

СЕРИЯ BELSORP



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАЗОВОЙ И ПАРОВОЙ СОРБЦИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТОЙ
СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ



MICROTRAC MRB

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ВВЕДЕНИЕ, ИСТОРИЯ ОБОРУДОВАНИЯ BELSORP И ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДСОРБЦИИ	4 - 11
BELSORP MINI X	12 - 13
BELSORP MAX G	14 - 15
BELSORP MAX II	16 - 19
BELSORP MAX	20 - 21
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПЦИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ	22 - 23
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	24 - 25
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ BELMASTER (VER. 7)	26 - 27
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ	28 - 29
СЕРИЯ BELPREP: ДЕГАЗАТОР ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ	30
BELCRYO: КРИОСТАТ	31
МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ПОТОКА ГАЗА	32 - 33
СЕРИЯ BELSORP MR	34 - 35
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ	36
СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ	37
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	38 - 39

MICROTRAC MRB

ПРЕИМУЩЕСТВА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА



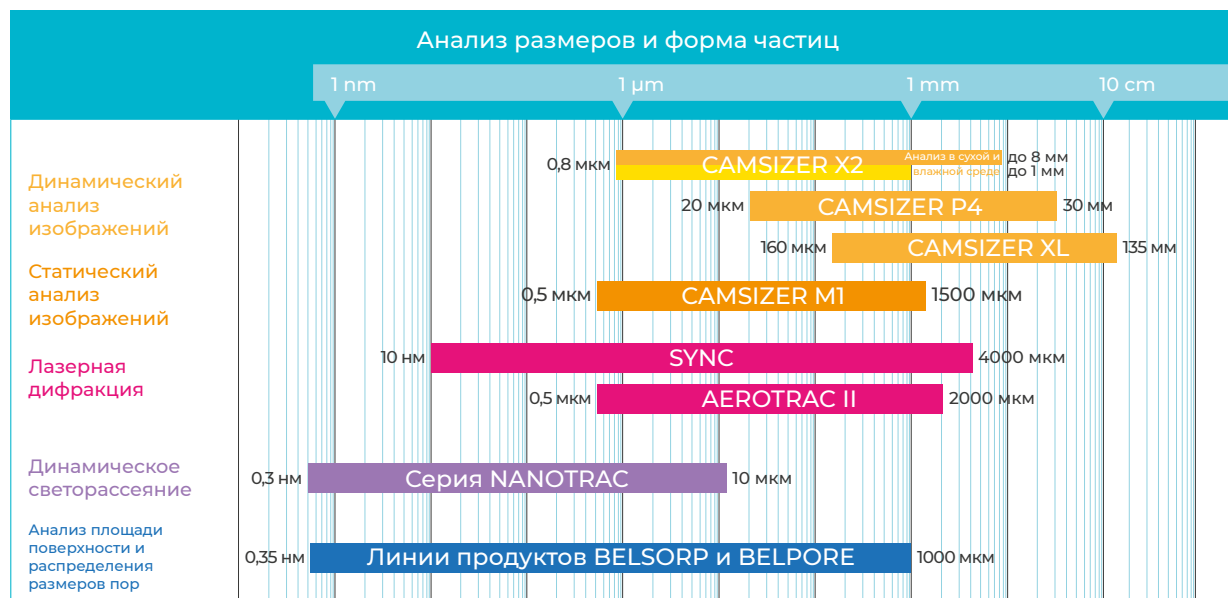
Microtrac MRB — ваш надежный партнер в сфере высокоэффективного гранулометрического анализа. Мы предлагаем своим клиентам передовые технологии, чтобы вы всегда могли получать только самые точные результаты анализа. Инновации и качество — фундамент нашего успеха.

Компании в составе подразделения Verder Scientific оказывают поддержку по всему миру через сеть представительств и дистрибьюторов.



MICROTRAC MRB

ТРИ СТОЛПА ВАШЕГО ПРЕВОСХОДСТВА



Компания Microtrac MRB предлагает три линейки продукции, разрабатываемые в трех интеллектуальных центрах, расположенных на трех континентах.

Анализ площади поверхности и пористости

Удельная площадь поверхности ВЕТ и пористость порошков и твердых материалов определяются методами газовой адсорбции или интрузии ртути. Научно-исследовательские центры, разрабатывающие такое оборудование, расположены в г. Осака (Япония) и г. Хан (Германия).

Гранулометрический анализ методом светорассеяния:

Компания Microtrac MRB — ведущий поставщик систем гранулометрического анализа, в основе которых лежит метод статического и динамического светорассеяния. В ассортимент продукции, разрабатываемой компанией, также входит оборудование, в основе которого лежит метод лазерной дифракции и динамического светорассеяния. Это оборудование прекрасно подходит для работы с частицами в нанодиапазоне. Центр разработки и производства расположен в шт. Пенсильвания, США.

Анализ изображений:

Анализатор частиц CAMSIZER, предлагаемый компанией Microtrac MRB, воплощает самые передовые технологии анализа размера и формы частиц по их изображениям (статический и динамический анализ). Оборудование разрабатывается и производится в г. Хан, Германия.

БОЛЕЕ 30 ЛЕТ

ИСТОРИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СЕРИИ BELSORP

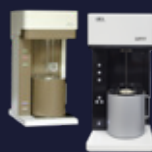
1991



| BELSORP 28 SA

Японская автоматическая система газовой адсорбции 2-го поколения

2001



| BELSORP MINI & MINI II

Прибор 3-го поколения, первая модель с поддержкой метода расширенного измерения свободного пространства (AFSM)

2006



| BELSORP MAX

Первая в мире модель с датчиком давления 0,1 мм рт. ст. для анализа микропор

2016



| BELSORP MAX II

Первая модель (4-го поколения) с функцией оптимизации дозирования газа (GDO)

2019

VERDER
scientific

| СЛИЯНИЕ КОМПАНИЙ

Компании MicrotracBEL, Microtrac Inc. и Retsch Technology объединились в составе подразделения Verder Scientific.

1987



| BELSORP 28

Японская автоматическая система газовой адсорбции 1-го поколения для БЭТ-анализа, анализа распределения пор по размерам и др.

1995



| BELSORP 18

Первый в мире прибор для измерения паровой адсорбции волюметрическим методом

2003



| BELSORP AQUA 3

Высокоточное измерение паровой сорбции в 3 образцах одновременно

2013



| СЕРИЯ BELSORP MR

Измерение газовой адсорбции методом динамического потока газа

2018



| BELSORP MINI X

Самый компактный и легкий в мире прибор для измерения газовой адсорбции

2020

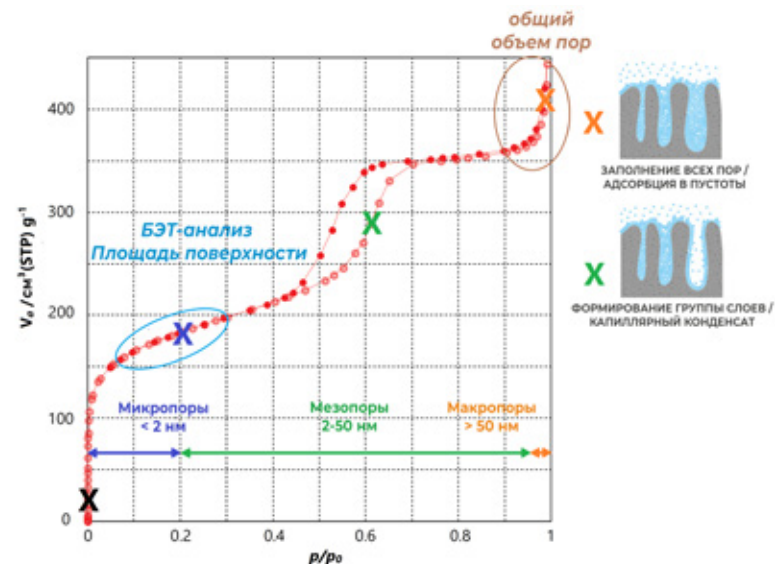


| BELSORP MAX G

Компактный прибор для анализа микропор методом газовой адсорбции

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДсорбЦИИ

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДсорбЦИИ И ИЗОТЕРМА АДсорбЦИИ



Изотерма адсорбции определяется как соотношение между адсорбированным количеством адсорбента и равновесным давлением газа или пара при постоянной температуре. Количество адсорбированного вещества показано на вертикальной оси и связано с массой адсорбента, тогда как давление представлено на горизонтальной оси и отображается обычно в виде относительного давления, а именно равновесного давления, связанного с давлением насыщенного пара. Таким образом, диапазон давления составляет от 0 до 1. Относительное давление 0 соответствует состоянию до адсорбции (т. е. после подготовки образца), а давление 1 соответствует состоянию после заполнения

всех пор (состояние насыщения). Как правило, по изотермам адсорбции, например азота при температуре 77 К и аргона при 87 К, можно вычислить удельную площадь поверхности по теории адсорбции Брунауэра — Эмметта — Теллера (БЭТ) в диапазоне относительного давления от 0,05 до 0,30. Для микропористых материалов этот диапазон можно расширить до значений ниже 0,05. Распределение пор по размерам можно вычислить по изотерме сорбции с использованием разных диапазонов относительного давления в зависимости от размера пор и метода анализа. Как правило, анализ микропор (≤ 2 нм) выполняется при относительном давлении $p/p_0 \leq 0,20$, мезопор (2–50 нм) - при $p/p_0 = 0,20-0,97$.

Наконец, анализ макропор (≥ 50 нм) выполняется при относительном давлении выше $p/p_0 = 0,97$. В последние годы мы сделали возможным анализ пор во всем диапазоне размеров вплоть до 100 нм, используя статистические термодинамические модели (методы NLDFT и GCMC) в рамках одной теории.

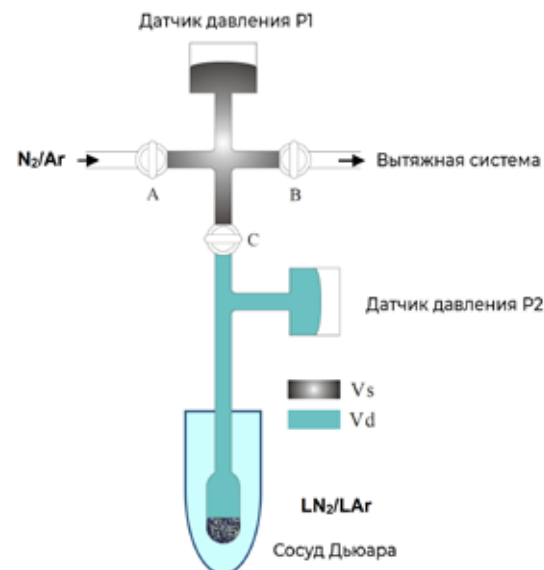
На рисунке выше показана изотерма адсорбции азота (77 К) для упорядоченного мезопористого кремнезема SBA-15. Значительное увеличение количества адсорбированного вещества наблюдалось при относительном давлении 0–0,05 и 0,40–0,70, что свидетельствует о наличии микро- и мезопор.

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДСОРБЦИИ

ВОЛЮМЕТРИЧЕСКИЙ (МАНОМЕТРИЧЕСКИЙ) МЕТОД

Точное вычисление изотермы адсорбции очень важно для определения удельной площади поверхности, распределения пор по размерам, объема пор, скорости адсорбции, а также свойств поверхности различных пористых и непористых материалов. Выделяются волюметрический, гравиметрический, импульсный и динамический методы газовой адсорбции. Приборы, разработанные на основе волюметрического метода — самого популярного метода анализа адсорбции, — должны поддерживать функцию дозирования поглощаемого газа, оснащаться датчиками давления (P1, P2), вакуумным насосом и клапанами.

Сначала образец подается в измерительную ячейку и проходит подготовку при соответствующей температуре (нагрев в вакууме). Затем измерительная ячейка помещается в измерительный порт (при внешней подготовке образца) и система вакуумируется. Для поддержания постоянной сверхнизкой температуры в сосуд Дьюара подается хладагент, например, жидкий азот или жидкий аргон. При волюметрическом методе количество адсорбированного вещества рассчитывается по изменению давления до и после адсорбции на основе уравнения неидеального газа.



Определенное количество газа, дозируемого при давлении (p_i), подается в трубопровод известного объема (V_s : стандартный объем соответствующего прибора). Клапан С измерительного порта открывается, и давление (p_e) измеряется по достижении равновесия. Зная разницу давлений p_i и p_e и свободное пространство (V_d), можно получить объем поглощаемого адсорбента. Процедура, описанная выше, выполняется повторно при разном давлении, с тем чтобы получить изотерму адсорбции. Для каждой точки измерения необходимо учитывать фактическое свободное пространство, для точного измерения которого применяется наш запатентованный метод AFSM™.

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДсорбЦИИ

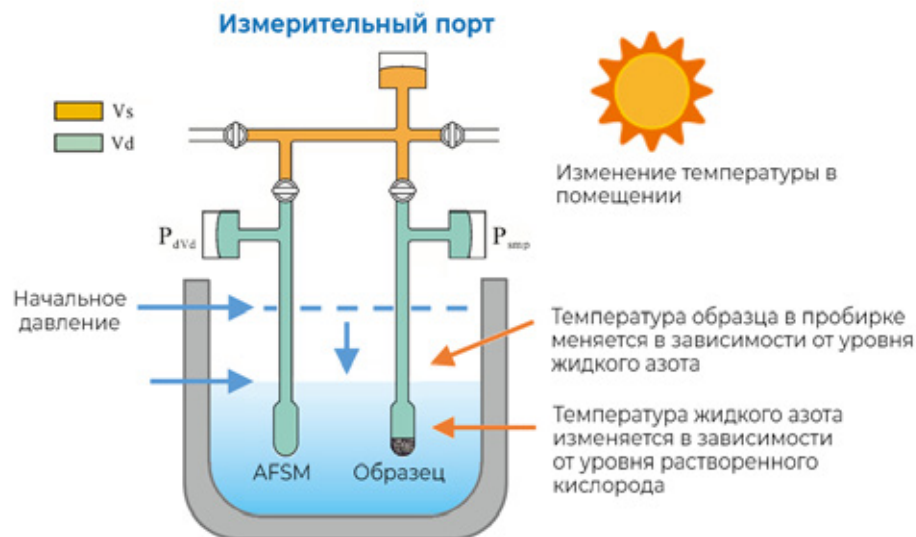
РАСШИРЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕТОД: AFSM™

При вычислении изотермы адсорбции требуется не только точно определить количество адсорбированного вещества, но и обеспечить быструю и высокую воспроизводимость результатов. Измерение даже незначительных текущих изменений свободного пространства V_d , вызванных испарением хладагента, особенно важно, если удельная площадь поверхности невелика. Запатентованный компанией MICROTRAC MRB метод AFSM™ (расширенное измерение свободного пространства) гарантирует точность и скорость даже для материалов с малой удельной площадью поверхности — а воспроизводимость не имеет аналогов в мире.

Свободное пространство в измерительной ячейке постепенно изменяется в зависимости

от уровня хладагента. Как правило, измерение свободного пространства выполняется в начале или в конце процедуры, при этом желательно поддерживать его постоянным. В этом стандартном методе не учитываются следующие факторы, влияющие на V_d : изменение уровня жидкого хладагента, уровень растворенного кислорода, изменение температуры и давления в помещении в ходе измерения. Это не позволяет точно рассчитать количество адсорбированного вещества. Наш запатентованный метод AFSM™ открывает ранее недоступные возможности непрерывного измерения свободного пространства V_d в ходе измерения газовой адсорбции. Метод AFSM™ позволяет одновременно измерять свободное пространство в измерительной и эталонной

ячейках. Поскольку свободное пространство в измерительной и эталонной ячейках изменяется одинаково, то можно непрерывно следить за изменением свободного пространства в эталонной ячейке. Соответственно, метод AFSM™ позволяет определять количество адсорбированного вещества из свободного пространства, измеренного в любой точке, не требуя поддерживать постоянный уровень хладагента и учитывая изменения температуры и давления в помещении.



ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДСОРБЦИИ

AFSM™, ВЕРСИЯ 2: УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД

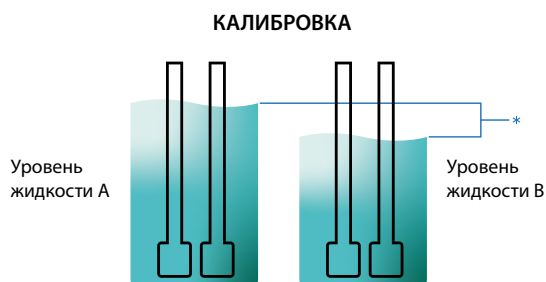
Гелий не требуется; быстрое измерение

Методы измерения свободного пространства нередко используют значения, полученные при комнатной температуре, а также значения температуры каждой пробирки с образцом (вместе со стержнем для заполнения и фильтром) и значения истинной плотности образца.

В усовершенствованном методе AFSM™2, несмотря на то, что уровень жидкого хладагента не всегда тот же при калибровке и измерении (на рисунке: уровни А и В), изменение свободного пространства остается одинаковым при обоих условиях.

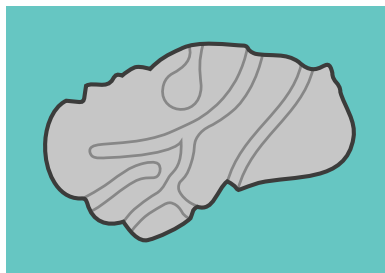
Этот усовершенствованный метод позволяет с высокой воспроизводимостью

выполнять измерение свободного пространства (в том числе, расширенное), избавляя от необходимости использовать гелий. Таким образом, можно добиться непревзойденной в отрасли повторяемости результатов, не используя гелий.

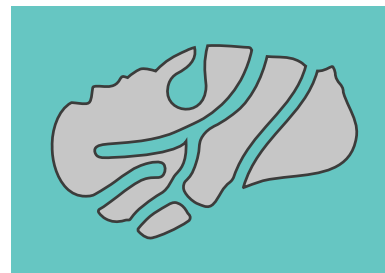


* Разница между значениями свободного пространства рассчитывается по методу AFSM.

Виды адсорбции



Абсолютная



Избыточная



Чистая

Преимущества метода AFSM™2

- ▶ Передовой в отрасли метод анализа количества адсорбированного вещества, не уступающий по точности стандартному методу AFSM™
- ▶ Метод AFSM™2 не требует использования гелия
- ▶ Не требуются адсорбция гелия и дегазация по время измерения микропористых материалов
- ▶ Точность определения количества адсорбированного вещества не страдает от колебаний температуры (при растворении кислорода)
- ▶ Прямое измерение чистой адсорбции
- ▶ Точное измерение объемов хранения

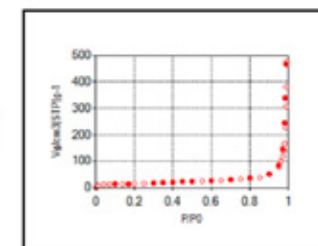
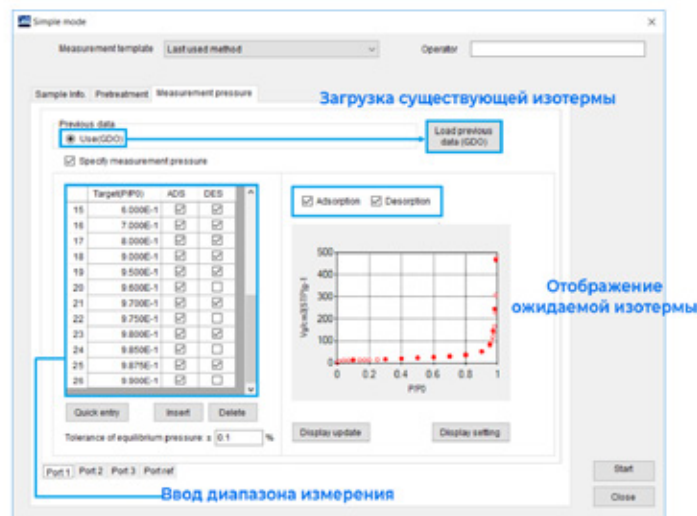
ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДсорбЦИИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗИРОВАНИЯ ГАЗА (GDO)

Оптимизация дозирования газа

Функция оптимизации дозирования газа (GDO) позволяет эффективно выполнять измерения в оптимальных условиях, руководствуясь прошлыми данными изотермы адсорбции газа образца.

Функция GDO позволяет легко настроить изотерму, добавляя или удаляя точки измерения. Это, в свою очередь, позволяет автоматически рассчитывать количество подаваемого газа — ранее трудоемкий процесс, таким образом, время измерения сокращается.



Автоматическая оптимизация рабочих условий, например объема подаваемого газа

Управление обратным клапаном при дозировании газа

Данные о скорости дозирования газа, а также о других рабочих условиях (вторичное давление в баллонах с подаваемым газом; He, N₂ и др.), полученные перед началом измерения, позволяют снизить время измерения, оптимально управляя клапанами конкретного прибора.

Ускорение измерения благодаря функции GDO

	Стандарт	GDO	Ускорение
Мезопористые материалы	34 ч	19 ч	44%
Микропористые материалы	46 ч	20 ч	57%

Отличительные особенности оборудования серии BELSORP

- ▶ Высокоточное вычисление изотермы адсорбции волюметрическим методом
- ▶ Высокая воспроизводимость и повторяемость благодаря методу расширенного измерения свободного пространства (AFSM™)
- ▶ Быстрое измерение благодаря методу AFSM™2, гелий не требуется
- ▶ Быстрое измерение благодаря функции оптимизации дозирования поглощаемого газа (GDO)

BELSORP MINI X

САМЫЙ КОМПАКТНЫЙ И ЛЕГКИЙ ПРИБОР В ОТРАСЛИ

- | 4 независимых измерительных порта и 1 специальный порт для измерения давления насыщенных паров
- | Отдельные датчики давления на каждом порте
- | Высокоточное измерение по методу AFSM™
- | Режим быстрого БЭТ-анализа для повышения производительности
- | Управление макс. 20 портами одновременно благодаря функции управления группами устройств (до 5 шт.)
- | Передача данных по сети: Наблюдение за ходом процесса с помощью уведомлений по электронной почте
- | Вычисление изотермы газовой адсорбции и чистой адсорбции по методу AFSM™2 без использования гелия
- | Анализ микропор методом молекулярного зонда (опция)
- | Соответствие требованиям FDA 21 CFR, часть 11 (опция)



Отличительные особенности порозиметра BELSORP MINI X

- ▶ Порозиметры BELSORP MINI X предлагаются с 3 или 4 портами
- ▶ Удельная площадь поверхности: | 0,01 м²/г или больше (N₂)
- ▶ Диапазон распределения пор по размерам: | от 0,7 до 500 нм (опт. ~0,35 нм)
- ▶ Порозиметры могут работать в следующих режимах:
 - | Режим высокой точности для научно-исследовательских задач
 - | Режим быстрого БЭТ-анализа для контроля качества
 - | Режим работы с несколькими образцами и функция GDO

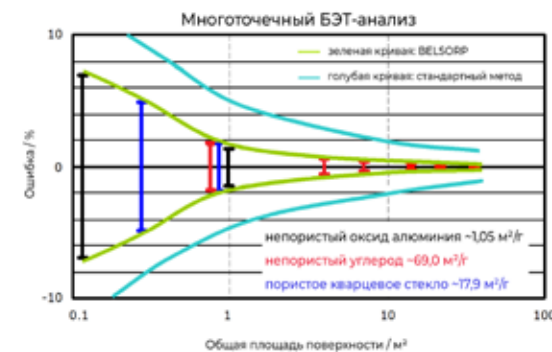


Богатый функционал порозиметра BELSORP MINI X от компании Microtrac MRB позволяет достигнуть непревзойденной в отрасли повторяемости при значительно меньшем времени измерения. Прибор может оснащаться макс. 4 измерительными портами и новыми функциями, повышающими производительность, например, управление несколькими приборами сразу. Благодаря отдельным датчикам давления на каждом измерительном порте и отдельному порту для измерения давления насыщенных паров, измерения можно выполнять независимо и одновременно. Кроме того, новое программное обеспечение для измерений повышает

эффективность работы благодаря таким функциям, как мониторинг хода процесса, управление временем технического обслуживания и отправка результатов измерений по электронной почте. Также новое ПО для анализа BELMASTER (вер. 7) позволяет выполнять анализ структуры самых разных материалов, ранее не подлежавших анализу. Порозиметр BELSORP MINI X позволяет определять удельную площадь поверхности, распределение пор по размерам и общий объем пор.

Помимо этого, все приборы для измерения газовой сорбции от Microtrac MRB оснащаются диагностическими средствами для сервисного

обслуживания. Функция SystemCheck подтверждает исправность основных узлов прибора и следит за состоянием системы. Результаты сохраняются в виде отчета, в котором собраны значения скорости утечки, исправность отдельных компонентов и др.

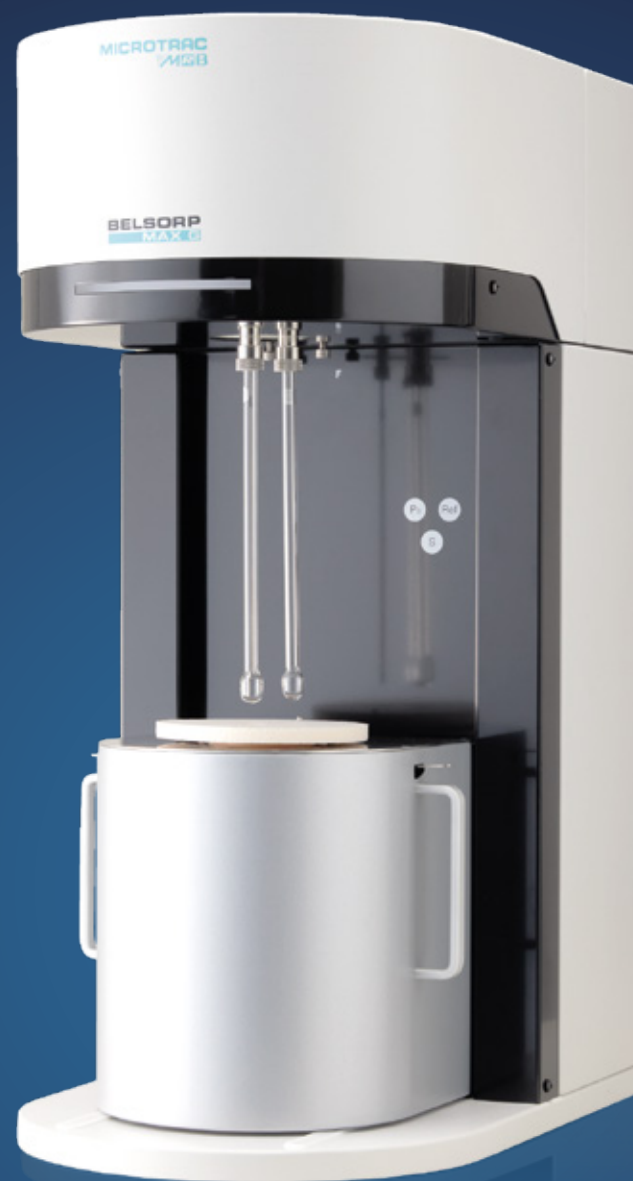


Высокоточное измерение удельной площади поверхности методом БЭТ-анализа на оборудовании BELSORP

BELSORP MAX G

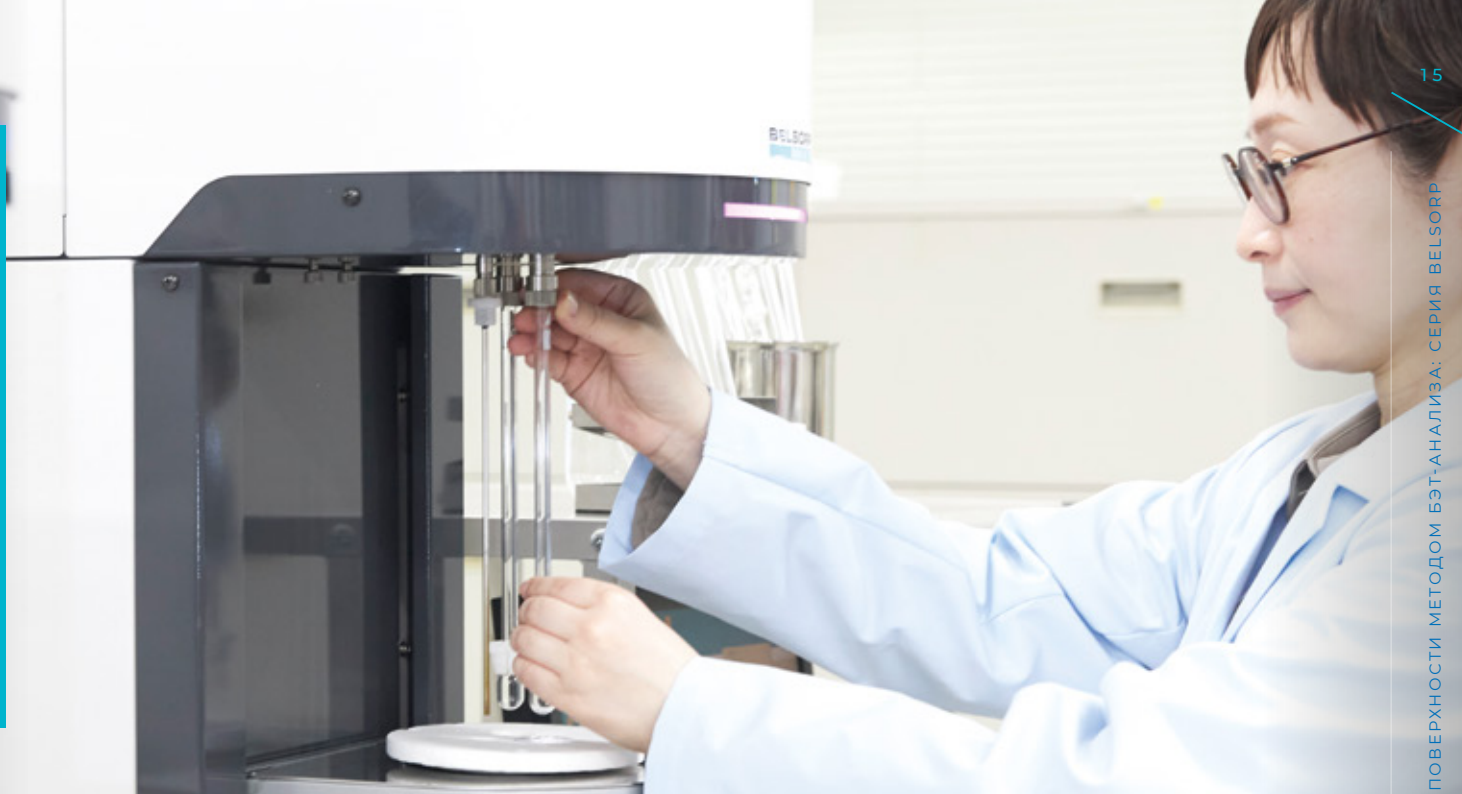
ВЫСОКОТОЧНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ИЗОТЕРМЫ ГАЗОВОЙ АДСОРБЦИИ

- | Воспроизводимое измерение удельной площади поверхности и распределения пор по размерам методом БЭТ-анализа при сверхнизком давлении
- | БЭТ-анализ удельной площади поверхности методом адсорбции криптона при температуре 77,4 К
- | Анализ микро-, мезо- и макропор методом адсорбции азота, аргона и углекислого газа
- | Высокоэффективный анализ распределения пор по размерам методами GCMC и NLDFT с помощью ПО BELMASTER версии 7)
- | Текущий и быстрый анализ каждой точки адсорбции с помощью функции оптимизации дозирования газа (GDO)
- | Измерение газовой адсорбции (в том числе, чистой) методом AFSM™2 без использования гелия
- | Датчик давления для наблюдения за вакуумированием (опция)
- | Передачи данных по сети: Наблюдение за ходом процесса с помощью уведомлений по электронной почте



Отличительные особенности порозиметра BELSORP MAX G

- ▶ Удельная площадь поверхности и распределение пор по размерам: анализ адсорбции азота, аргона и других газов от сверхнизкого до атмосферного давления
- ▶ Возможность анализа ультрамикропор методом адсорбции углекислого газа
- ▶ Измерение удельной площади поверхности при низком давлении методом адсорбции криптона
- ▶ Анализ H_2 , CO_2 , O_2 , CH_4 и неагрессивных газов
- ▶ Измерение скорости адсорбции



BELSORP MAX G — это новая линейка эффективных, компактных и экономичных порозиметров, входящих в серию BELSORP MAX от компании Microtrac MRB. Ключевая функция этих приборов — вычисление изотермы газовой адсорбции в диапазоне от сверхнизкого давления в ходе анализа микро-, мезо- и макропористых, а также непористых материалов. Прибор оснащается одним измерительным портом, одним отдельным портом для измерения давления насыщенных паров и одним портом для измерения свободного пространства. Каждый порт оснащается отдельным датчиком давления, обеспечивающим высокую точность

измерений. Порозиметр BELSORP MAX G с функцией анализа площади поверхности и распределения пор по размерам позволяет работать с самыми разными материалами, например пеллетами, литыми заготовками, подложками и мелкодисперсными образцами благодаря использованию специализированных пробирок. Кроме того, пробирку с образцом наружным диаметром 9 мм можно установить в измерительный порт. Порозиметр BELSORP MAX G совместим с различными адсорбатами и подходит для различных рабочих условий.

Отвечая потребностям наших заказчиков, мы предлагаем две модели — BELSORP MAX

G LP (низкого давления) и BELSORP MAX G MP (среднего давления), — оснащаемые разными датчиками давления:

	BELSORP MAX G LP	BELSORP MAX G MP
Порт 1	133 кПа 1,33 кПа 13,3 кПа	133 кПа 1,33 кПа 13,3 кПа
Порт 2	133 кПа	
Порт для измерения давления насыщенных паров	133 кПа	
Турбомолекулярный насос		

BELSORP MAX G: модели и конфигурации

BELSORP MAX II

ВЫСОКОТОЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГАЗОВОЙ И ПАРОВОЙ АДСОРБЦИИ

- | Воспроизводимое измерение удельной площади поверхности и распределения пор по размерам методом БЭТ-анализа
- | Рекордная производительность благодаря возможности работы с макс. 4 образцами одновременно
- | Метод расширенного измерения свободного пространства (AFSM™)
- | Измерение малой удельной площади поверхности методом адсорбции криптона при температуре 77,4 К
- | Анализ гидрофильных и гидрофобных материалов
- | Измерение скорости адсорбции различных газов и паров
- | Совместим с различными поглощаемыми газами и парами и подходит для различных рабочих условий
- | Хемосорбция (опция)
- | Подходит для работы с самыми разными материалами, например литыми заготовками, пеллетами и тонкими порошками



Порозиметр BELSORP MAX II — это универсальный прибор для измерения удельной площади поверхности, распределения пор по размерам, паровой адсорбции и хемосорбции. Этот прибор позволяет анализировать самые разные характеристики пористой структуры материала, например, площадь поверхности методом БЭТ-анализа, а также микропоры, вычисляя изотермы адсорбции при сверхнизком давлении, сорбции паров органических соединений или гидрофильность/гидрофобность при адсорбции водяных паров.

Эти становится возможным благодаря запатентованным техническим решениям, например, подогреву трубопроводов (50°C, опция 80 °C) до постоянной температуры, термостату и электрополировке поверхности трубопроводов для предотвращения коррозии. Также порозиметры BELSORP MAX II оснащаются пневматическими клапанами для предотвращения утечек или дегазации при работе с высоким вакуумом.

Порозиметры BELSORP MAX II подходят не только для работы с самыми разными поглощаемыми газами и парами, но и для самых разных рабочих условий. Кроме того, оптимальные условия измерения автоматически настраиваются в соответствии с данными изотермы адсорбции, указываемыми пользователем (функция оптимизации дозирования газа).

Отличительные особенности порозиметра BELSORP MAX II

- ▶ **Удельная площадь поверхности:**
 - | 0,01 м²/г или больше (N₂)
 - | 0,0005 м²/г или больше (Kr)
- ▶ **Диапазон распределения пор по размерам:**
 - | 0,35-500 нм
- ▶ **Высокоточное измерение адсорбции паров при строгом контроле температуры**
- ▶ **Автоматическая подача жидкого азота и отдельный нагреватель в рамках полностью автоматического управления непрерывным процессом (опция)**
- ▶ **Передовые методы GCMC/NLDFT повышают разрешение и точность анализа распределения пор по размерам**
- ▶ **Дополнительная линия для повышения скорости и эффективности вакуумирования (опция)**
- ▶ **Передача данных по сети: Наблюдение за ходом и результатами анализа через уведомления по электронной почте**



BELSORP
MAX II

BELSORP MAX II

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПОРОЗИМЕТРОВ СЕРИИ BELSORP MAX II

BELSORP MAX II HV

Порозиметр BELSORP MAX II HV позволяет анализировать самые разные типы паровой адсорбции (водяные пары, летучие органические соединения и др.) при более высоких температурах по сравнению со стандартными моделями. Трубопровод может подогреваться до 80°C, позволяя адаптироваться к более широкому спектру задач в более реалистичных условиях. Данный прибор предназначен для следующих областей применения:

- | Анализ цемента, бетона и других строительных материалов
- | Отопление/вентиляция, кондиционирование
- | Литий-ионные аккумуляторы и топливные элементы (GDL)

BELSORP MAX II HP

Специализированная модель BELSORP MAX II HP пополняет линейку BELSORP MAX II, позволяя анализировать газовую адсорбцию, удельную площадь поверхности методом БЭТ-анализа, распределение пор по размерам, паровую адсорбцию и скорость адсорбции при высоком давлении 900кПа. Данный прибор предназначен для следующих областей применения:

- | Эффективное использование углекислого газа
- | Накопление энергии (CH_4 / $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$ / H_2)
- | Теплонасосы
- | Материалы мембран для короткоциклового безнагревной адсорбции / адсорбции переменной температурой

BELSORP MAX II XRD

К числу адсорбентов относятся материалы, меняющие свою структуру в ходе адсорбции, например, пористые координационные полимеры (PCP/MOF). Они используются в таких сферах, как хранение, сепарация и очистка газов. В сочетании с порошковым рентгеновским дифрактометром порозиметры BELSORP MAX II могут одновременно анализировать и структурные изменения адсорбента, и количество адсорбированного вещества, с тем чтобы изучать механизм адсорбции можно было более подробно.

Отличительные особенности порозиметров BELSORP MAX II

▶ BELSORP MAX II HV

- | Подогрев трубопровода до 80 °С
- | Вычисление изотермы паровой адсорбции при температуре до 70 °С и относительном давлении до 0,95
- | Изотермы высокого разрешения полярных и неполярных паров органических соединений

▶ BELSORP MAX II HP

- | Определение количества адсорбированного вещества различных газов при высоком давлении (до 900 кПа)
- | Точное определение количества адсорбированного вещества по автоматически вычисляемым коэффициентам сжатия различных неидеальных газов
- | Анализ распределения пор по размерам в диапазоне от ультрамикропор до мезопор методом адсорбции углекислого газа при давлении до 900 кПа и температуре 298 К (метод GCMC)

▶ BELSORP MAX II XRD

- | Обнаружение изменений в структуре поглощаемого материала методом определения количества адсорбированного вещества и, одновременно, порошковой рентгеновской дифракции
- | Обнаружение структурных изменений по месту в результате процесса адсорбции

Прибор	BELSORP MAX II	BELSORP MAX II HV	BELSORP MAX II HP
Измерительные порты	Макс. 4 порта	Макс. 4 порта	Макс. 3 порта 1 порт высокого давления
Диапазон измерения (паровая адсорбция)	$P/P_0 = \sim 0,95$ при 40 °С	$P/P_0 = \sim 0,95$ при 70 °С	$P/P_0 = \sim 0,95$ при 40 °С
Диапазон измерения (адсорбция высокого давления)	—	—	10 Па ~ 900 кПа
Датчик давления 1 МПа	—	—	1
Датчик давления 133 кПа	6	6	5
Датчик давления 1,33 кПа	Макс. 4	4	3
Датчик давления 13,3 Па	Макс. 3	—	2
Термостатируемая камера	50°С	80°С	50°С

Прибор	BELSORP MAX II XRD
Метод измерения	Адсорбция газа + порошковая рентгеновская дифракция
Поглощаемый газ (газовая адсорбция)	N ₂ , Ar, CO ₂ , неагрессивные газы
Измерительные порты	1 порт + для рентгеновского дифрактометра Макс. 4 порта* (* только для газовой/паровой сорбции)
Датчик давления	133 кПа, 1,33 КПа, 13,3 Па
Температура измерения	50 - 400 К
Объем измерительной ячейки	0,15-0,45 см ³
Рекомендуемый рентгеновский дифрактометр	Smart Lab производства Rigaku Corp.

04/2021 Сохраняются права на исправления и модификации

BELSORP MAX

ВЫСОКОТОЧНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ИЗОТЕРМЫ ГАЗОВОЙ И ПАРОВОЙ АДСОРБЦИИ

- | Измерение удельной площади поверхности методом БЭТ-анализа с высокой воспроизводимостью
- | Анализ распределения пор по размерам в диапазоне от микропор
- | Большая производительность благодаря возможности работы с макс. 3 образцами одновременно
- | Метод расширенного измерения свободного пространства (AFSM™)
- | Измерение малой удельной площади поверхности методом адсорбции криптона при температуре 77,4 К
- | Хемосорбция (опция)
- | Анализ гидрофильных и гидрофобных материалов



Отличительные особенности порозиметра BELSORP MAX

- ▶ **Удельная площадь поверхности:**
 - | 0,01 м²/г или больше (N₂)
 - | 0,0005 м²/г или больше (Kr)
- ▶ **Диапазон распределения пор по размерам:**
 - | 0,35~500 нм (N₂, Ar, CO₂)
- ▶ **Совместим с различными поглощаемыми газами и парами и подходит для различных рабочих условий**
 - | Паровая адсорбция
 - | Хемосорбция (опция)
- ▶ **3 измерительных порта**
- ▶ **Подготовка образца (динамический поток газа)**

Порозиметр BELSORP MAX от компании Microtrac MRB — это высокоточный прибор для анализа газовой/паровой адсорбции, который подходит для работы макс. с тремя образцами одновременно во всем диапазоне относительного давления. Запатентованная конструкция прибора предотвращает инфильтрацию и утечку газа, а в сочетании с комплектом датчиков давления — например на 13,3 Па — позволяет вычислять изотермы адсорбции в диапазоне от сверхнизкого до высокого относительного давления. Благодаря высокой точности запатентованного метода AFSM™ достигается высокая воспроизводимость измерения удельной площади поверхности (БЭТ) и распределения пор по

размерам. Кроме того, прибор способен анализировать характеристики поверхности материала методом паровой сорбции и хемосорбции. Подготовка образца может выполняться методом динамического потока газа (окисление и восстановление водородом). Наконец, можно измерять скорость адсорбции. Предлагаются модели, измерительные порты которых могут оснащаться отдельными датчиками давления разных типов.

Порозиметр BELSORP MAX работает под управлением признанного программного обеспечения с классическим пользовательским интерфейсом. В главном меню отображаются схема процесса,

изотерма адсорбции в реальном времени и график тренда, позволяя детально наблюдать за выполняемыми измерениями. В упрощенном режиме Easy Mode в ПО автоматически настраиваются рабочие условия в зависимости от свойств образца, избавляя от необходимости выполнять все настройки вручную. Режим Detailed Mode предназначен для опытных пользователей, предлагая широкие возможности конфигурирования, например настройки дозирования, равновесия, проверки на герметичность и многое другое. Дополнительно функция System Check позволяет легко следить за состоянием прибора для нужд технической поддержки и сервисного обслуживания.

СЕРИЯ BELSORP

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПЦИИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ



СТАНДАРТНЫЕ РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В стандартный ассортимент расходных материалов входят измерительные ячейки, стержни для заполнения, фильтры, уплотнительные кольца, колпачки и площадки для взвешивания, необходимые для вычисления изотерм адсорбции. Также в числе расходных материалов — NSD-капсулы, бутылки для жидкостей, измерительные ячейки различных типоразмеров, быстрые уплотнения и многое другое.



ТЕРМОРЕГУЛЯТОР

Подготовка образца при температуре от 50°C до 550°C. Порозиметры BELSORP MAX II оснащаются контроллерами.



ВОДЯНАЯ БАНЯ

Водяная баня позволяет выполнять измерения при температуре от -10°C до 70°C. Для использования водяной бани требуется устройство циркуляции с подогревом/охлаждением.



ЗАЩИТНАЯ КРЫШКА

Защитная крышка для порозиметров BELSORP сделает работу с прибором еще безопаснее.



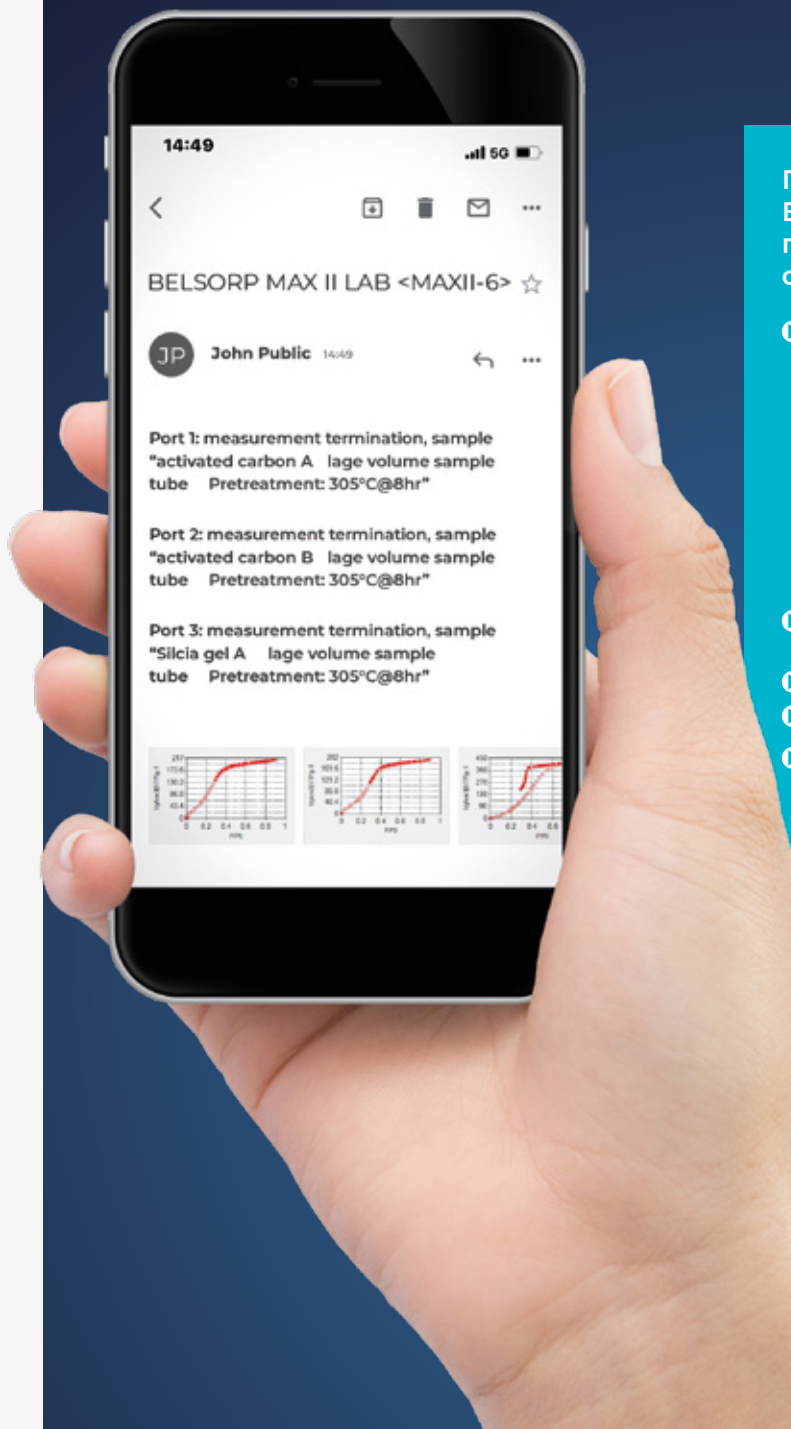
ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ ГАЗОВ

Можно установить оборудование для подачи до 12 газов (стандартная конфигурация модели BELSORP MAX II) или до 4 газов с внешним переключателем, чтобы иметь возможность выбрать нужный адсорбат.



ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ, ОПЦИЯ (БЕЗ СЕРТИФИКАЦИИ ЕС)

Эта уникальная функция позволяет автоматически вычислять изотерму адсорбции, непрерывно ведя сорбционный анализ и сокращая тем самым время анализа.



Передача данных по сети: Возможности передачи данных по сети для оборудования серии BELSORP

- ▶ Удаленное наблюдение за ходом и результатами анализа через уведомления по электронной почте
 - | Вычисление изотерм сорбции по всем измерительным портам
 - | Быстрый обзор
 - | Подробная информация об образце
 - | ПО BELMASTER (вер. 7) с сохранением результатов в файл
 - | Построение графиков
- ▶ Уведомления могут отправляться на разные устройства
- ▶ Повышение производительности
- ▶ Непрерывный процесс измерения
- ▶ Быстрая диагностика и устранение неисправностей

СЕРИЯ BELSORP

ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Данное программное обеспечение призвано упростить работу с прибором, предлагая множество функций для повышения производительности. Поскольку приборы BELSORP поддерживают множество функций, важной задачей становится сделать работу с ними как можно проще. Наше ПО предлагает пошаговые инструкции выполнения процедур, например проведения измерений, замены газового баллона, продувки трубопровода и дегазации поглощаемой жидкости (адсорбтив). Эта функция делает удобной работу с прибором даже для малоопытных пользователей.

В зависимости от опыта оператор может выбрать один из двух режимов: стандартный - Simple Mode - и профессиональный

- Professional Mode. В стандартном режиме оператор вводит информацию об образце, задает условия подготовки образца (если подготовка внешняя, этот этап можно пропустить) и количество точек измерения. Этот режим оптимален для работы с образцами, свойства которых неизвестны. При использовании функции предварительного измерения по сопоставимой модели сорбции, можно оптимизировать дозирование газа, чтобы сократить время измерения. Кроме того, в профессиональном режиме предлагаются расширенные функции конфигурирования, например, настройки дозирования, равновесия, проверка на герметичность и др.



Данные о ходе измерения и результаты автоматически отправляются в виде уведомления по электронной почте. Эта функция позволяет легко и надежно следить за состоянием системы. Наши приборы оснащаются диагностическими средствами, упрощающими обслуживание, — так называемой функцией System Check. Эта функция подтверждает исправность основных узлов прибора и следит за состоянием системы. Результаты проверки, включая скорость утечки, исправность отдельных компонентов и др., сохраняются в отчете.



Отличительные особенности программного обеспечения

- ▶ ПО для измерения от Microtrac MRB предлагает стандартизированный пользовательский интерфейс и подходит для работы с приборами BELSORP MINI X, MAX G и MAX II
- ▶ В зависимости от опыта пользователь может выбрать в ПО Стандартный или Профессиональный режим
- ▶ Приборы могут работать в следующих подрежимах:
 - | Режим высокой точности для научно-исследовательских задач
 - | Режим работы сразу с несколькими образцами, повышающий производительность
 - | Режим быстрого БЭТ-анализа для контроля качества

Режим высокой точности

Достигнуть исключительно высокой точности позволяет метод измерения свободного пространства в измерительной и эталонной ячейках одновременно (метод AF5M™). Оставшиеся порты используются для вычисления изотерм адсорбции/десорбции, а для измерения давления насыщенных паров используется отдельный порт.

| Разрешение: 0,01 м²

| Воспроизводимость:

Общая площадь поверхности 1,0 м² → ± 1,2 %*

Общая площадь поверхности 10 м² → ± 0,4 %

Режим работы с несколькими образцами

В этом режиме можно вычислять изотермы адсорбции и десорбции макс. четырех образцов, а для измерения давления насыщенных паров будет использоваться отдельный порт. Данные об изменении свободного пространства автоматически берутся из соответствующего сохраненного файла (расширение *dvd*).

| Разрешение: 0,01 м²

| Воспроизводимость:

Общая площадь поверхности 10 м² → ± 0,5 %

Режим быстрого БЭТ-анализа

Этот режим призван увеличить производительность системы. Измерение можно выполнять в трех точках адсорбции для четырех образцов примерно за 15 мин.

* Общая площадь поверхности (м²) рассчитывается из удельной площади поверхности (м²/г) и массы образца.

BELMASTER (VER. 7)

МОЩНОЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

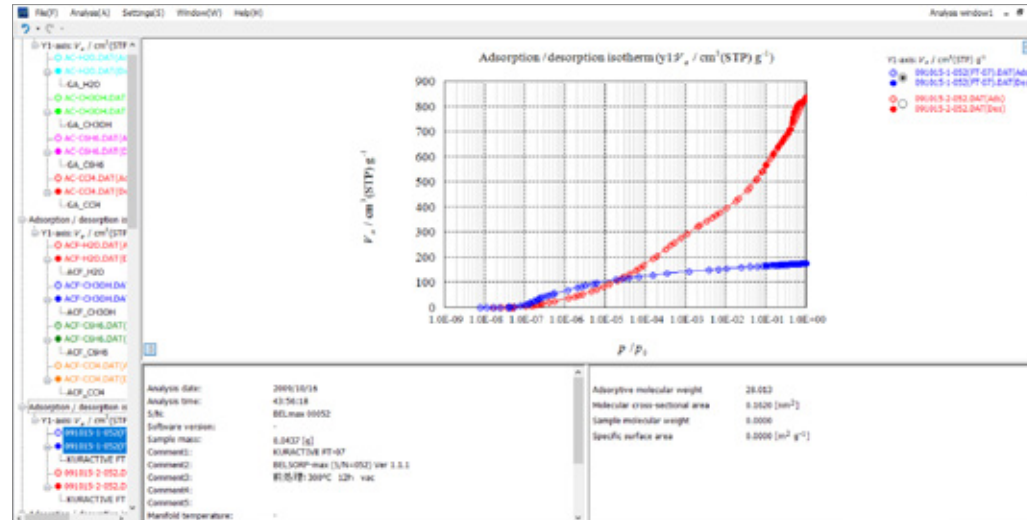
- Данные и результаты анализа можно сохранить, перетащив их мышью в файл Excel.
- Удобная настройка обновления данных графика, масштаба осей X и Y, единиц измерения, маркеров и цветов
- Окно результатов анализа можно сохранить для использования после перезапуска компьютера
- Настройка повседневного анализа, удобно для многократного выполнения идентичных процедур
- Пользовательские данные можно зарегистрировать в виде стандартных эталонных изотерм для анализа профиля пор, t-графиков и α -графиков
- Легко читаемый формат благодаря настройке цветов, обозначающих отдельные виды данных



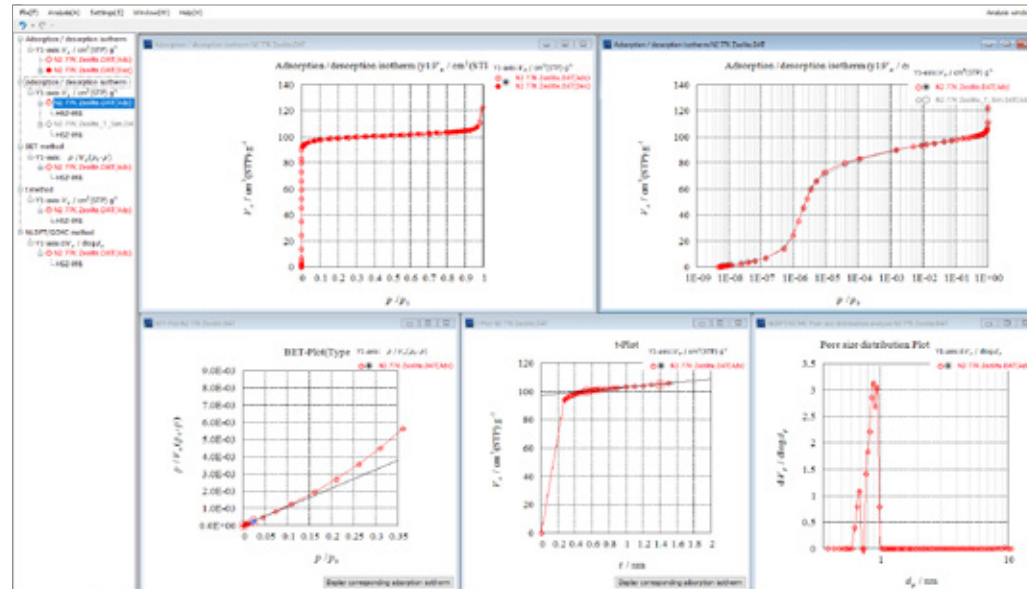
ПО для анализа BELMASTER (вер. 7) предлагает широкий спектр стандартных и расширенных методов анализа, разрабатываемых на протяжении многих лет, расширяя возможности изучения характеристик образцов.

- | Изотерма адсорбции/десорбции / кривая РСТ
- | Измерение удельной площади поверхности методом БЭТ-анализа, вкл. ISO 9277 / график Рукероля для изотерм типа I
- | Измерение удельной площади поверхности методом Ленгмюра и Фрейндлиха
- | Методы INNES, VJH DH и CI (для мезопор)
- | Методы НК, SF и CY (распределение микропор по размерам, только для приборов серии BELSORP MAX)
- | Метод t-графиков (анализ в диапазоне от микро- до мезопор)
- | Метод α -графиков (анализ в диапазоне от микро- до мезопор)
- | Метод МР (распределение микропор)
- | Метод Дубинина - Астахова и Дубинина - Радужкевича (объем микропор)
- | Изостерическая теплота адсорбции (для приборов серии MAX)
- | Дифференциальная изотерма адсорбции
- | Фрактальная размерность
- | Метод молекулярного зонда (анализ ультрамикропор)
- | Измерение скорости адсорбции (только для приборов серии MAX)
- | Дисперсность металлов
- | BELSim™: Метод NLDFT / GCMC (ISO 15901-2, -3) в диапазоне от микро- до макропор

| Вычисление изотерм при относительном давлении ниже 10^{-8}

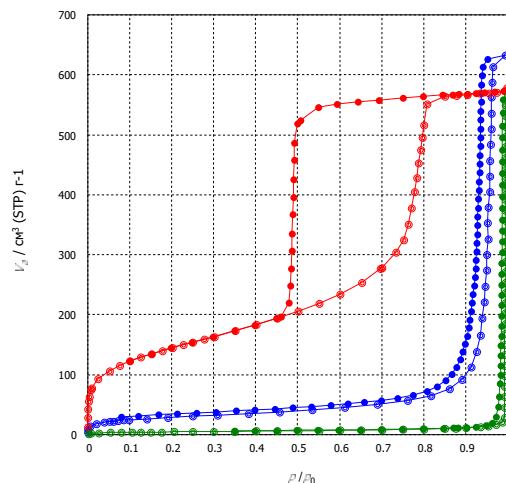


| Результаты анализа: Вычисление изотерм, БЭТ-анализ (по ISO 9277), t-графики и распределение пор по размерам методом GCMC



РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

BELSORP MINI X



Изотермы сорбции азота в кремнезем при температуре 77,4 К

Изотерма адсорбции определяется как отношение между адсорбированным количеством материала на адсорбенте и давлением равновесия газа или пара при постоянной температуре. Количество адсорбированного вещества отображается по оси Y и, как правило, связано с массой адсорбента, а по оси X отображается относительное давление (p/p_0 ; p = давление равновесия, p_0 = давление насыщенных паров). В целом, изотерма сорбции содержит данные, необходимые для измерения удельной площади поверхности, распределения пор по размерам и объема пор.

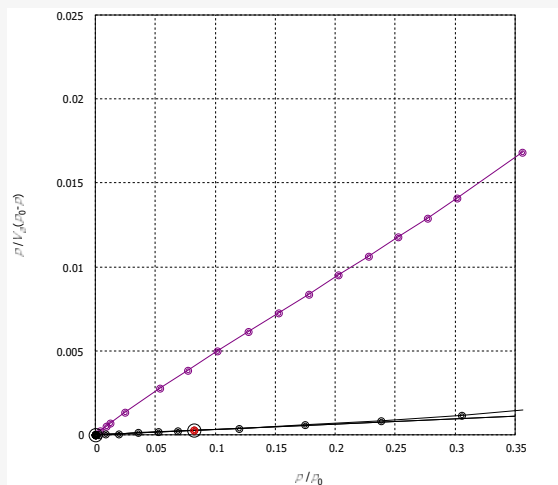
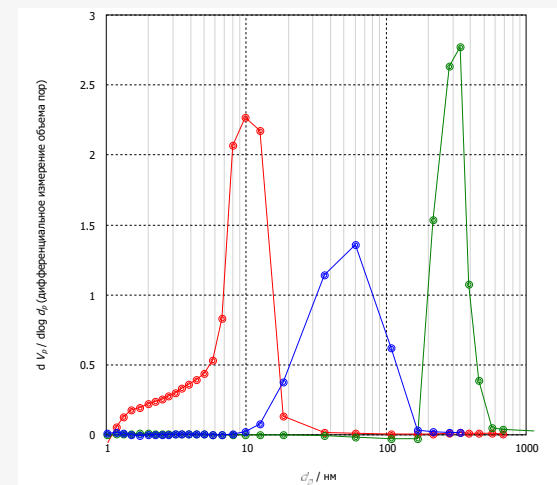


График БЭТ-анализа: Удельная площадь поверхности, как правило, измеряется методом БЭТ-анализа (названного по фамилиям авторов - Брунауэра, Эмметта, Теллера) для поглощенных физически газов. Вычисления проводятся согласно ISO 9277

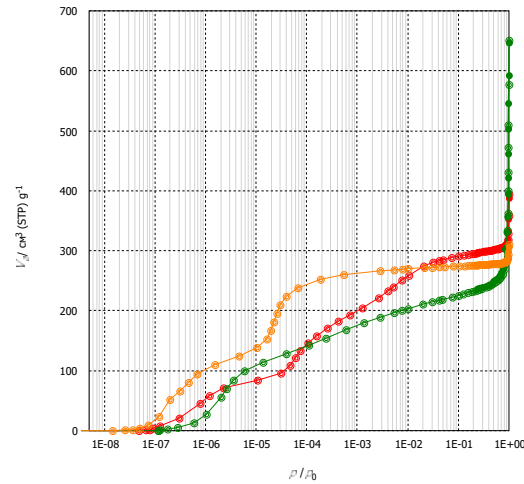
Классическими методами анализа распределения пор по размерам считаются методы INNES (щелевая структура пор) и ВЖН, ДН, СІ (цилиндрическая структура пор), позволяющие анализировать мезопоры по теории капиллярной конденсации. Методы НК (щелевая структура пор), SF (цилиндрическая структура пор) и СУ (решетчатая структура пор) также могут использоваться для анализа микропор по теории адсорбционного потенциала. Методы DA и DR также активно применяются для измерения объема пор в рамках анализа пористой структуры материала. Новые методы анализа распределения пор по размерам и измерения объема пор, NLD-FT и GCMC, подробно описаны на следующей странице, а также в стандарте ISO 15901-2.



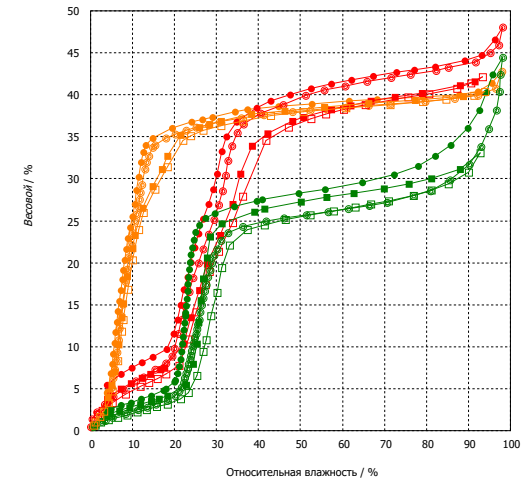
Стандартное распределение пор по размерам (метод ВЖН), на основе изотермы адсорбции азота в кремнезем при температуре 77,4 К

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

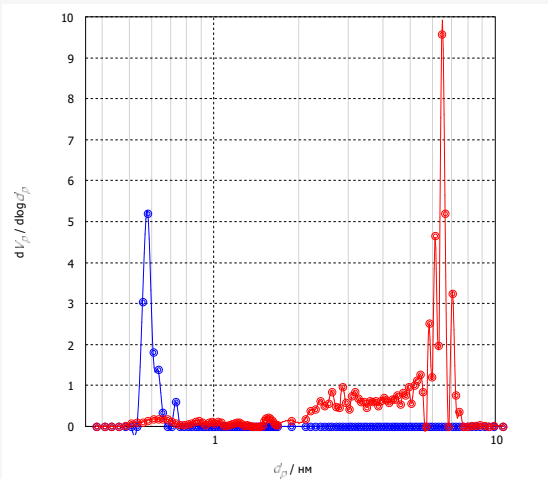
BELSORP MAX G BELSORP MAX II BELSORP MAX



Анализ сорбции азота трех металлоорганических структур (MOFs): Фумарат алюминия (зеленая кривая), UiO-66 (красная кривая) и MIL-160 (оранжевая кривая) при 77,4 К



Анализ сорбции воды трех металлоорганических структур (MOFs) при разных температурах: Фумарат алюминия (зеленая кривая), UiO-66 (красная кривая) и MIL-160 (оранжевая кривая) при 77,4 К



Стандартное распределение пор по размерам (метод ВЗН), на основе изотермы адсорбции азота в кремнезем при температуре 77,4 К

В последние годы приобрели популярность методы анализа пористой структуры материалов на основе компьютерных симуляций, в частности, инновационный метод анализа распределения пор по размерам NLDFT (расшифровка: функциональная теория нелокализованной плотности) и метод GCMC (расшифровка: Большой Канонический Монте-Карло), предлагающий единую теорию анализа микро-, мезо- и макропор. Данные о распределении пор по размерам, взятые из той же изотермы адсорбции, будут разными для стандартного анализа и анализа распределения пор по размерам, также они будут варьироваться даже между инновационными методами, поскольку давление заполнения в каждом случае разное. Компания Microtrac MRB предлагает методы

анализа, подходящие для пор разных размеров и разных адсорбатов, например азота (77,4 К), аргона (87,3 К) и углекислого газа (298 К). В этих методах используются основные модели пор (щелевая, цилиндрическая, решетчатая), позаимствованные из методов NLDFT/GCMC, и углеродные и металлооксидные поверхности, что в итоге позволяет получить точное описание пористой структуры материала. Наше программное обеспечение BELMASTER (вер. 7) предлагает удобные инструменты сравнения изотерм, полученных экспериментально и в ходе компьютерной симуляции, при этом последние будут использоваться для анализа распределения пор по размерам. Если изотермы идентичны, значит анализ распределения пор по размерам выполнен верно.

BELPREP VAC II И VAC III

ДЕГАЗАТОР ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ



Для точного анализа адсорбции необходимо подготовить образец. Для этого предназначен специальный нагреватель, которым оснащается прибор, или внешний дегазатор BELPREP от компании Microtrac MRB. В ходе подготовки образец подогревается в вакууме или потоке инертного газа. Приспособления для подготовки образцов нередко позволяют поднять производительность, поскольку и подготовка, и измерение выполняются одновременно. Мы предлагаем две модели дегазаторов, отвечающие нуждам заказчиков: BELPREP VAC II и BELPREP VAC III.

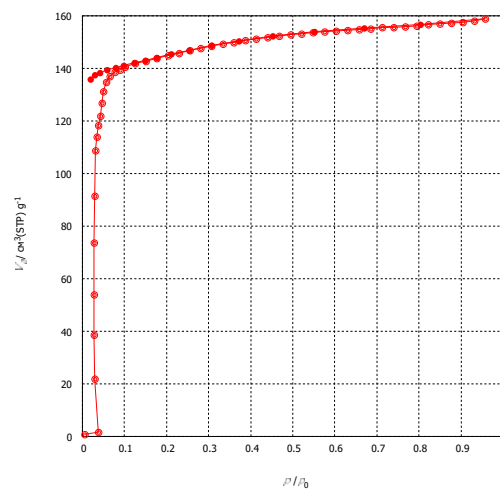
Технические характеристики	BELPREP VAC II	BELPREP VAC III
Дегазация с подогревом в потоке газа	опция	опция
Дегазация с подогревом в вакууме	✓	✓
Порты для подготовки образца	3	6
Температурный диапазон (макс.)	430°C	450°C
Точность измерения температуры	±5°C	±5°C
Программируемый температурный контроллер	✓ 1 программа, до 8 сегментов (линейное изменение + удержание)	✓ 8 программ, до 32 сегментов на каждую (линейное изменение, удержание, ступенчатое изменение)
Автоматическое прекращение подачи продувочного газа	✓	-
Автоматическое регулирование скорости насоса для предотвращения диспергирования	✓	-
Габаритные размеры (Ш x В x Г) и вес	321 x 158 x 363 мм, 15 кг	400 x 317 x 383 мм, 15 кг
Сеть питания	100-120 / 200-240 В пер. тока (50/60 Гц) / 10 А	100-120 / 200-240 В пер. тока (50/60 Гц) / 12 А

BELCRYO

КРИОСТАТ



Криостат BELCRYO от компании Microtrac MRB позволяет анализировать характеристики поверхности материалов при сверхнизких температурах. Надежность криостата позволяет использовать два оптических метода одновременно (например, порошковую рентгеновскую дифракцию и малоугловое рентгеновское рассеяние), а также одновременно анализировать газовую адсорбцию и структурные изменения. Криостат BELCRYO позволяет измерять количество адсорбированного вещества при температуре жидкого азота (90,2 K), что раньше считалось небезопасным. Также криостат BELCRYO подходит для анализа материалов, используемых для хранения газов.



Пример анализа сорбции кислорода в пористых координационных полимерах при температуре 90,2 K

Отличительные особенности криостата BELCRYO

- ▶ Регулирование температуры в диапазоне от 50 до 473 K с шагом 0,01 K
- ▶ Предлагаются ячейки стандартного объема (2 см³) и малого объема (0,5 см³)
- ▶ Автоматическое измерение при использовании вместе с приборами серии BELSORP MAX
- ▶ Возможность работы с несколькими образцами сразу, до 3 образцов
- ▶ Поддержка анализа при высоком давлении (0,9 МПа) с помощью прибора BELSORP MAX II HP
- ▶ N₂, CO₂, O₂, H₂, HCs, COs и другими инертными газами

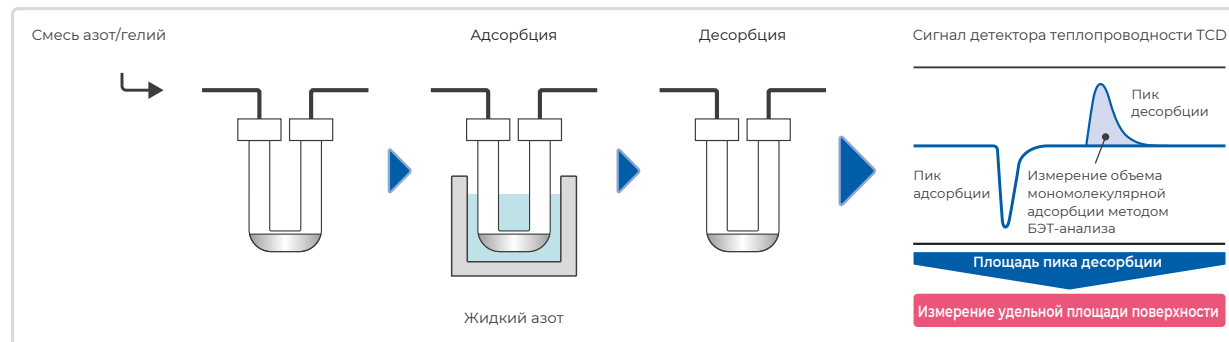
ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ АДСОРБЦИИ

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ПОТОКА ГАЗА

При методе динамического потока газа газ-адсорбат известной концентрации и гелий в качестве газа-носителя подаются на образец с постоянным расходом. Концентрация растворенного газа-адсорбата выражается как p/p_0 . Как правило, используется 30 % азота, разбавленного гелием ($p/p_0 = 0,30$). В ходе адсорбции сосуд Дьюара с жидким азотом поднимается и охлаждает пробирку с образцом.

Азот адсорбируется образцом, и концентрация азота в смеси понижается, что видно по пику детектора теплопроводности TCD.

По достижении равновесия сигнал детектора теплопроводности возвращается к базовой



линии и адсорбция завершается. Сосуд Дьюара с жидким азотом опускается, и начинается десорбция азота. В итоге, концентрация азота в смеси повышается, что видно по пику детектора теплопроводности TCD. По достижении равновесия сигнал детектора теплопроводности возвращается к базовой линии.

Пик десорбции, как правило, используется для анализа монослойной адсорбции, видимой по остроте пика.

Таким образом, можно точно интегрировать пики с достижением высокой воспроизводимости. Руководствуясь БЭТ-теорией, можно измерить удельную площадь поверхности, зная количество

адсорбированного вещества (монослой) и площадь поперечного сечения газа-адсорбтива. Кроме того, значение C , взятое с графика БЭТ-анализа, позволяет судить о теплоте адсорбции; значение C изменяется в зависимости от типа изотермы адсорбции. Если изотерма адсорбции возрастает в области низкого давления, значение C также будет высоким (и, соответственно, теплота адсорбции будет больше). С другой стороны, если изотерма адсорбции в области низкого давления не возрастает, значение C будет низким (количество адсорбированного вещества будет небольшим).

Если БЭТ-анализ проводится в одной точке, значение C будет стремиться к ∞ .



Благодаря тому, что время измерения невелико, этот метод нередко применяется для контроля качества, однако рекомендуется проявлять осторожность в связи с тем, что отличие от анализа в нескольких точках будет существеннее для образцов с низким значением S .

Измерение удельной площади поверхности методом БЭТ-анализа в одной точке, как правило, проводится при относительном давлении 0,30. Эта точка измерения затем используется в вычислениях по линеаризованной формуле и построении **кривой** БЭТ-анализа. Измерение удельной площади поверхности методом БЭТ-

анализа в нескольких точках, как правило, выполняется при относительном давлении от 0,05 до 0,30. Эти точки измерения затем используются в вычислениях по линеаризованной формуле, построении **кривой** БЭТ-анализа и определении точки **пересечения** с кривой.

Получив **кривую** (БЭТ-анализ в одной точке) или **кривую** вместе с точкой **пересечения** (БЭТ-анализ в нескольких точках), можно измерить объем монослоя V_m ($V_m = 1/s$ или $V_m = 1/(i+s)$). Удельную площадь поверхности методом БЭТ-анализа можно измерить, подставив значение V_m в следующую формулу:

$$S_{BET} = \frac{V_m \times N_A \times A_{CS}}{22414 \text{ мл моль}^{-1} \times W_s}$$

$$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$A_{CS} (N_2) = 0,162 \text{ нм}^2$$

$$W_s = \text{масса образца (г)}$$

СЕРИЯ BELSORP MR

BELSORP MR1

Порозиметр BELSORP MR1 — это высокоэффективный автономный прибор, который позволяет одновременно выполнять подготовку образца и вести измерения. Измерение удельной площади поверхности материалов выполняется методом БЭТ-анализа в одной точке. Благодаря высокой чувствительности детектора теплопроводности (TCD), а также датчиков температуры и давления результаты измерения будут готовы уже через 15 мин. Автоматическое перемещение сосуда Дьюара, функция калибровки и управление с сенсорного дисплея — всё это делает порозиметр BELSORP MR1 исключительно удобным, особенно для малоопытных

пользователей. Результаты измерения можно сохранить в виде текстовых файлов, файлов Excel или распечатать в виде отчета (из файла формата rtf).

Высокоэффективное измерение

- | Подготовка образца и измерение выполняются одновременно
- | БЭТ-анализ в одной точке занимает примерно 15 мин (включая калибровку)

Высокая точность измерения

- | Высокая точность, чувствительность и воспроизводимость
- | Удобная сенсорная панель
- | Функция автоматического обнуления

с высокочувствительным детектором теплопроводности

- | Специальная кривая калибровки делает процесс измерения простым и надежным
- | Для повышения точности калибровки температура и давление измеряются автоматически
- | Удобство работы благодаря автоматическому подъемнику сосуда Дьюара и вентилятору охлаждения
- | Результаты измерения и графики тренда можно сохранить на USB-накопитель
- | Компактная конструкция, подключение к ПК не требуется



СЕРИЯ BELSORP MR

BELSORP MR6

Порозиметр BELSORP MR6 — это полностью автоматический прибор для БЭТ-анализа, который может работать с 6 образцами одновременно на всех этапах от подготовки до анализа (при работе с жидким азотом требуется опция автоматического заполнения). Возможность одновременно выполнять подготовку образца и измерение позволяет сократить всю процедуру примерно до 15 мин, то есть почти вдвое по сравнению с обычными приборами. Станция смены образцов позволяет выполнять процесс измерения непрерывно. Возможность работы со смесями газов позволяет выполнять БЭТ-анализ как в одной, так и в нескольких точках, повышая

точность результатов. Опция измерения давления насыщенных паров повышает воспроизводимость и сводит к минимуму регулярные ошибки измерения, поэтому данный прибор подходит для контроля качества на производстве различных порошков, гранулята и др. аналогичных материалов.

Также может быть обеспечено соответствие требованиям Управления по контролю за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA21 Часть 11), если прибор планируется применять в фармацевтической отрасли.



Отличительные особенности порозиметров серии BELSORP MR

- ▶ БЭТ-анализ в одной или (опция) в нескольких точках по методу динамического потока газа
- ▶ Удобная настройка конкретных условий подготовки образца, ввод названия и веса
- ▶ Диапазон измерения (~0,01 м²/г)
- ▶ Короткое время измерения (15 мин)
- ▶ Автоматическая калибровка температуры и давления, повышающая повторяемость результатов
- ▶ Имена файлов автоматически генерируются по идентификаторам измерительных ячеек (в формате: имя образца, номер партии, дата и время)

BELSORP SERIES

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Порозиметры BELSORP MINI X используются в различных областях применения, включая производство катализаторов, твердотельных и прочих элементов питания, композитных материалов и полимеров, химикатов, пигментов, косметических средств, магнитных порошков, разделительных мембран, фильтров, красителей, цемента, керамики, а также полупроводников.

Порозиметры BELSORP MAX используются в самых разных областях применения, включая производство катализаторов, цеолитов, пористых координационных полимеров (MOF/PCP), твердотельных и прочих элементов питания, композитных материалов и полимеров, химикатов, пигментов, косметических средств, магнитных порошков, разделительных мембран, фильтров, красителей, цемента, керамики, а также полупроводников.

Порозиметры BELSORP MR используются в самых разных областях применения, включая производство катализаторов, топливных элементов, батарей питания, композитных материалов и полимеров, химикатов, пигментов, косметических средств, магнитных порошков, разделительных мембран, фильтров, красителей, цемента, керамики, а также полупроводников.

СТАНДАРТНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ



Батареи
питания



Катализаторы



Цеолиты



Керамика



Углеродные
материалы



Электроника



Топливные
элементы



Тонер



Цемент



Медицинская
продукция



Кремнезем



Пористые
координационные
полимеры (MOF/PCP)



Пигменты



Косметика

СЕРИЯ BELSORP

СОПОСТАВЛЕНИЕ
МЕТОДОВ
ИЗМЕРЕНИЯ

	BELSORP MINI X	BELSORP MAX G	BELSORP MAX	BELSORP MAX II	BELSORP MR1 / MR6
Распределение пор по размерам	+	+	+	+	-
Микропоры	+	+	+	+	-
Мезопоры	+	+	+	+	-
Макропоры	+	+	+	+	-
Изотерма	+	+	+	+	-
Удельная площадь поверхности по методу БЭТ-анализа	+	+	+	+	+
БЭТ-анализ в одной точке	+	+	+	+	+
Паровая адсорбция	-	-	+	+	-
Сорбция под высоким давлением	-	-	-	+	-
Хемосорбция	-	-	+	+	-
Температурно-запрограммированные десорбция (TPD), восстановление (TPR) и окисление (TPO)	-	-	+	-	-
Импульсная хемосорбция	-	-	+	-	-
Истинная плотность	-	-	+	+	-

+ подходит
 + подходит с ограничениями
 - не подходит

СЕРИЯ BELSORP

ТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ





 BELSORP
MINI X

Прибор
Принцип измерения
Детектор
Поглощаемый газ
Газ-носитель
Кол-во образцов
Температура подготовки
Диапазон измерения
Воспроизводимость
Время измерения
Габаритные размеры (Ш x В x Г), вес
Сертификат ЕС

	BELSORP MR1	BELSORP MR6
	Метод динамического потока газа (БЭТ-анализ в одной точке)	Метод динамического потока газа (БЭТ-анализ в одной точке; опция: БЭТ-анализ в нескольких точках)
	TCD	TCD
	N ₂	N ₂
	He	He
	1	6
	До 400°C	До 400°C
	0,01 м ² /г~	0,01 м ² /г~
	±1,0 %*	±1,0 %*
	Ок. 15 мин** (включая калибровку, не включая подготовку)	Ок. 15 мин** (не включая подготовку)
	350 x 553 x 368 мм, 30 кг	394 x 635 x 460 мм, 48 кг



-

Прибор	BELSORP MINI X	BELSORP MAX G	BELSORP MAX	BELSORP MAX II	BELSORP MAX II HP	BELSORP MAX II HV
Принцип измерения	Волюметрический метод + метод AF5M™ (расширенное измерение свободного пространства)					
Адсорбционный газ	N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , бутан и др. неагрессивные газы		N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , O ₂ , CH ₄ , NH ₃ , бутан и др. неагрессивные газы			
Адсорбционный пар	-		H ₂ O, MeOH, EtOH, C ₆ H ₆ , и др. неагрессивные пары			
Кол-во измерений (режим повышенной точности)	Макс. 4 порта одновременно (3)	Макс. 2 порта одновременно (1)	Макс. 3 порта одновременно (2)	Макс. 4 порта одновременно (3)	Макс. 3 порта одновременно (2) ²	Макс. 4 порта одновременно (3)
Удельная площадь поверхности	0,01 м ² /г~ (N ₂), 0,0005 м ² /г~ (Kr) (в зависимости от плотности образца)					
Распределение пор по размерам (φ)	0,7-500 нм ¹		0,35-500 нм			
Изотерма низкого давления	P/P ₀ = 10 ⁻⁴ ~ (N ₂ при 77K, Ar при 87 K)	P/P ₀ = 10 ⁻⁶ ~ (N ₂ при 77K, Ar при 87K)	P/P ₀ = 10 ⁻⁸ ~ (N ₂ при 77K, Ar при 87K)	P/P ₀ = 10 ⁻⁸ ~ (N ₂ при 77K, Ar при 87K)	P/P ₀ = 10 ⁻⁶ ~ (N ₂ при 77K, Ar при 87K)	
Паровая адсорбция	-	-	P/P ₀ = ~ 0,95 при 40°C	P/P ₀ = ~ 0,95 при 40°C	P/P ₀ = ~ 0,95 при 70°C	
Газовая сорбция под высоким давлением			-	900 кПа (порт 2)		-
1 МПа (7 500 мм рт. ст.)			-	1		-
133 кПа (1 000 мм рт. ст.)	6	3	5 (макс.)	6 (макс.)	5	6
1,33 кПа (10 мм рт. ст.)	-	1	3 (макс.)	4 (макс.)	3	4
0,0133 кПа (0,1 мм рт. ст.)	-	1 ³	2 (макс.)	3 (макс.)	2	-
Термостатируемый сушильный шкаф	-	-	50°C	50°C	50°C	80°C
Порты подачи газа	2 порта (макс. 5)	2 порта (макс. 5)	2 порта (макс. 6)	2 порта (опция: 7 портов; макс. 12) ⁴		
Сертификат ЕС						

¹ достижимый диапазон 0,35-500 нм методом молекулярного зонда ² Порт 2: Газовая сорбция под высоким давлением ³ 0,0133 кПа (0,1 мм рт. ст.) для модели LP или 0,133 кПа (1 мм рт. ст.) для модели MP доступны 4 газовых порта высокого давления ⁴ Порт подачи газа высокого давления: 1 порт (опция: 2; макс. 3)

ООО "Вердер Сайнтифик"
Адрес: 190020, г. Санкт-Петербург,
ул. Бумажная, д. 17,
Россия
E-mail: info@verder-scientific.ru
Сайт: www.verder-scientific.ru
Тел.: +7 (812) 777-11-07

VERDER
scientific

VERDER SCIENTIFIC

**НАУКА
О ТВЕРДОМ**

Как часть группы компаний Verder Group, подразделение Verder Scientific задает стандарты развития, производства и продаж лабораторного и аналитического оборудования. Оборудование компании используется в таких сферах, как контроль качества, научно-исследовательская работа в области пробоподготовки и анализа твердых материалов.

На протяжении нескольких десятилетий наши компании снабжали производственные предприятия и научно-исследовательские институты, лаборатории для контроля качества и анализа, разных технических специалистов и ученых современными и надежными приборами для решения широкого круга задач.

