



ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS

BELSORP MAX G

Caracterización rápida y sencilla de materiales en polvo con la máxima precisión

El BELSORP MAX G es un modelo potente, compacto y económico de Microtrac, de la serie BELSORP MAX de analizadores de área superficial específica y de tamaños de los poros BET. Permite medir isothermas de adsorción de gases a partir de presiones extremadamente bajas para la evaluación de materiales micro, meso y macroporosos, así como de materiales no porosos.

El analizador está equipado con un puerto de medición, un puerto específico para la medición de la presión del vapor saturado y un puerto para el análisis del espacio libre (volumen muerto). Cada puerto está equipado con un sensor de presión específico para análisis de alta precisión.

El analizador BELSORP MAX G de área superficial y distribución de los tamaños de poro es capaz de analizar una amplia gama de materiales, incluidos pellets, cuerpos moldeados, sustratos y muestras finamente dispersas gracias a los tubos de muestreo especialmente diseñados.

La unidad también admite una amplia gama de adsorbatos y condiciones de medición. El instrumento está disponible en dos versiones diferentes que lo hacen adecuado para una amplia gama de aplicaciones: BELSORP MAX G LP (baja presión) y BELSORP MAX G MP (presión media). Ambas versiones están equipadas con un transductor de presión específico para adaptarse mejor a sus necesidades.



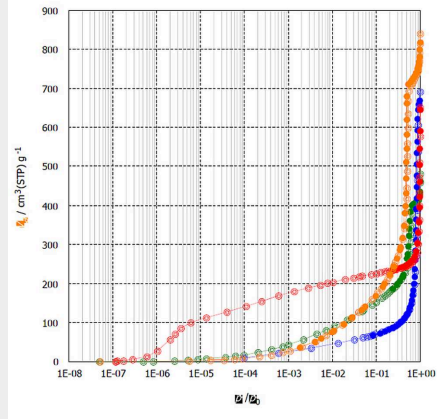
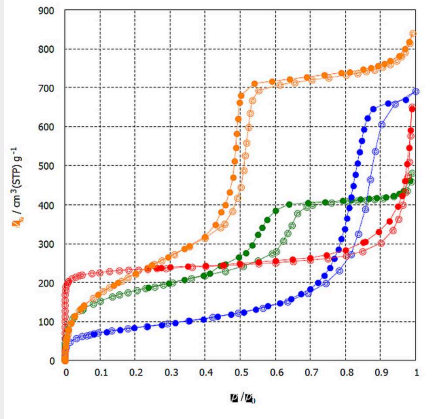
	BELSORP MAX G LP	BELSORP MAX G MP
Puerto 1	1.000 Torr, +10 Torr, +0,1 Torr	1.000 Torr, +10 Torr, +1 Torr
Puerto 2		1,000 Torr.
Puerto de presión del vapor de saturación		1.000 Torr
Bomba turbomolecular		yes

ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Medición a una presión ultrabaja

El BELSORP MAX G permite medir con gran precisión las isothermas de adsorción en un amplio rango, desde el rango de presión ultrabaja ($P/P_0 = 10^{-8}$, $N_2 @ 77 K$) hasta la presión atmosférica. El analizador de área superficial BET y de distribución de poros incluye una bomba de vacío turbomolecular y un transductor de presión de bajo voltaje.



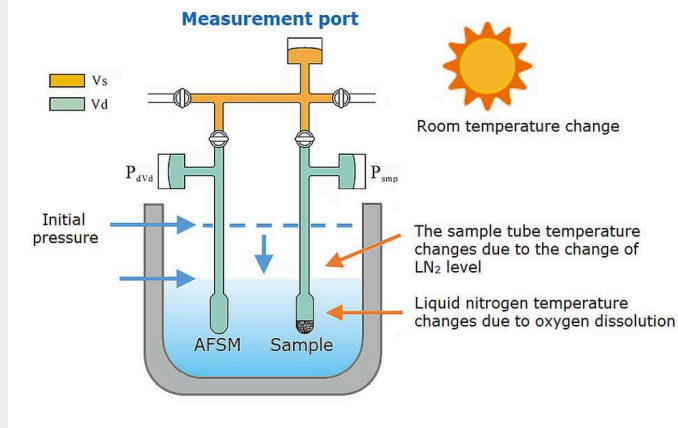
Medición innovadora del espacio libre para la máxima precisión (AFSM™)

Con el BELSORP MAX G ya no es necesario un control estricto del nivel de los refrigerantes líquidos (p. ej., nitrógeno líquido o argón). En su lugar, hemos implementado nuestro método innovador de medición continua del espacio libre: la medición avanzada del espacio libre (AFSM™) patentada. Este método alcanza el máximo nivel de reproducibilidad, utilizando una célula de referencia para seguir los cambios segundo a segundo del espacio libre. En primer lugar, el instrumento determina el espacio libre de la célula de muestra y de la célula de referencia. A continuación, a medida que avanza el análisis, cualquier cambio en el sistema que pudiera alterar el espacio libre medido se registra simultáneamente en ambas células. Por lo tanto, los cambios en el espacio libre medido pueden tenerse en cuenta continuamente a través de la célula de referencia.

Algunos ejemplos de las causas de fluctuaciones del espacio libre:

- | Cambios en el nivel de nitrógeno líquido (LN₂)
- | Cambios de la temperatura y presión atmosférica
- | Cambios en la temperatura del refrigerante debido a la disolución del oxígeno

Con esta técnica avanzada pueden tenerse en cuenta factores ambientales que antes no se consideraban. Para más información, consulte nuestra base de conocimientos.



Facilidad de uso - ajuste sencillo de las condiciones de medición

El BELSORP MAX G es un sistema totalmente automático que permite al usuario ajustar fácilmente las condiciones de medición en el 'Modo Sencillo'. Este modo hace que el análisis de las muestras sea un juego de niños, ya que solo requiere una introducción mínima por parte del usuario (p. ej., información sobre la muestra, condiciones de pretratamiento y rango de medición), lo que resulta especialmente ventajoso para materiales desconocidos y para la aplicación de procedimientos de operación estándar. Los usuarios experimentados pueden ajustar configuraciones de medición detalladas seleccionando el 'Modo Profesional'.

Optimización de la dosificación de gas (GDO)

La función de optimización de la dosificación de gas (GDO) calcula la cantidad óptima de dosificación de gas a partir de los resultados de mediciones anteriores. Esta función puede reducir significativamente los tiempos de medición.

Single mode

Measurement template: Last used method Operator: _____

Sample info: Pre-treatment Measurement pressure

Load an existing isotherm

Previous data: Use(GDO) Load previous data (GDO)

Specify measurement pressure

Target(PPO)	ADS	DES
15	6.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
16	7.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
17	8.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
18	9.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
19	9.50E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
20	9.60E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
21	9.70E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
22	9.75E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
23	9.80E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
24	9.85E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
25	9.875E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
26	9.90E-1	<input checked="" type="checkbox"/>

Adsorption Desorption

Display of expected isotherm

Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

Quick entry Insert Delete

Tolerance of equilibrium pressure: ± 0.1 %

Display update Display setting

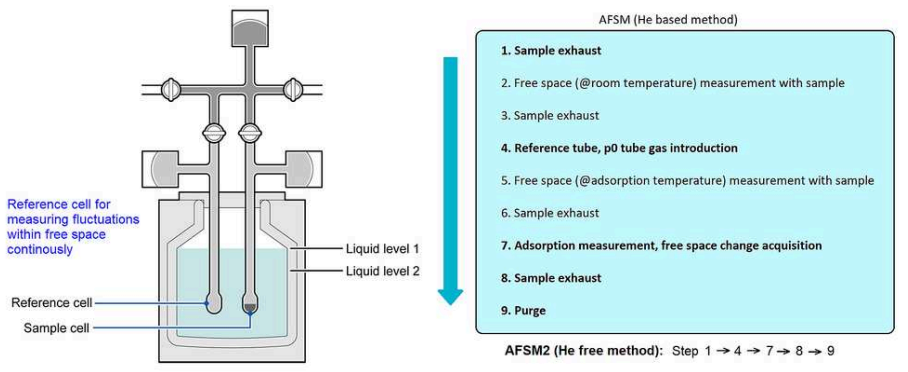
Port 1 Port 2 Port 3 Port ref

Input of measurement range

Start Close

Mediciones sin utilizar helio (AFSM^{TM2})

Si se mide previamente el espacio libre en un tubo de muestra "en blanco", se pueden realizar mediciones sin necesidad de gas helio. Utilizando el mismo tubo de muestra, en las mismas condiciones de análisis, el espacio libre puede calcularse fácilmente en función de la masa y la densidad de su muestra. Este método también reduce el tiempo de análisis de la muestra al eliminar la necesidad de determinar el espacio libre al principio de cada medición de la muestra. Con el AFSM^{TM2}, no es necesario ajustar el nivel de líquido del refrigerante entre la medición del blanco y el análisis de la muestra.



Compacto y ligero

Gracias a la optimización de los materiales de los componentes, hemos conseguido suministrar una unidad que ocupa poco espacio y pesa poco.

Pretratamiento in situ (opcional)

Para una medición precisa de la adsorción, es necesario un pretratamiento de las muestras. El proceso de pretratamiento (también denominado proceso de activación) se realiza normalmente aplicando vacío bajo calor, lo que elimina las moléculas de gas y/o agua adsorbidas de la superficie del material sin que afecte a la estructura de la muestra (evitando la desnaturalización).

Microtrac ofrece dos opciones para el pretratamiento de las muestras. En primer lugar, puede realizarse externamente con nuestro instrumento BELPREP, lo que suele ser preferible para aumentar el rendimiento de la muestra. Alternativamente, el proceso de activación puede realizarse directamente en el puerto de medición del BELSORP MAX G utilizando un calentador (véase la lista de accesorios). De este modo, se puede evitar una transferencia desde el dispositivo de pretratamiento externo hasta el puerto de medición, convirtiéndolo en una opción importante para las muestras sensibles (p. ej., material hidrófilo).



Análisis de datos

Nuestro software de análisis BELMASTER está incluido en el volumen de suministro del BELSORP MAX G y permite al usuario realizar una amplia variedad de análisis de datos, como la evaluación de áreas superficiales específicas mediante el método Langmuir o BET, la evaluación de los volúmenes de poros aplicando el método t-plot, análisis de mesoporos con el método DH o BJH, análisis de microporos mediante el método HK o SF, o análisis GCMC / NLDFT, y muchos más.

ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

ACCESORIOS Y OPCIONES

CONSUMIBLES ESTÁNDAR



Nuestros consumibles estándar constan de células de muestra, varillas de relleno, filtros, juntas tóricas, tapones y plataformas de pesaje necesarios para las mediciones de adsorción. Las cápsulas NSD, una gran variedad de células de muestra, sellos rápidos y mucho más forman parte de los consumibles.

BAÑO DE AGUA



Cambie fácilmente el Dewar por un baño de agua para temperaturas de medición que van de -10°C a 70°C . Se requiere un circulador refrigerado/calentado.

CALENTADOR



Pretratamiento in situ de la muestra de 50°C a 450°C . Con esta opción, las muestras pueden pretratarse directamente en el puerto de medición, sin necesidad de transferir la célula de muestra antes del análisis. Especialmente útil para muestras sensibles.

SELECTOR DE GAS



El selector de gas permite conectar hasta 4 adsorbibles de manera simultánea (1 de helio + 4 adsorbibles).

ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

BELCONTROL: NUEVO SOFTWARE OPERATIVO

La versatilidad de los instrumentos BELSORP, con sus numerosas características y posibilidades, se complementa con BELCONTROL, el software operativo intuitivo y fácil de usar. Guía al usuario paso a paso a través del proceso de análisis, incluyendo la configuración de las condiciones de análisis, la realización de las mediciones, cuándo llenar y configurar el nitrógeno líquido u otro baño, cuándo sustituir la botella de gas, los pasos de desgasificación y mucho más. El software se ha diseñado para que el instrumento sea accesible y manejable para todo el mundo, incluso para los usuarios sin experiencia.

Para usuarios sin experiencia o para mediciones de muestras desconocidas, BELCONTROL sólo requiere información básica de la muestra (nombre, masa, etc.), condiciones de pretratamiento (si no se realiza externamente) y el rango de medición.

Es posible un control detallado de la configuración y los ajustes de medición para optimizar las condiciones de medición (p.ej., ajustes de dosificación, criterios de equilibrio, prueba de fugas opcional, etc.). Esto permite al usuario personalizar completamente el análisis de la muestra según sus necesidades.

BELCONTROL		
Quick BET	Sí	Superficie BET multipunto en menos de 20 minutos
Medición sin helio	Sí	AFSM™ 2 permite la medición sin He con una precisión inigualable
Cinética de adsorción	opcional	Medición de la velocidad de adsorción para el análisis de la difusión

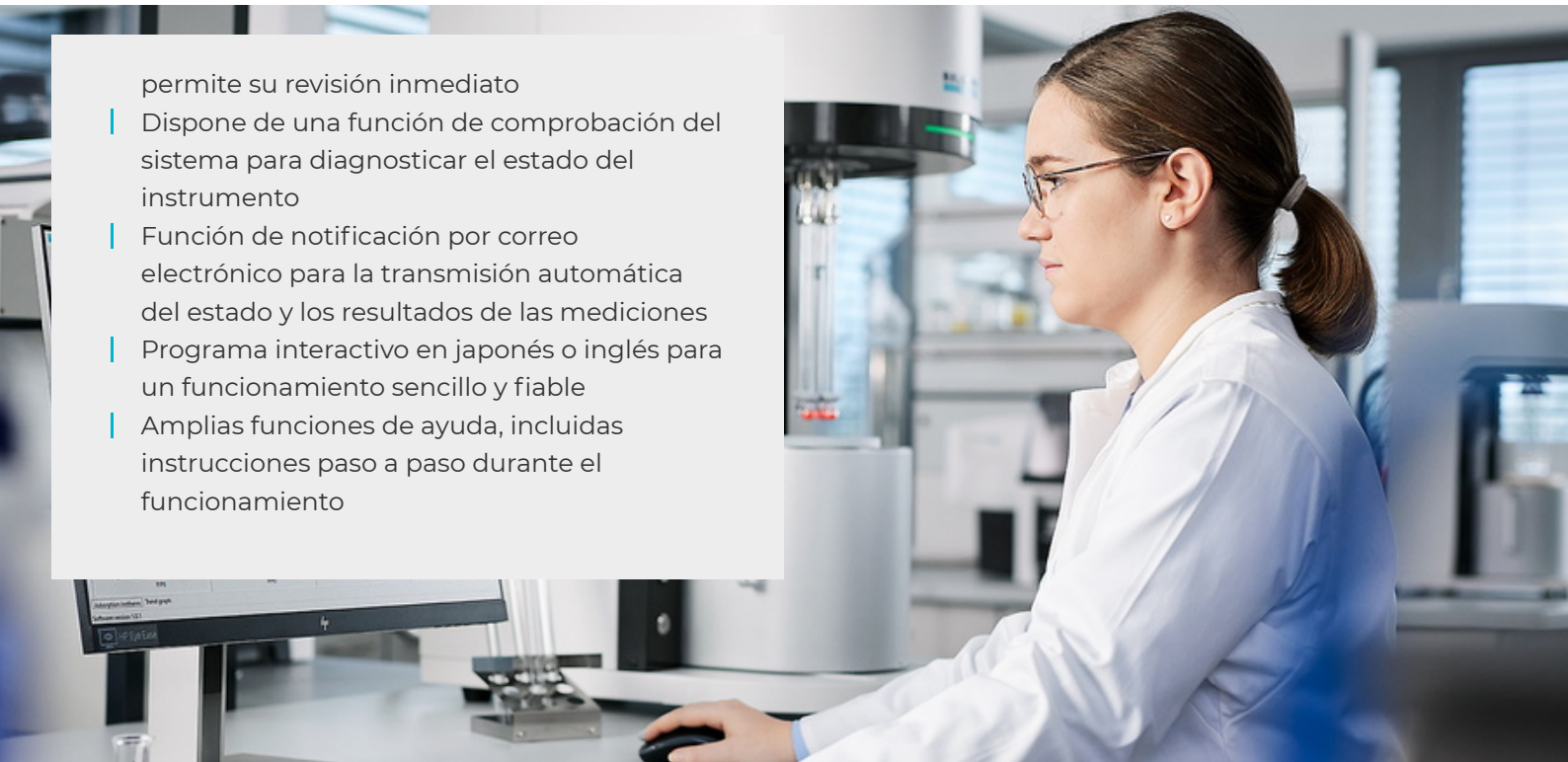
OTRAS CARACTERÍSTICAS DE BELCONTROL

- | Superposición de isothermas de adsorción / desorción y comparación de los datos de medición entre los distintos puertos durante la medición
- | Todas las presiones, temperaturas, accionamientos de válvulas, etc. se almacenan en datos de tendencias, lo que



permite su revisión inmediato

- | Dispone de una función de comprobación del sistema para diagnosticar el estado del instrumento
- | Función de notificación por correo electrónico para la transmisión automática del estado y los resultados de las mediciones
- | Programa interactivo en japonés o inglés para un funcionamiento sencillo y fiable
- | Amplias funciones de ayuda, incluidas instrucciones paso a paso durante el funcionamiento



ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

SOFTWARE DE FUNCIONAMIENTO

La versatilidad de los instrumentos BELSORP, con sus numerosas características y posibilidades, se complementa con nuestro software de funcionamiento intuitivo y fácil de usar. Éste guía al usuario paso a paso a través del proceso de análisis, incluyendo la configuración de las condiciones de análisis, la ejecución de las mediciones, cuándo llenar y configurar el nitrógeno líquido u otro baño, cuándo sustituir la botella de gas, los pasos de desgasificación y mucho más. El software se ha diseñado para que el instrumento sea accesible para todos, incluso para los usuarios sin experiencia.

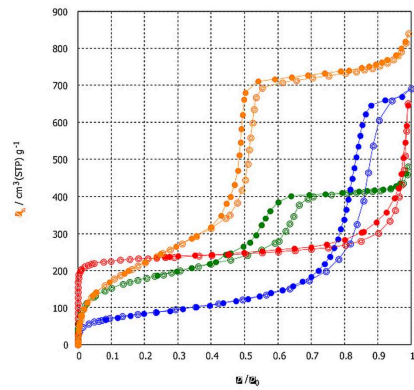
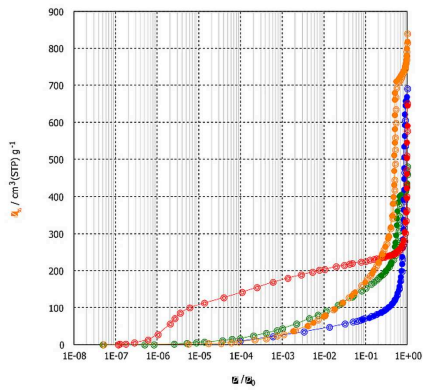
Se ofrecen dos modos de medición: "Modo simple" y "Modo profesional". El modo simple permite un funcionamiento sencillo, que requiere una configuración mínima. Sólo es necesario introducir la información básica de la muestra (nombre, masa, etc.) y, a continuación, seleccionar las condiciones de pretratamiento y de análisis de una lista de opciones preestablecidas. Esto es ideal para usuarios sin experiencia o para mediciones de muestras desconocidas. Si se ha realizado una medición previa con un comportamiento de sorción comparable, GDO puede utilizarse para reducir el tiempo de medición. El modo profesional permite un control detallado de la configuración y los ajustes de medición (por ejemplo, ajustes de dosificación, criterios de equilibrio, opción de comprobación de fugas, etc.), lo que permite al usuario personalizar completamente el análisis de la muestra.



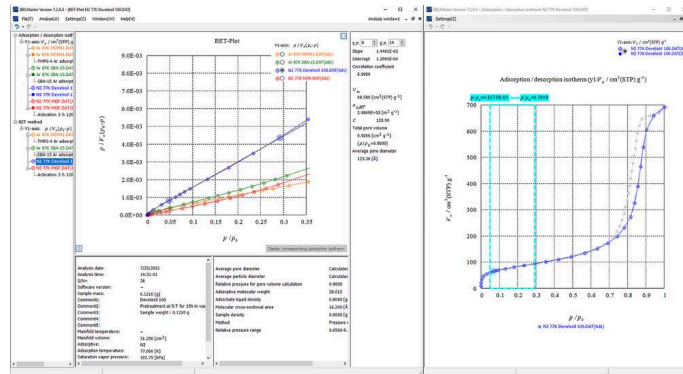
MEDICIONES DE ADSORCIÓN DE GASES EN MATERIALES POROSOS Y HÚMEDOS; MATERIALES NO POROSOS: MOFS, ZEOLITAS, CARBONES Y MÁS

SOFTWARE DE EVALUACIÓN BELMASTER

Una isoterma de adsorción se define como la relación entre la cantidad adsorbida en un adsorbente y la presión de equilibrio del gas adsorbido -comúnmente relacionada con la presión de vapor saturado- a temperatura constante. La isoterma de sorción de gas (p.ej., nitrógeno) proporciona información sobre el área superficial específica, la distribución del tamaño de los poros y el volumen de poros del material medido. En el siguiente gráfico se muestran algunas isotermas de sorción ejemplares.



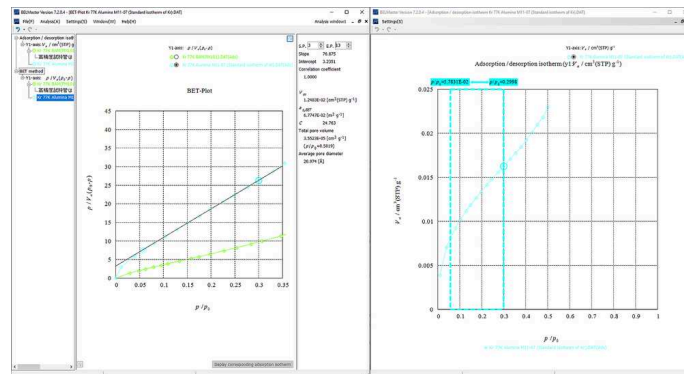
El área superficial específica (SSA) se refiere a la superficie accesible de la muestra y es de gran importancia en la adsorción, la catálisis heterogénea y las reacciones en superficies. La superficie específica puede calcularse según la norma ISO 9277 con el método BET (Brunauer, Emmett y Teller) o el método de Langmuir. Los siguientes gráficos muestran ejemplos de la evaluación de la superficie específica según el método BET en nuestro software BELMASTER:



Seleccione el rango de presión adecuado (BET multipunto) o el punto de medición (BET monopunto) y la superficie se calculará automáticamente. El software BELMASTER proporciona el cálculo de la superficie BET según la norma ISO 9277 Anexo C (también conocido como gráfico Rouquerol) recomendado para materiales microporosos.

La característica más destacada del BELSORP MAX G es la disponibilidad de tres transductores diferentes (1000, 10 y 1 / 0,1 torr), que permiten realizar isotermas de adsorción a muy baja presión, a partir de $p/p_0 = 10^{-8}$ ($N_2 @ 77K$) hasta la presión atmosférica. Como resultado, se pueden obtener distribuciones del tamaño de los poros desde 0,35 hasta 500 nm. Además, es posible realizar mediciones de áreas superficiales bajas de hasta $0,0005 \text{ m}^2/\text{g}$ utilizando gas criptón.

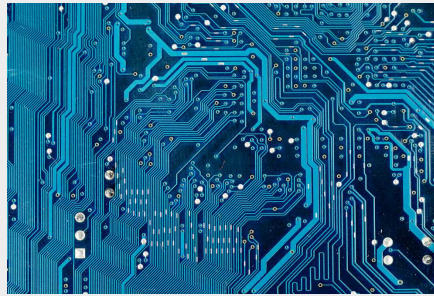
La caracterización de materiales de baja superficie específica, como materiales metálicos no porosos, sustratos de vidrio y películas, puede ser difícil o imposible con gases tradicionales como el nitrógeno (77 K) y el argón (77 K u 87 K) debido a los límites de detección. En cambio, se puede utilizar la adsorción de gas criptón a temperatura de nitrógeno líquido para determinar la superficie específica BET hasta $0,0005 \text{ m}^2/\text{g}$.



ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

APLICACIONES TÍPICAS

Los analizadores de adsorción de gases de Microtrac se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Entre ellas se incluyen: catalizadores, baterías, fibras, materiales poliméricos, zeolita, pilas de combustible, productos químicos, pigmentos, cosméticos, MOF / PCP, polvos magnéticos, membranas de separación, filtros, tóneres, cemento, cerámica, semiconductores y muchas más.



- | materiales para baterías
- | Catalizadores
- | zeolita
- | cerámica
- | carbono

- | componentes electrónicos
- | Pila de combustible
- | tóner
- | cemento
- | medicina / farmacia

- | silicato
- | MOF / PCP
- | pigmentos
- | cosméticos

... ¡y muchos más!

Para encontrar la mejor solución para sus necesidades de caracterización de partículas, visite nuestra base de datos de aplicaciones

ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G

DATOS TÉCNICOS

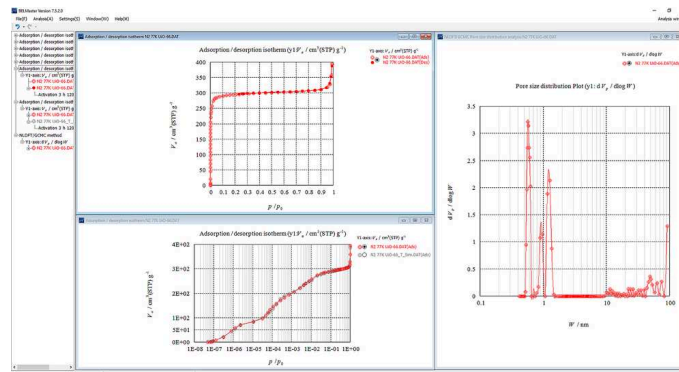
Principio de medición	Método volumétrico + AFSM™
Gas de adsorción	N2, Ar, Kr, CO2, H2, O2, CH4, NH3, NO, CO, butano y otros gases varios (no) corrosivos
Puertos de gas	2 puertos (5 puertos como máximo)
Número de mediciones (modo de alta precisión)	1 puerto en modo de alta precisión
Rango de medición (superficie específica)	0,01 m2/g y superior (N2) 0,0005 m2/g y superior (Kr) (según la densidad de la muestra)
Distribución del tamaño de los poros (diámetro)	0.35 - 500 nm
Isoterma de baja presión	$p/p_0 = 10^{-8}$ (N ₂ @77K, Ar @87K)
Transductor de presión	133 kPa (1000 Torr) x 3 unidades 1,33 kPa (10 Torr) x 1 unidad 0,133 kPa (MP) o 0,0133 kPa (LP) x 1 unidad
Medidor / bomba de vacío	Bomba turbomolecular + bomba rotativa calibre de cátodo frío (opcional)
Tubo de muestra	Tubo estándar, aprox. 1,8 cm ³ (opcional: 5 cm ³)
Recipiente Dewar	Volumen: 2,6 l tiempo de mantenimiento: 80 h
Calentador de pretratamiento	50-450 °C
Baño de agua	-10 - 70 °C
Software de análisis BELMaster™ 7	Isoterma de adsorción, área superficial específica BET de tipo I (ISO9277), análisis automático BET, área superficial específica Langmuir, BJH, DH, CI, método INNES, t-plot, alpha-s plot
Software de análisis BELMaster™ 7 cont.	HK, SF, método CY, NLDFT / GCMC, método MP, método Dubinin-Astakhov, isoterma de adsorción diferencial, sonda molecular, análisis de la velocidad de adsorción (opc.)
Medidas (A x H x F)	320 x 740 x 465 mm
Peso (cuerpo principal)	36 kg
Utilidad - Gas	He, gas de adsorción: 0,1 MPa (G), pureza: superior al 99,999 % Junta: junta Swagelok de 1/8"
Utilidad - Energía	Unidad principal: CA 100-240 V / 850 W, 50/60 Hz (incluida bomba de vacío)

Condiciones ambientales	Temperatura: 10-30 °C Humedad: 20-80 % de humedad relativa
Cumplimiento de la norma ASTM	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
Normas	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
Conformidad con los estándares USP	268, 846
Cumplimiento de la norma DIN	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)
Certificado CE	Sí
Monitor recomendado	Monitores Full HD

ANALIZADOR DEL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA BET & DEL TAMAÑO DE LOS POROS BELSORP MAX G
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Análisis de la distribución del tamaño de los poros por el método NLDFT & GCMC

Los métodos clásicos para determinar las distribuciones del tamaño de los poros (PSD) son los métodos BJH, DH, CI que evalúan los mesoporos basándose en la teoría de la condensación capilar. Los métodos HK (hendidura), SF (cilindro) y CY (jaula) también pueden utilizarse para evaluar los microporos basándose en la teoría del potencial de adsorción. El método DA y el método DR también se utilizan habitualmente para la evaluación del volumen de los poros. Los métodos modernos de evaluación de PSD, NLDFT y GCMC, se consideran a menudo más precisos en un rango más amplio de tamaños de poros (de micro a meso y macroporos), como se especifica en la norma ISO15901-2.



Teoría	Interacción Superficie y Gas	Adsorbato	Rango de tamaño
Método BJH, CI, DH, INNES	Ecuación de Kelvin (tensión superficial y ángulo de contacto)	Densidad del líquido a granel	> 2 Meso y m
Método HK, SF, CY	Potencial de Lennard-Jones (Fuerza de interacción y repulsión)	Densidad del líquido a granel	0,4 - Micro
NLDFT, GCMC	Modelo termodinámico estadístico		0,35 - 5 Gama de po

En los últimos años, la atención se ha centrado en los métodos de evaluación de la estructura de los poros mediante técnicas de simulación por ordenador como la NLDFT (Teoría del Funcional de la Densidad No Localizada) y la GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), que presentan una teoría unificada para la caracterización de las distribuciones de los poros desde los microporos hasta los mesoporos y los macroporos. Las distribuciones del tamaño de los poros (PSD) obtenidas a partir de la misma isoterma de adsorción utilizando análisis clásicos y basados en la simulación pueden diferir, al igual que los resultados obtenidos con diferentes métodos de simulación, ya que la presión de llenado obtenida con cada teoría es diferente. Microtrac proporciona métodos de evaluación que cubren una amplia gama de tamaños de poro y adsorbatos basados en la adsorción de N₂ (77,4 K), Ar (87,3 K) y CO₂ (298 K). Estos métodos de evaluación utilizan núcleos NLDFT / GCMC de modelos de poros hendidos, cilíndricos y de jaula con átomos de superficie de carbono y de óxido metálico, lo que da como resultado la descripción más adecuada de los materiales porosos.

El software BELMASTER permite una fácil comparación entre las isotermas experimentales y las simuladas, sirviendo la isoterma simulada como base para el cálculo de la PSD;