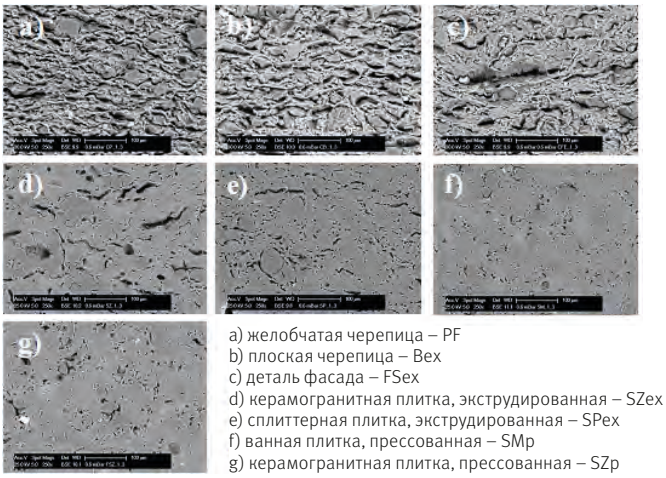
Нормы и стандарты крайне важны при сертификации изделий и материалов из строительной керамики. С одной стороны, их целью является обеспечение соответствия качества продукции и недопущение ее использования в неподходящих условиях. С другой стороны, они позволяют сравнивать изделия между собой как на национальном, так и на международном уровне. Особое значение имеет здесь морозостойкость изделий из строительной керамики. Можно заметить, что некоторые виды изделий более чувствительны к воздействию мороза, чем другие. Многие из чувствительных к морозу изделий могут пройти нормативные испытания и таким образом использоваться вне помещений тоже. Действующие нормы, такие как DIN EN ISO 10545-12 для плитки и панелей, или DIN EN 539-2 для кровельной черепицы, учитывают не все известные механизмы возникновения повреждений. Отчасти морозостойкость оценивается посредством косвенных испытаний, во взаимосвязи с эмпирическими данными [2]. В подобных случаях расходы по претензиям в связи с появившимися повреждениями приходится нести производителю изделий и строительно-отделочным компаниям. Из-за высоких рисков для таких компаний объемы сбыта облицовочной плитки, используемой, например, вне помещений, сокращаются [3].

Испытания на погодоустойчивость в естественных условиях, из-за высоких расходов на их проведение, могут проводиться лишь в отдельных случаях. Тем не менее, в [1] были обнаружены отклонения в 20-30 % между стандартными испытаниями на погодоустойчивость и испытаниями в естественных условиях. В настоящее время на предприятиях, после однократной оценки морозостойкости, для обеспечения качества продукции зачастую используются непрямые методы, как, например, метод водопоглощения. Однако сами по себе методы водопоглощения, как показывают исследования, не показывают прямой корреляции с морозостойкостью. К тому же действующие нормы предусматривают различные методы определения водопоглощения в зависимости от вида изделий. Поэтому нецелесообразно проводить перекрестное исследование морозостойкости различных изделий с помощью таких специфических методов водопоглощения. В некоторых исследованиях морозостойкость определяют посредством расчета коэффициента пропитки в соответствии с DIN 52251-3. Однако этот метод также показал свою недостаточность, по причине недостаточной корреляции с естественными условиями [4, 5]. Напротив, исследование прочности для определения морозостойкости не предусматривается ни в одной из норм. Между тем, факт негативного воздействия низких температур на структурную целостность является неоспоримым [4].

Несмотря на равные условия замерзания вне помещений, распространенные стандартные методы значительно различаются между собой в зависимости от спецификации изделия. Насыщение плитки водой может производиться, например, в вакууме, в кипящей воде либо комбинированным способом. Для некоторых изделий достаточно пропитки при естественном атмосферном давлении. Температуры замораживания также отличаются между собой вплоть до 10 K. Стандарт DIN EN ISO 10545-12 (плитка и панели) предписы-



» **1** Распределение пор по радиусу у экструдированных изделий грубой керамики



a) желобчатая черепица – PF
b) плоская черепица – Bex
c) деталь фасада – FSex
d) керамогранитная плитка, экструдированная – SZex
e) сплиттерная плитка, экструдированная – SPex
f) ванная плитка, прессованная – SMp
g) керамогранитная плитка, прессованная – SZp

» **2** Фотографии с растрового электронного микроскопа аншлифов на различных изделиях: a-e) изготовленных методом экструзии f, g) изготовленных методом сухого прессования

вает проводить испытания при температуре всего лишь до –5 °C, в том время как кровельную черепицу испытывают при температуре до –15 °C.

Классификация морозостойкости согласно стандартам делится на «морозостойкий» и «не морозостойкий». Критерием оценки является сохранение эстетических и функциональных качеств – причем оценка производится посредством простого визуального осмотра изделия [5, 6]. Попыток дифференцировать повреждения морозом до настоящего времени не производилось. В настоящий момент испытания проводятся по следующим нормам:

› DIN EN 10545-12 Керамические плитки и панели – Часть 12 / ISO 10545-12:1995 DIN 52251-2,3,5 Косвенный метод испытаний для проверки на морозостойкость кровельной черепицы; определение водопоглощения, определение коэффициента пропитки, определение усадки при высыхании и усадки при обжиге / 1987 DIN 52252-1,2 Испытание на морозостойкость облицовочных и клинкерных кирпичей, замораживание отдельных кирпичей со всех сторон, замораживание кирпичей в блоках /1986 DIN EN 539-2 Керамическая кровельная черепица для перекрытий – Определение физических свойств – Часть 2: Испытания на морозостойкость / 2012

2.2 Морозостойкость изделий из строительной керамики

До настоящего времени в основном исследовалась морозостойкость изделий грубой керамики, таких как облицовочные кирпичи и кровельная черепица [1, 4, 7, 8, 9, 10]. Существенное влияние на получение морозостойкого материала оказывает технология производства. У экструдированных изделий прослеживается тенденция к более высокому водопоглощению по сравнению с изделиями, полученными методом сухого прессования. Понятно, что морозостойкость в значительной степени зависит от количества попавшей в материал воды. Однако изделия некоторых производителей, полученные методом штранг-прессования, считаются более морозостойкими, поскольку абсорбированная вода легче вытекает из них. Повреждения морозом затрагивают изделия, произведенные обоими способами.

Различия в стандартах, касающихся водонасыщения, не позволяют провести прямое сравнение морозостойкости изделий грубой и тонкой керамики. Согласно данным исследований механизм водонасыщения в вакууме существенно отличается от водонасыщения при естественном атмосферном давлении (впитывающая способность, капиллярная активность) или в кипящей воде (диффузия пара). В зависимости от того или иного метода открываются поры различных размеров. Вследствие 9 %-ного увеличения объема замерзающей воды критическое насыщение достигается при 91 %. При таком теоретическом пороговом значении замерзающая вода может расширяться в еще незаполненные полости пор и хотя бы частично компенсировать расширение при замерзании [1, 10, 11, 12]. Коэффициенты объемного расширения у воды и льда существенно ниже, чем у силикатной керамики. При проникновении воды в материал при 20 °C и последующего ее охлаждения до точки замерзания образуются новые поровые пространства, которые также частично компенсируют объемное расширение льда [1].

Почти во всех изделиях из строительной керамики имеются более или менее растворимые соли в различных концентрациях. Температура замерзания воды может быть понижена из-за присутствия таких растворимых солей, а также из-за высокой поверхностной энергии (капиллярной активности). Согласно [1] даже для воды в макропорах поверхностная энергия может снизить температуру замерзания на примерно 2 K. Возникающее в результате снижение энтропии понижает температуру замерзания в капиллярных порах вплоть до 20 K [11, 13].

Прочность строительной керамики, несмотря на очевидную взаимосвязь, практически не принимается во внимание при оценке морозостойкости керамических материалов [12]. Хотя теоретически и допускается возникновение микроповреждений, прямой корреляции до сих пор обнаружено не было [4, 14]. Согласно опубликованным исследованиям, важным фактором в оценке морозостойкости является распределение пор по радиусу [1, 5, 8, 14, 15]. Основываясь на результатах проведенных измерений, можно утверждать, однако, что метод ртутной проникающей порозиметрии еще менее пригоден для оценки распределения пор по радиус по различным видам изделий. Поскольку этот метод исходит из усредненной формы пор, его можно использовать лишь в качестве ориентира либо применительно к достаточно узкой группе изделий. Особенно сильно искажается реальная картина у экструдированных изделий, имеющих, как правило, удлиненные поры – что было подтверждено путем сравнения с данными микроснимков (см. **»1**, **2**). Поэтому нецелесообразно использовать этот метод для сравнения изделий, произведенных ленточным способом, с изделиями, изготовленными методом сухого прессования.

Методы измерения, в т. ч. низкотемпературная дилатометрия, должны фиксировать механику повреждений во время замораживания и оттаивания насыщенного водой изделия, а также раскрывать влияние физических свойств керамических продуктов на их морозостойкость. Как показывает практика, нынешние стандартные методы недоста-

точны, а действующие косвенные методы оценки морозостойкости не работают либо работают в весьма ограниченном объеме. Параллельно с распространенными методами, такими как микроскопия, водонасыщение и прочность на изгиб, здесь исследовалось расширение материалов при замерзании. Результативность различных методов в отношении выявленных факторов воздействия является предметом обсуждения.

3 Экспериментальная часть

Выбор изделий производился по критериям материала и способа производства, исследовалась керамогранитная плитка, изготовленная как методом экструзии, так и методом сухого прессования, а также экструдированные изделия грубой керамики с различным водопоглощением (см. **»таблицу 1**). Все образцы были неглазурованными, во избежание реакций в контактном слое между глазурью (ангобом) и основой. Подготовка изделий, полученных методом штрангпрессования, производилась всегда по направлению экструзии.

Для исследования механики повреждений определялись прочность на изгиб и водопоглощение до и после повторных циклов замораживания и оттаивания. Водонасыщение образцов производилось по аналогии с DIN EN ISO 10545-3. Замораживание и оттаивание производилось в морозильной камере при температуре –17 °C, с параметрами, аналогичными измерениям методом низкотемпературной дилатометрии [7]. Образцы оставлялись на оттаивание на ночь в ванне с водой, после чего высушивались до постоянного веса при температуре 110 °C. После каждого FTC просушенные образцы обследовались на предмет наличия видимых повреждений морозом.

3.1 Микроскопия

Для изучения форм, переплетения и расположения пор в образцах использовались оптический и растровый электронный микроскопы. До и после каждых десяти FTC делались аншлифы для исследования изменений в структуре пор.

3.2 Низкотемпературная дилатометрия

Термическое расширение образцов во время FTC измерялось при помощи дилатометра DIL 402 C производства фирмы Netzsch (см. **»3**). В настоящее время отсутствуют какие-либо обязательные стандарты измерений термического расширения на участке температур ниже 0 °C. В качестве руководства по подготовке и измерению образцов используются данные из [7]. Дилатометр оснащен охлаждаемой азотом криогенной камерой и может фиксировать термические расширения с точностью до 1,25 нм при температуре до –150 °C.

Образцы размером 25 мм × 5 мм × 5 мм насыщались водой в соответствии с DIN EN 10545-3, после чего помещались в дилатометр и охлаждались с 20 °C до –17 °C со скоростью охлаждения 0,5 K/мин, не вступая в непосредственный контакт с хладагентом. Время выдержки составляло 2 минуты, после чего образец снова нагревался до 20 °C со скоростью 0,5 K/мин. Для отвода влаги во время замеров образцов камера промывалась гелием (50 мл/мин). Было произведено десять циклов замораживания и оттаивания. Чтобы выпарить из камеры остаточный конденсат, не реже чем через каждые три замера дилатометр нагревался до температуры 300 °C со скоростью 10 K/мин. В качестве контрольного ориентира для измерений использовалась кривая расширения не насыщенного водой образца на аналогичном участке температур.

3.3 Исследования прочности на изгиб

В настоящее время не существует единого стандарта по различным видам изделий из строительной керамики касательно определения их прочности на изгиб. Плитку, например, вставляют в гибочную машину и сгибают до излома. Для кровельной черепицы, напротив, определяется несущая способность при изгибе.

В нашем случае для определения прочности на изгиб проводилось 3-точечное сгибание подготовленного образца. Предназначенные для сгибания продолговатые прямоугольные образцы нарезались размером 90 мм × 20 мм × 7 мм (±0,5 мм) для плитки тонкой керамики и размером 90 мм × 20 мм × 9,5 мм (±0,5 мм) – для кирпичей и фасадной плитки. Высота образца в направлении нагрузки не должна была более чем в три раза превышать максимальный размер зерна в основе образца. При испытании экструдированных изделий образцы всегда подготавливались по направлению экструзии. Шероховатые поверхности гладко ошлифовывались. Образцы под-

» Таблица 1 Сводные данные по исследованным изделиям

	Условное обозначение	PF	Bex	FSex	SZex	SPex	SMp	Szp
	Изделие	Желобчатая черепица	Плоская черепица	Деталь фасада	Керамогранитная плитка, экструдированная	Сплиттерная плитка, экструдированная	Ванная плитка, прессованная	Керамогранитная плитка, прессованная
	Температура обжига, °C	1000	1060	1140	1185	1220	1230	1230
До замораживания	MPD, мкм	2,3	3,3	1,5	0,3	0,1	0,3	0,1
	Водопоглощение, %	13,9	11,9	6,2	3,2	2,1	2	1,9
	Прочность на изгиб, МПа	17,6	21,2	30,2	35,4	46,6	52,6	55,2
После замораживания	$dL/L0_{FD}$ (%)	0,0047	0,0015	0,0072	0,0064	0,0062	0,007	0,0269
	$dL/L0_{max}$ (%)	0,0097	0,0021	0,0167	0,0105	0,0106	0,0111	0,0503
	$dL/L0_{ID}$ (%)	0,0003	0,0008	0,0171	0,0296	0,0005	0,0009	0,0692
10 FTW	Водопоглощение, %	14,3	12,1	6,6	3,5	2,4	2,3	2,2
	Прочность на изгиб, МПа	12,8	16,7	23,1	32	49,7	44	45

» 3 Дилатометр DIL 402 C производства фирмы Netzsch

вергались испытанию на изгиб до и после каждых десяти FTC.

3.4 Водопоглощение

Измерение водопоглощения образцов производилось после каждого FTC. Образцы высушивались до постоянного веса при температуре 110 ° C и взвешивались. Затем в вакууме производилась инфильтрация воды до полного насыщения. Водопоглощение определялось по аналогии с DIN EN 10545-3.

4 Результаты и дискуссия

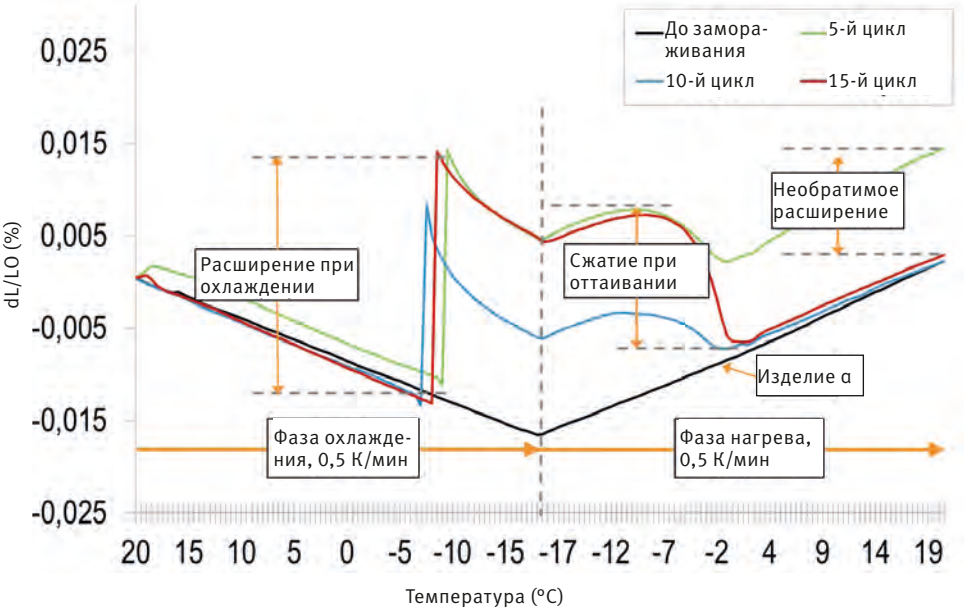
В **»таблице 1** сопоставлены данные, полученные в результате исследований. Вопреки [16], ни оптический, ни растровый электронный микроскоп не показали каких-либо изменений микроструктуры образцов после их замораживания. Можно предположить, что структурные повреждения носят локальный характер и не распределяются гомогенно по поверхности образца. Из переплетения пор и их расположения видно, до какой степени лед может проникать в полости пор при объемном расширении. Изделия, изготовленные методом штранг-прессования, имеют сильно переплетенную структуру пор (см. **»2**). Благодаря каналовому эффекту образующийся лед получает пространство для расширения по полостям пор, что, как представляется, оказывает положительное влияние на морозостойкость. С другой стороны, при смещении границы промерзания силы трения повреждают стенки пор, вследствие чего снижается прочность и, соответственно, морозостойкость материала.

Изделия, полученные методом сухого прессования, обладают высоким удельным весом закрытой пористости, относительно их общей пористости. В закрытые поры не проникает вода, поэтому они не оказывают негативного воздействия на морозостойкость. Формовка кровельной черепицы представляет собой особый случай: здесь валюшки сначала экструдируются на вакуумном ленточном прессе, после чего проходят дополнительную формовку в черепичном прессе. Благодаря этому, расположение пор в изделии получается неоднородным. Вследствие более выраженного переплетения пор экструдированные изделия, как правило, обладают несколько большим водопоглощением по сравнению с изделиями, изготовленными методом сухого прессования. В литературе по-разному трактуется структура пор как фактор, влияющий на морозостойкость. С одной стороны, в процессе экструзии образуются текстуры течения, которые ослабляют структурную целостность, приводят к потерям прочности и, как следствие, к снижению морозостойкости [12, 15]. С другой стороны, производители экструдированных изделий говорят об их морозостойкости, поскольку сильное переплетение пор обеспечивает более быстрый дренаж воды. Однако пространственное расположение пор может сопровождаться повышенной капиллярностью, что может приводить, с одной стороны, к изменению температуры замерзания, с другой – к усиленной адсорбции воды в порах. В результате чего расширение при замерзании просто сдвигается на более участки более низких температур.

При сухом прессовании на пресспорошок 6 %-ной влажности оказывается одноосное давление. В результате образуются круглые изотропные поровые структуры (см. **»2**, f и g). Изделия, изготовленные методом сухого прессования, относятся, как правило, к изделиям тонкой керамики, которые вследствие высоких температур обжига обладают незначительной открытой пористостью и очень малыми диаметрами пор с высокой впитывающей способностью благодаря капиллярной активности.

На **»4** видно, что расширение при охлаждении, например, у керамогранитной плитки возникает лишь на участке от –5 до –9 °C. При этом действующий стандарт по плиткам и панелям охватывает только температуры до –5 °C. При условии достаточности центров кристаллизации для кристаллообразования, этот температурный сдвиг может быть обусловлен капиллярным давлением на воду в порах [17]. Капиллярное давление тем выше, чем меньше диаметр пор, вследствие чего точка замерзания смещается на еще более низкие температуры. Соленость воды, как собственная, так возникшая в результате взаимодействия с материалом, также понижает температуру замерзания. Вне зависимости от материала, замерзание воды в порах происходит на отрезке температур в 0,5 K. Уже при –5 °C она сильно переохлаждена и при замерзании расширяется взрывообразно. Все измерения показывают, что расширение завершается до температуры примерно в –12 °C. Сжатие при оттаивании происходит более плавно и на более широком участке температур, до тех пор пока изменение длины не будет соответ-

ствовать начальному расширению материала. Обычно это происходит при температуре около 0 °C. Независимо от расширения при охлаждении, может сохраняться определенное необратимое расширение. Данная остаточная деформация представляет собой повреждение микроструктуры в результате охлаждения, как уже отмечалось ранее в [16]. Однако такие повреждения могут быть обнаружены лишь тогда, когда они проявляются по всей длине образца. В особенности у изделий грубой керамики с их высокой пористостью внутренние повреждения не всегда распространяются вплоть до самой поверхности. В данном случае, однако, наличие повреждений может быть отслежено по потере прочности (см. **»5**).



» 4 График дилатации во время циклического замораживания и оттаивания керамогранитной плитки

Зависимость необратимого расширения от расширения при охлаждении представляется достоверной. Тем не менее, на **»6** видна корреляция только до шестого цикла. В [7] было обнаружено уменьшение необратимого расширения при каждом дальнейшем FTC, что, однако, не подтверждается результатами настоящего исследования. Проведенные измерения, напротив, позволяют сделать вывод о цикличном увеличении повреждений до максимума, с последующим снижением расширения при охлаждении. Лед проникает в материал постепенно, при параллельном увеличении пористости. Возникающие вследствие расширения льда повреждения представляют собой пространство, которое замерзающий лед может заполнять собой при последующих циклах. В конечном счете, кумулятивное накопление структурных повреждений и представляет собой фактические повреждения морозом.

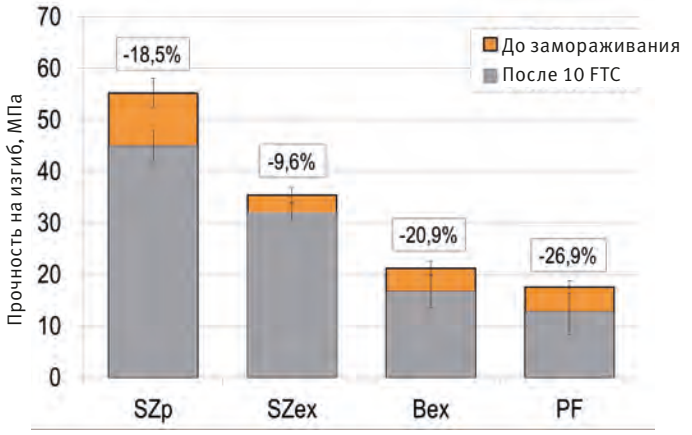
С помощью кривой необратимого расширения (см. **»7**) можно объяснить различия в механике повреждений у различных изделий. У изделий грубой керамики расширения существенно менее выражены. С одной стороны, это связано со значительным объемом пор, в которые может проникать лед, с другой – с распределением повреждений по всему образцу. Изделия с меньшей прочностью разрушаются изнутри либо в результате трибологического эффекта от медленного продвижения льда либо в результате прямой нагрузки от давления. Однако повреждения не обязательно распространяются по всей длине образца, в силу чего не могут быть измерены методом низкотемпературной дилатометрии. Соответственно, определить морозостойкость некоторых изделий напрямую не представляется возможным, хотя сама механика повреждений может быть выяснена на основе изменений в прочности на изгиб и водопоглощении (см. **»5**, **»8**). Морозостойкость изделий грубой керамики снижается за счет смещения границы промерзания и сопутствующей абразии материала. Количественную оценку ослабления микроструктуры можно дать с помощью испытания на изгиб. Производители могут целенаправленно противодействовать повреждениям морозом путем повышения прочности критичных изделий. Желобчатая черепица, например, имеет очень открытую структуру пор (водопоглощение = 13,9 %), благодаря чему объемное расширение предположительно должно приводить к уменьшению повреждений, однако прочность на изгиб в данном случае снижается более чем на 25 %. Из-за малой прочности материал не выдерживает натяжения, которое приходится снимать посредством образования трещин, что создает дополнительное поровое пространство (см. **»9**). В то же время плоская черепица «бобровый хвост» (Bex), с прочностью в 21,2 МПа, способна выдерживать растяжение. Фасадная плитка также справляется с механическими нагрузками без видимых повреждений морозом, хотя и получает повреждения структуры, как это следует из **»7**.

Изделия тонкой керамики, как и следовало предполагать, обладают большей прочностью. Однако при замораживании она уменьшается на 10-25 %. Испытания в дилатометре показывают, что благодаря малой пористости вкупе с мелкими капиллярно активными порами объемное расширение льда сильнее распределяется по всей длине образца, снижая внутренние повреждения. Поэтому основная механика повреждений у изделий с малым водопоглощением и высоким водонасыщением, состоит, по-видимому, в прямой нагрузке от давления льда. То обстоятельство, что такое гораздо более сильное расширение изделий не влечет за собой повреждений морозом, подтверждает важность фактора прочности.

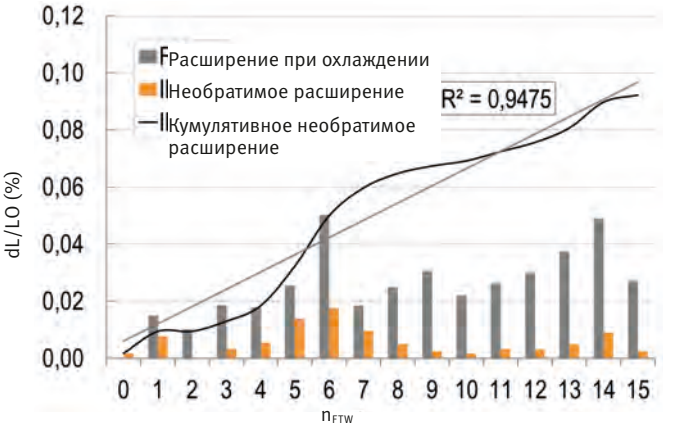
Если сопоставить значения водопоглощения и прочности на изгиб, можно увидеть четкую корреляцию с R2 равным 0,97 (см. **»10**). У высокопористых изделий с водопоглощением ›10 % причиной повреждений морозом, по всей видимости, является слишком малая прочность, менее 20 МПа . У низкопористых изделий первичным фактором, таким образом, являются открытые поры. Чем выше водопоглощение, тем критичнее становится прочность материала. Микроструктуры со средней пористостью либо, соответственно, водопоглощением от 2 до 6 % повреждаются из-за неблагоприятных значений обоих параметров. Даже при незначительном увеличении водопоглощения прочность существенно снижается. В подобных случаях в изделие может проникать значительное количество воды, что приводит к расширению, которое невозможно компенсировать.

5 Заключение

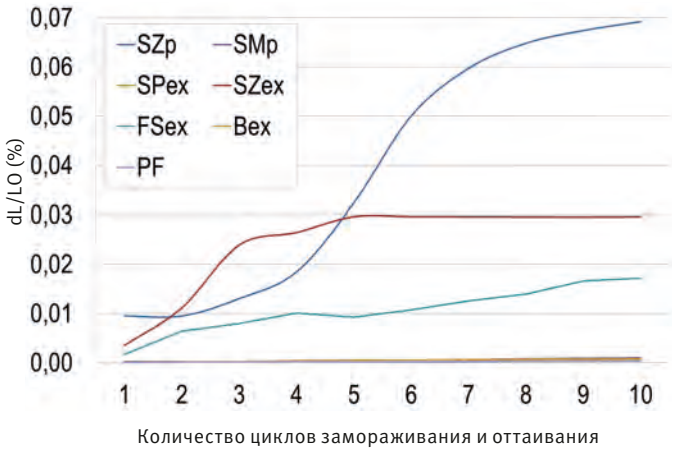
Метод низкотемпературной дилатометрии показывает, что вода в порах замерзает лишь при температурах ниже –4,5 °C. Соответственно, участки температур, установленные в ряде действующих стандартов испытаний на морозостойкость, являются недостаточными. С помощью низкотемпе-



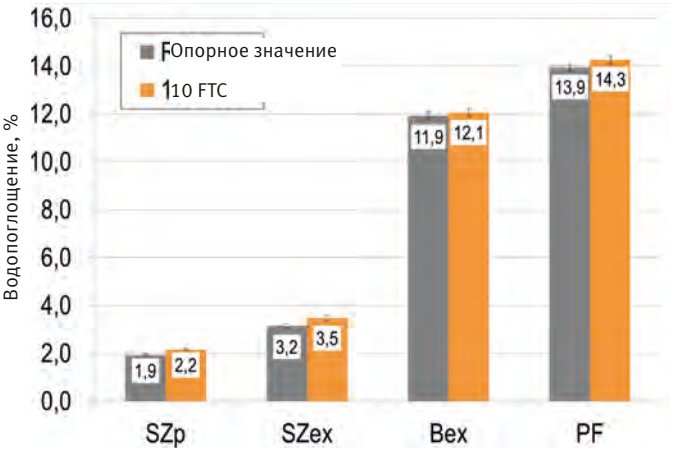
» **5** Прочность на изгиб до и после десяти циклов замораживания и оттаивания Flexural strength [MPa] Прочность на изгиб, МПа



» **6** Кумулятивное развитие повреждений прессованной керамогранитной плитки (водопоглощение = 2 %) в течение 15 циклов замораживания и оттаивания



» **7** Развитие необратимого расширения в течение 10 циклов замораживания и оттаивания



» **8** Водопоглощение до и после десяти циклов замораживания и оттаивания

ратурной дилатометрии можно визуализировать процессы, происходящие в различных изделиях во время их замораживания. Также можно определить масштаб расширения при охлаждении и необратимого расширения по каждому циклу и благодаря этому более точно дифференцировать характер изменений в различных изделиях в процессе их замораживании и оттаивания.

Критичными в плане морозостойкости являются прежде всего изделия с водопоглощением в диапазоне от 2 до 6 %. Исследования показали, что существует экспоненциальная корреляция между водопоглощением и прочностью и что в указанном диапазоне прочность снижается наиболее быстро. Соответственно, при производстве морозостойких изделий из строительной керамики необходимо обеспечить определенную минимальную прочность данных изделий. Причиной повреждений являются неблагоприятные локальные структуры пор. По всей видимости, особо неблагоприятное воздействие оказывают, в первую очередь, тупиковые поры [10]. Сильное переплетение пор, как, например, в изделиях, произведенных методом штранг-прессования, обеспечивает смещение границы промерзания вглубь материала, что может благоприятно сказываться на морозостойкости изделий. Изделия тонкой керамики благодаря своей высокой капиллярности показывают наибольшее расширение при охлаждении. Тем не менее, согласно имеющимся на настоящий момент данным такое расширение не обязательно приводит к видимым повреждениям морозом, вследствие более высокой прочности указанных изделий.

Постепенное снижение прочности в процессе цикличного замораживания и оттаивания подтверждает гипотезу о повреждениях микроструктуры. На основе данных о расширении при охлаждении и необратимом расширении, в совокупности с показателями водопоглощения и прочности на изгиб, можно сделать выводы о механике повреждений при замораживании. На основании имеющихся данных можно вывести две модели повреждений:

Изделия грубой керамики характеризуются высокой пористостью и, как следствие, низкой прочностью. Их капиллярная активность невысока из-за относительно крупных радиусов пор. Продолжительное цикличное замораживание и оттаивание в данном случае приводит к постепенной абразии материала при смещении границы промерзания, вследствие чего постепенно снижается прочность

Изделия тонкой керамики, напротив, обладают малой пористостью, при относительно небольших диаметрах пор. Капиллярная активность в данном случае существенно выше, чем у изделий грубой керамики, а степень водонасыщения очень высока. Взрывообразное замерзание воды переносит расширение непосредственно на материал, вследствие чего возникают микротрещины. Как только остаточная прочность изделия оказывается неспособной противостоять деформации, появляются видимые повреждения морозом

Обе модели повреждений предположительно способствуют образованию микротрещин и, соответственно, старению материала. Степень старения, однако, не определяется методом низкотемпературной дилатометрии, поскольку микротрещины могут распространяться внутри материала,

не приводя к изменению длины образца. Соответствующие данные, однако, можно получить путем измерения водопоглощения и прочности на изгиб.

Метод низкотемпературной дилатометрии, в совокупности с измерением водопоглощения и прочности на изгиб, позволяет лучше дифференцировать критичные образцы. Метод экстраполяции пока не позволяет точно оценить морозостойкость изделия. Однако можно предположить, что метод низкотемпературной дилатометрии позволяет установить соответствующие пограничные значения прочности, в совокупности с водопоглощением и прочностью на изгиб, чтобы с высокой степенью достоверности заранее определять морозоустойчивость изделия.

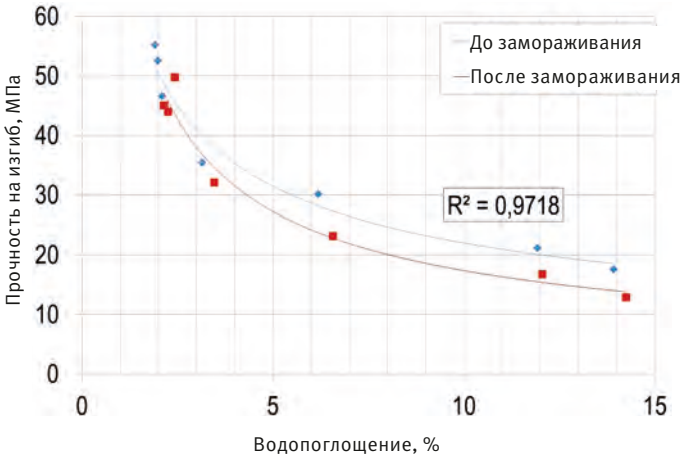
6 Перспективы

В своих будущих исследовательских проектах Исследовательский институт неорганических материалов – стекла/керамики) продолжит активно исследовать вопросы количественной оценки морозостойкости. Особый интерес в этой связи продолжает вызывать влияние таких факторов, как пористость и прочность. Одна из методик заключается в целенаправленной поризации отдельных сырьевых смесей, а также в повышении прочности изделий из строительной керамики посредством использования быстроспекающихся видов глины [18]. Вопрос о влиянии технологии производства тоже пока не прояснен окончательно. Расположение пор, по всей видимости, влияет на морозостойкость изделия. Кроме того, результаты настоящего исследования, вероятно, будут учтены при разработке стандартов в будущем.

Представленные результаты исследования получены в рамках проекта Kerafrost, реализованного при поддержке федеральной земли Рейнланд-Пфальц, с привлечением средств Европейского фонда регионального развития.

Данная статья написана на основе доклада, прочитанного в рамках Вюрцбургского семинара по вопросам производства кирпича и черепицы, 2013 г.

» **9** Повреждения морозом кровельной черепицы после шестого цикла



» **10** Корреляция между прочностью на изгиб и водопоглощением

Литература

[1] Franke, L. und Hermann, B.: Beurteilung der Frostwiderstandsfähigkeit von Ziegeln im Hinblick auf lange Lebensdauer Teil 1. Zi Ziegelindustrie International 1993, 7-9, S. 483-492

[2] DIN 52251 Teil 2: Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostbeständigkeit von Dachziegeln. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., 1987

[3] Ramrath, H.W.: Normgerecht oder kundengerecht – Fliesenqualität aus der Sicht des Sachverständigen. 7. Höhr-Grenzhäuser Keramiksymposium, Höhr-Grenzhausen: s.n., 2012

[4] Hauck, D. und Ruppik, M.: Erhöhung der Frostwiderstandsfähigkeit von Vormauerund Dachziegeln durch rohstoffseitige Maßnahmen. Zi-Jahrbuch, Gütersloh: Bauverlag GmbH, 2001

[5] Gießen, O.: Die Prüfung der Frostbeständigkeit keramischer Bauteile. Handbuch der Keramik. Freiburg i.Br.: Schmid Verlag GmbH, 1976

[6] DIN EN 539-2: Tondachziegel für überdeckende Verlegung – Bestimmung der physikalischen Eigenschaften Teil 2: Prüfung auf Frostbeständigkeit. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., 10/2006

[7] Seaverson, E. J. und Brosnan, D. A.: Expansion phenomena during freezing of saturated bricks and implications on frost resistance. Zi Ziegelindustrie International 2001, 12, S. 12-19

[8] Berthold, H. und Thiede, D.: Erkenntnisse zur Ausbildung schwarzer Kerne und zur Frostbeständigkeit schnellgebrannter Dachziegel. Ziegel Zeitschrift. 2000, 5, S. 228-231

[9] Brüning, H.: Frostwiderstandsfähigkeit von Mauerziegeln. Zi Ziegelindustrie International. 1987, 10, S. 570-575

[10] Maage, M.: Frostbeständigkeit und Porengrößenverteilung in Ziegeln. Zi Ziegelindustrie International. 1990, 9

[11] Setzer, M.: Verfahren zum Prüfen des Frost-Tau-Widerstandes und/oder Frost-Tausalz-Widerstandes eines Festkörpers. DE10038047A1 DE, 28. 02 2002

[12] Salmang, H., Scholze, H. und Telle, R.: Frostbeständigkeit. Keramik, S. 697/698. Berlin: Springer Verlag, 2007, Bd. 7. Auflage [13] Stockhausen, N.: Die Dilatation hochporöser Festkörper bei Wasseraufnahme und Eisbildung. München: TU München, Inst. f. das Bauingenieurwesen, 1981

[14] Franke, L. und Bentrup, H.: Beurteilung der Frostwiderstandsfähigkeit von Ziegeln in Hinblick auf lange Lebensdauer Teil 2. Zi Ziegelindustrie International. 1993, 9

[15] Biehl, N.: Ursachen des Frostverhaltens keramischer Erzeugnisse. Baustoffindustrie. 1968, Bd. 11, 6, S. 210-212

[16] Maciulaitis, R.: Frostbeständigkeit und Langlebigkeit keramischer Fassadenerzeugnisse Teil1. Zi Ziegelindustrie International. 1994, 5, S. 313-322

[17] Sveda, M.: The effect of firing temperature and dwell time on the frost resistance of a clay roofing tile. Zi Ziegelindustrie International. 2004, 6, S. 36-43

[18] Hauck, D., Ruppik, M. und Petereit, S.: Erhöhung der Festigkeit von schaumporosierten Ziegeln durch sinterfördernde Zusätze. Zi-Jahrbuch. Gütersloh: Bauverlag GmbH, 2004 Исследовательский институт неорганических материалов – стекла/керамики – GmbH

Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe -Glas/Keramik- GmbH
www.fgk-keramik.de

Bernini Impianti

» **1** Боровичи – Россия 2014

» **2** Чебоксары – Россия 2014

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 – это не только производитель и поставщик, но и надежный партнер с богатым опытом проектирования и запуска проектов, учитывающий индивидуальные потребности 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.

В последние годы компания стала хорошо известна в России, где ею был уже изготовлен ряд газовых установок. В последнее время присутствие компании на российском рынке становится все более и более регулярным. В ее активе здесь – отличные результаты по установке 4 новых газовых систем и двух систем, работающих на угле.

Следует отметить, что компания недавно завершила установку, работающую на угле с поставкой оборудования для подготовки топлива, автоматической системой его подачи и наличием горелки в верхней части печи. Сенсорный экран электрической панели позволяет отображать и изменять каждый параметр.

Эта система полностью герметична, поэтому нет утечки пыли, что приводит к улучшению экологических и рабочих условий.

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

Компания Bernini Impianti разработала инструмент, способный отслеживать процессы, протекающие внутри печи. Получаемые результаты 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.

» **3** Красноярск – Россия 2014

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

Händle и ZMB Braun – два сильных партнера российской кирпичной промышленности

» Вакуумный агрегат фирмы Händle типа E56a/50 с вакуумным двухвальным смесителем типа MDVG 920f в комбинации с головкой пресса и мундштуком фирмы ZMB Braun

Händle относится к самым инновационным фирмам по всему спектру массоподготовки и формования в грубокерамической промышленности. С 1913 года это богатое традициями предприятие, имеющее более чем 140-летнюю историю, является надежным партнером российской кирпичной промышленности. Ассортимент продуктов фирмы Händle пополнился качественными продуктами фирмы ZMB Braun, лидера на мировом рынке по производству мундштуков с широким спектром продуктов и решений для керамической промышленности. Это преимущество, которого так долго ждали многие клиенты.

Преимущества нового партнерства для наших клиентов:

- В прошлом, к сожалению, не было тесного сотрудничества между производителями мундштуков и производителями машин, каждый производитель ориентировался на требования к своим продуктам со стороны клиентов. В будущем огромным преимуществом для клиентов станет возможность системного решения задач из одного источника.
- Händle и ZMB Braun могут отныне оптимально рассчитывать и в дальнейшем рационализировать весь процесс формования с помощью экструзионных машин и формооснастки.
- Для оптимизации существующих линий формования у клиентов будет на фирме одно контактное лицо, отвечающее за все. Таким образом, исчезает необходимость в дополнительном связующем звене.
- Развитие и инновации продвигаются вперед с помощью совместно собранной экспертной команды «Экструзионная техника». Полностью оснащенная керамическая лаборатория Händle играет при этом значительную роль.
- В Российской Федерации в настоящее время надежно работают более 200 машин фирмы Händle. Последними проектами стали новый вакуумный агрегат типа EVMG 56a/50/920f для кирпичного завода в Тольятти и вальцы тонкого помола типа Alpha WFZH 8100d для крупного кирпичного завода в Ярославле.

Чтобы сократить расстояние до наших клиентов, прежде всего тех, кто находится в восточных регионах России, расширена сбытовая сеть. Фирмы ООО «Оснастка Браун» (г. Санкт-Петербург) и ООО «Хэндле Сервис Рус» (г. Никольское, Ленинградская область, фирма по обслуживанию клиентов Händle), слились в недавно образованное дочернее предприятие ООО «Хэндле Браун». На Романа Юрьева возложены обязанности генерального директора недавно сформированного дочернего предприятия по обслуживанию клиентов, находящихся в западных областях России. В будущем там будет осуществляться сбыт и все регенерационные работы по запасным и быстроизнашивающимся деталям Händle, а также предлагаться весь сервис по мундштукам и головкам пресса фирмы ZMB Braun. Глеб Юшин (Санкт-Петербург), который с 2007 года успешно представляет фирму Händle в России, будет в дальнейшем возглавлять представительство по новым машинам и установкам в областях на западе России. Фирма ООО «Хендле Урал» (г.Челябинск) возьмет на себя представительство фирм Händle и ZMB Braun на востоке России.

Таким образом гарантируется наилучшая поддержка наших клиентов на местах во всех регионах России.

Händle GmbH Maschinen und Anlagenbau
www.haendle.com

Крутонаклонные транспортеры VHV

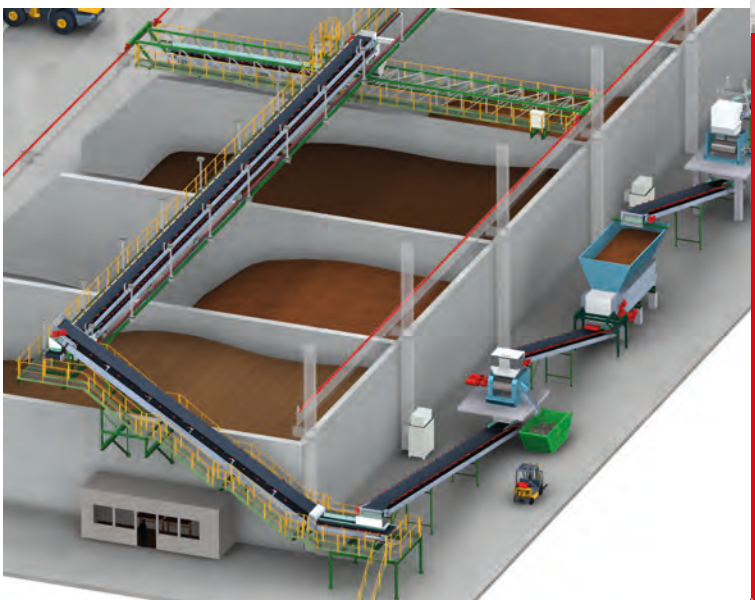
Конвейерная техника должна быть приспособлена к условиям строительства, и потому для нее крайне важна модульность конструкции. Технологические решения под конкретный заказ с учетом требования значительной экономии места и соблюдения чистоты на производственных объектах клиентов – все это обеспечивает конвейерная техника фирмы VHV Anlagenbau. Фирма не только осуществляет поставки транспортеров, но и ведет планирование и трехмерное проектирование соответствующих производственных линий. Это позволяет оптимально использовать пространство в случаях, когда оно ограничено, и дает наглядное представление о том, как будет выглядеть смонтированная на предприятии линия на всей ее протяженности. Многолетний опыт, а также точное проектирование транспортеров с расчетом требуемых параметров производительности гарантирует бесперебойное производство. Заказчики получают поддержку уже на этапе планирования производственных линий или заводов, поэтому становится возможной разработка чрезвычайно эффективных концепций.

Для наклонной транспортировки сыпучих материалов под очень большим углом VHV Anlagenbau предлагает, помимо прочего, двухленточный транспортер, который доказал свои преимущества в сравнении с традиционными. Двухленточный транспортер нового поколения обеспечивает непрерывную вертикальную транспортировку при небольшой приводной мощности и незначительных затратах на чистку и техобслуживание. На этом конвейере, используя гладкие ленты, можно осуществлять транспортировку под очень большим углом наклона на высоту около 35 метров. Двухленточный транспортер VHV применим для материалов с размером частиц от 1 до 100 мм. Он обеспечивает соблюдение чистоты сортировки без попадания остатков и примесей тогда, когда транспортируются один за другим различные материалы. Оснащение эффективными скребковыми и очистительными системами при использовании обычных гладких лент значительно снижает затраты на техобслуживание и чистку двухленточного транспортера VHV в сравнении с тем, что требуют вертикальные, шахтные и карманные конвейеры.

Конечно, лучше всего иметь прямую связь с производителем, обладающим абсолютной компетенцией. Фирма VHV все свое оборудование производит на собственном заводе, используя только качественные материалы. VHV Anlagenbau гарантирует применение технического ноу-хау, инновационных решений с достижением высокого качества.

На ваши вопросы о конвейерной технике VHV с готовностью ответят квалифицированные сотрудники фирмы.

VHV Anlagenbau GmbH
www.vhv-anlagenbau.de



16-я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
16th SPECIALIZED EXHIBITION FOR CONSTRUCTION MATERIALS

ufi Approved Event

ОСМ 2015

27 – 30 января January
Москва, ЦВК «Экспоцентр», пав. №7
Pav. №7, Expocentre Fairgrounds, Moscow

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ / IN THE FRAME OF EXHIBITION:

CERAMATECH

2-я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СТАНКОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И СЫРЬЯ ДЛЯ ИНДУСТРИИ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2ND SPECIALIZED SHOW FOR CERAMIC INDUSTRY MACHINERY, EQUIPMENT, TECHNOLOGY AND RAW MATERIALS

РЕКЛАМА

16+

Электронный пригласительный билет
www.osmexpo.ru

Организатор / Organizer: ЕВРОЭКСПО EUROEXPO

Генеральный спонсор / General sponsor: MOSKERAM

Генеральный партнер CERAMATECH / General partner CERAMATEC: ects

Стратегический партнер / Strategic partner: АПКСМ

Партнеры выставки / Exhibition partners: Ассоциация производителей силикатных изделий; Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона

При содействии / With assistance: ЭКСПОЦЕНТР

Официальное аналитическое агенство / Official Analytical Agency: INFOLine

Генеральный медиа-партнер / General Media Partner: ВашДом.RU

Генеральный интернет-партнер / General internet-partner: RMNT.RU

Официальный интернет-партнер / Official internet-partner: ради дома PRO www.radidomapro.ru

Ведущий интернет-партнер / Leading internet-partner: ForumHouse.ru

Ведущий отрослевой интернет-партнер / Leading Sectoral Internet Partner: Строительство.ru

Информационная поддержка / Information support: Строительная газета; Стройка группа газет; Современный дом; Композит XXI век; проекты Коттеджей; Журнал Технологии строительства

Первое полугодие стало для Capaccioli успешным

Фото: Capaccioli

» Фотоэлектрическая установка на крыше производственного цеха в Синалунге

Первые шесть месяцев 2014 г. для предприятия Capaccioli оказались чрезвычайно успешными. Портфель заказов пополнился множеством новых проектов, реализуемых в различных странах мира. Во втором полугодии ожидается дальнейшее увеличение количества заказов. Кроме того, различные инвестиции, осуществляемые предприятием, обеспечивают его дальнейший рост.

Благодаря инвестициям завод Capaccioli в Синалунге «зеленеет»

На заводе в Синалунге, главной резиденции Capaccioli, реализованы инвестиции в целях претворения в жизнь новой политики предприятия, направленной на экологичность. Новая фотоэлектрическая установка, смонтированная на крыше завода, при хорошем солнечном освещении дает несколько меньшее количество энергии, чем установленная ранее. Тем не менее, благодаря тщательному изучению различных факторов, соответствующему выравниванию нагрузки и правильной организации рабочих процессов это количество покрывает большую часть энергии, требуемой для работы производственного оборудования. Завод оснащен самой современной техникой для производства линейки собственной продукции. В выходные и праздничные дни избыточная энергия направляется в национальную сеть и продается отечественным промышленникам.

Развитие бизнеса: новые филиалы и офисы для сбыта за рубежом

В 2013–2014 гг. организация сбыта фирмы Capaccioli получила значительное развитие. Сегодня сбытовая сеть Capaccioli с отделениями и региональными руководителями по сбыту покрывает 90 % стран мира, и она постоянно расширяется. В 2015–2014 гг. для лучшего освоения некоторых регионов и обеспечения большей близости к заказчикам предусмотрено открыть три новых филиала.

Новые здания и офисы, больше персонала для сбыта и обслуживания техники

После расширения в 2012 г. производственной зоны группа Capaccioli недавно приобрела новые площади, что должно отвечать ее росту.

- Отдел производства: в целях расширения площадей для производства к концу 2014 г. должны быть возведены новые цехи
- Офисы: в результате последнего расширения размер офисных площадей филиала в Синалунге, предназначенные для нынешних и будущих сотрудников отдела управления, увеличился вдвое

Capaccioli вводит в состав персонала новых инженеров и руководителей по сбыту с тем, чтобы способствовать дальнейшему развитию. Продолжается кампания по найму новых работников.

Capaccioli s.r.l.
www.capaccioli.com

Усовершенствованная серия двухвальных смесителей с ситом фирмы Händle пользуется успехом

При разработке двухвального смесителя с ситом изначально на первом плане стояла функция отсортировки. Однако успех этот смеситель завоевал в качестве многофункциональной системы подготовки сырья, осуществляющей смешивание, увлажнение, пропаривание, пластификацию, гомогенизацию, измельчение и отсортировку.

Фирма Händle заменила шнек с двухлопастной головкой сплошным шнеком. Такое усовершенствование шнекового блока позволило значительно снизить мощность привода (примерно на 20 %). Другим положительным следствием стало уменьшение отклонения смесительного вала и явное снижение износа в области шнековой втулки.

Для очистки материала перед экструзией при изготовлении продукции с очень тонкими перемычками используются преимущественно сита с очень мелкими ячейками (4 × 40 мм). Несмотря на столь мелкую перфорацию сит достигается высокая пропускная способность (более 70 т/ч), причем при загруженности машины всего лишь примерно на 70 %. Сравнение опытной серии смесителей с ситом фирмы Händle с конкурирующими машинами, которые имеют иной принцип функционирования, не выявило никаких поддающихся измерению различий в отношении эффективности очистки и пластификации материала. Вместе с тем обнаружились преимущества смесителей с ситами Händle, а именно:

- высокая пропускная способность даже при использовании мелких сит;
- очень хороший перемешивающий эффект (на перемешивание можно оказывать влияние позицией лопастей и ножей с противоположным вращением);
- быстрая смена сит или переналадка их перфорации в соответствии с типом производимого изделия;
- низкое энергопотребление;
- простая замена деталей благодаря хорошему доступу и ясной конструкции машины;
- долгий срок службы и низкие эксплуатационные расходы благодаря применению износостойких материалов;
- допустимы подача воды, пара и внесение добавок.

Серия двухвальных смесителей с ситом представлена двумя модификациями. Модель MDSG с гидравлическим перемещением сит предназначена для обработки сырьевых материалов, имеющих загрязнения в виде камней, древесины, корней, травы, соломы, полимерных материалов и проч. Кроме того, предлагается модель MDG. Она меньше стоит, оснащена неподвижно установленным ситом и используется для сырьевых материалов, которые не содержат никаких загрязнений вообще или лишь незначительное их количество.

Применение двухвальных смесителей с ситом фирмы Händle, в особенности при производстве кирпича для забутовки, показывает, что качество продукции значительно улучшается.

Händle GmbH Maschinen und Anlagenbau
www.haendle.com

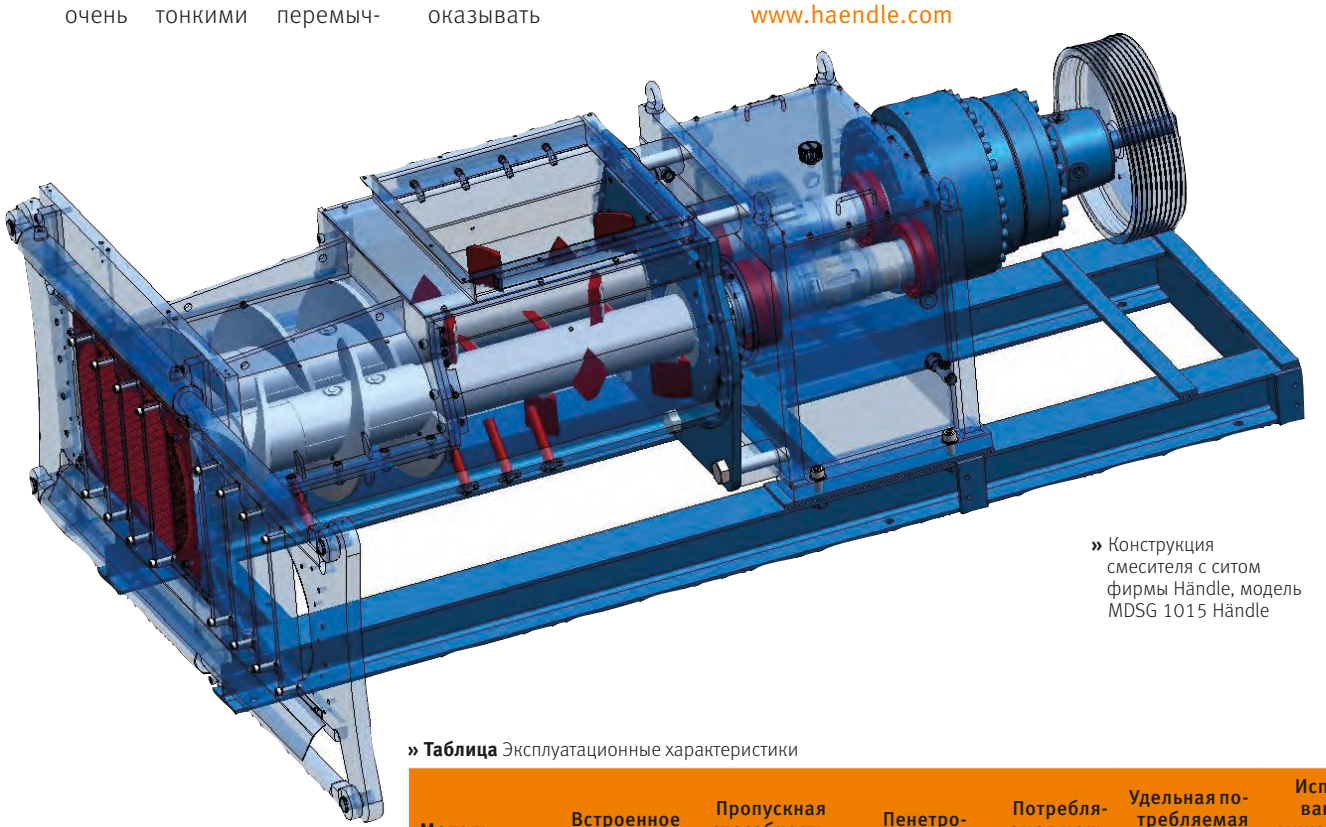


Фото: Händle

» Конструкция смесителя с ситом фирмы Händle, модель MDSG 1015 Händle

» **Таблица** Эксплуатационные характеристики

Модель	Встроенное сито	Пропускная способность (т/ч)	Пенетрометр	Потребляемая мощность (кВ)	Удельная потребляемая мощность (кВт·ч)	Использование номинального крутящего момента (%)
MDSG 1215	4 × 40	69.0	2.1	149	2.16	73
MDSG 1015	4 × 40	49.9	1.1	53	1.08	43

Быстрая сушка глиняной черепицы в роликовых сушилках

Фото: Sacmi

» 1 Вид на две роликовые сушилки

Мощность нового завода Creaton-Etex по производству кровельной черепицы в польском городе Кощчан – 30 млн шт. черепицы и 2,4 млн шт. комплектующих изделий в год. Все оборудование для процесса сушки поставлено фирмой Sacmi. Это сушилки, системы транспортировки, элементы RAT и системы выгрузки высушенной черепицы. Для обработки огромного объема продукции фирма Sacmi установила две роликовые сушилки с такими характеристиками:

- длина – 78,9;
- ширина канала – 3 810 мм;
- число каналов – 6;
- габариты сушильных поддонов (9 шт.) – 3 660 мм × 565 мм;
- цикл сушки – 220 мин;
- максимальная температура – 120 °C

На этой установке менее чем за 4 часа продукция высушивается до остаточной влажности ниже 2 %, при этом имеются великолепные возможности для гибкого регулирования мощности. Сушилку можно, например, в процессе производства остановить. Кроме того, благодаря высокоэффективной системе рекуперации тепла возможна быстрая сушка с потреблением газа и энергии на уровне нормальной туннельной сушки. Сушилка Sacmi дает ряд преимуществ:

- снижение инвестиционных затрат;
- отсутствие затрат на фундамент;
- меньшая потребность в площади;
- более быстрый монтаж (предварительный сбор сушилки);
- максимальная гибкость;
- чрезвычайно быстрое распознавание дефектов продукции.

Сушилка для комплектующих изделий

В комплект сушилки для комплектующих изделий входит полностью автоматическая установка (включая подвижные сушильные поддоны) с восемью сушильными камерами большого объема (рабочая высота – 5 630 мм, ширина – 3 400 мм) и четырьмя малыми сушильными камерами для более мелких партий.

Все фото: Sacmi

» 2 Транспортировка высушенной черепицы

Sacmi Imola S.C.
www.sacmi.com

Sacmi покупает 60 % фирмы Cosmec

Группа Sacmi Imola приобретает долю (60 %) в фирме Cosmec, чтобы стать мировым лидером в поставках технологий для кирпичной промышленности и получить конкурентные преимущества в отношении технического ноу-хау, для организации сети и выхода на рынок во всех важных секторах отрасли.

Cosmec, предприятие из Виченцы, имеет богатые традиции. Оно специализировалось на производстве автоматизированных машин и систем для кирпичной промышленности, имеет впечатляющий круг заказчиков и отличную репутацию на различных развивающихся рынках, например, в Алжире, России и Южной Америке. А Sacmi со своей линейкой изделий строительной керамики «Heavy Clay Division» в 2013 г. достигла значительных успехов в Латинской Америке, России и Восточной Азии. Это стало возможным благодаря, в частности, инновационному развитию сушилок и печей, а также все большей специализации на полностью автоматизированных решениях для перемещения продукции, устройств транспортировки и процессов, осуществляемых в конце производственной линии.

Группа Sacmi, будучи игроком глобального масштаба в области промышленного машиностроения, располагая более чем 4 тыс. работников и 70 дочерними предприятиями по всему миру и имея доли в различных сферах бизнеса, нашла в Cosmec ключевое предприятие, с помощью которого может усилить собственные позиции на рынке строительной керамики. В то же время Sacmi предоставляет Cosmec шанс и в дальнейшем продвигать свою прежнюю марку.

Cosmec работает в отрасли с 1974 г. В 2011 г. группа промышленников из Виченцы арендовала ослабленное предприятие и инвестировала в накопленный им опыт, в имевшуюся систему производства и сбыта. Благодаря этому через пару лет марка Cosmec с успехом вернулась на международные рынки. Теперь, войдя в группу Sacmi, предприятие получает возможность стать признанной величиной в сфере производства автоматизированной техники для изготовления кирпича.

Источник: Sacmi

Пьетро Кассани, генеральный директор Sacmi Imola, подчеркивает, что теперь его фирма ведет конкурентную борьбу на равных с ведущими предприятиями отрасли и может принимать вызовы глобального рынка машин и систем для индустрии строительной керамики, годовой оборот которого он оценивает в 450 млн евро.

Оптимизация кровельной черепицы с помощью метода конечных элементов

Фирма Bongioanni Stampi, сохраняя верность своим традициям, оказывает клиентам постоянную поддержку, осуществляя инновации и ведя новейшие технические разработки.

Форма кровельной черепицы уже давно является вопросом не только эстетики, прочности и простоты укладки. При разработке черепицы учитываются также критерии, отвечающие требованиям заказчиков, в том числе в отношении таких технологических процессов, как:

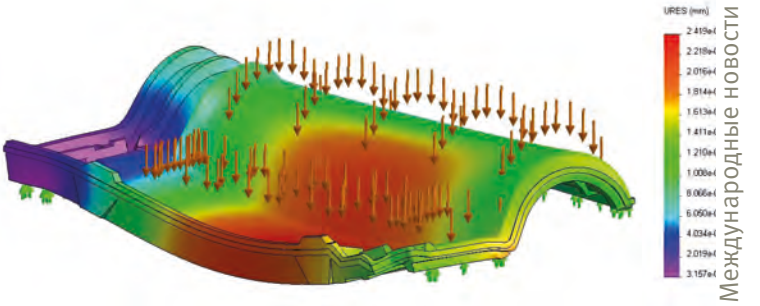
- транспортировка – передвижение на соответствующих транспортных средствах;
- сушка/обжиг – садка на средствах загрузки/выгрузки;
- упаковка – количество черепицы, размещаемой на поддоне, и точки соприкосновения между отдельными изделиями.

Сегодня электронная обработка данных позволяет смоделировать все нагрузки, которым подвергается черепица, уложенная на крыше.

» **1** Геометрия черепицы до оптимизации

» **2** Черепица усовершенствованной геометрии

Все фото: Bongioanni Stampi



» **3** Моделирование параметров стойкости черепицы

Наряду с проведением лабораторных испытаний на стойкость, которые необходимы для соблюдения требуемых норм, можно заранее рассчитать (или изменить) параметры черепицы посредством моделирования испытываемых ею нагрузок. Таким образом вырабатывается наилучшая геометрия для достижения максимально возможной прочности и оптимизации веса черепицы при последовательной экономии энергии в процессе производства и транспортировки.

Моделирование португальской черепицы

Примером такого подхода является усовершенствование португальской черепицы, предпринятое фирмой Bongioanni Stampi. Целью оптимизации было устранение обычных для этой черепицы рубчиков. Этим не только бы достигалось уменьшение веса, но и убирались бы теневые эффекты на видимой стороне, возникающие из-за функциональных усилений в нижней части черепицы. Результатом исследования стало снижение веса обожженной черепицы на 5 %.

Bongioanni Stampi предлагает подобную услугу применительно ко всем видам черепицы любого производителя. С помощью сканера 3D можно смоделировать и оптимизировать черепицу как в сыром состоянии, так и в обожженном.

PY Gaulard

Bongioanni Stampi S.r.l.
www.bongioannistampi.com

Wienerberger перенимает Tondach Gleinstätten

Приобретая группу Tondach Gleinstätten, фирма Wienerberger продолжает укреплять свое присутствие в Восточной Европе и усиливает позиции на важнейших европейских рынках как поставщик глиняной черепицы. До этой международной сделки 50 % акций Tondach Gleinstätten находились во владении Wienerberger и столько же – у двух частных семейных фондов. После завершения сделки Wienerberger имеет 82 %. Окончательная цена покупки – 42,8 млн евро. Эта сумма образовалась из платежа в 19,4 млн евро и стоимости переданных собственных акций, которая составляла 23,4 млн евро.

В годы, предшествовавшие кризису, группа Tondach Gleinstätten инвестировала в создание сети современных эффективных предприятий в Восточной Европе. По причине значительного снижения строительной активности в этом регионе Tondach Gleinstätten в 2012 и 2013 гг. осуществила широкомасштабную программу реструктуризации, приспособив структуры своего бизнеса к условиям рынка. Меры были направлены преимущественно на сокращение производственных мощностей, оптимизацию управленческих органов и осуществление четкого управления оборотным капиталом. Председатель правления Wienerberger AG Хаймо Шойх ожидает, что в 2014 г. оборот Tondach составит около 155 млн евро, а прибыль (ПДПНИА) – около 23 млн евро.

Группа Tondach Gleinstätten с главным офисом в Гляйнштетте (Австрия), располагающая 15 производственными площадками в восьми странах, является ведущим поставщиком глиняной керамики в Центральной Европе. В 2013 г. предприятие, насчитывавшее 1 тыс. 830 работников, достигло оборота в 153,6 млн евро, получив прибыль (ПДПНИА) в 19,5 млн евро.

Wienerberger AG
www.wienerberger.com

Торжества по случаю открытия завода в Мамадыше

Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов, премьер-министр Ильдар Халиков, министр строительства Ирек Файзуллин и генеральный директор фирмы Talleres Felipe Verdés S. A. Карлос Горхс. в торжественной обстановке открыли 6 августа новый кирпичный завод компании «Стройсервис» в городе Мамадыш, Татарстан. В своей праздничной речи Рустам Минниханов сообщил, что после введения в эксплуатацию производительность нового завода должна достичь 60 млн штук кирпича в год. Президент охарактеризовал керамический кирпич как современный строительный материал, пользующийся высоким спросом. Он поблагодарил испанских партнеров и инвесторов за поддержку в модернизации производства. Рустам Минниханов подчеркнул, что новый завод открывается в преддверии Дня строителя и пожелал все строительным предприятиям хорошо отметить их профессиональный праздник.

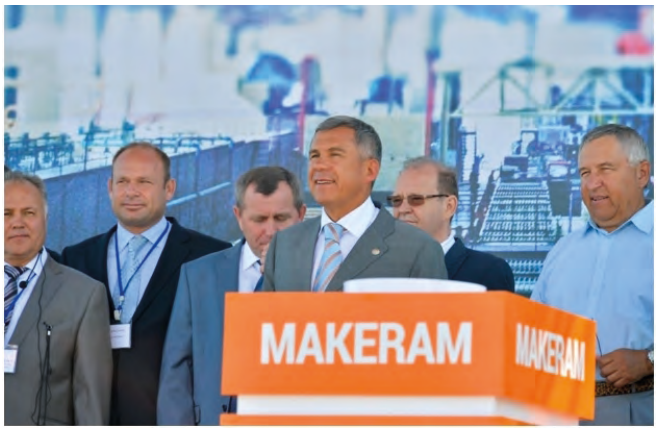


Фото: Verdes

» 1 Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов (на переднем плане) при открытии завода подчеркнул значение кирпича, как строительного материала

» 2 Почетные гости торжественно принимают завод в эксплуатацию

Установка в Мамадыше – это уже второй завод в Татарстане, полностью оснащенный технологией от фирмыVerdes. . В Верхнеуслонском районе другой производитель уже более шести лет выпускает на заводе ФОН по технологии Verdes высококачественные облицовочные материалы.

Talleres Felipe Verdés, S. A.
www.verdes.com

Скоростные роликовые сушилки Capaccioli

На заре своей деятельности в 1950–60-х годах фирма Capaccioli занималась в основном выпуском сушилок роликового типа и систем автоматизации. Сегодня предприятие поставляет весь спектр оборудования для производства строительного кирпича и кровельной черепицы: установки для подготовки глины сухим и влажным способом, сушилки, печи для обжига, а также средства автоматизации и упаковочное оборудование.

История скоростных сушилок

В 1960-е годы специалисты Capaccioli разработали первую скоростную сушилку с механизмом загрузки и выгрузки. Постепенно ее конструкция совершенствовалась и вскоре на рынок вышла первая модель известной сегодня сушилки Scirocco. В те годы строительная отрасль Италии переживала бум, города быстро росли, а на рынке большим спросом пользовались легкие строительные конструкции, в частности, блоки с высокой пустотностью (>50 %) для перегородок, потолков и наружных стен. Эти изделия, изготовленные из соответствующих видов глины, отлично подходили для скоростной сушки, так что су-

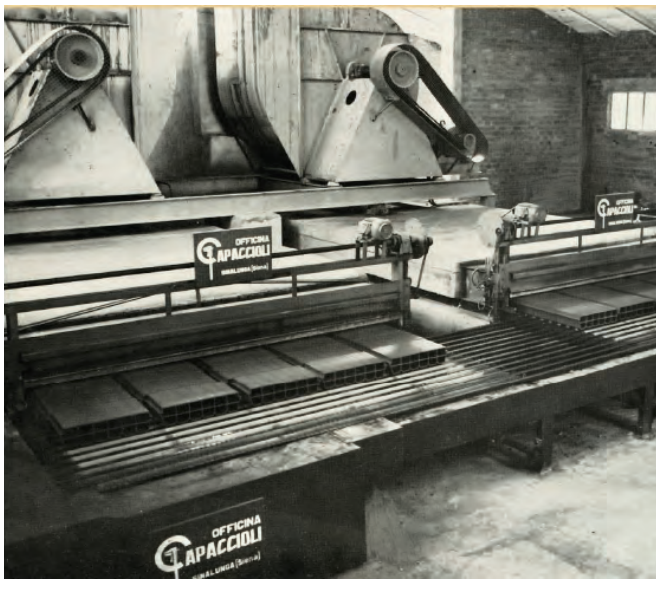
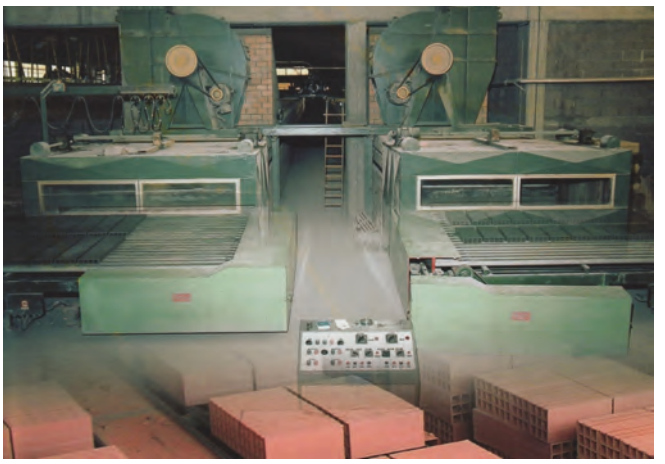


Фото: Capaccioli

» 1 Сушилка Scirocco: Италия, 1960



» **2** Двухуровневая сушилка Sciroccо: Италия, 1980

» **Таблица 1** Типовые технические характеристики двухуровневой сушилки Sciroccо с пропускной способностью 800 тонн в сутки

Описание / Размеры		
Длина	135	м
Ширина (по внешнему контуру)	4	м
Рабочая высота	1,5	м
Типовой пустотелый блок	15 × 30 × 30	см
Вес	7,35	кг
Количество изделий фронтально	10	
Количество изделий в глубину	6	
Цикл сушки	160	мин
Производительность	108 843	шт/сутки
	800	т/сутки

шилки Sciroccо производства Capaccioli оказались востребованы на рынке.

Первая сушилка подобного типа была установлена на заводе по производству строительного кирпича компании Moccia Industria, поэтому за этой специальной моделью сушилки закрепилось название Moccia. Сегодня благодаря многочисленным доработкам конструкции скоростные сушилки Sciroccо известны во всем мире как производительные и эффективные установки, идеально подходящие для современных линий по производству кирпича.

Описание

Конструкция: подлежащие сушке изделия перемещаются на подвижных вальцах по выложенному кирпичом туннелю.

Рабочий воздух подается в противоположном направлении: на входе сушилки сырец вступает в контакт с воздухом низкой температуры и повышенной влажности. Постепенно температура повышается, а влажность понижается. За счет высокой скорости потока (от 20 до 24 м/с) теплообмен происходит очень быстро, эффективно и равномерно. Ближе к выходу сушилки центробежными вентиляторами нагнетается отработанный воздух печи, который при необходимости нагревается горелками. На входе сушилки влажный отработанный воздух всасывается двумя мощными центробежными вентиляторами и выводится наружу.

Транспортировка заготовок: изделия укладываются рядами, выравниваются и автоматически подаются в сушилку. Далее они перемещаются при помощи роликов, работающих от приводных двигателей с инверторами. Скорость вращения роликов может регулироваться в зависимости от вида подлежащих сушке кирпичных изделий и требуемой продолжительности цикла сушки.

Различные типоразмеры и габариты сушилок: наиболее популярная сушилка имеет несколько каналов, в каждом из которых есть два уровня транспортировки изделий.

Цикл сушки: от 80 до 160 минут.

Возможные конфигурации скоростных сушилок Capaccioli

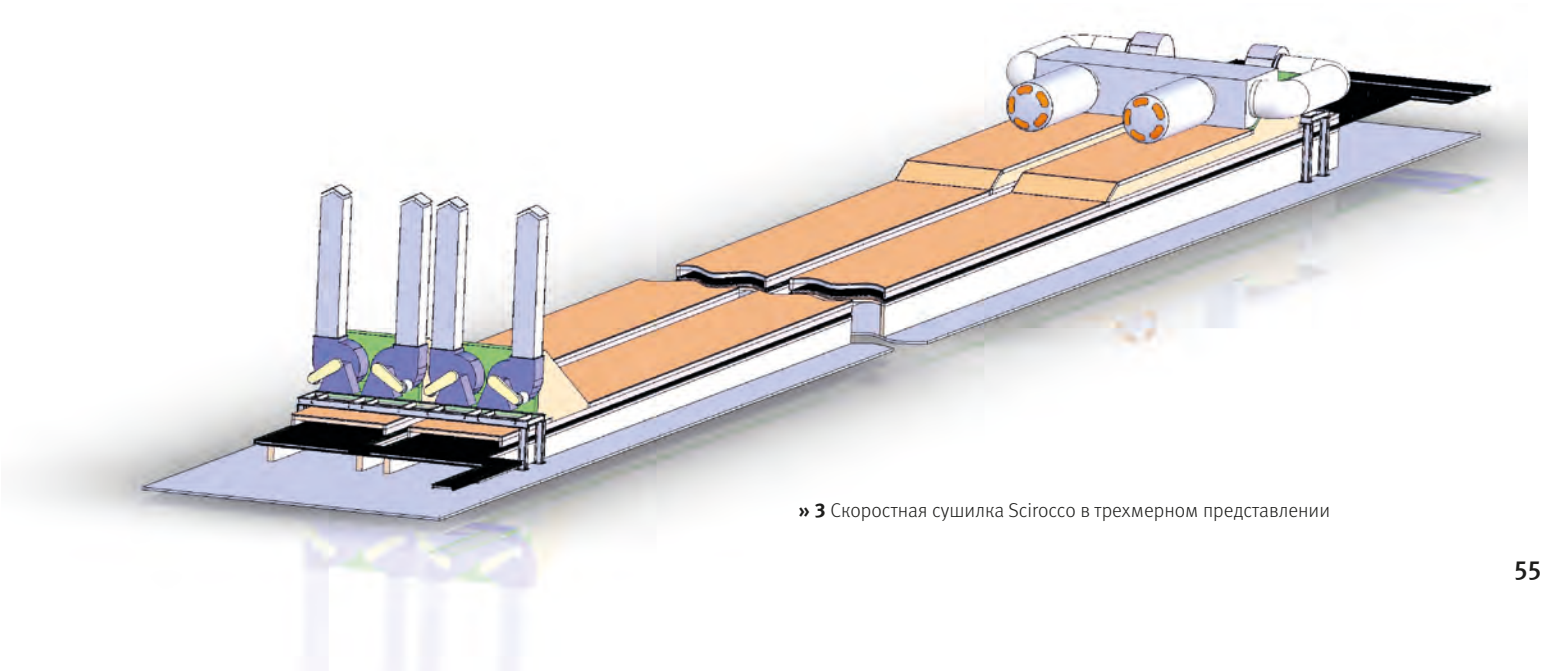
- Sciroccо-M (Moccia) – одноканальная.
- Sciroccо DL – (одноканальная, двухуровневая): 90 % распространенных сегодня пустотелых блоков можно загружать в два уровня в одном туннеле, таким образом пропускная способность однотуннельной сушилки удваивается.
- Sciroccо M2T (двухуровневая, двухтуннельная, с подъемным устройством), два канала.

Несколько каналов и уровней: расположенные рядом и взаимосвязанные одиночные и двойные каналы с одно- или двухуровневой загрузкой можно без ограничений комбинировать для достижения требуемой производительности.

Преимущества

Малый объем капиталовложений: как правило, они ниже по сравнению с другими скоростными сушилками или сушилками непрерывного действия, так как в данном случае установка состоит всего лишь из выложенного кирпичом корпуса простой конструкции, вентиляторов, горелок и роликовых опор. И поскольку сложной системы загрузки и выгрузки сушилка Sciroccо не требует, то и расходы на ее автоматизацию также невелики.

Низкие расходы по техническому обслуживанию: сушилка состоит из роликовой опоры, нескольких устройств



» **3** Скоростная сушилка Sciroccо в трехмерном представлении

автоматического управления и дверей. Необходимый объем работ включает в себя смазывание роликов, а также стандартные процедуры обслуживания вентиляторов и регулировочных клапанов. Детали электрооборудования не подвергаются воздействию высоких температур.

Простой и быстрый монтаж: благодаря чрезвычайной простоте конструкции монтаж и запуск сушилки осуществляются в кратчайшие сроки.

Малый расход топлива: по сравнению с другими сушилками (например, скоростными полочными сушилками и сушилками непрерывного действия), расход топлива здесь меньше, так как механические детали в каждой зоне работают при одних и тех же температурах. Тепловая энергия направляется исключительно на сушку кирпича, поскольку здесь нет ни стеллажей, ни вагонеток, которые бы забирали часть тепла и теряли его при выходе из сушилки. В принципе сушилка может работать на любом типе топлива, однако наиболее эффективно в данном случае тяжелое жидкое топливо; наличие теплообменника не требуется, так как отработанный печной воздух может направляться напрямую в канал сушилки без потери теплопроизводительности.

Управление процессом сушки

Благодаря компактности установки процесс сушки можно легко контролировать с верхней части сушилки и корректировать возникающие отклонения от нормы в режиме реального времени. Сушилка может оснащаться системой автоматического управления Capaccioli от ПК или пульта.

Capaccioli 2014: Новая линия подготовки глины

В 2014 году фирма Capaccioli представит новое оборудование, завершающее вертикальную интеграцию производственного процесса. Данное оборудование ориентировано на тех заказчиков, которые в силу технических причин предпочитают использовать тонкодисперсные глины либо глины с малой влажностью. Новая линия подготовки глины состоит из:

- различных машин для дробления и размола
- грохотов
- систем увлажнения
- ковшовых элеваторов
- системы складирования

Capaccioli s.r.l.
www.capaccioli.com

Современнейшее предприятие Европы открыто в городе Мамадыш

Как и планировалось, 6 августа 2014 г. в городе Мамадыш, Татарстан, открылся завод «Макерам». Это новое предприятие компании «Стройсервис» будет производить керамический кирпич и крупноформатные поризованные блоки. Проект разработан и реализован испанской фирмой «Экипсерамик А.О.».

По степени автоматизации и роботизации завод в Мамадыше не имеет аналогов в России. Более того, это самое современное предприятие Европы в отрасли строительной керамики.

Завод будет работать в три смены. Персонал состоит из профессионалов – жителей Мамадыша. Специалистов для управления новым оборудованием подготовила также фирма «Экипсерамик».

Производственная мощность завода составляет 60 млн. штук облицовочного кирпича в год, изделия выпускаются 17-ти видов. Оборудование «Экипсерамик» обеспечивает быструю смену конфигурации процесса и переход с одного типа изделия на другой. Продукции можно придавать различный цвет, текстуру и форму.

Открытие завода, приуроченное к празднованию Дня строителя, было отмечено присутствием Президента Республики Татарстан Рустамом Минниханом. В приветственной речи Президент охарактеризовал, в частности, керамический кирпич как современный строительный материал, пользующийся высоким спросом. Он поблагодарил испанских партнеров и инвесторов за поддержку в модернизации производства. В заключение Президент Татарстана нажал кнопку запуска производственного процесса.

Equipceramic, S.A.
www.equipceramic.com

Специалисту – на рабочий стол

- Ведущий в мире журнал для индустрии производства кирпича, кровельной керамики, керамических труб, огнеупорной и облицовочной, а также любой другой строительной керамики. Международным сообществом специалистов отрасли признан эталоном технической компетенции. «ZI international» выходит в Германии с 1946 года.
- 85 процентов тиража журнала распространяются за пределами Германии. С 2007 года выпускается и на русском языке, с 2013-го доступен в России по подписке.
- Статьи журнала охватывают широкий круг тем – от машин и оборудования для кирпичных заводов до микропроцессоров, от собственно производства до транспортировки и применения готовой продукции. Наряду с научными разработками по технологии строительной керамики во главу угла ставятся вопросы организации и рационализации ее производства. Новости о фирмах, объединениях и продуктах позволяют постоянно быть в курсе событий отрасли.
- Журнал служит признанной площадкой международного обмена опытом на основе новейших научных достижений. Его практическое значение для современного российского предприятия невозможно переоценить.
- «ZI international – Кирпич и черепица» выходит 4 раза в год. Стоимость подписки – 7.980,00 руб или 149,80 €.
- Цена включает доставку из Германии заказной бандеролью, с приложением к каждому экземпляру комплекта документов в соответствии с требованиями российского законодательства (договор, авансовый счет, счет-фактура и акт выполненных работ).

Вопросы? Интерес к подписке?
Позвоните или напишите нам:

Тел.: +49 421 427 9843
Факс: +49 421 427 9845
e-mail: abo@hmg.de

Немецкую и английскую онлайн-версии можно увидеть на сайте www.zi-online.info

Creating Solutions для грубокерамической промышленности

Компании, принадлежащие группе КЕЛЛЕР: КЕЛЛЕР ХЦВ, Морандо и Ритер построили ультрасовременный кирпичный завод БРАЕР в центральной части России, г. Обидимо Тульской области. Годовой выпуск завода, отвечающего современному техническому уровню и являющегося одним из крупнейших во всей России, составляет 105 млн. стандартного лицевого кирпича. В объём поставок входит всё необходимое для комплектации полностью автоматической линии по производству керамических лицевых кирпичей и строительных блоков технологическое оборудование: экструдер, автоматы-резчики, системы транспортировки кирпичей и паллет, роботы – садчики, туннельная сушилка, туннельная печь, устройства пересадки и упаковки. Благодаря высокой степени универсальности технологического оборудования возможен выпуск ассортимента керамических строительных материалов, соответствующих ГОСТ 530-2007. Кроме того, проектом предусмотрено использование в будущем таких новейших технологий, как плоскопараллельное шлифование и заполнение поризованных блоков изоляционным материалом.

KELLER HCW GmbH

Карл-Келлер-Штрассе 2-10 • 49479 г. Иббенбюрен-Лаггенбек
Германия

Morando S.r.l.

Страда Рилате 22 • 14100 г. Асти • Италия

ООО КЕЛЛЕР ВОСТОК

Тимирязевская улица, дом 1, строение 2, офис 2201
127422 г. Москва • Россия
Телефон: +7 495 6462821 • Телефакс: +7 495 6462834
Email: info@keller-hcw.ru • www.keller-hcw.ru
facebook *www.facebook.com/keller.hcw*

KELLER A DIVISION OF GROUPE LEGRIS INDUSTRIES