



ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET

BELSORP MINI X

Na jednoduchú, rýchlu a veľmi presnú charakterizáciu poréznych materiálov

Vynikajúce vlastnosti prístroja BELSORP MINI X spoločnosti Microtrac vedú k opakovateľnosti na svetovej úrovni s výrazne skráteným časom merania. MINI X je vybavený až 4 portami na meranie vzoriek a novými funkciami s vysokou priepustnosťou vrátane ovládania viacerých zariadení.

BELSORP MINI X je starostlivo navrhnutý na meranie špecifického povrchu, distribúcie veľkosti pórov a objemu pórov s mimoriadnou presnosťou. Je vybavený špeciálnymi tlakovými snímačmi na každom porte na meranie vzoriek a špeciálnym portom na meranie tlaku nasýtených pár, čo umožňuje úplne nezávislé simultánne merania. Nový merací softvér zvyšuje produktivitu používateľa tým, že zjednodušuje postupy merania pomocou pokynov krok za krokom v softvéri, zobrazuje priebeh merania a výsledky merania posiela e-mailom. V závislosti od priepustnosti vzorky sa ponúkajú modely A s 3 a 4 portmi. Okrem toho nový analytický softvér (BELMASTER™) umožňuje štrukturálne hodnotenie širšieho rozsahu materiálov ako kedykoľvek predtým.

ÚROVEŇ REPRODUKOVATEĽNOSTI NA SVETOVEJ ÚROVNI

- | Až štyri nezávislé meracie porty a jeden vyhradený port na meranie tlaku nasýtených pár
- | Najmenší a najľahší na svete
- | Bezkonkurenčná reprodukovateľnosť vďaka patentovanému AFSM™
- | Meranie adsorpčnej izotermy plynu a NET adsorpcie pomocou AFSM™2 bez potreby He-plynu
- | Viacero metód merania: Vysoko presné merania, meranie viacerých vzoriek a rýchle režimy merania BET, ktoré vyhovujú vášmu účelu
- | Vyhradený snímač tlaku pre každý port
- | Súčasné ovládanie až 20 meracích portov prostredníctvom ovládania viacerých zariadení (5 jednotiek)
- | Krátky čas merania s optimalizáciou dávkovania plynu (GDO)
- | IoT: Monitorovanie procesov prostredníctvom systému e-mailových oznámení
- | Voliteľná analýza mikropórov metódou molekulárnej sondy
- | Voliteľný súlad s FDA 21 CFR časť 11



ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

KLÚČOVÉ FUNKCIE

Špecifický povrch BET od 0,01 m²/g ~ (N₂) a distribúcia veľkosti pórov od 0,7 ~ 500 nm (možnosť: 0,35 ~ 500 nm metódou molekulárnej sondy).



Simultánne meranie viacerých vzoriek

Súčasne možno merať až 4 vzorky, čo umožňuje výrazne skrátiť čas merania viacerých vzoriek.

Viacero možností merania

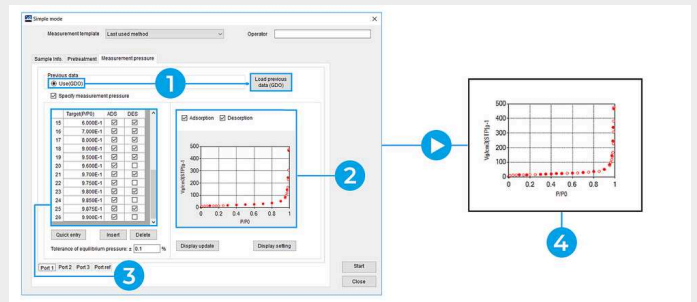
Tento prístroj spája vysoko presné merania s niekoľkými vysoko výkonnými režimami (napr. režim Quick BET, Optimalizácia dávkovania plynu). Možno ho flexibilne používať v závislosti od potrieb zákazníka, pričom integrované pokyny krok za krokom uľahčujú používanie aj neskúseným používateľom.

Jednoduchosť používania: jednoduché nastavenie meracieho softvéru

BELSORP MINI X je plne automatický merací systém, ktorý umožňuje používateľovi jednoducho nastaviť podmienky merania pomocou jednoduchého režimu. Tento režim umožňuje presné merania s minimálnymi informáciami o vzorke (napr. podmienky predúpravy a rozsah merania). Je to užitočné najmä v prípade neznámych materiálov. Podrobné konfigurácie merania môžu skúsení používatelia nastaviť v režime Professional. Tento systém umožňuje každému jednoducho získať presné výsledky merania.

Optimalizácia dávkovania plynu (GDO)

Jednoduchý režim obsahuje možnosť Optimalizácia dávkovania plynu (GDO), ktorá automaticky vypočíta optimálne množstvo dávkovaného plynu na základe predchádzajúcich výsledkov merania. Pomocou tejto funkcie možno spoľahlivo získať nastavené body merania a výrazne skrátiť čas merania.



1. Načítanie existujúcej izotermy | 2. Zobrazenie predpokladanej izotermy | 3. Vstup rozsahu merania | 4. Automatická optimalizácia podmienok, ako je objem zavedeného plynu |

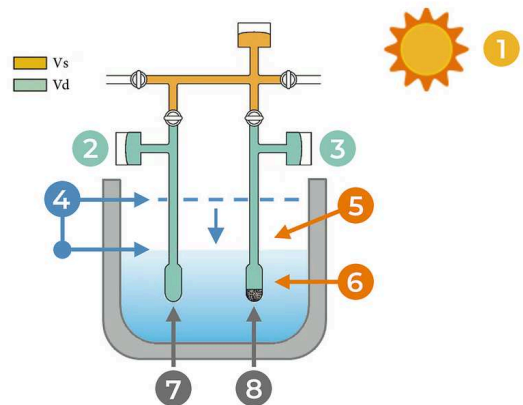
Inovatívne meranie voľného priestoru pre najvyššiu presnosť (AFSM™)

S AFSM™ už nie je potrebná kontrola hladiny kvapalného chladiva (napr. kvapalného dusíka alebo argónu). Namiesto toho sme prijali našu prelomovú metódu nepretržitého merania vo voľnom priestore, patentovanú pokročilú metódu merania vo voľnom priestore (AFSM™). Táto metóda dosiahla najvyššiu reprodukovateľnosť vďaka použitiu referenčnej bunky (prázdna bunka na vzorky; rovnaký typ bunky na vzorky používaný na meranie) na sledovanie sekundových zmien voľného priestoru. Naš prístroj určuje počiatočný voľný priestor bunky vzorky a referenčnej bunky. Keďže zmena voľného priestoru je v oboch bunkách rovnaká (rovnaké podmienky prostredia), zmenu voľného priestoru možno nepretržite sledovať pomocou zmeny tlaku v referenčnej bunke. Môžu sa zohľadniť výkyvy voľného priestoru spôsobené faktormi prostredia:

- | zmeny hladiny LN₂
- | zmeny atmosférickej teploty / tlaku
- | zmeny teploty chladiaceho média v dôsledku rozpúšťania kyslíka

Pomocou tejto vynikajúcej techniky možno zohľadniť faktory prostredia, ktoré sa predtým nebrali do úvahy.

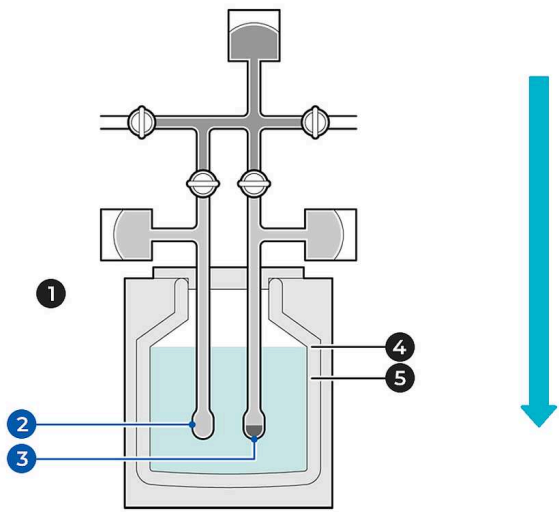
Ďalšie informácie nájdete v našej databáze znalostí.



1. Zmena teploty v miestnosti | 2. P_{ref} | 3. P_{smp} | 4. Vstupný tlak | 5. Teplota vzorkovnice sa mení v dôsledku zmeny hladiny LN₂ | 6. Zmeny teploty kvapalného dusíka v dôsledku rozpúšťania kyslíka | 7. AFSM | 8. Vzorka

Meranie adsorpcie bez použitia plynného hélia (AFSM^{TM2})

V prvom kroku sa vykoná meranie voľného priestoru pre prázdnu vzorkovaciu bunku a prázdnu referenčnú bunku s adsorpčným plynom pri príslušnej adsorpčnej teplote. Adsorpčné meranie sa potom môže vykonať s použitím oboch buniek bez použitia plynného hélia. Keďže zmeny voľného priestoru pre obe bunky sú rovnaké, výsledky merania sa dajú získať za kratší čas pri rovnakých podmienkach merania. Medzi meraním bez vzorky a meraním adsorpcie vo voľnom priestore nie je potrebné vykonávať časovo náročné operácie, ako napríklad udržiavanie konštantnej hladiny kvapaliny v chladiacom médiu.



1. Referenčná bunka na kontinuálne meranie fluktuácií vo voľnom priestore | 2. Referenčná bunka | 3. Vzorkovacia bunka | 4. Hladina kvapaliny 1 | 5. Hladina kvapaliny 2

AFSM (metóda založená na héliu)

1. **Extrakcia vzorky**
2. Meranie vo voľnom priestore (pri izbovej teplote) so vzorkou
3. Extrakcia vzorky
4. **Referenčná trubica, zavedenie plynu do trubice Po**
5. Meranie vo voľnom priestore (pri adsorpčnej teplote) so vzorkou
6. Extrakcia vzorky
7. **Meranie adsorpcie, akvizícia zmeny voľného priestoru**
8. **Extrakcia vzorky**
9. **Čistenie**

AFSM2 (metóda bez hélia): Step 1 --> 4 --> 7 --> 8 --> 9

Kompaktný a ľahký

Úplnou optimalizáciou a racionalizáciou materiálov sa nám podarilo znížiť veľkosť a hmotnosť zariadenia.

Voliteľná predbežná úprava vzoriek na meracom porte

Na presné meranie adsorpcie sa vyžaduje predbežná úprava vzoriek. Proces predbežnej úpravy (často nazývaný aktivačný proces) sa zvyčajne vykonáva použitím vákua za tepla, aby sa z povrchu materiálu odstránili molekuly adsorbovaného plynu a/alebo vody bez toho, aby sa ovplyvnila štruktúra vzorky (aby sa zabránilo denaturácii). Microtrac ponúka dve možnosti predbežnej úpravy vzorky. Po prvé, môže sa vykonávať externe pomocou prístroja BELPREP VAC II alebo VAC III, čo sa zvyčajne uprednostňuje na zvýšenie priepustnosti vzorky. Prípadne možno proces aktivácie vykonať priamo na meracom porte zariadenia BELSORP MINI X pomocou ohrievača (pozri zoznam príslušenstva). Pomocou príslušenstva s ohrievačom sa možno vyhnúť prenosu z externého zariadenia na predbežnú úpravu do meracieho portu, čo je dôležitá možnosť v prípade citlivých (napr. hydrofilných) vzoriek.

Analýza dát

Analytický softvér BELMASTER umožňuje používateľom získať širokú škálu výsledkov analýz prostredníctvom operácií, ako je zobrazenie adsorpčných/desorpčných izoteriem, vyhodnotenie špecifických povrchov pomocou metódy BET atď., vyhodnotenie objemu pórov (od ultra-mikropórov až po mezo- a makropóry) pomocou metódy t-plot alebo αS . Ďalej je možné vykonať analýzu mezopórov pomocou metód DH a BJH, analýzu mikropórov pomocou metód HK alebo SF alebo voliteľnú analýzu GCMC / NLDFT. Ešte viac možností analýzy poskytuje náš analytický softvér BELMASTER.

ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

BELCONTROL: NOVÝ OPERAČNÝ SOFTVÉR

Všestrannosť zariadení BELSORP je skutočne svetovou špičkou. Množstvo funkcií a možností dopĺňa intuitívny a používateľsky prívetivý softvér BELCONTROL. Ten používateľa krok za krokom vedie procesom analýzy. Zahŕňa to nastavenie podmienok analýzy, vykonanie meraní, kedy naplniť a nastaviť kvapalnú dusík alebo iný kúpeľ, kedy vymeniť plynovú fľašu, kroky odplyňovania a mnoho ďalšieho. Softvér je navrhnutý tak, aby bol prístroj prístupný a ovládateľný pre každého, vrátane neskúsených používateľov.

V prípade neskúsených používateľov alebo pri meraniach neznámych vzoriek vyžaduje BELCONTROL len základné informácie o vzorke (názov, hmotnosť atď.), podmienky predbežnej úpravy (ak sa nevykonáva externe) a rozsah merania.

Podrobná kontrola konfigurácie a nastavení merania je možná na optimalizáciu podmienok merania (napr. nastavenia dávkovania, kritériá rovnováhy, možnosť testu tesnosti atď.) To umožňuje používateľovi plne prispôbiť analýzu vzorky svojim potrebám.

BELCONTROL

Rýchly BET	áno	Viacbodová plocha BET za menej ako 20 minút
Meranie bez hélia	áno	AFSM TM 2 umožňuje merania bez hélia s bezkonkurenčnou presnosťou
Adsorpčná kinetika	voliteľná	Merania rýchlosti adsorpcie pre difúznu analýzu

ĎALŠIE FUNKCIE SYSTÉMU BELCONTROL

- | Prekrývanie adsorpčných / desorpčných izoterií a porovnávanie nameraných údajov medzi rôznymi portami počas merania
- | Všetky tlaky, teploty, aktivácie ventilov atď. sú uložené v údajoch o trendoch, čo umožňuje okamžité preskúmanie
- | Na diagnostiku stavu prístroja je k dispozícii funkcia kontroly systému
- | E-mailové upozornenie automaticky prenáša stav a výsledky merania
- | Interaktívny program v japončine alebo angličtine zaručuje jednoduché a spoľahlivé ovládanie
- | Rozsiahle funkcie pomoci vrátane pokynov krok za krokom počas prevádzky



ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

PRÍSLUŠENSTVO A VOLITEĽNÉ DOPLNKY

Spoločnosť Microtrac ponúka rôzne príslušenstvo pre celý svoj produktový rad adsorpcie plynov a pár.

ŠTANDARDNÝ SPOTREBNÝ TOVAR



Štandardný spotrebný materiál zahŕňa vzorkovacie bunky, plniace tyče, filtre, O-krúžky, uzávery a vážiace plošiny. K dispozícii sú aj rôzne veľkosti vzorkovacích komôr, rýchle tesnenia a ďalší voliteľný spotrebný materiál.

VODNÁ KÚPEĽ



Vodný kúpeľ na meranie teplôt od -10 °C do 70 °C. Je potrebné chladené/vyhrievané obehové čerpadlo.

OHRIEVAČ



Predúprava vzorky z 50 °C na 450 °C. Pomocou tejto možnosti je možné vzorky predbežne upraviť priamo na meracom porte. Po procese predbežnej úpravy preto nie je potrebné prenášať vzorkovnicu bunku (napr. v prípade citlivých vzoriek).

PREPÍNAČ PLYNU

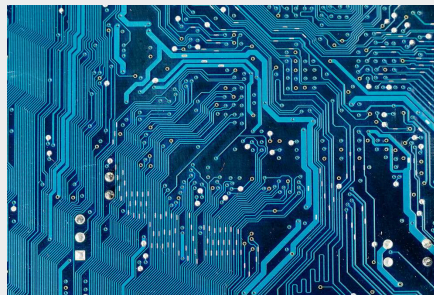


Prepínač plynu umožňuje pripojenie až 4 adsorbentov súčasne (1 x hélium + 4 x adsorbent).

ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

TYPICKÉ APLIKÁCIE

Analyzátory spoločnosti Microtrac na meranie špecifického povrchu BET a distribúcie veľkosti pórov sa používajú v rôznych oblastiach. Patria sem katalyzátory, batérie, vlákna, polymérne materiály, zeolit, palivové články, chemikálie, pigmenty, kozmetika, MOF/PCP, magnetické prášky, separačné membrány, filtre, tonery, cement, keramika, polovodiče a mnohé ďalšie.



- | batériový materiál
- | katalyzátory
- | zeolit
- | keramika
- | uhlík

- | elektronické súčiastky
- | Palivové články
- | Častice tonera
- | cement
- | medicína / farmaceutika

- | Kremeň
- | MOF / PCP
- | pigmenty
- | kozmetika

... a mnoho ďalších!

Princípy merania objemovej sorpcie sú vysvetlené v našej znalostnej bázi:

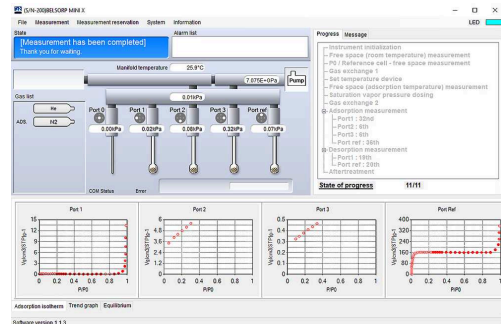
ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

TECHNICKÉ ÚDAJE

Princíp merania	Objemová metóda + AFSM™
Adsorpčný plyn	Dusík (N ₂), argón (Ar), metán (CH ₄), etán (C ₂ H ₆), oxid uhličitý (CO ₂), vodík (H ₂), n-bután (n-C ₄ H ₁₀), izobután (izo-C ₄ H ₁₀) a iné nekorozívne plyny
Plynové porty	2 porty (max. 5 portov)
Počet meraní (režim vysokej presnosti)	Max. 4 porty súčasne (3 porty v režime vysokej presnosti)
Rozsah merania (špecifický povrch)	0,01 m ² /g a viac (N ₂) (v závislosti od hustoty vzorky)
Distribúcia veľkosti pórov (priemer)	0,7 - 500 nm, možnosť: 0,35 nm metódou molekulárnej sondy
Nízkotlaková izoterma	p/p ₀ = 10 ⁻⁴ (N ₂ @77K, Ar @87K)
Prevodník tlaku	133 kPa (1000 Torr) x 6 jednotiek
Vákuové meradlo/čerpadlo	Rotačné čerpadlo
Trubica na vzorky	Štandardná trubica, približne 1,8 cm ³ (voliteľne: 5 cm ³)
Dewarova nádoba	Objem: 2 l Čas udržiavania: 30 h
Ohrievač predúpravy	50 - 450°C (4 porty)
Vodná kúpeľ	-10 - 70 °C (4 porty)
Softvér pre analýzu BELMaster™ 7	Adsorpčná izoterma, špecifický povrch BET typu I (ISO9277), automatická analýza BET, špecifický povrch Langmuir, metóda BJH, DH, CI, INNES
Softvér pre analýzu BELMaster™ 7 cont.	t-plot, NLDFT / GCMC (OP BELSim™), MP metóda, Dubinin-Astakhovova metóda, Molekulová sonda, as-plot
Rozmery (Š x V x H)	280 x 650 x 465 mm (bez vákuovej pumpy a PC)
Váha (hlavná časť)	38 kg (bez vákuovej pumpy a PC)
Úžitkové vybavenie - plyn	He, N ₂ (čistota 99,999 % alebo vyššia), 0,1 ± 0,02 MPa, spoj: 1/8" Swagelok výfuk: Výfukový otvor rotačného čerpadla, ø 11 mm
Úžitkové vybavenie - elektrický pohon	Jednofázový, AC 100 ~ 240 V (50 / 60 Hz) / 10 A (vrátane R.P.), 50 / 60 Hz
Certifikát CE	áno
Odporúčaný monitor	Monitory s rozlíšením Full HD

ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X PREVÁDZKOVÝ SOFTVÉR

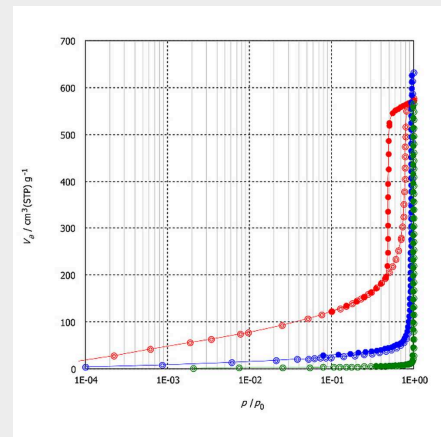
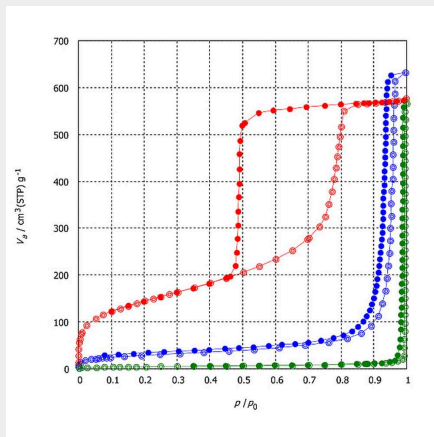
Softvér kladie najvyšší dôraz na zjednodušenie obsluhy a je vybavený mnohými funkciami na zvýšenie produktivity práce. Keďže prístroje BELSORP ponúkajú mnoho funkcií a možností, je čoraz dôležitejšie zjednodušiť ich používanie. Náš softvér vás krok za krokom povedie pri vykonávaní viacerých postupov, napr. pri vykonávaní meraní, výmene plynovej fľaše, preplachovaní rozdeľovača atď. Táto užívateľsky prívetivá funkcia sprístupňuje prístroj aj neskúseným používateľom. V závislosti od úrovne skúseností používateľa sa ponúkajú dva režimy, a to jednoduchý režim a profesionálny režim. Jednoduchý režim umožňuje jednoduchú obsluhu zadaním informácií o vzorke, výberom podmienok predbežnej úpravy (možno vynechať, ak sa vykonáva externe) a rozsahu merania. Preto je ideálny pre menej skúseného používateľa a/alebo pre meranie neznámych vzoriek. Ak je k dispozícii predchádzajúce meranie s porovnateľným sorpčným správaním, na skrátenie času merania možno použiť funkciu GDO. Profesionálny režim ďalej ponúka podrobné možnosti konfigurácie, napr. nastavenie dávkovania, kritériá rovnováhy, možnosť kontroly tesnosti atď.



MERANIA ADSORPCIE PLYNOV V PORÉZNYCH A NEPORÉZNYCH MATERIÁLOCH: MOFY, ZEOLITY, UHLÍKY A
ĎALŠIE

VYHODNOCOVACÍ SOFTVÉR BELMASTER

Sorpčná izoterma je definovaná ako vzťah medzi adsorbovaným množstvom na adsorbente a rovnovážnym tlakom adsorbovaného plynu - obyčajne súvisí s tlakom nasýtených pár - pri konštantnej teplote. Izoterma sorpcie plynu (napr. dusíka) poskytuje informácie o špecifickom povrchu, distribúcii veľkosti pórov a objeme pórov meraného materiálu. V nasledujúcom grafe sú znázornené niektoré príkladné sorpčné izotermy.



Špecifický povrch (SSA) sa vzťahuje na prístupnú plochu povrchu vzorky a má veľký význam pri adsorpcii, heterogénnej katalýze a reakciách na povrchoch. Špecifický povrch možno vypočítať podľa normy ISO 9277 metódou BET (BET: Brunauer, Emmett a Teller) alebo Langmuirovou metódou. Nasledujúce grafy ukazujú príklady vyhodnotenia špecifického povrchu podľa metódy BET v našom softvéri BELMASTER:

NAJVYŠŠIA PRESNOSŤ PRI NAJNIŽŠÍCH PLOCHÁCH

AFSM™

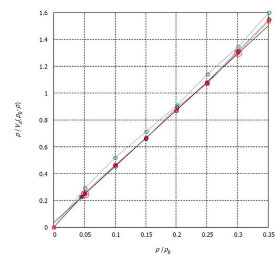
Nasledujúce merania sa vykonávajú pomocou našej patentovanej metódy nepretržitého merania vo voľnom priestore, a to pokročilého merania vo voľnom priestore (AFSM™). Táto metóda dosiahla najvyššiu reprodukovateľnosť pomocou referenčnej bunky na sledovanie včasných zmien voľného priestoru zo sekundy na sekundu. Naš prístroj určuje počiatočný voľný priestor vzorkovacie cely a referenčnej cely. Keďže zmena voľného priestoru je v oboch bunkách rovnaká (rovnaké podmienky prostredia), zmenu voľného priestoru možno priebežne sledovať pomocou zmeny tlaku v referenčnej cele.

V tomto prípade sa používa certifikovaný referenčný materiál CRM-170 (neporézny alfa-korund; certifikovaná hodnota špecifického povrchu dusíka BET SSA: $1,05 \pm 0,05 \text{ m}^2/\text{g}$) sa používa na kontrolu presnosti merania pri meraniach s nízkym celkovým povrchom (TSA). Aj keď sa TSA zníži z približne 2 m^2 na menej ako $0,4 \text{ m}^2$, stanovené hodnoty špecifických povrchov BET SSA zostávajú takmer identické.

VÝHODY PATENTOVANEJ TECHNIKY AFSM

- | Nemusí udržiavať hladinu LN₂
- | Zlepšuje reprodukovateľnosť plochy povrchu aj objemu pórov
- | Umožňuje adsorpčnú izotermu materiálu s nízkym povrchom bez použitia kryptónového plynu (do $0,1 \text{ m}^2$ celkovej plochy povrchu)

Vzorka	Ads.	Celková plocha v cele [m ²]	Množstvo vzorky [g]	SSA-BET [m ² /g]*1	C-konštanta
BCR-170_1	N ₂	~2 m ²	~1.94	1.03	114
BCR-170_2	N ₂	~1 m ²	~1.12	1.02	143
BCR-170_3	N ₂	~0.7 m ²	~0.75	1.03	101
BCR-170_4	N ₂	~0.4 m ²	~0.38	1.02	50

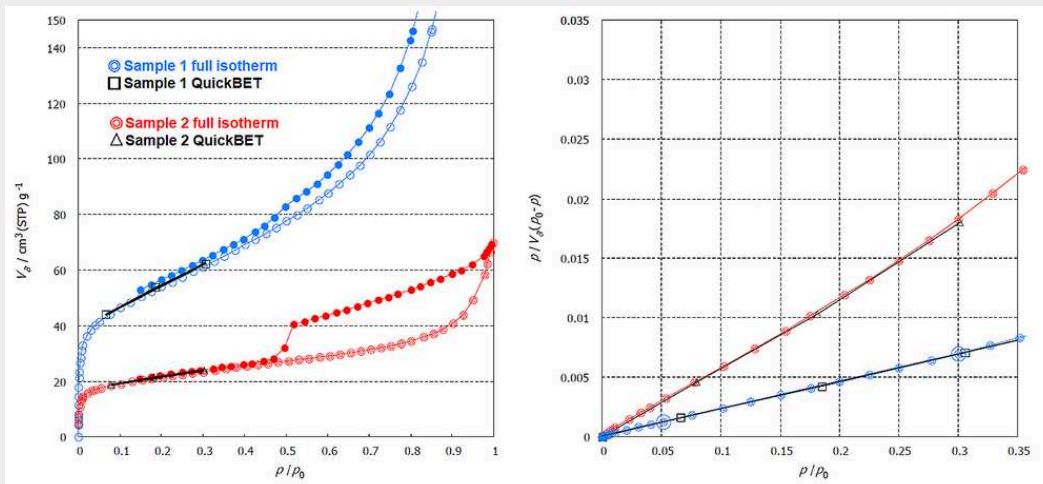


*Koefficient korelácie 0,9995 alebo vyšší

ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

REŽIM QUICK BET

Rýchly režim BET možno použiť na maximalizáciu priepustnosti vzorky pri meraní špecifického povrchu BET. V tomto režime je možné zmerať tri adsorpčné body BET štyroch vzoriek za približne 15 minút (vyžaduje sa hustota vzorky). Ďalej rýchly režim BET ponúka dva typy meraní voľného priestoru: Po prvé, možnosť zadávania voľného priestoru poskytuje najväčšiu príležitosť na úsporu času. Po určení voľného priestoru pre bunku vzorky sa súbor s meraním voľného priestoru (dvd súbor) môže opätovne použiť na budúce rýchle merania BET. Po druhé, voľný priestor možno určiť pomocou aktuálneho merania. Porovnanie získaného povrchu BET z merania s úplnou izotermou (štandardný režim) a z rýchleho režimu BET je uvedené v nasledujúcich grafoch a tabuľke:



Vzorka	Ads.	Viacbodový BET-SA [m^2/g]		Jednotlivý BET-SA [m^2/g]	
		Štandardný režim	Quick-BET	Štandardný režim	Quick-BET
1	N_2	189.9	190.5	188.1	190.3
2	N_2	75.7	77.4	74.7	75.7

*Viacbodový BET v rozsahu p/p_0 0,05 - 0,30, jednobodový BET pri p/p_0 0,20

Predpokladá sa, že výsledky merania získané pomocou viacbodového BET v štandardnom režime sú najpresnejšie. Viacbodové, ako aj jednobodové merania plochy povrchu BET v režime Quick-BET poskytujú úplne porovnateľné výsledky v porovnaní so štandardným režimom, hoci čas merania sa výrazne skrátil na približne 15 minút pre tri vzorky (viacbodový BET). Táto funkcia sa odporúča na optimalizáciu priepustnosti vzoriek, napr. pri kontrole kvality.

ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET BELSORP MINI X

PRINCÍP FUNKCIE

Analýza distribúcie veľkosti pórov metódou NLDFT a GCMC

Klasické metódy na určenie distribúcie veľkosti pórov (PSD) sú metóda INNES (póry v tvare štrbiny) a metódy BJH, DH, CI (valcové póry), ktoré hodnotia mezopóry na základe teórie kapilárnej kondenzácie. Metódy HK (štrbinové), SF (valcové) a CY (klietkové) sa môžu použiť aj na hodnotenie mikropórov na základe teórie adsorpčného potenciálu. Na hodnotenie objemu pórov sa bežne používajú aj metódy DA a DR. Nové metódy hodnotenia PSD a kapacity, NLDFT a GCMC, sa považujú za presnejšie v širšom rozsahu veľkosti pórov (od mikropórov po mezo- a makropóry), ako sa uvádza v norme ISO15901-2.

Teória	Interakcia Povrch a plyn	Adsorbát	Použiteľný rozsah veľkosti p
BJH, CI, DH, INNES metóda	Kelvinova rovnica (Povrchové napätie a kontaktný uhol)	Hustota sypkej kvapaliny	2 nm < Mezopóry a makropóry
HK, SF, CY metóda	Lennard-Jonesov potenciál (interakčná a odpudivá sila)	Hustota sypkej kvapaliny	0.4 - 2 nm Mikropóry
NLDFT, GCMC	Štatistický termodynamický model		0.35 - 500 nm Celý rozsah pórov

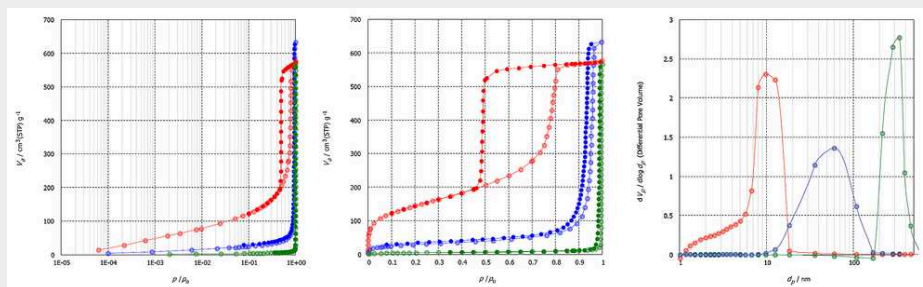
*¹ BELSORP MINI X je vybavený snímačmi tlaku 1000 torr; Izoterma začína od $\sim p/p_0$ of 1×10^{-4}

*² Možnosť: 0,35 nm možné metódou molekulárnej sondy

V posledných rokoch sa pozornosť sústredila na metódy hodnotenia štruktúry pórov pomocou počítačových simulačných techník, ako sú metódy NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) a GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), ktoré predstavujú jednotnú teóriu na charakterizáciu distribúcie pórov od mikropórov až po mezo- a makropóry. Distribúcie veľkosti pórov získané z tej istej adsorpčnej izotermy pomocou klasickej a simulačnej PSD analýzy sa líšia, rovnako ako výsledky získané rôznymi simulačnými metódami, pretože plniaci tlak získaný z každej teórie je iný. Microtrac poskytuje metódy hodnotenia, ktoré pokrývajú široký rozsah veľkostí pórov a adsorbátov na základe adsorpcie N₂ (77,4 K), Ar (87,3 K) a CO₂ (298 K). Tieto metódy vyhodnocovania využívajú jadrá NLDFT/GCMC modelov štrbinových, valcových a klietkových pórov s povrchovými atómami uhlíka a oxidu kovu, čo vedie k najvhodnejšiemu opisu poréznych materiálov.

Softvér BELMASTER umožňuje jednoduché porovnanie experimentálnych a simulovaných izoteriem, pričom simulovaná izoterma slúži ako základ pre výpočet PSD.

V nasledujúcej časti je uvedený príklad výpočtu rozdelenia veľkosti pórov metódou BJH:



www.microtrac.sk/belsorp-mini-x