

NETZSCH

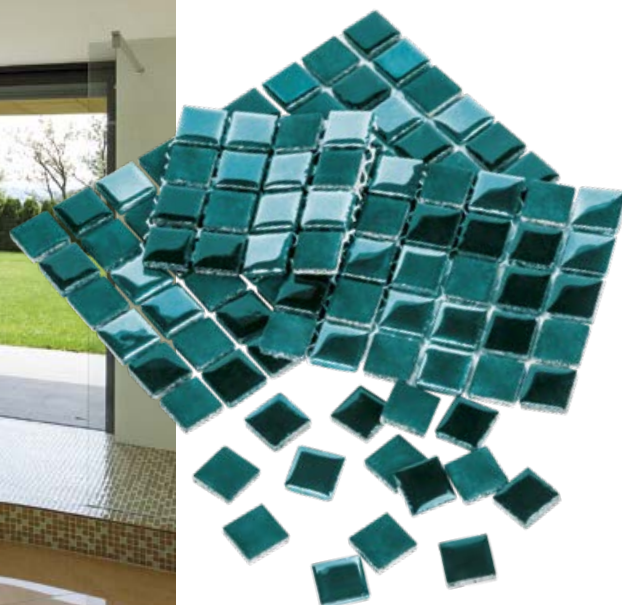
Proven Excellence.



Дилатометр серии DIL 402 *Expedis Classic*

Метод, прибор, применения

Analyzing & Testing



Дилатометрия

Дилатометры фирмы NETZSCH предоставляют точную информацию о расширении или сжатии во время термической обработки керамики, стекла и строительных материалов. В частности, понимание процесса выгорания связующего вещества в процессе обжига и влияния добавок в процессе спекания необходимо при изготовлении керамических материалов. Даже нанесение глазури, например, на фарфоровые изделия, требует знания точных значений изменений размеров изделия и глазури при взаимном контакте во время обжига.

Изменения состава стекол могут быть просто и быстро определены с помощью измерения коэффициента термического расширения или определения температуры стеклования. Например, важно учитывать соответствие термического расширения различных стекол при их контакте друг с другом, что позволяет избежать возникновения напряжений в стекле и образования трещин.

Влага и фазовые переходы влияют на расширение и усадку строительных материалов, например, бетона. Они могут оказать существенное влияние на статическую надежность и долговечность систем в период эксплуатации.

Метод дилатометрии позволяет проводить исследование изменений размеров образца, таких как: расширение, сжатие, включая объемные изменения. В течение многих десятилетий этот метод успешно применяется в промышленных и научно-исследовательских центрах. Все NETZSCH дилатометры соответствуют стандартам, например, DIN EN 821, DIN 51045, ASTM E831, ASTM E228.

Метод определения изменения размеров

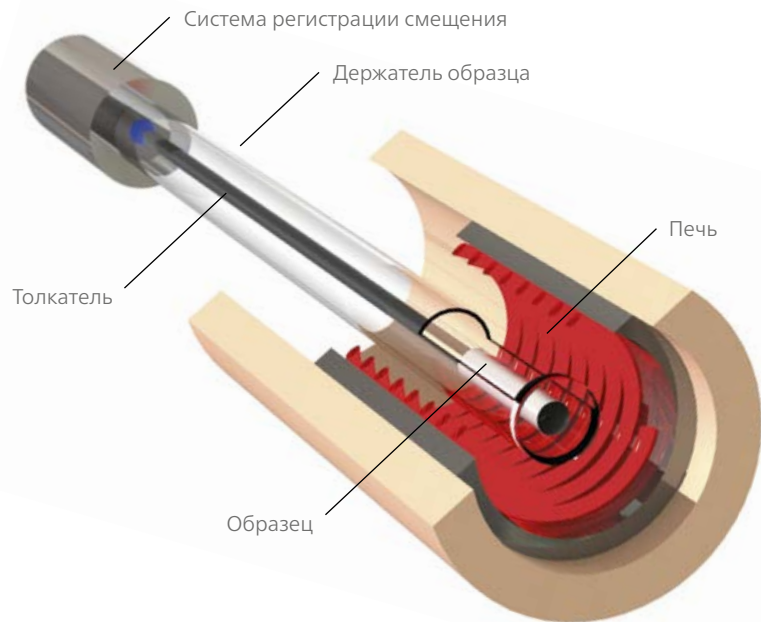
Дилатометрия с толкателем – это метод определения изменения размеров в зависимости от температуры или времени, когда образец находится под контролируемым температурным воздействием. Относительное удлинение, разделенное на разность температур, называется коэффициентом термического расширения материала (α) и, как правило, изменяется с температурой.

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \left(\frac{\Delta l}{\Delta T} \right)$$

α коэффициент расширения
 L_0 начальная длина образца
 ΔT разность температур
 Δl относительное удлинение

При подготовке дилатометрических измерений цилиндрический образец длиной обычно несколько сантиметров устанавливается в держатель и приводится в контакт с толкателем. После закрытия печи можно начинать эксперимент.

Термическое расширение образца во время нагревания фиксируется системой регистрации смещения, к которой подключен толкатель.



Результаты, которые могут быть получены из ДИЛ измерений:

- Линейное термическое расширение
- Коэффициент термического расширения (КТР)
- Объемное расширение
- Стадии сжатия
- Точка (температура) размягчения
- Влияние влажности
- Температура стеклования
- Фазовые переходы
- Температуры и стадии спекания
- Изменение плотности
- Влияние добавок и сырья
- Температура разложения, например, органического связующего вещества
- Анизотропное поведение
- Оптимизация процесса обжига
- Тепловые эффекты с использованием *c-DTA*®

Оптимизированное пользовательское

ПРОСТОТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Основное упрощение начинается с подготовки измерения при помощи метода на основе тестовых подпрограмм, предварительно определенных оператором. Функция MultiTouch помещает образец в оптимальное положение с помощью уникального движения толкателя. Начальная длина образца автоматически определяется в заранее заданном диапазоне контактной силы. Закрытие печи происходит мягко и с амортизацией, которая гарантирует стабильное позиционирование образца. Смена печи проста и не требует специальной подготовки. Всего несколько «кликов» необходимы для начала измерений.



ДИЗАЙН "ВСЕ-В-ОДНОМ"

Дилатометр DIL *Expedis Classic* доступен в виде одиночной или двойной/дифференциальной системы. В обеих версиях конструкция «все-в-одном» включает все аппаратные компоненты, которые обычно необходимы для точных дилатометрических измерений. Нет неудобных подключений кабелей, не требуется внешний охладитель.

ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ

Expedis Classic поддерживает бесперебойную работу вашего производства, требует минимального обслуживания, имеет длительный срок службы, прост и безопасен в эксплуатации. Совершенная конструкция прибора предусматривает возможность легкой замены системы держателя образца без риска деформации.

пространство



ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ В КАМЕРЕ ОБРАЗЦА

Заданная атмосфера является необходимым условием для получения точных результатов измерений и достигается с помощью газплотной конструкции и превосходной изоляции. Оптимальные условия измерения реализуются с помощью встроенного устройства подачи газа. Газы могут быть направлены через измерительную ячейку и камеру образца. Кроме того, температура в изолированной камере образца не зависит от колебаний температуры окружающей среды.

MODULAR CONFIGURATION
SINGLE OR DOUBLE THROUGHPUT
HIGH SAMPLE THROUGHPUT
FLEXIBILITY
FAST START OF MEASUREMENT
WIDE TEMPERATURE RANGE
TUBE TYPE SAMPLE HOLDERS
ROD TYPE SAMPLE HOLDERS
FURNACE VARIETY
EXCHANGEABLE FURNACES
CUSHIONING OF THE FURNACE
ROBUST
NANO EYE
AUTOMATIC SAMPLE
LENGTH DETERMINATION
PERFECT LINEARITY
EASE OF USE
HIGH RESOLUTION
ALL-IN-ONE
DESIGN
CONSTANT RESOLUTION
MULTITOUCH
LOW COST OF OPERATION
HIGH REPRODUCIBILITY
MAINTENANCE
FREE
HIGH PRECISION
VARIABLE CONTACT FORCE
GAS-TIGHT
FRAGILE SAMPLES
SOFT SAMPLES
INNOVATIVE FORCE CONTROL
INSULATED
MEASUREMENT CELL
NO CHILLER
PRECISE CONTACT FORCE
SLIDING THERMOCOUPLE
LONG-TERM MEASUREMENTS
DEMANDING APPLICATIONS
DEFINED ATMOSPHERE
FAST & EASY
SOLID

Новые параметры дилатометра

КОНТРОЛИРУЕМАЯ КОНТАКТНАЯ СИЛА

Контролируемая контактная сила позволяет оператору измерять небольшие, тонкие, хрупкие или вспененные образцы без риска их разрушения и деформации. Заданное контактное давление поддерживается постоянным во время измерения. Также эта функция позволяет получать хорошо воспроизводимые данные измерения длины образца независимо от оператора. Поэтому исключено влияние эффектов скольжения, трения, скачкообразного сдвига и т.д. на измерительную систему.





ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НУЖНОЙ ТОЧКЕ

Для удобного измерения образцов различной длины предусмотрена возможность регулировки положения термопары. Направляющий стержень позволяет перемещать термопару в нужное положение без изгиба.

NanoEye "НАБЛЮДАЕТ" ЗА ВАШИМ ОБРАЗЦОМ

Новейшая, передовая система регистрации смещения *NanoEye* («Наноглаз») имеет превосходную линейность и максимальное разрешение во всем диапазоне измерений, что до сих пор невозможно было представить. Сердцем *NanoEye* является оптоэлектронный датчик, способный кодировать положение и преобразовывать его в цифровой сигнал. Преимущество применения линейного датчика в том, что разрешение, точность и линейность остаются стабильными в течение всего измерения и во всем диапазоне рабочих температур. *NanoEye* не требует технического обслуживания.



Программное обеспечение *Proteus*[®]

Лучший подход для измерения и оценки

Уникальное программное обеспечение *Proteus*[®] для дилатометров предлагает все, что необходимо пользователю – это отлаженное, быстрое и эффективное получение надежных результатов. Программное обеспечение предоставляет широкий спектр функций, при этом имея четко структурированный пользовательский интерфейс. Оно интуитивно понятно и легко в освоении.

Но это еще не все. Есть еще несколько опций, возможности которых впечатляют даже самых опытных операторов - в частности, Определение Плотности, запатентованный *c-DTA*[®], Спекание с контролируемой скоростью и инновационное программное обеспечение Идентификация.

Коротко о специальных возможностях *Proteus*[®] для DIL 402 *Expedis Classic*

Определение точки размягчения

Программно-контролируемая регулировка силы (вкл. постоянную силу или меняющуюся линейно и ступенчато)

Определение плотности*

c-DTA^{®*}

Для температурной калибровки или определения тепловых эффектов

RCS*

Спекание с контролируемой скоростью

Идентификация*

Идентификация неизвестных кривых $\Delta L/L_0$ с помощью базы данных

Дополнительное программное обеспечение (для расширенной оценки полученных результатов измерения)

*Thermokinetics**

Программа по разделению пиков *PeakSeparation**
(для обработки первой производной)

* опция

Определение Плотности

Эта дополнительная программа позволяет определять изменения плотности образцов с различной консистенцией, т.е. изотропных твердых веществ, вязких материалов, таких как пасты, жидкости или расплавы, а также объемного расширения изотропных материалов.

Патентованный* *c-DTA*[®]

Сигнал *c-DTA*[®] предоставляет возможность одновременного анализа изменений длины и эндотермических / экзотермических эффектов. Поэтому он может быть использован для калибровки по температуре.

* DE102013100686

Идентификация

Встроенная термоаналитическая экспертиза

Беспрецедентная программа для идентификации и интерпретации результатов дилатометрических измерений включает в себя несколько библиотек NETZSCH с сотнями измерений, начиная от керамики, неорганики, металлов и сплавов до полимеров или органических материалов. Дополнительно могут быть созданы специальные пользовательские библиотеки. Они могут использоваться одновременно разными пользователями одной компьютерной сети.

Идентификация позволяет определять неизвестные образцы по формам уже измеренных кривых. Это открывает уникальную возможность сравнивать известные образцы с множеством других образцов, и позволяет делать выводы о качестве материала. И, наконец, все измерения могут быть сохранены в обширной базе данных, и всегда доступны для идентификации материалов или сравнения их качества.

Идентификация предоставляет всю информацию одним «кликом»

Идентификация

неизвестных измеренных кривых

Контроль качества

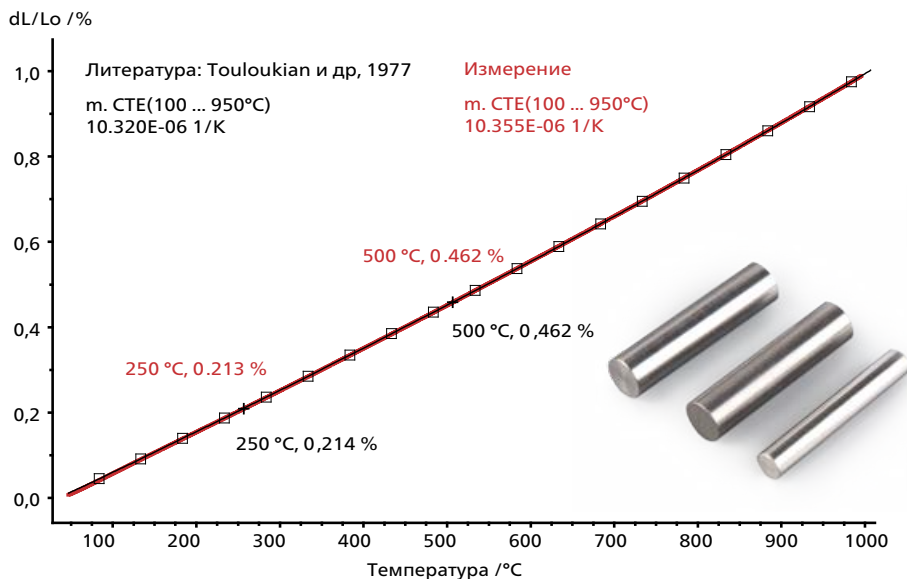
по соответствию между текущим измерением
и выбранной записью из базы данных

Функциональная Архивация

для текущих измерений и имеющейся базы данных



Характеристики и Применения



Результаты измерения платины в сравнении с литературными данными.
Условия измерения: скорость нагрева 5 К/мин, продувка азотом (20 мл/мин).

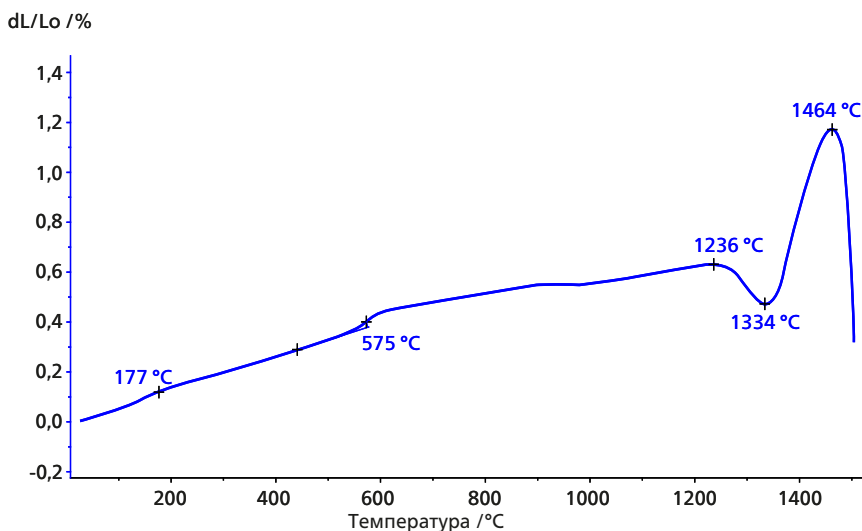
Высочайшая точность

Этот график показывает измерения эталонного материала (красная кривая), выполненного из платины, от комнатной температуры до 990°C при скорости нагрева 5 К/мин в динамической атмосфере азота 20 (мл/мин). Черная кривая соответствует литературным значениям. Отклонение измеренного среднего значения КТР в диапазоне от 100°C до 950°C составляет менее 4E-08 1/K по сравнению с литературными данными [1]. Программное обеспечение включает расширенные данные о большинстве эталонных материалов. Для удобного сравнения эти таблицы могут быть загружены в виде кривых в окно программного обеспечения дилатометра, позволяющее на графике проиллюстрировать точность измерения.

[1] Thermophysical Properties of Matter, Touloukian et al. (1977) Vol. 12

Расширение огнеупоров

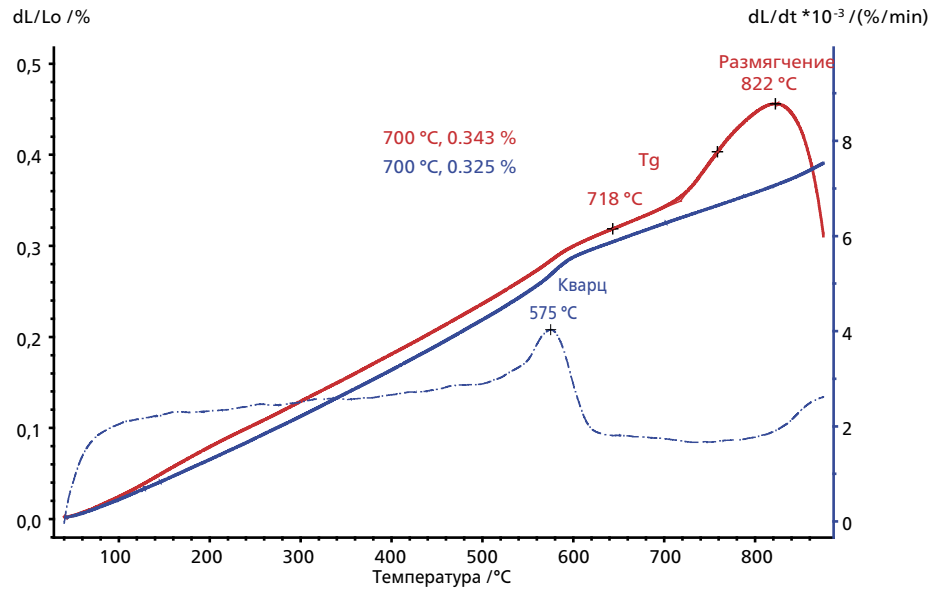
Одним из важных критериев оценки огнеупорных материалов, с точки зрения сопротивления термическому удару, является их термическое расширение в сочетании с устойчивостью к высокой температуре. На данном примере показано термическое расширение огнеупора. Фазовый переход тридимита, содержащегося в огнеупорном материале, обнаруживается при 177°C. За этим переходом следует α - β фазовый переход кварца при 575°C (температура начала перехода). Между 1230°C и 1334°C наблюдается фазовый переход. После короткой стадии расширения, материал начинает размягчаться при температуре 1464°C.



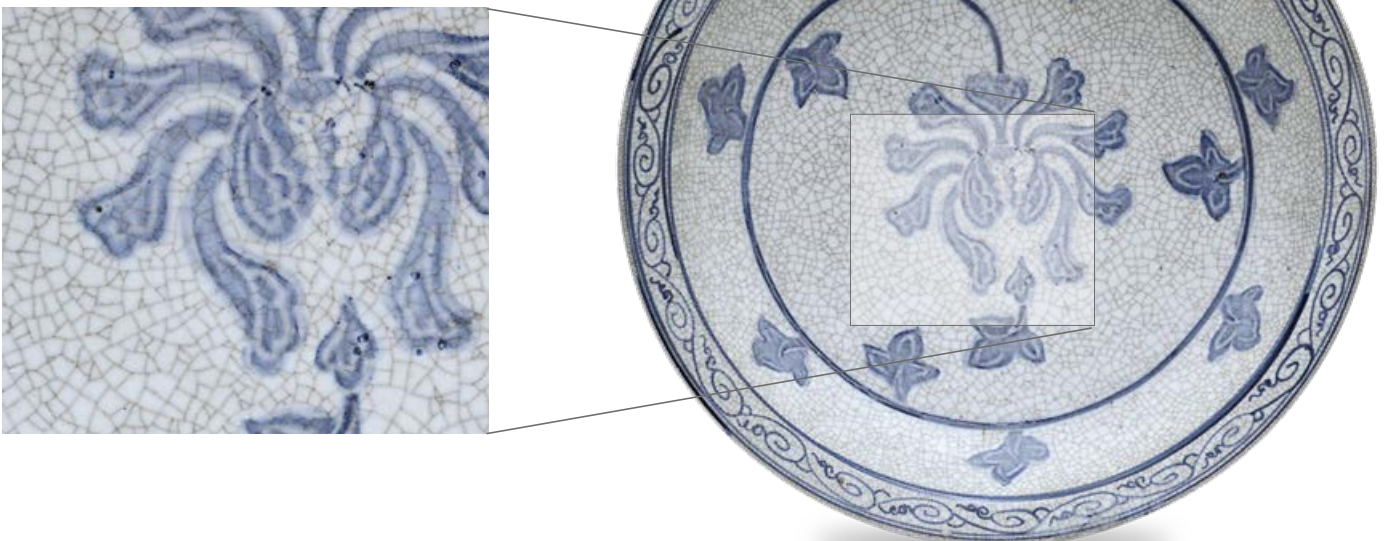
Фазовый переход и размягчение огнеупорного материала в диапазоне от комнатной температуры до 1500°C. Условия измерения: скорость нагрева 5 К/мин, продувка воздухом.

Несовпадение Термического Расширения

Несовпадение термических свойств глазурь/заготовка является основной причиной растрескивания (образуется узор трещин в виде паутины, пронизывающий глазурь). Этот эффект обусловлен, например, неправильно подобранным соотношением термического расширения глазурь и материала корпуса. Для предотвращения образования микротрещин, термическое расширение глазурь должно быть меньше, чем у заготовки. Данный график показывает расширение глазурь (красная кривая) в сравнении с расширением заготовки, на которую она должна быть нанесена. При 700°C – незадолго до температуры стеклования глазурь при 718°C – разница в расширении не превышает 0,02%. Размягчение глазурь происходит при 822°C. Более высокое значение термического расширения глазурь может привести к нежелательному растягивающему напряжению в процессе охлаждения, которое пропорционально термическому расширению.



Сравнение термического расширения глазурь и заготовки, на которую она должна быть нанесена. $\alpha \rightarrow \beta$ -переход в кварце наблюдаемый при 575°C, показан на графике 1-й производной кривой термического расширения для образца (синяя пунктирная линия). Условия измерения: скорость нагревания 5 К/мин, воздушная атмосфера.

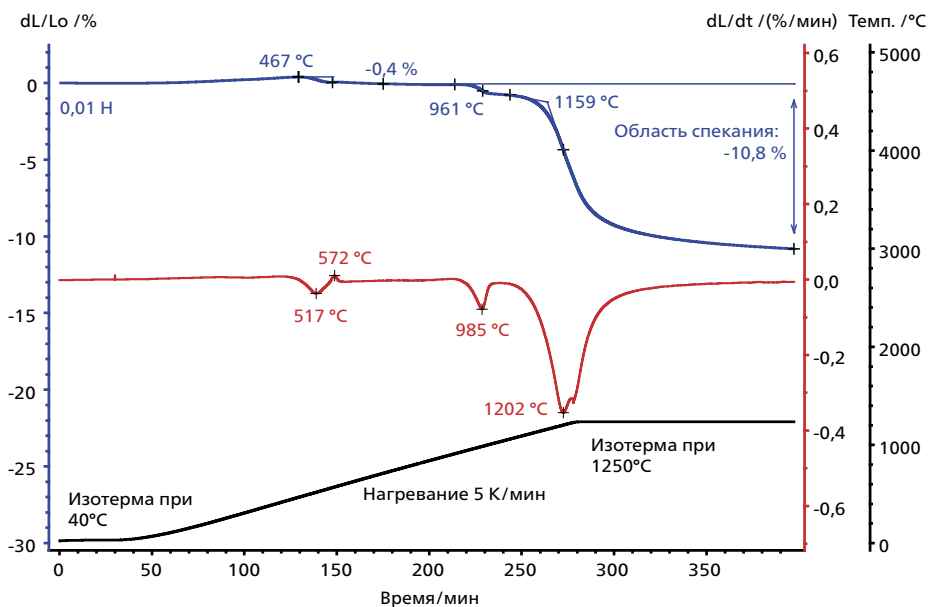


Применения

Понимание процесса спекания

Фарфор представляет собой керамический материал переменного состава, преимущественно содержащий каолинит, полевой шпат и кварц. Образование стекла и муллита внутри обожженного фарфора при высоких температурах (>1200°C) влияет на твердость, прочность и прозрачность.

В процессе нагревания фарфоровой глины происходит дегидроксилирование каолинита в интервале температур между 450°C и 570°C, что приводит к образованию метакаолинита (пик при 467°C на графике термического расширения (синяя кривая) и пиком при 517°C на графике 1-й производной (красная кривая)). В заданном температурном диапазоне происходит удаление химически связанной воды в кристаллической структуре глины, что приводит к усадке образца ~0,4%. Пик при 572°C на кривой 1-й производной – результат $\alpha \rightarrow \beta$ -перехода в кварце. Еще один эффект наблюдается при 961°C (синяя кривая) с максимумом при 985°C на кривой 1-й производной (красная кривая), который можно отнести к структурному разрушению метакаолинита и образованию $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ [1]. С полным расплавлением полевого шпата и образованием муллита, выше температуры 1159°C начинается спекание в две стадии. Общая усадка образца составляет 10%.



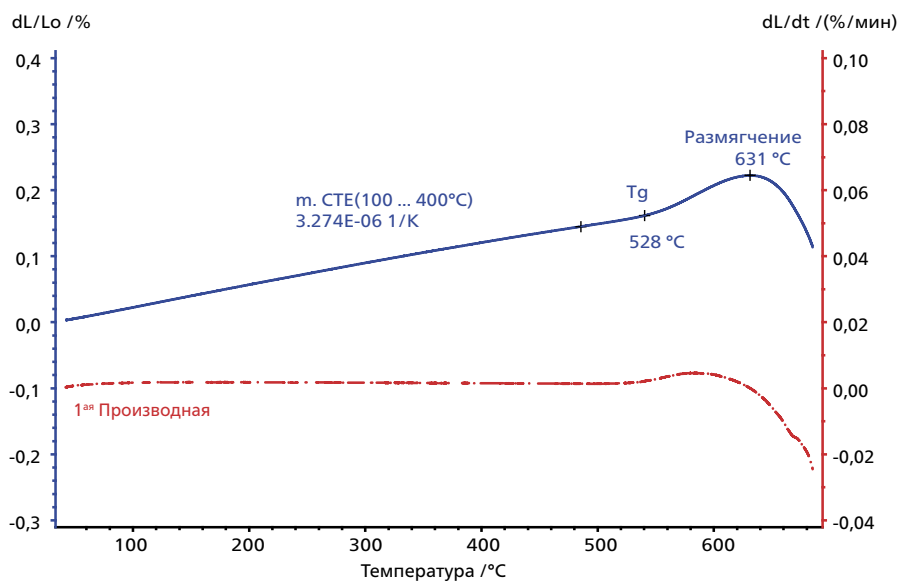
Измерение термического расширения фарфоровой глины до 1250°C со скоростью нагрева 5 К/мин в динамической атмосфере воздуха (20 мл/мин), контактное усилие толкателя установлено 0,01 Н.



[1] Classic and Advanced Ceramics: From Fundamentals to Applications, Robert B. Heimann, 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Определение параметров качества в производстве стекла

Боросиликатное стекло характеризуется низким коэффициентом термического расширения, что делает его стойким к тепловому удару. Кроме того, эти стекла имеют отличные оптические, химические и механические характеристики, что позволяет использовать их в продукции высокого качества, таких как медицинские импланты и устройства, используемые в освоении космоса. Данный график показывает термическое расширение боросиликатного стекла от комнатной температуры до 700°C. Переход стеклования зарегистрирован при 528°C (экстраполированное начало), размягчение стекла происходит при 631°C.



Термическое расширение и кривая первой производной при скорости нагревания 5 К/мин на воздухе.

Основные технические характеристики

| DIL 402 Expedis Classic | |
|---|--|
| Конструкция | Дилатометр с толкателем |
| Печи | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Кварцевое стекло: от комн. темп. до 1150°C ▪ SiC: от комн. темп. до 1600°C (доступна опция быстрого охлаждения) |
| Скорость нагревания | от 0,001 до 50 К/мин |
| Система охлаждения | Воздушный компрессор или комплект подключения (охлаждение сжатым воздухом; только для SiC-печи с опцией охлаждения) |
| Система держателя образца | Сменная система держателя образца, изготовленная из кварца или оксида алюминия в двух вариантах <ul style="list-style-type: none"> ▪ Одиночная система ▪ Двойная / дифференциальная система ▪ Держатель из Al₂O₃ на растяжение* |
| Размер образца | Начальная длина: от 0 до 52 мм <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ø 12 мм (опционально Ø 19 мм макс.) ▪ Ø 8 мм в двойной системе держателя образца |
| Автоматическое определение длины образца | Да |
| Система измерения смещения | NanoEye |
| Точность задания температуры | 1 К |
| Точность (измерения) температуры | 0,1 К |
| Температурное разрешение | 0,001 К |
| Термическая стабильность (изотермическая) | ± 0,02 К |
| Калибровка температуры | <ul style="list-style-type: none"> ▪ С помощью перемещения с использованием металлического эталона ▪ с-DTA® (опция), эндо/экзотермические эффекты |
| Диапазон измерений | ± 5000 мкм |
| ΔL Разрешение | 2 нм (во всем диапазоне измерения) |
| Воспроизводимость ΔL/L ₀ | 0,002 %, абсолютное значение |
| Точность ΔL/L ₀ | 0,003 %, абсолютное значение |
| Диапазон нагрузки (на образец) | От 0,01 Н до 3 Н |
| Разрешение по нагрузке | 0,001 мН |
| Газовая атмосфера | Инертная, окислительная, статическая или динамическая |
| Регулирование потока газа | 1 поток, 3 потока (опция) |
| Газплотный | Да |
| Программное обеспечение | Windows 7 32/64 bit Professional®, Windows 7 32/64 bit Enterprise®, Windows 7 32/64 bit Ultimate®, Windows 8.1 Pro® and Enterprise®, Windows 10 Pro® and Enterprise® |

* Обратите внимание, что использование держателя для работы в режиме растяжения оказывает влияние на уровень шума.



Во всем мире имя NETZSCH обозначает всестороннюю поддержку, надежное обслуживание опытными специалистами, гарантийное и послегарантийное обслуживание. Наш компетентный обученный технический персонал и специалисты лаборатории всегда готовы провести профессиональную консультацию.

Специально составленные программы обучения и повышения квалификации позволят вам максимально раскрыть потенциал вашего прибора. Ваши инвестиции в оборудование всегда будут защищены нашей опытной командой на протяжении всего срока эксплуатации прибора.

Эксперты в СЕРВИСЕ

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС



Монтаж
и ремонт



Обновление
ПО



Обмен по
гарантии



IQ/OQ
документы



Услуги
по калибровке



Поставка
запасных
частей



Перенос
оборудования

ОБУЧЕНИЕ



Обучение

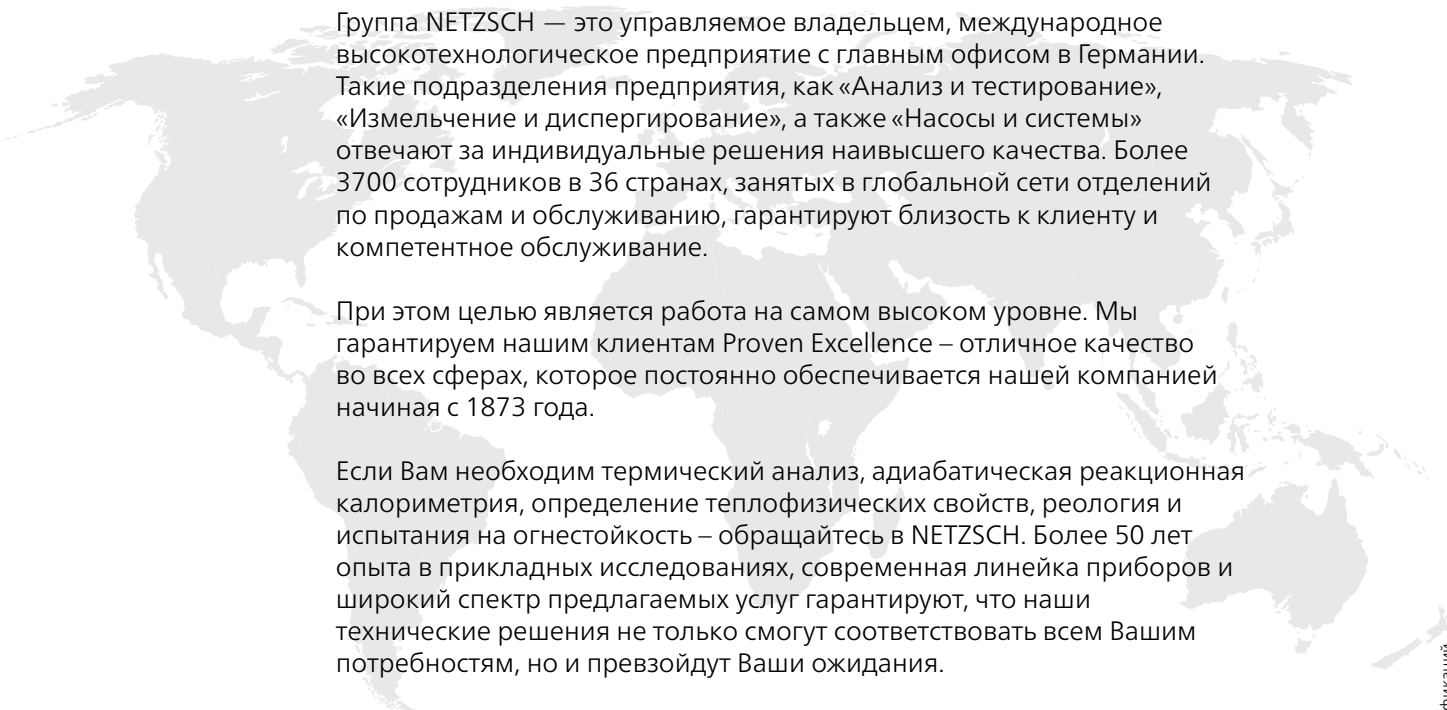


Комплексное
обучение по
прибору и методу

ЛАБОРАТОРИЯ



Методическая поддержка
и платные измерения



Группа NETZSCH — это управляемое владельцем, международное высокотехнологическое предприятие с главным офисом в Германии. Такие подразделения предприятия, как «Анализ и тестирование», «Измельчение и диспергирование», а также «Насосы и системы» отвечают за индивидуальные решения наивысшего качества. Более 3700 сотрудников в 36 странах, занятых в глобальной сети отделений по продажам и обслуживанию, гарантируют близость к клиенту и компетентное обслуживание.

При этом целью является работа на самом высоком уровне. Мы гарантируем нашим клиентам Proven Excellence – отличное качество во всех сферах, которое постоянно обеспечивается нашей компанией начиная с 1873 года.

Если Вам необходим термический анализ, адиабатическая реакционная калориметрия, определение теплофизических свойств, реология и испытания на огнестойкость – обращайтесь в NETZSCH. Более 50 лет опыта в прикладных исследованиях, современная линейка приборов и широкий спектр предлагаемых услуг гарантируют, что наши технические решения не только смогут соответствовать всем Вашим потребностям, но и превзойдут Ваши ожидания.

Proven Excellence.

NETZSCH-Gerätebau GmbH
Wittelsbacherstraße 42
95100 Selb
Germany
Tel.: +49 9287 881-0
Fax: +49 9287 881 505
at@netsch.com

Филиал NETZSCH-Gerätebau GmbH
в России
117198, Россия, г.Москва,
Ленинский проспект, 113/1, оф. 413Д
Тел.: +7 (499) 272-0532
e-mail: ngb@netsch.ru

NETZSCH®

www.netsch.com