



ANALYZÁTOR ŠPECIFICKÉHO POVRCHU A VEĽKOSTI PÓROV BET

BELSORP MAX G

Na jednoduchú, rýchlu a najpresnejšiu charakterizáciu práškových materiálov

BELSORP MAX G tvorí nový rad výkonných, kompaktných a úsporných modelov radu BELSORP MAX od spoločnosti Microtrac. Jeho špeciálnou vlastnosťou je meranie izoteriem adsorpcie plynov už od extrémne nízkych tlakov na hodnotenie mikro-, mezo- a makroporéznych materiálov, ako aj neporéznych materiálov.

Tento prístroj je vybavený jedným meracím portom, jedným vyhradeným portom na meranie tlaku nasýtených pár a jedným portom na meranie voľného priestoru (mŕtveho objemu). Každý port je vybavený vyhradeným tlakovým snímačom na vysoko presné merania. Analyzátor BELSORP MAX G na meranie plochy povrchu a distribúcie veľkosti pórov je schopný merať rôzne materiály, ako sú pelety, tvarované telesá, substráty a jemne rozptýlené vzorky, pomocou špeciálnych vzorkovníc. Podporuje širokú škálu adsorbátov a podmienok merania. V závislosti od potrieb našich zákazníkov ponúkame dva modely, a to BELSORP MAX G LP (nízky tlak) a BELSORP MAX G MP (stredný tlak), ktoré sú vybavené rôznymi tlakovými prevodníkmi.



	BELSORP MAX G LP	BELSORP MAX G MP
Port 1	1,000 Torr, +10 Torr, +0.1 Torr	1,000 Torr, +10 Torr, +1 Torr
Port 2		1,000 Torr

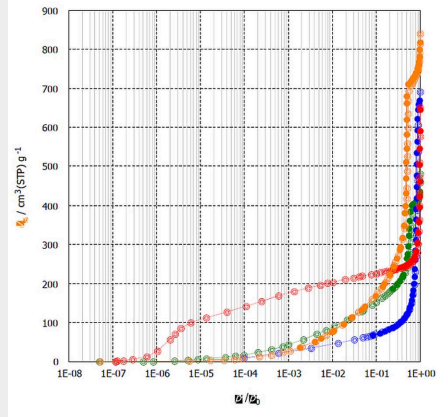
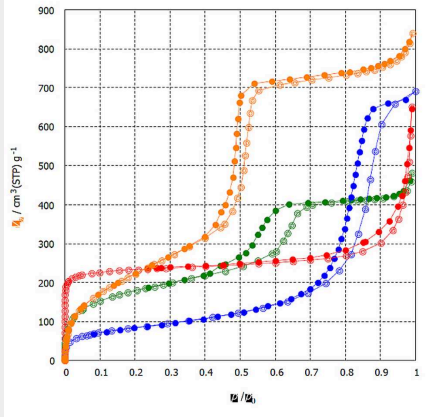
Port tlaku nasýtených pár	1,000 Torr
Turbomolekulárne čerpadlo	yes

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

KLÍČOVÉ FUNKCIE

Meranie veľmi nízkeho tlaku

BELSORP MAX G umožňuje vykonávať vysoko presné meranie sorpčných izoteriem v širokom rozsahu od oblasti ultranízkych tlakov $p/p_0=10^{-8}$ (napr. dusík ako adsorpčný) až po atmosférický tlak. Prístroj obsahuje turbomolekulárnu vývevu a nízkonapäťový tlakový prevodník.

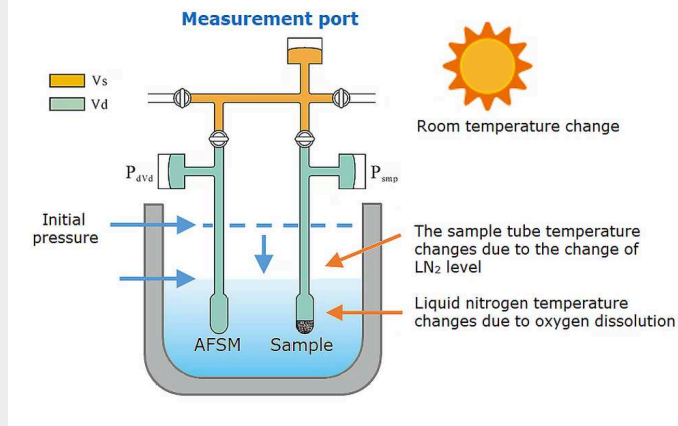


Inovatívne meranie voľného priestoru pre najvyššiu presnosť (AFSM™)

Kontrola hladiny kvapalných chladiacich médií (napr. kvapalného dusíka alebo argónu) už nie je potrebná. Namiesto toho sme prijali našu prelomovú metódu nepretržitého merania vo voľnom priestore, patentované pokročilé meranie vo voľnom priestore (AFSM™). Táto metóda dosiahla najvyššiu reprodukovateľnosť použitím referenčnej bunky (prázdna bunka na vzorku; rovnaký typ bunky na vzorku, ktorá sa používa na meranie) na sledovanie sekundových zmien voľného priestoru. Naš prístroj určuje počiatočný voľný priestor bunky vzorky a referenčnej bunky. Keďže zmeny voľného priestoru sú v oboch bunkách rovnaké (v dôsledku rovnakých podmienok prostredia), zmenu voľného priestoru možno kontinuálne sledovať pomocou zmeny tlaku v referenčnej bunke. Preto sa teraz môžu zohľadniť výkyvy voľného priestoru spôsobené faktormi prostredia:

- | Zmeny hladiny LN₂
- | Zmeny teploty/ tlaku atmosféry
- | Zmeny teploty chladiaceho média v dôsledku rozpúšťania kyslíka

Vďaka tejto vynikajúcej technike možno zohľadniť faktory prostredia, ktoré sa predtým nebrali do úvahy. Ďalšie informácie nájdete v našej databáze znalostí.

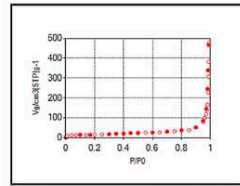
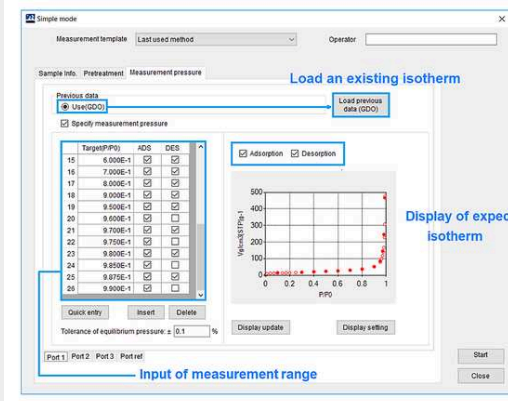


Jednoduché používanie - jednoduché nastavenie podmienok merania

Tento prístroj je plne automatizovaný systém, ktorý umožňuje používateľovi jednoducho nastaviť podmienky merania prostredníctvom jednoduchého režimu. Tento režim umožňuje meranie len zadaním minimálnych podmienok (napr. informácie o vzorke, podmienky predbežnej úpravy a rozsah merania), čo je výhodné najmä v prípade neznámych materiálov. Podrobné konfigurácie merania môžu skúsení používatelia nastaviť výberom režimu Professional Mode. Tento systém tak umožňuje každému získať presné výsledky merania tým najjednoduchším spôsobom.

Optimalizácia dávkovania plynu (GDO)

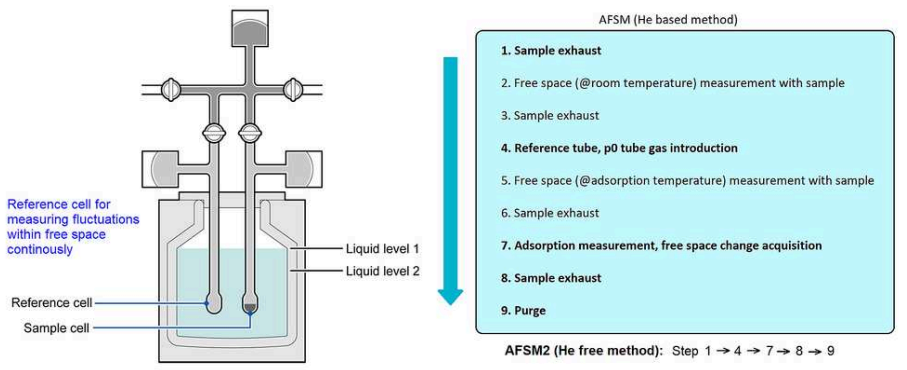
Jednoduchý režim obsahuje možnosť optimalizácie dávkovania plynu (GDO), ktorá automaticky vypočíta optimálne množstvo dávkovaného plynu na základe predchádzajúcich výsledkov merania. Táto funkcia umožňuje výrazne skrátiť čas merania.



Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

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

Meraním prázdneho voľného priestoru s adsorbátmi pri adsorpčnej teplote v predstihu možno dosiahnuť meranie bez potreby použitia plynného hélia. Keďže pri rovnakých podmienkach merania nie je potrebné opätovné meranie voľného priestoru, výsledky merania sa dajú získať za kratší čas merania. Nie sú potrebné komplikované operácie, ako napríklad prispôbenie hladiny kvapaliny chladiacich médií medzi meraním prázdneho voľného priestoru a meraním adsorpcie.



Kompaktný a ľahký

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

Predbežná úprava vzoriek na meracom porte (voliteľné)

Na presné meranie adsorpcie je potrebná predbežná úprava vzoriek. Proces predbežnej úpravy (nazývaný aj aktivačný proces) sa zvyčajne vykonáva použitím vákua za tepla, čím sa z povrchu materiálu odstránia molekuly adsorbovaného plynu a/alebo vody bez toho, aby sa ovplyvnila štruktúra vzorky (zabráni sa denaturácii).

Microtrac ponúka dve možnosti predbežnej úpravy vzorky. Po prvé, možno ju vykonať externe pomocou nášho zariadenia BELPREP, ktoré sa zvyčajne uprednostňuje na zvýšenie priepustnosti vzorky. Prípadne možno proces aktivácie vykonať priamo na meracom porte zariadenia BELSORP MAX G pomocou ohrievača (pozri zoznam príslušenstva). Týmto spôsobom sa možno vyhnúť prenosu z externého zariadenia na predbežnú úpravu do meracieho portu, čo je dôležitá možnosť v prípade citlivých vzoriek (napr. hydrofilný materiál).



Analýza údajov

Analytický softvér dodávaný so zariadením BELSORP MAX G umožňuje používateľovi získať širokú škálu výsledkov meraní, ako je zobrazenie adsorpčných/desorpčných izoteriem, vyhodnotenie špecifických povrchov pomocou Langmuirovej metódy alebo metódy BET, vyhodnotenie objemu pórov použitím metódy t-plot, vykonanie mezopórových analýz metódou DH alebo BJH, mikropórových analýz metódou HK alebo SF alebo analýz GCMC/ NLDFT. Ešte viac možností analýzy poskytuje náš analytický softvér BELMASTER.

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

PRÍSLUŠENSTVO A VOLITEĽNÉ DOPLNKY

ŠTANDARDNÝ SPOTREBNÝ TOVAR



Náš štandardný spotrebný materiál pozostáva z buniek na vzorky, výplňových tyčí, filtrov, O-krúžkov, uzáverov a váhových platforiem, ktoré sú potrebné na merania adsorpčnej izotermy. Ďalej sú súčasťou spotrebného materiálu kapsuly NSD, rôzne veľkosti vzorkovacích buniek, rýchle tesnenia a mnoho ďalšieho.

VODNÁ KÚPEĽ



Vodný kúpeľ na meranie teplôt od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je potrebné chladené/vyhrievané obehové čerpadlo.

OHRIEVAČ



Predúprava vzorky z $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $450\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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



The gas selector enables the connection of up to 4 adsorptives simultaneously (1 x Helium + 4 x adsorptive).

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

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 odplynovania 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 difúziu analýzu

ĎALŠIE FUNKCIE SYSTÉMU BELCONTROL

- | Prekrývanie adsorpčných / desorpčných izotermií 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



HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

PREVÁDKOVÝ SOFTVÉR

Všestrannosť prístrojov BELSORP s mnohými funkciami a možnosťami dopĺňa náš intuitívny a používateľsky prívetivý obslužný softvér. Krok za krokom vedie používateľa hlavnými postupmi (vykonávanie meraní, výmena plynovej fľaše, odplynenie/čistenie kvapaliny v zásobníku a mnoho ďalších), vďaka čomu je prístroj prístupný aj neskúseným používateľom.

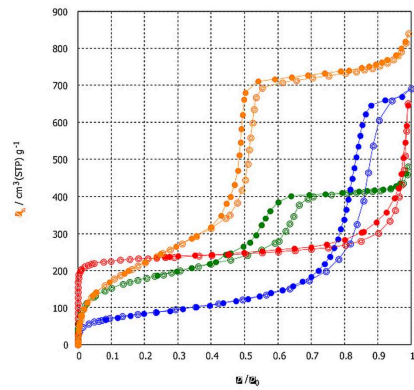
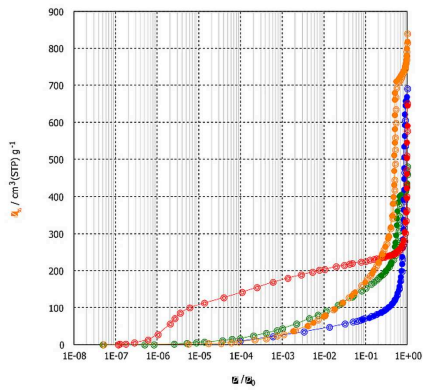
K dispozícii sú dva režimy merania: Jednoduchý režim a profesionálny režim. Jednoduchý režim umožňuje jednoduchú obsluhu, vyžaduje len zadanie informácií o vzorke, podmienok predbežnej úpravy (nevyžaduje sa, ak sa vykonáva externe) a rozsahu merania a je ideálny pre neskúsených používateľov a/alebo merania neznámych vzoriek. Ak bolo vykonané predchádzajúce meranie s porovnateľným sorpčným správaním, na skrátenie času merania možno použiť funkciu GDO. Profesionálny režim umožňuje podrobnú kontrolu konfigurácie a nastavení merania, (nastavenia dávkovania, kritériá rovnováhy, možnosť kontroly tesnosti atď.), čo umožňuje používateľovi analyzovať vzorky za individualizovaných podmienok.



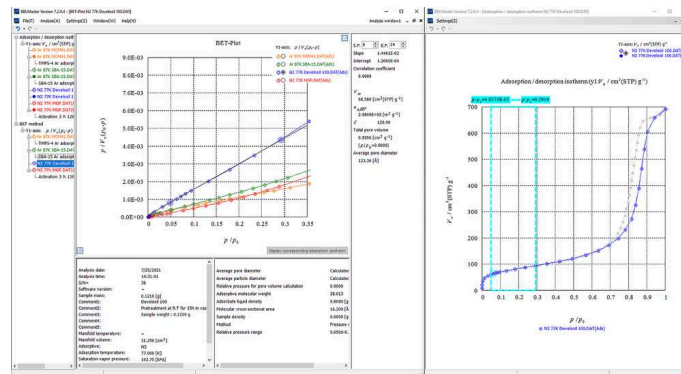
MERANIA ADSORPCIE PLYNOV V PORÉZNYCH A NEPORÉZNYCH MATERIÁLOCH: MOFY, ZEOLITY, UHLÍKY A
ĎALŠIE

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:

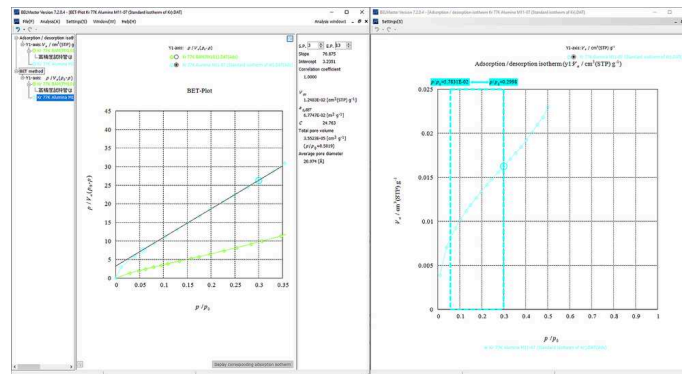


Vyberte správny rozsah tlaku (viacbodový BET) alebo bod merania (jednobodový BET) a plocha povrchu sa vypočíta automaticky. Softvér BELMASTER poskytuje výpočet plochy povrchu BET podľa prílohy C normy ISO 9277 (známy aj ako Rouquerolov graf) odporúčaný pre mikroporézne materiály.

Výnimočnou vlastnosťou prístroja BELSORP MAX G je dostupnosť troch rôznych tlakových prevodníkov (1000, 10 a 1/0,1 torr), ktoré umožňujú merania s nízkym povrchom až do 0,0005 m²/g pomocou kryptónového plynu. Okrem toho je možné stanoviť sorpčné izotermy dokonca od veľmi nízkych relatívnych tlakov 10⁻⁸ až po atmosférický tlak. Výsledkom je možnosť získať distribúciu veľkosti pórov od 0,35 do 500 nm.

Merania malého povrchu pomocou kryptónového plynu

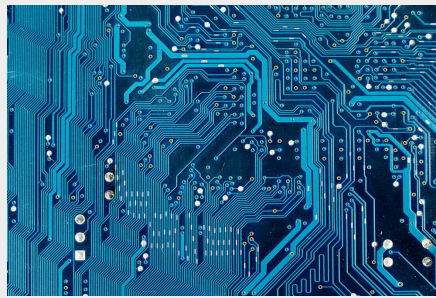
Charakterizácia materiálov s nízkym špecifickým povrchom, ako sú neporézne kovové materiály, sklenené substráty a fólie, pomocou tradičných plynov, ako sú dusík (77 K) a argón (77 K alebo 87 K), je nedostatočná kvôli detekčným limitom. Alternatívou je adsorpcia plynu kryptónu pri teplote kvapalného dusíka, ktorá umožňuje stanoviť špecifický povrch BET až do 0,0005 m²/g.



HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

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!

Ak chcete nájsť najlepšie riešenie pre vaše potreby charakterizácie častíc, navštívte našu aplikačnú databázu

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

TECHNICKÉ ÚDAJE

Princíp merania	Objemová metóda + AFSM™
Adsorpčný plyn	N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , O ₂ , CH ₄ , NO, CO, bután a rôzne iné (ne)korozívne plyny
Plynové porty	2 porty (max. 5 portov)
Počet meraní (režim vysokej presnosti)	1 port v režime vysokej presnosti
Rozsah merania (špecifický povrch)	0,01 m ² /g a viac (N ₂) 0,0005 m ² /g a viac (Kr) (v závislosti od hustoty vzorky)
Distribúcia veľkosti pórov (priemer)	0.35 - 500 nm
Nízkotlaková izoterma	p/p ₀ = 10 ⁻⁸ (N ₂ @77K, Ar @87K)
Prevodník tlaku	133 kPa (1000 Torr) x 3 jednotky/1,33 kPa (10 Torr) x 1 jednotka/ 0,133 kPa (MP) alebo 0,0133 kPa (LP) x 1 jednotka
Vákuové meradlo/čerpadlo	Turbomolekulové čerpadlo + rotačné čerpadlo Meradlo studenej katódy (voliteľné)
Trubica na vzorky	Štandardná trubica, približne 1,8 cm ³ (voliteľne: 5 cm ³)
Dewarova nádoba	Objem: 2,6 l Výdrž: 80 h
Ohrievač predúpravy	50 - 450 °C
Vodná kúpeľ	-10 - 70 °C
Softvér pre analýzu BELMaster™ 7	Adsorpčná izoterma, špecifický povrch BET typu I (ISO9277), automatická analýza BET, Langmuirov špecifický povrch, BJH, DH, CI, metóda INNES, t-plot, Alpha-s plot
Softvér pre analýzu BELMaster™ 7 cont.	HK, SF, metóda CY, NLDFT / GCMC, metóda MP, Dubinin-Astakhovova metóda, rozdielová adsorpčná izoterma, molekulová sonda, analýza rýchlosti adsorpcie (opt.)
Rozmery (Š x V x H)	320 x 740 x 465 mm
Váha (hlavná časť)	36 kg
Úžitkové vybavenie - plyn	He, adsorpčný plyn: 0,1 MPa (G), čistota: viac ako 99,999 % Spoj: 1/8" Swagelok spoj
Úžitkové vybavenie - elektrický pohon	Hlavná jednotka: AC 100 - 240 V / 850 W, 50 / 60 Hz (vrátane vakuového čerpadla)
Podmienky životného prostredia	Teplota: 10 - 30 °C/vlhkosť: 20 - 80 % relatívnej vlhkosti

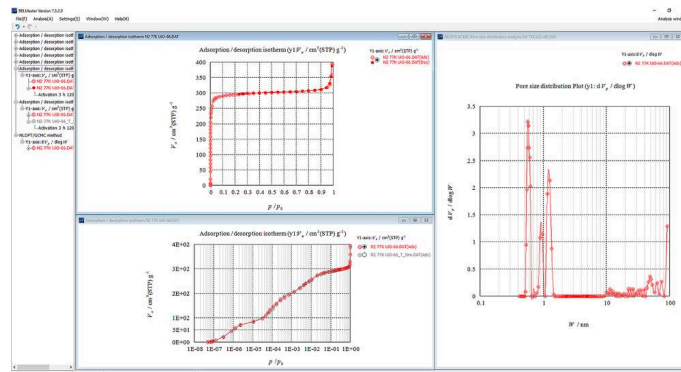
Zhoda s normou ASTM	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
Zhoda s ISO	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
Zhoda s USP	268, 846
Zhoda s normou DIN	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)
Certifikát CE	áno
Odporúčaný monitor	Monitory s rozlíšením Full HD

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

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 pórov
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

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.