

Испытание огнеупоров

Срок службы и экономичность любого технического печного устройства значительно зависят от выбора, качества и безупречного монтажа огнеупорных материалов. Конструкторы и строители печей, изготовители огнеупоров и инженеры-эксплуатационники это хорошо понимают.

Целесообразный выбор облицовки печей только тогда возможен, если с одной стороны известны как можно точнее особенности характеристик огнеупорных материалов и с другой – нагрузки материалов на реальном производстве.

Связь между различными видами термических нагрузок в промышленных печах и важнейшими эксплуатационными характеристиками огнеупоров (см. табл.) образуют основу для классификации их свойств и выбора испытательных методов. Эти методы также важны для контроля качества и разработки новых огнеупорных материалов.

Международные стандарты (ISO) для испытания огнеупоров

Для определения термомеханических и термотехнических свойств огнеупоров было разработано много методов, но только немногие из них нашли применение в мировой лабораторной практике и были соответственно стандартизированы.



Вид испытания	Важные для практики свойства
Термическое и термомеханическое	Огнеупорность Температура деформации под нагрузкой Ползучесть под нагрузкой Прочность на изгиб при высоких температурах Термическое расширение Дополнительная усадка / расширение (огнеупоров в процессе службы) Термостойкость
Термотехническое	Теплопроводность Удельная теплоёмкость Плотность сырого материала Температуропроводность

Термомеханические свойства определяют, используя высокотемпературные методы с приложением внешних сил. При этом в испытуемом материале возникают механические напряжения. Взаимозависимость напряжения и деформации у огнеупорных материалов при высоких температурах очень сложная, поскольку имеют место не только обратимые, упругие деформации, но и

необратимые, пластические, зависящие от времени деформации. Термомеханическое поведение огнеупоров вследствие этого может рассматриваться как взаимозависимость параметров:

- напряжение
- деформация
- температура
- время

- ISO 1893; ГОСТ 4070-2000 (EN 993-8; DIN 51053): Determination of Refractoriness Under Load (differential – with rising temperature)
 - ISO 3187; ГОСТ 4070-2000 (EN 993-9; DIN 51053): Determination of Creep in Compression
 - ISO 5013; ГОСТ Р 50523-93 EN 993-7; DIN 51048): Determination of Modulus of Rupture at Elevated Temperatures
 - ISO 8894-1 (EN 993-14; DIN 51046): Determination of Thermal Conductivity; Hot-wire Method (cross array; $\lambda \leq 1,5$ W/mK)
 - ISO 8894-2 (EN 993-15): Determination of Thermal Conductivity; Hot-wire Method (parallel; $\lambda \leq 25$ W/mK)
- (EN: Europäische Norm; DIN: Deutsche Industrie Norm)

Приборы от NETZSCH для испытания огнеупоров

NETZSCH-программа для испытания огнеупоров согласно ISO, EN; DIN включает в себя следующие приборы:

Refractoriness Under Load/ Creep In Compression
(Деформация и / Ползучесть под нагрузкой)
RUL/CIC 421
25 ... 1700°C

Hot Modulus Of Rupture
(Прочность на изгиб при высоких температурах)
HMOR 422
25 ... 1500°C

Thermal Conductivity
(Теплопроводность)
(Hot-Wire Method)
TCT 426
25 ... 1500°C

Станки для подготовки образцов

Аппаратура с колпаковой печью RUL/CIC 421

Температура деформации огнеупоров под нагрузкой - это мера деформационного поведения огнеупорного материала при постоянном приложенном давлении и возрастающей температуре. Диапазон размягчения не идентичен диапазону плавления чистого сырья и зависит от содержания и распределения более низкоплавких текучих добавок.

Никакой отдельный метод не позволяет объективно измерить температуру деформации под давлением при всех возможных комбинациях параметров, включая и длительность температурного воздействия. Чтобы иметь стандартный испытательный метод должны быть приняты определенные ограничения. Один из таких методов описан в ISO 1893, **Refractoriness Under Load (RUL; дифференциальный – с возрастающей температурой)** и соответствует ГОСТу 4070-2000:

Образец цилиндрической формы (с диаметром и высотой 50 мм и с коаксиальным отверстием диаметром 12,5 мм) нагревается при заданном давлении нагрузки, а также с заданной скоростью нагрева, до тех пор, пока он не достигнет определенной деформации или не разрушится. С началом нагрева регистрируется деформация образца и соответствующая ей температура. Оборудование может также использоваться для определения ползучести под давлением. Методика описана в ISO 3187:

Образец цилиндрической формы нагревается при определенных условиях (см. RUL) до заданной температуры. Затем регистрируется относительное изменение деформации при постоянной температуре в зависимости от времени.

Измерительная часть и блок управления с регулировкой температуры, усилителем сигнала, а также блок сбора данных являются главными компонентами системы RUL/CIC 421. Измерительная часть состоит из стола, направляющего приспособления печи, собственно **печи** (макс. 1700°C, воздух),

устройства нагрузки (макс. 1000Н) и **дифференциальной измерительной системы**. Во избежание каминного эффекта, а также чтобы обеспечить зону с постоянной температурой, печь сверху закрыта. Испытуемый образец сажают на носитель; печь опускается вниз и желаемая нагрузка устанавливается с помощью сменных противовесов к печи ступенчато от минимального значения 100 сН. Для регулировки температуры печи и для измерения температуры образца используются **термопары**. Изменение длины регистрируется измерительной дифференциальной системой, состоящей из внутренней и внешней

после аналого-цифрового преобразования хранится в компьютере.

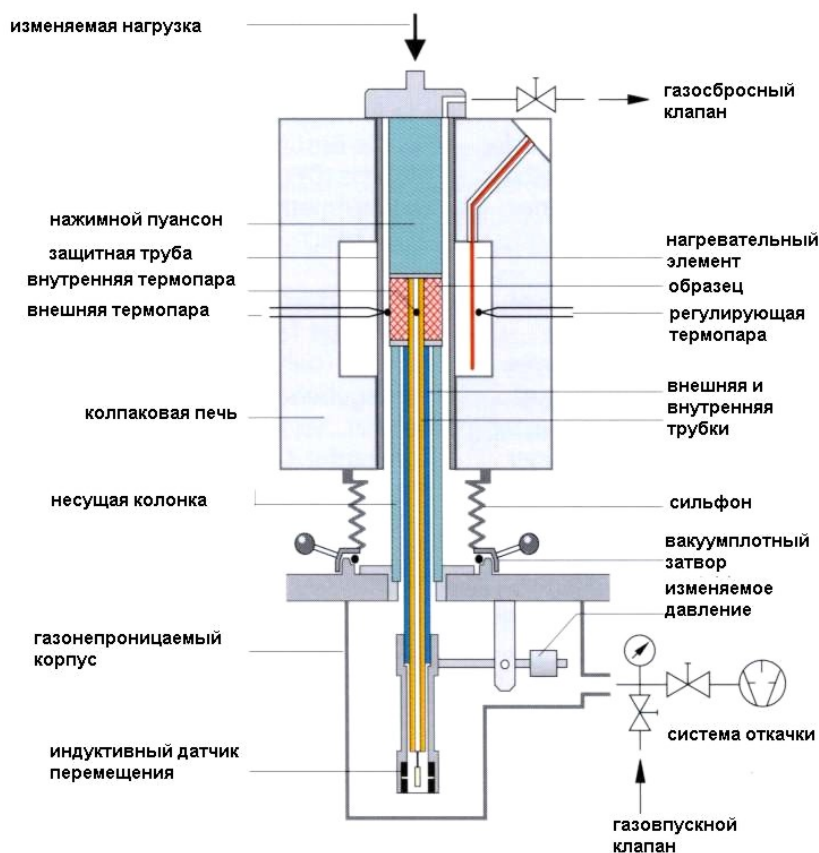
Влияние термического расширения собственно измерительной системы на конечный результат практически компенсировано за счет продуманной конструкции и корректировки результатов калибровочными измерениями. Дифференциальная измерительная система позволяет проводить измерения изменения длины образца через отверстие образца (ISO/DIN; проба с отверстием)



Аппаратура с колпаковой печью RUL/CIC 421 с блоком управления и компьютером

трубок. Трубки изготовлены из оксида алюминия и соединены с индуктивным преобразователем (датчиком перемещения). Снимаемый электрический сигнал преобразователя усиливается и

или вне его, если испытуемый образец по каким-либо причинам не может быть просверлен, а также, если диаметр пробы $\varnothing < 50$ мм.



Аппаратура с колпаковой печью 421 G/6 для измерений в защитной газовой атмосфере

Атмосфера испытания

Измерения проводятся в статической атмосфере воздуха (базовая версия). По выбору может быть предоставлена дополнительно установка для продувки измерительной камеры инертным газом.

Особые исполнения

- Газонепроницаемый вариант

Для испытания углеродсодержащих материалов (например, магнезиитокарбонные [графитовые] кирпичи), которые были разработаны в начале 80-х и введены в производство, может быть реализована контролируемая испытательная атмосфера с использованием газонепроницаемой аппаратуры. (см. рис.) Объем, в котором проводится испытание, может быть откачан, и затем продуваться защитным газом. Измерения возможны до 1600°C.

- Система с плавно меняющейся нагрузкой

Устройство нагрузки может быть оборудовано по выбору дополнительно механизмом, позволяющим изменять нагрузку непрерывно. При варьируемой преднагрузке до 300 Н может быть дана дополнительная изменяющаяся нагрузка от 0 до 700 Н со скоростью изменения в интервале 0,3 – 3 Н/с.

Программное обеспечение

Для управления полностью автоматизированным экспериментом, обработкой и сохранением данных, оценкой результатов измерений предоставляется программный пакет. Выдача результатов измерений происходит на монитор и принтер. Оценка данных охватывает:

- графическую и табличную выдачу результатов, рассчитанных по ISO/DIN – нормам со специальной графикой для оценки RUL- и CIC-опытов.

- корректировку измеренных данных посредством калибровочных кривых.
- определение характеристических данных согласно требованию и желанию пользователя
- опция для автоматического распознавания точки размягчения образца и принудительной (аварийной) остановки эксперимента.

Изготовление образцов для испытаний

Согласно ISO/DIN нормам используют цилиндрические образцы (диаметр и высота – 50 мм;

коаксиальное отверстие диаметром 12,5 мм) с плоскопараллельными основаниями.

Необходимые для этого станки входят в комплект поставки.

Станок для сверления образцов 421/11

Станок для шлифования образцов 421/12

Универсальный станок для резки образцов 421/13

Технические данные RUL/CIC 421

Измерительная часть 421 E/6

Температурный интервал	: комн. темп-ра ... 1700°C
Нагревательные элементы	: супер-кантал 1800
Защитная трубка	: нет
Вакуумплотная система	: нет
Атмосфера испытания	: статическая - воздух, по выбору: продувка инертным газом
Принудительное (аварийное) отключение	: при разрушении образца

Измерительная часть 421 G/6

Температурный интервал	: комн. темп-ра ... 1600°C
Нагревательные элементы	: 4 супер-кантал 1800
Защитная трубка	: оксид алюминия
Вакуумплотная система	: да
Атмосфера испытания	: статическая/динамическая – воздух, или инертный газ
Аварийное отключение	: при разрушении образца, при сбое водяного охлаждения

Общие данные

Размеры образца	: диаметр - 50 мм, высота - 50 мм
Диапазон нагрузок	: 1 ... 1000 Н, с шагом 1Н/100 Н макс. нагрузка: 0,5 Н/мм ²
Диапазон измерения	: ± 10 мм
Измерительная система	: дифференциальная
Термопары	: тип В

Устройство переменной нагрузки (вариант заказа)

Предварительная нагрузка	: 0 ... 300 Н
Интервал изменения нагрузки	: 0 ... 700 Н
Скорость изменения нагрузки	: 0,3 ... 3 Н/с

Управление температурой и сбор данных (TASC 414/4)

Регулятор температуры	: PID
Разрешение измерительного диапазона	: ± 2.000.000 единиц

Компьютер и программное обеспечение

IBM-совместимый персональный компьютер (Pentium 500 МГц – 128 Мбайт опер. памяти или Pentium IV 1,7 ГГц с 256 Мбайт ОП) с принтером
Интерфейс: 1x параллельный,
Windows 95/98/NT/2000/XP Professional

Размеры и вес прибора (прибл.)

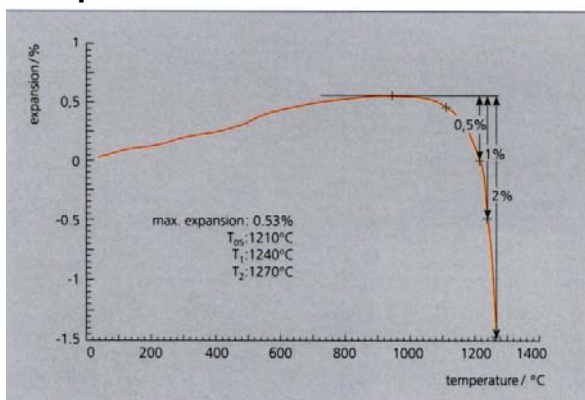
Измерительная часть	: 1200мм x 2400мм x 650мм; 480 кг
Блок управления	: 565мм x 1120мм x 452мм; 220 кг

Электропитание

Электроника	: 230 В/ 10 А/ 50 Гц
Печь	: 230 В/ 70А/ 50 Гц

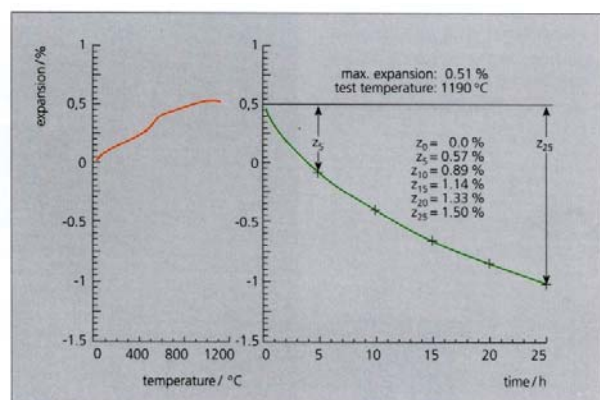
- Изготовитель оставляет за собой право на технические изменения -

Приложения



Деформация под нагрузкой (RUL)

График показывает результат одного стандартного опыта на образце из шамотного кирпича (прибл. 35% Al₂O₃). Условия испытания: Нагрузка - 0,2 Н/мм²; скорость нагрева - 5 К/мин; воздух, статический режим. При 960 °С образец достигает макс. расширения и начинает размягчаться. Усадки в 0,5%, 1,0% и 2,0% были определены соответственно при 1210°C (T₀₅), 1240°C (T₁), и 1270°C (T₂).



Течение/ползучесть под нагрузкой (CIC)

Здесь было проведено стандартное испытание ползучести на образце из шамотного кирпича (прибл. 35% Al₂O₃). Условия испытания: Нагрузка - 0,2 Н/мм²; скорость нагрева - 5 К/мин; изотермический сегмент - 25 часов при 1190°C; воздух, статический режим. Двойной график показывает фазу нагрева и ползучесть при постоянной температуре в зависимости от времени.

Прочность на изгиб при высоких температурах

Оборудование от NETZSCH HMOR 422 (Hot Modulus Of Rupture) для определения прочности при изгибе при высоких температурах

Прочность на изгиб при высоких температурах является важной характеристикой огнеупорных материалов. Эта величина наряду с другими термофизическими свойствами является важным параметром для качества контроля и разработки новых материалов. Многие фирмы включают в свои спецификации такого рода испытания с целью получения информации о поведении огнеупорной облицовки печей.

Прочность при изгибе при высоких температурах определяют как максимальное напряжение перед разрушением, возникающее в призмобразном испытуемом образце с определенными размерами в 3-х точечной модели опыта и выражают в $\text{H}/\text{мм}^2$ или МПа.

Международный стандарт этого метода испытания описан в ISO 5013;

Размеры испытуемого образца: 150мм x 25мм x 25мм.

HMOR – аппаратура 422 D/3 для измерения прочности на изгиб при высоких температурах

Сконструирован для непрерывного испытания с использованием трехточечного устройства сгиба с нагрузкой до 5000 Н ($60 \text{ H}/\text{мм}^2$) и температурой до 1500°C . Предварительно нагретые до заданной температуры испытуемые образцы транспортируются по направляющей из оксида алюминия к устройству изгиба.

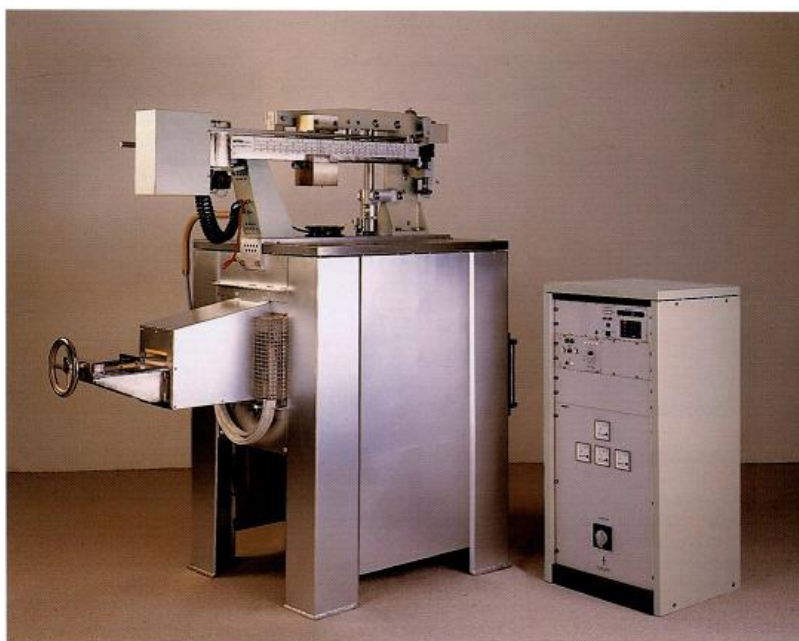
Электрическое устройство контроля положения образца позволяет его точное позиционирование на устройстве сгиба. Нагрузка прикладывается непрерывно вплоть до разрушения образца. После окончания опыта половинки образцов падают в двухкамерный контейнер. Максимально на транспортер может быть установлено 30 опытных образцов.

Скользящий груз с моторным приводом обеспечивает нагрузку на пуансон изгиба до 5000 Н. Согласно стандартам ISO/DIN повышение напряжения изгиба составляет $0,15 \text{ H}/(\text{мм}^2 \text{ с})$ для плотных изделий и $0,05 \text{ H}/(\text{мм}^2 \text{ с})$ для изоляционных изделий. Размеры испытуемого образца: 150мм x 25мм x 25мм.

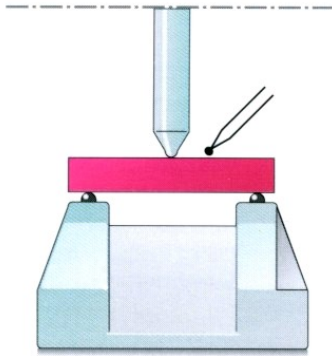
Дополнительные устройства

- Измерение силы нагрузки и деформации.
- Постоянная скорость деформации

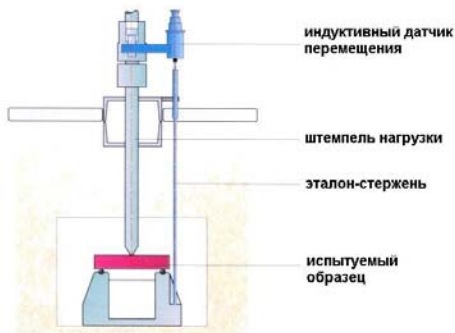
Оба варианта позволяют получить больше информации о напряжениях и деформациях испытуемых материалов, что является важным для исследовательских работ и разработки новых материалов.



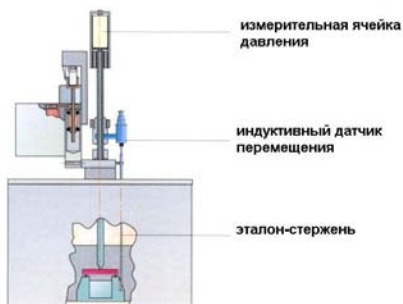
HMOR 422 D/3; определение прочности на изгиб по ISO/DIN



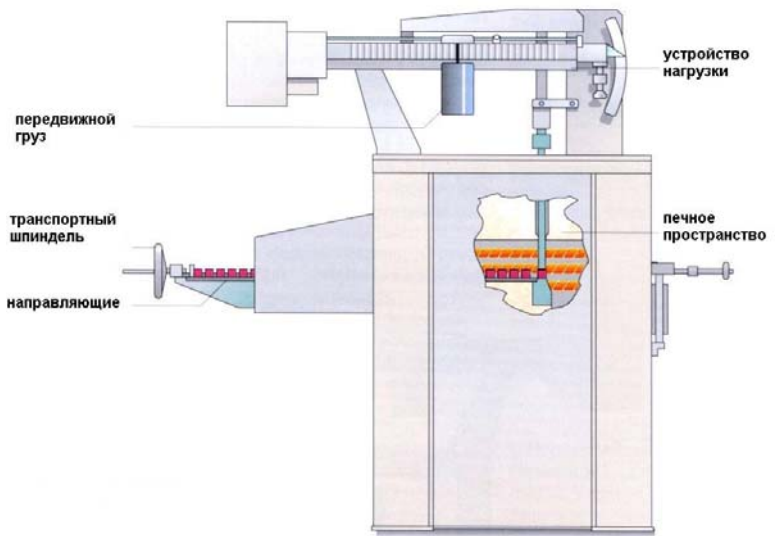
HMOR 422 D/3 с детальным видом трех-точечного устройства изгиба



Индуктивная система для измерения деформации



Дополнительное устройство для постоянной скорости деформации и измерения прочности на изгиб

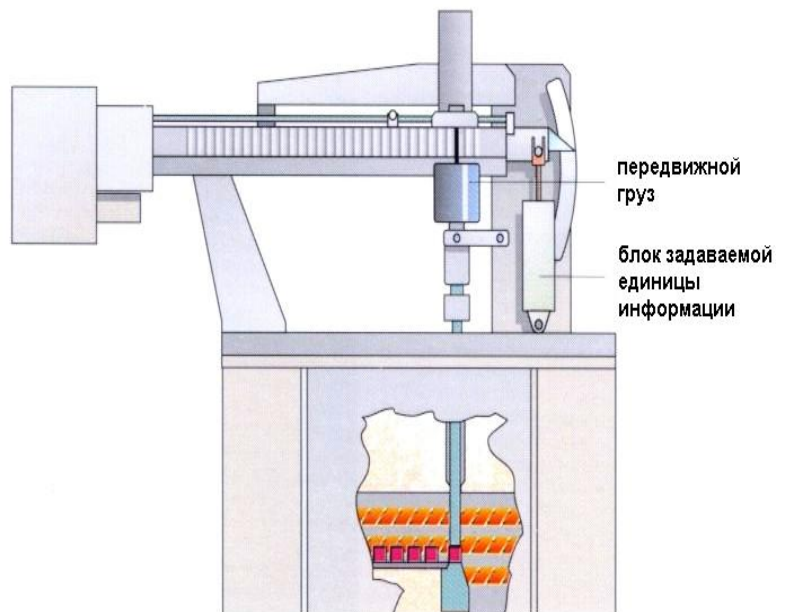


Дополнительное устройство для измерения силы нагрузки и деформации

Деформация испытуемого образца в зависимости от увеличивающейся нагрузки может регистрироваться с помощью компьютерной системы.

Дополнительное устройство для испытания с постоянной скоростью деформации

Скользящий груз фиксируется в положении 2500 Н и обратное движение пуансона нагрузки управляется блоком задаваемой единицы деформации. Приложенная сила измеряется с помощью ячейки давления. Далее нагрузка и деформация регистрируются компьютерной системой.



**HMOR – аппаратура 422 E/4
для измерения прочности на
изгиб при высоких
температурах**

Модель 422 E/4 используется для особо точных измерений на отдельных образцах с размерами 45мм x 4,5мм x 3,5мм. В отличие от модели 422 D/3, деформация

испытуемого образца измеряется с нижней стороны дифференциальной системой (см. RUL). Внутренняя трубка детектора касается нижней стороны образца, а внешняя трубка прилегает к нижнему фланцу четырех точечного устройства сгиба.

Печь (макс. 1450°C) с шарнирной дверцей открывается так, что опытный образец может быть легко установлен. Устройство нагрузки аналогично модели 422 D/3. Деформация и нагрузка регистрируются компьютерной системой.

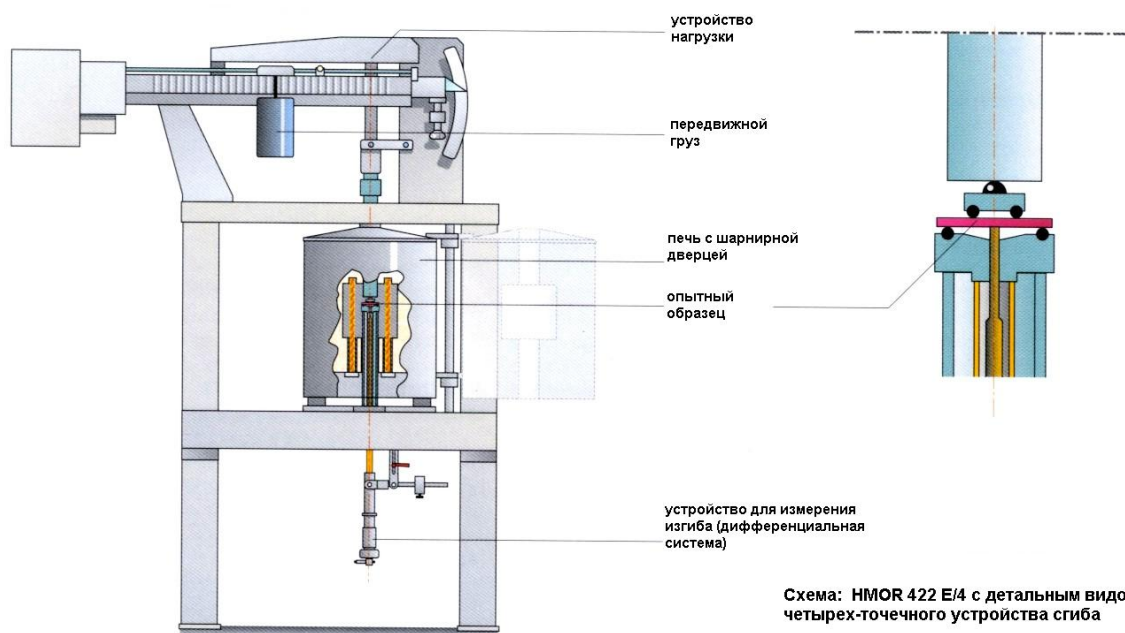
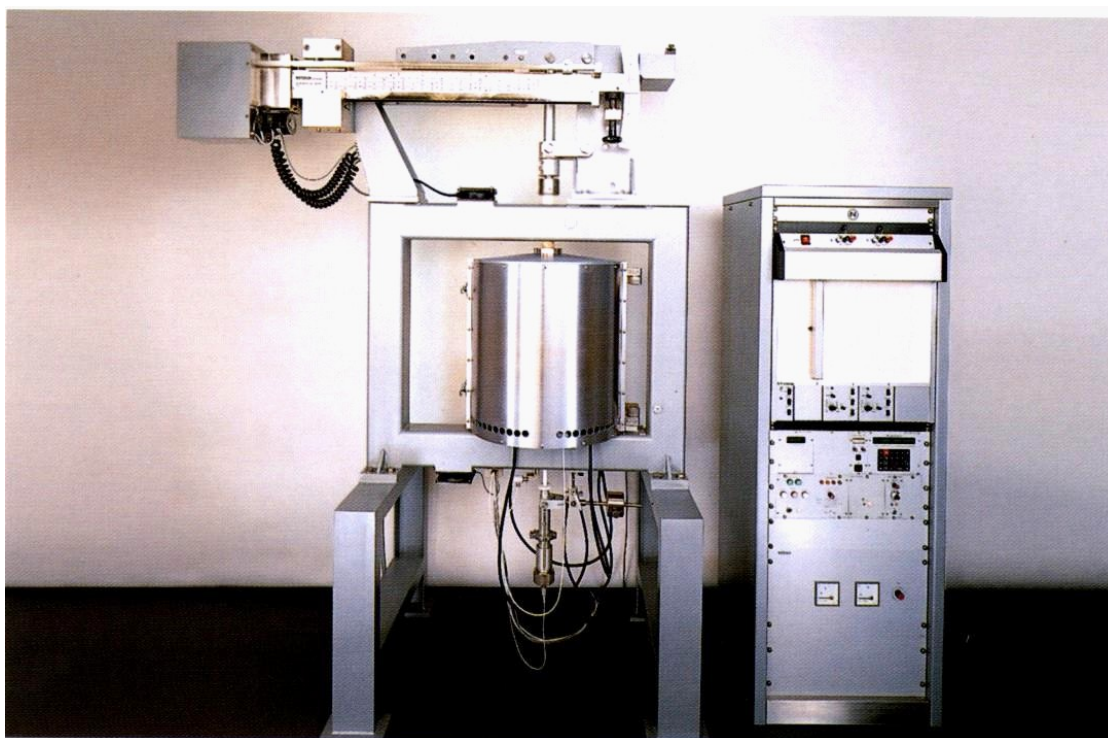


Схема: HMOR 422 E/4 с детальным видом четырёх-точечного устройства сгиба



HMOR 422 E/4 с контроллером

Технические данные HMOR 422

Измерительная часть	422 D/3	422 E/4
Диапазон температур	: комн. ... 1500°C	комн. 1450°C
Нагревательные элементы	: SiC	SiC
Печь	: камерная печь с зоной предварительного нагрева	специальная подвижная печь с шарниром
Термоэлементы	: тип S	тип S
Режим работы	: непрерывный	отдельные измерения
Перемещение опытных образцов	: вручную	-
Размеры опытного образца	: 150мм x 25мм x 25мм	45мм x 4,5мм x 3,5мм
Устройство сгиба	: 3-точечное	4-точечное
Расстояние между опорами устройства сгиба	: 125 мм	40 мм
Расстояние между гранями сгибающего штампея	-	20 мм
Устройство нагрузки	: рычаг с противовесом и передвижным грузом	аналогично
Диапазон нагрузки	: 0 ... 500 ... 1250, ... 2500 ... 5000Н	аналогично
Скорость нагрузки	: 1,25 Н/с до 125 Н/с, 4 скорости	аналогично
Измерение деформации	: индуктивный датчик перемещения с эталон-стержнем	дифференциальная измерит. система (стандарт)
Диапазон измерения	: макс. 10 мм	макс. 2,5 мм
Разрешение	: 4 мкм/мм	1 мкм/мм
Постоянная скорость деформации	: вариант заказа	
Задаваемая скорость	: 10 ... 2000 мкм/мин	-
Нагрузка	: макс. 2500Н	
Размеры и вес		
Измерительная часть	: 2200мм x 1800мм x 870мм ок. 540 кг	2100 мм x 1600мм x 750мм ок. 430 кг
Контроллер	: 1120мм x 565мм x 452 мм ок. 250 кг	1120мм x 565мм x 452мм ок. 220 кг
Электропитание		
Печь	: 400 В, 3 x 60А, 3-фазн. 50 Гц	230 В, 25А, 1-фазн. 50 Гц
Электроника	: 230 В, 10А, 1-фазн. 50 Гц	230 В, 10А, 1-фазн. 50 Гц

- Возможны технические изменения -

Прибор для определения теплопроводности ТСТ 426

Теплопроводность имеет особо большое значение, если речь идет об оптимальной облицовке промышленных печей целенаправленно низко- или высокопроводящими огнеупорными материалами. Низкие значения теплопроводности желательны, если хотят достигнуть хорошей тепловой изоляции. Высокие значения необходимы, например, при непрямом нагреве или, если тепло должно быть отведено через охлаждающие устройства. Теплопроводность λ определяется отношением плотности теплового потока к температурному градиенту; единица измерения Вт/(м К).

Для определения теплопроводности при высоких температурах для огнеупорных изделий и изоляционных материалов были разработаны различные методы. Нормирован в качестве международного

стандарта был всё же только метод горячей проволоки (ISO 8894).

Метод горячей проволоки - динамический, абсолютный метод, основывается на измерении возрастания температуры

- линейного источника тепла (горячая проволока) - метод пересеченной проволоки или
- на определенном расстоянии от линейного источника тепла - метод параллельной проволоки

Горячая проволока и термоэлемент укладываются между двумя пробами, которые вместе образуют собственно измеряемый объект. Повышение температуры с течением времени с момента начала нагрева после включения

электрического питания проволоки есть мера теплопроводности испытуемого материала.

Следующий вариант, называемый метод с «платиновым термометром сопротивления» или T(R) – метод, описан ASTM-C 1113. В этом случае измеряется интегрально температура по всей длине проволоки между отводами, т.е. проволока является одновременно и источником тепла и температурным сенсором. Возрастание температуры проволоки определяется по изменению его сопротивления; расчет теплопроводности производится как при методе пересеченной проволоки.

NETZSCH-прибор ТСТ 426 работает по методу горячей проволоки с использованием трех вышеназванных способов.



Прибор для определения теплопроводности ТСТ 426 с контроллером и компьютером (измерительная часть открыта с опущенной измерительной ячейкой)

Измерительная часть

Измерительная часть состоит из корпуса со встроенным подъемным устройством с моторным приводом и с телескопическим выдвижным механизмом для измерительной ячейки, а также колпаковой печи. Многослойное, изолирующее построение с рабочей платой из оксида алюминия образует измерительную ячейку. Она может быть опущена вниз из печи, вынута для введения опытного образца приведена вновь на нормальную рабочую высоту.

Методики измерений

Проволока и термоэлементы фиксируются к измерительной рамке, исполненной из оксида алюминия. Рама крепится к носителю измерительной ячейки и передвигается по высоте.

Могут быть реализованы три различные методики:

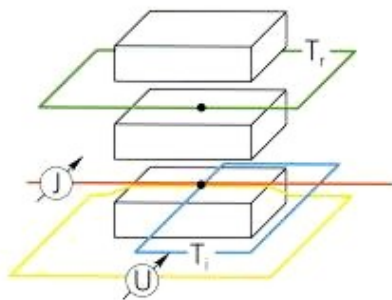
- Метод пересеченной проволоки:
 $\lambda \leq 2 \text{ Вт/(м К)}$
- Метод параллельной проволоки:
 $2 \leq \lambda \leq 20 \text{ Вт/(м К)}$
- Метод изменения сопротивления или T(R)-метод:
 $\lambda \leq 15 \text{ Вт/(м К)}$

Отводы, на которые подается напряжение для проволоки, вставляются в испытуемый образец. Подводимая мощность поддерживается постоянной с помощью электроники и контролируется компьютером. За исключением T(R) – метода повышение температуры измеряется относительно термопары сравнения. Положение измерительной термопары зависит от используемого метода.

Обслуживание

Монтаж опытных образцов, проволоки и термопар производится согласно предписанию. Разъемные соединения позволяют легко сменить измерительную рамку. По сравнению с другими измерительными методами установка опытных образцов явно проще и быстрее.

После монтажа опытных образцов измерительная ячейка перемещается в печь. Прибор затем работает полностью автоматически. Контроль за ходом эксперимента, регистрация данных и обработка осуществляется компьютером.



$$\lambda = \frac{U \cdot J}{4 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right) \cdot \frac{1}{T_2 - T_1}$$

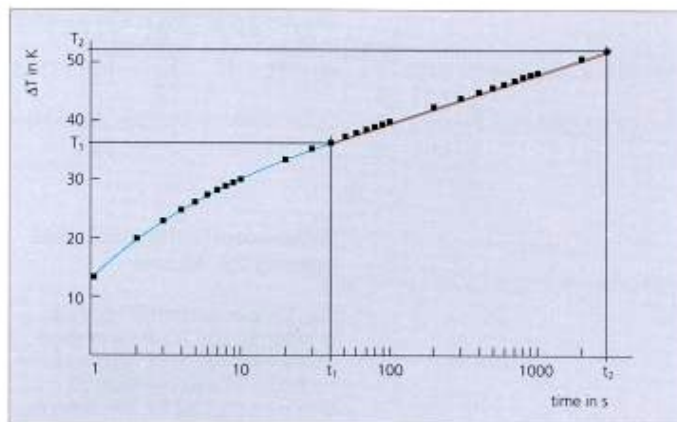
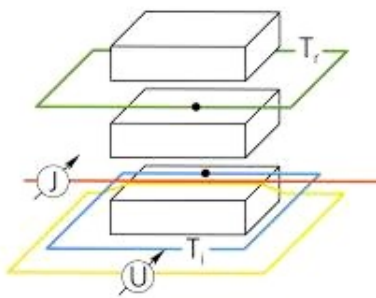


Схема: метод пересеченной проволоки, уравнение оценки и температурная кривая



$$\lambda = \frac{U \cdot J}{4 \cdot \pi \cdot l} \cdot \frac{r^2}{T_1(t) - T_r}$$

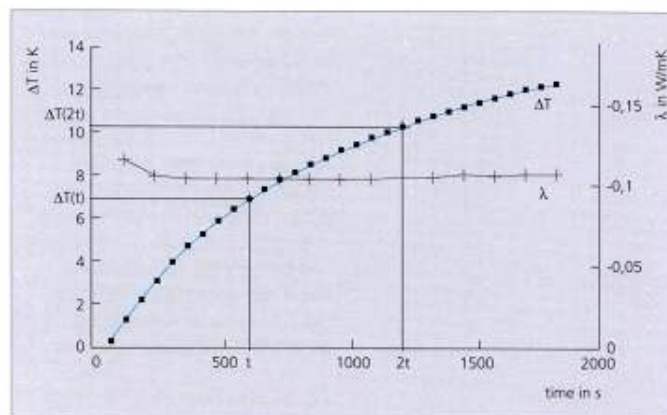


Схема: метод параллельной проволоки, уравнение оценки и температурная кривая

Достоинства метода изменения сопротивления T(R)

- Отсутствие «точечных» измерений температуры на проволоке как при методе пересеченной проволоки: т.е. исключаются влияния неравномерности испытуемого образца (напр. большие поры) на температурный сигнал.
- Отсутствие тепловых потерь

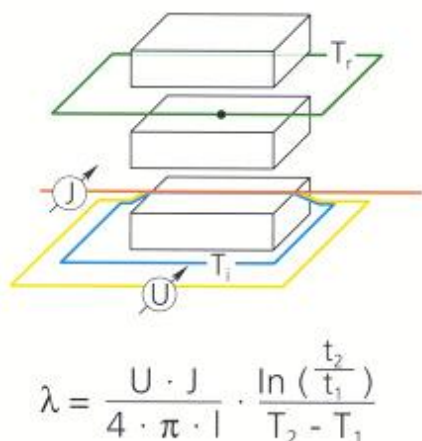


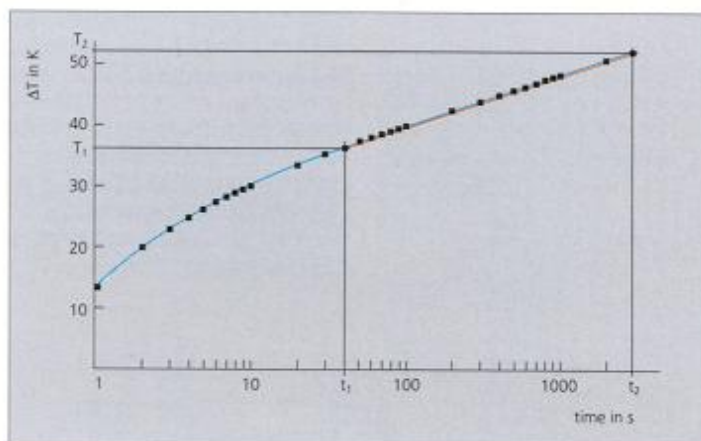
Схема: T(R) - метод, оценочное уравнение и температурная кривая

через ножки термопары, расположенной перпендикулярно к проволоке (метод пересеченной проволоки), и тем самым искажение измеряемого повышения температуры.

- Увеличенный оценочный диапазон на диаграмме температура-время. т.к. по причине аксиального расположения проволоки обратная связь на температурный сигнал через внешнее ограничение опытного

образца от температурного датчика регистрируется позже.

- Область применения простирается примерно от 0,03 Вт/(м К) (напр. аэрогели) до 15 Вт/(м К) (напр. магнетитовый огнеупор). Область температур такая же, как и при других методах (25 ... 1400°C).



Температуропроводность и удельная теплоемкость

Температуропроводность α описывает скорость распространения температурного поля в материале. Знание этой величины важно как для расчета нестационарного переноса тепла, так и для расчета удельной теплоемкости c_p .

Расчет температуропроводности возможен при измерении теплопроводности λ методом параллельной проволоки. Точность ее определения зависит от точности расстояния между проволокой и термоэлементом и точками, куда они заделаны. При известной плотности сырого материала (сырца) ρ удельная теплоемкость может быть рассчитана по следующему уравнению:

$$c_p(T) = \lambda(T) / \rho(T) a(T)$$

Более точные значения температуропроводности могут быть измерены с помощью метода лазерной вспышки Laser-Flash-Apparatur **LFA 427**. Этот импульсный метод имеет целый ряд достоинств: простое расположение образца, маленькие размеры образца, большой диапазон измерений, высокая точность измерений и воспроизводимость результатов. Более точные значения удельной теплопроводности могут быть определены высокотемпературным дифференциальным калориметром **DSC 404**.

Программное обеспечение

После ввода необходимых данных оператором всеми измерениями управляет IBM-совместимый компьютер. К важнейшим достоинствам программного обеспечения следует отнести:

- Введение температурной программы с макс. 10 температурными интервалами и макс. 30 отдельных измерений; задание величины мощности проволоки для каждого температурного цикла.
- Выдача измеренных параметров в табличной форме
- Расчет теплопроводности как функции температуры
- Представление значений теплопроводности в виде таблиц и графиков.

Технические данные ТСТ 426

Печь

Область температур	: 25 ... 1350°C
Нагревательные элементы	: 12 кантал – супер
Измерение температуры	: термопары Pt10%Rh-Pt
Изоляционный материал	: алюмосиликатное волокно
Камера опытного образца (Д x Ш x В)	: 300мм x 200мм x 230мм
Атмосфера	: воздух

Измерительная ячейка

Конструкция	: многослойная изолирующая структура
Рабочая поверхность	: 300мм x 200мм
Размеры опытного образца	: макс. 3 единицы 250мм x 125мм x 75мм

Измерительные рамки

Материал	: оксид алюминия
Измерительные методы	: метод пересеченной проволоки $\lambda \leq 2 \text{ Вт / (м К)}$: метод параллельной проволоки $\lambda \leq 20 \text{ Вт / (м К)}$: метод изменения сопротивления или T(R) – метод $\lambda \leq 15 \text{ Вт / (м К)}$

Расположение проволок различно в зависимости от применяемого метода.

Регулировка мощности тока проволоки

Задание величины	: через компьютер
Диапазон	: 0,1 ... 5 Вт, 1 ... 50 Вт

Усилитель для измерения ΔT

Диапазоны измерений	: 50, 500, 5000 $\mu\text{В}$
---------------------	-------------------------------

Температурный контроль

Система температурного контроля	414/4
Точность номинального значения	: 0,5 К
Разрешение номинального значения	: 0,1 К

Компьютерная система

IBM-совместимый компьютер с монитором и принтером. Программное обеспечение позволяет автоматизацию эксперимента, обширные оценочные процедуры и представление результатов.

Принадлежности (по выбору)

- Измерительная рама для метода параллельной проволоки и T(R) – метода
- Кожух для измерений на порошкообразных и гранулированных материалах
- Кожух для измерений на углеродсодержащих материалах
- Подготовка образцов: универсальный станок для резки образцов 421/13
Станок для шлифования образцов 421/12

(шлифовальная шайба - \varnothing : 175 мм)

Электропитание

Электронная часть	: 230 В, 50 Гц, 6А
Печь	: 230 В, 50 Гц, 25 А

Вес и размеры

Измерительная часть	: 1745мм x 740мм x 640мм
	: ок. 300 кг
Блок управления	: 1180мм x 565мм x 452мм
	: ок. 300 кг

- Возможны технические изменения –

Станки для подготовки образцов



Станок для сверления образцов 421/11

Станок для сверления образцов 421/11 с алмазным корончатым сверлом фирмы NETZSCH используется для производства цилиндрических опытных образцов из огнеупоров, камня, керамики или продуктов похожих на керамику.

Основное оборудование

Станок поставляется с кулачковым зажимным патроном, защитной водяной коробкой и водяной промывочной гильзой для алмазного кольцевого сверла с бельгийским соединением R1/2". Водяная промывочная гильза соединена с рабочим шпинделем конусом Морзе 2.

- переменная скорость сверления
- прочная конструкция с заключением в кожух всех вращающихся деталей
- надежность и простота в управлении
- большая длина хода шпинделя
- мощный двигатель

Технические характеристики

Скорость (переменная):
240 ... 2200 об/мин

Электропитание:
380 В/ 50 Гц/ 3-фазный

Потребляемая мощность:
1 кВт

Диаметр круглого стола:
500 мм

Вертикальная регулировка
стола: 650 мм

Глубина сверления: 175 мм

Диаметр колонны: 130 мм

Выступ консоли : 320 мм

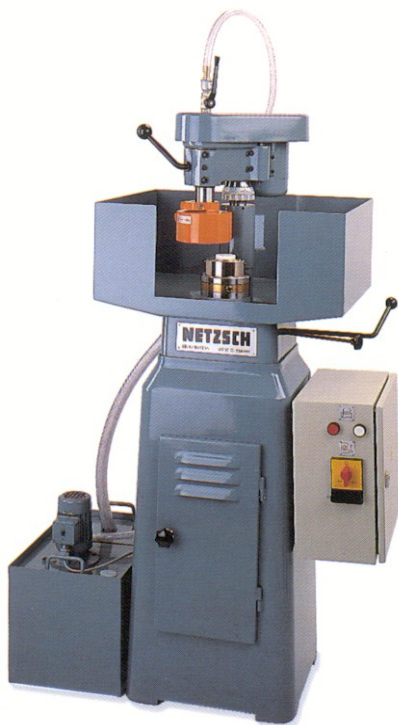
Расстояние шпиндель-стол:
790 мм

Расстояние шпиндель-
основная плита : 210 мм

Размеры с упаковкой:
2000мм x 600мм x 1000мм

Вес: ок. 350кг/550 кг

- Возможны технические
изменения –



Станок для шлифования образцов

Станок для тонкого шлифования образцов 421/12 фирмы NETZSCH служит для шлифования плоских и плоско-параллельных поверхностей цилиндрических образцов.

Основное оборудование

Плата постоянного магнита диаметром 125мм для закрепления стальных стопорных устройств. Устройство мокрой шлифовки, состоящее из сосуда с охладителем, блока очистки охладителя, электрического погружного насоса, крана и трубопроводов.

- точность до 10^{-3} мм с использованием торцевого шлифования
- качающаяся шлифовальная головка с прецизионным шлифовальным шпинделем
- гарантия плоских поверхностей за счет сетчатой шлифовки
- настройка на точную шлифовку, точность считывания (нониус) 10^{-3} мм

Технические характеристики

Скорость: 3100 об/мин
 Напряжение: 380 В/ 50 Гц/ 3-фазный
 Потребляемая мощность: 0,7 кВт
 Точность (параллельность плоскостей): 0,002 мм
 Высота шлифования над магнитной зажимающей платой: 130 мм
 Регулировка подъема грубая: 140 мм
 Регулировка подъема точная: 10 мм
 Размеры с упаковкой: 2200мм x 720мм x 1250мм
 Вес: ок. 170кг/280 кг
 - Возможны технические изменения –



Универсальный станок для резки образцов 421/13

Универсальный станок для резки образцов 421/13 предназначен для резки образцов из огнеупоров, камня, руды, керамики, стекла и твердых металлов. Отрезной алмазный круг разрезает снизу вверх. Он погружается в охлаждающую ванну, расположенную под столом, подавая охлаждающий агент к срезу по кратчайшему пути.

Основное оборудование

Стол: станина высотой 750 мм; плита стола 700мм x 600мм; оцинкованный резервуар для воды.
 Стол подачи: особенно удобен для продольных разрезов; несущая поверхность 250мм x 600мм; линейная подача без зазора; длина разреза до 250мм при глубине до 120 мм.
 Качающийся рычаг: особо удобен для точных разрезов.

Принадлежности

Алмазные круги не входят в основной комплект. Они поставляются с различными видами связей (гальванические, бронза, пластмасса, боразон и т.д.). Мы просим при заказе указать цель применения.

Технические характеристики

Скорость: 1400 и 2600 об/мин
 Напряжение подключения: 380 В/ 50 Гц/ 3-фазное
 Потребляемая мощность: 1,5 кВт
 Глубина разреза: макс. 120мм
 Общая высота: 1200 мм
 Общая площадь: 1000мм x 1300мм
 Вес нетто/брутто: 150/230 кг
 - Возможны технические изменения –

Другие измерительные программы

Компетенция NETZSCH в термическом анализе

40 лет непрерывной работы по разработке оборудования и его программного обеспечения для термического анализа вывели фирму NETZSCH в мировые лидеры среди разработчиков таких систем.

NETZSCH поставляет приборы для измерений от -260°C до 2800°C . Продукты, оптимальное использование для приложений в исследованиях, развитии и контроле качества гарантируют:

- Прибор для измерения прочности на изгиб BST 401
- Дилатометр DIL 402 C
- Высокотемпературный дилатометр DIL 402 E/7
- Серия PC для термического анализа (STA /DTA/DIL/GST)
- Динамический дифференциальный калориметр DSC 200PC Phox/DSC 204 Phoenix/DSC 404 Pegasus
- Термомеханический анализ TMA 202/TMA 402
- Динамическо-механический анализ DMA 242C
- Термический анализ – масс-спектрометрия TA-MS 403
- Синхронный термический анализ STA 409/429
- Термогравиметрия TG 439/TG 209
- Определение давления паров VPB 433, VPA 434
- Метод лазерной вспышки LFA 427
- Определение теплопроводности, серии: HFM 436 Lambda, GHP 456, TCA 446

Если Вы желаете дополнительную информацию об отдельных приборах, спрашивайте, пожалуйста, соответствующие проспекты.



– точное решение Вашей задачи

Germany
Wittelsbacherstrasse 42,
D-95100 Selb
Phone: + 49 / 9287 / 881-0
Fax: + 49 / 9287 / 88 11 44
e-mail: at@ngb.netzsch.com

Россия
119313, Москва,
Ленинский пр-т, 95а, к. 641
Тел.: +7 / 495 / 936-26-26
Факс: +7 / 495 / 132-47-00
Моб.: +7 / 495 / 760-35-57
e-mail: romoskva@ngb.netzsch.com

Россия
620016, Екатеринбург,
ул. Амундсена, 101, ком. 219,
Институт металлургии УрО РАН
Тел.: (343) 232-90-36
Моб.: (908) 910-10-00
e-mail: kuliko@km.ru

Россия
660036, Красноярск, Академгородок, 50
Красноярский научный центр СО РАН
Тел.: (3912) 49-49-60
Тел./факс: (3912) 90-73-32
Моб.: (913) 534-61-36
E-mail: vatson@nikel.akadem.ru

www.ngb.netzsch.com

