



ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET

BELSORP MAX G

Pro snadnou, rychlou a maximálně přesnou charakterizaci práškových materiálů

BELSORP MAX G tvoří novou řadu výkonných, kompaktních a úsporných modelů řady BELSORP MAX společnosti Microtrac. Jeho zvláštností je měření izoterm adsorpce plynů již od extrémně nízkých tlaků pro hodnocení mikro-, mezo- a makroporézních materiálů i neporézních materiálů.

Tento přístroj je vybaven jedním měřicím portem, jedním vyhrazeným portem pro měření tlaku nasycených par a jedním portem pro měření volného prostoru (mrtvého objemu). Každý port je vybaven vyhrazeným tlakovým senzorem pro vysoce přesná měření. Analyzátor BELSORP MAX G pro měření plochy povrchu a distribuce velikosti pórů je schopen měřit různé materiály, jako jsou pelety, tvarovaná tělesa, substráty a jemně dispergované vzorky, pomocí speciálních vzorkovnic. Podporuje širokou škálu adsorbátů a podmínek měření. V závislosti na potřebách našich zákazníků nabízíme dva modely, a to BELSORP MAX G LP (nízký tlak) a BELSORP MAX G MP (střední tlak), které jsou oba vybaveny různými tlakovými převodníky.



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 pro tlak nasycených par		1,000 Torr

Turbomolekulární čerpadlo

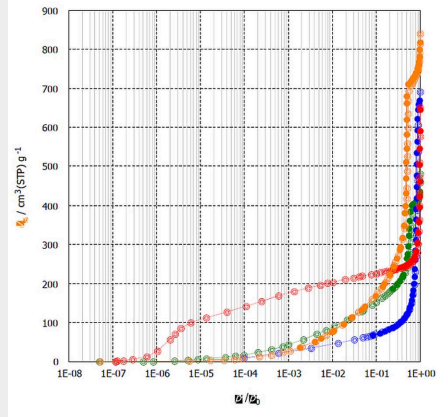
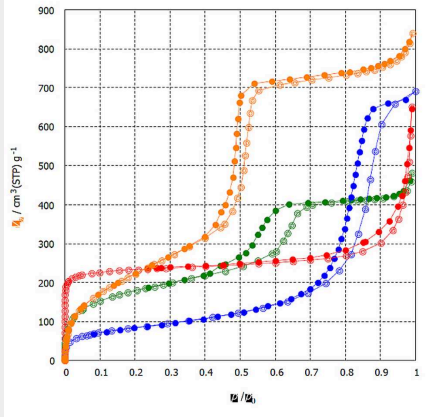
yes

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

KLÍČOVÉ FUNKCE

Měření velmi nízkého tlaku

BELSORP MAX G umožňuje provádět vysoce přesná měření sorpčních izoterem v širokém rozsahu od oblasti velmi nízkých tlaků $p/p_0=10^{-8}$ (např. dusík jako adsorpční) až po atmosférický tlak. Přístroj obsahuje turbomolekulární vývěvu a nízkonapěťový tlakový převodník.

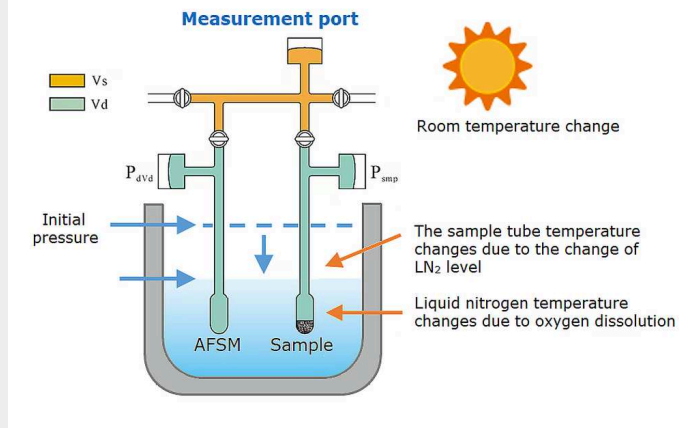


Inovativní měření ve volném prostoru pro nejvyšší přesnost (AFSM™)

Kontrola hladiny kapalných chladicích kapalin (např. kapalného dusíku nebo argonu) již není nutná. Místo toho jsme přijali naši průkopnickou metodu kontinuálního měření ve volném prostoru, patentované pokročilé měření ve volném prostoru (AFSM™). Tato metoda dosáhla nejvyšší reprodukovatelnosti díky použití referenční cely (prázdňá cely pro vzorek; stejný typ cely pro vzorek používaný k měření), která sleduje sekundové změny volného prostoru. Náš přístroj určuje počáteční volný prostor cely vzorku a referenční cely. Protože změny volného prostoru jsou v obou celách stejné (v důsledku stejných podmínek prostředí), lze změnu volného prostoru průběžně sledovat pomocí změny tlaku v referenční cele. Proto lze nyní uvažovat kolísání volného prostoru způsobené faktory prostředí:

- | Změny hladiny LN₂
- | Změny teploty/ tlaku atmosféry
- | Změny teploty chladicích kapalin v důsledku rozpouštění kyslíku

Díky této vynikající technice lze zohlednit faktory prostředí, které se dříve nebraly v úvahu. Další informace získáte v naší znalostní databázi.



Snadné použití - jednoduché nastavení podmínek měření

Tento přístroj je plně automatizovaný systém, který umožňuje uživateli snadno nastavit podmínky měření prostřednictvím jednoduchého režimu. Tento režim umožňuje měření pouhým zadáním minimálních podmínek (např. informace o vzorku, podmínky předúpravy a rozsah měření), což je výhodné zejména u neznámých materiálů. Podrobné konfigurace měření mohou zkušenější uživatelé nastavit výběrem režimu Professional Mode. Tento systém tak umožňuje každému získat přesné výsledky měření tím nejjednodušším způsobem.

Optimalizace dávkování plynu (GDO)

Jednoduchý režim zahrnuje možnost optimalizace dávkování plynu (GDO), která automaticky vypočítá optimální dávkování plynu na základě předchozích výsledků měření. Tato funkce umožňuje výrazně zkrátit dobu měření.

Single mode

Measurement template: Last used method | Operator: _____

Sample info: Pre-treatment: Measurement pressure

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

Specify measurement pressure

Target(PIP0)	ADS	DES
15	6.000E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
16	7.000E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
17	8.000E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
18	9.000E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
19	9.500E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
20	9.600E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
21	9.700E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
22	9.750E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
23	9.800E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
24	9.850E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
25	9.875E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
26	9.900E-1	<input checked="" type="checkbox"/>

Adsorption: | Desorption:

Graph: Vmax(PIP0) vs PIP0

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

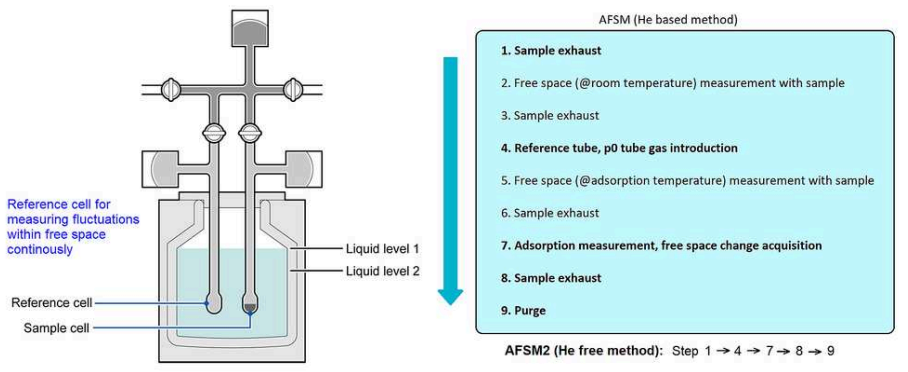
Start | Close

Display of expected isotherm

Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

Měření adsorpce bez použití plynného helia (AFSM^{TM2})

Měřením prázdného volného prostoru s adsorbáty při adsorpční teplotě v předstihu lze dosáhnout měření bez nutnosti použití plynného helia. Vzhledem k tomu, že při stejných podmínkách měření není třeba znovu měřit volný prostor, lze výsledky měření získat za kratší dobu měření. Nejsou nutné složité operace, jako je přizpůsobení hladiny kapaliny chladicích kapalin mezi měřením prázdného volného prostoru a měřením adsorpce.



Kompaktní a lehký

Úplnou optimalizací a racionalizací materiálů komponent se nám podařilo snížit velikost a hmotnost přístroje.

Předúprava vzorků na měřicím portu (volitelné)

Pro přesné měření adsorpce je nutná předběžná úprava vzorků. Předúprava (nazývaná také aktivace) se obvykle provádí použitím vakua za tepla, které odstraní adsorbované molekuly plynu a/nebo vody z povrchu materiálu, aniž by ovlivnilo strukturu vzorku (zabrání denaturaci).

Microtrac nabízí dvě možnosti předběžné úpravy vzorku. Zaprvé ji lze provést externě pomocí našeho zařízení BELPREP, což se obvykle upřednostňuje pro zvýšení průchodnosti vzorku. Alternativně lze aktivaci provést přímo na měřicím portu BELSORP MAX G pomocí ohřívače (viz seznam příslušenství). Tímto způsobem se lze vyhnout přenosu z externího zařízení pro předběžnou úpravu do měřicího portu, což je důležitá možnost pro citlivé vzorky (např. hydrofilní materiál).



Analýza dat

Analytický software dodávaný s přístrojem BELSORP MAX G umožňuje uživateli získat širokou škálu výsledků měření, jako je zobrazení adsorpčních / desorpčních izoterm, vyhodnocení specifických povrchů pomocí Langmuirovy metody nebo metody BET, vyhodnocení objemů pórů pomocí metody t-plot, provedení mezoporových analýz pomocí metody DH nebo BJH, mikroporových analýz pomocí metody HK nebo SF nebo analýz GCMC / NLDFT. Ještě více možností analýzy nabízí náš analytický software BELMASTER.

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

PŘÍSLUŠENSTVÍ A VOLITELNÉ DOPLŇKY

STANDARDNÍ SPOTŘEBNÍ ZBOŽÍ



Náš standardní spotřební materiál se skládá z vzorkovacích cel, plnicích tyčinek, filtrů, O-kroužků, uzávěrů a vážících plošek, které jsou potřebné pro měření adsorpční izotermy. Dále jsou součástí spotřebního materiálu kapsle NSD, různé velikosti cel, rychlotěsnění a mnoho dalšího.

VODNÍ LÁZEŇ



Vodní lázeň pro měření teplot od -10 °C do 80 °C. Je zapotřebí chlazené/vyhřívané oběhové čerpadlo.

OHŘÍVAČ



Předúprava vzorku z 50 °C na 450 °C. Díky této možnosti lze vzorky předupravit přímo na měřicím portu. Po procesu předúpravy tedy není nutné přenášet vzorkovací celu (např. u citlivých vzorků).

PŘEPÍNAČ 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 OPERAČNÍ SOFTWARE

Všestrannost zařízení BELSORP je skutečně světovou špičkou. Četné funkce a možnosti doplňuje intuitivní a uživatelsky přívětivý software BELCONTROL. Ten uživatele krok za krokem provede procesem analýzy. To zahrnuje nastavení podmínek analýzy, provedení měření, kdy naplnit a nastavit lázeň s kapalným dusíkem nebo jinou lázeň, kdy vyměnit plynovou láhev, kroky odplynění a mnoho dalšího. Software je navržen tak, aby byl přístroj přístupný a ovladatelný pro každého, včetně nezkušených uživatelů.

Pro nezkušené uživatele nebo pro měření neznámých vzorků vyžaduje BELCONTROL pouze základní informace o vzorku (název, hmotnost atd.), podmínky předúpravy (pokud není prováděna externě) a rozsah měření.

Podrobná kontrola konfigurace a nastavení měření je možná pro optimalizaci podmínek měření (např. nastavení dávkování, kritéria rovnováhy, možnost testu těsnosti atd.). To umožňuje uživateli plně přizpůsobit analýzu vzorku svým potřebám.

BELCONTROL		
Rychlý BET	ano	Vícebodový povrch BET za méně než 20 minut
Měření bez hélia	ano	AFSM™ 2 umožňuje měření bez helia s bezkonkurenční přesností
Adsorpční kinetika	volitelná	Měření rychlosti adsorpce pro difuzní analýzu

DALŠÍ FUNKCE SYSTÉMU BELCONTROL

- | Překrývání adsorpčních / desorpčních izoterm a porovnávání naměřených dat mezi různými porty během měření.
- | Všechny tlaky, teploty, ovládání ventilů atd. jsou uloženy v datech o trendech, což umožňuje okamžitou kontrolu.
- | Pro diagnostiku stavu přístroje je k dispozici funkce kontroly systému



E-mailové oznámení automaticky přenáší stav měření a výsledky

- | Interaktivní program v japonštině nebo angličtině zajišťuje snadné a spolehlivé ovládání
- | Rozsáhlá nápověda včetně pokynů krok za krokem během provozu



HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

PROVOZNÍ SOFTWARE

Všestrannost přístrojů BELSORP s mnoha funkcemi a možnostmi doplňuje náš intuitivní a uživatelsky přívětivý ovládací software. Ten uživatele krok za krokem provede hlavními postupy (provedení měření, výměna plynové lahve, odplynění/čištění kapaliny v zásobníku a mnoho dalšího), takže je přístroj přístupný i nezkušeným uživatelům.

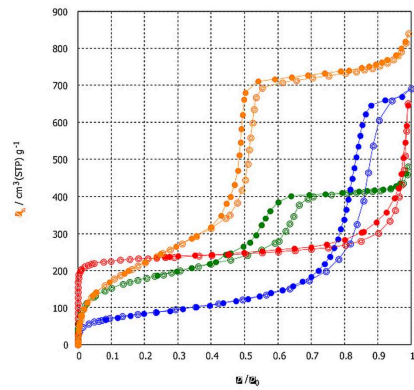
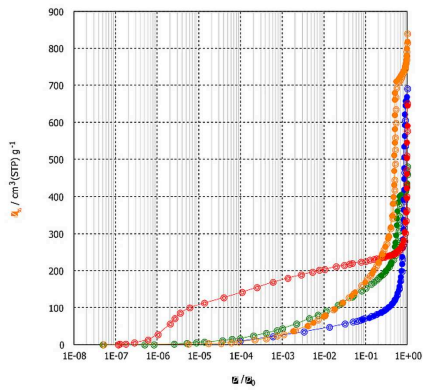
K dispozici jsou dva režimy měření: Jednoduchý režim a profesionální režim. Jednoduchý režim umožňuje snadné ovládání, vyžaduje pouze zadání informací o vzorku, podmínek předběžné úpravy (není nutné, pokud se provádí externě) a rozsahu měření a je ideální pro nezkušené uživatele a/nebo měření neznámých vzorků. Pokud bylo provedeno předchozí měření se srovnatelným sorpčním chováním, lze ke zkrácení doby měření použít funkci GDO. Profesionální režim umožňuje podrobnou kontrolu konfigurace a nastavení měření (nastavení dávkování, kritéria rovnováhy, možnost kontroly těsnosti atd.), což uživateli umožňuje analyzovat vzorky za individualizovaných podmínek.



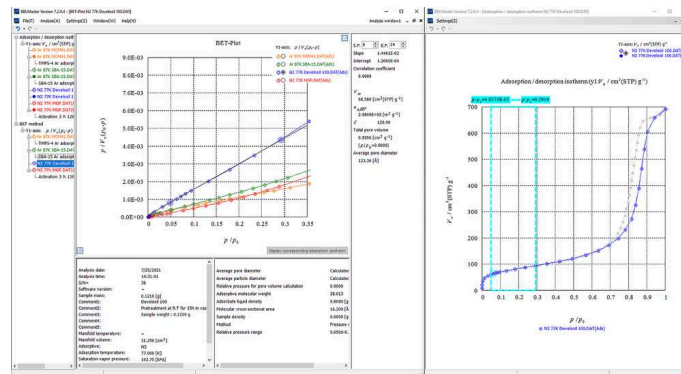
MĚŘENÍ ADSORPCE PLYNŮ V PORÉZNÍCH A NEPORÉZNÍCH MATERIÁLECH: MOFY, ZEOLITY, UHLÍKY A DALŠÍ MATERIÁLY

VYHODNOCOVACÍ SOFTWARE BELMASTER

Sorpční izoterma je definována jako vztah mezi adsorbovaným množstvím na adsorbentu a rovnovážným tlakem adsorbovaného plynu - obvykle vztaženým k tlaku nasycených par - při konstantní teplotě. Izoterma sorpce plynu (např. dusíku) poskytuje informace o specifickém povrchu, distribuci velikosti pórů a objemu pórů měřeného materiálu. V následujícím grafu jsou uvedeny některé příkladné sorpční izotermy.



Specifický povrch (SSA) označuje přístupnou plochu povrchu vzorku a má velký význam při adsorpci, heterogenní katalýze a reakcích na povrchu. Specifický povrch lze vypočítat podle normy ISO 9277 metodou BET (BET: Brunauer, Emmett a Teller) nebo Langmuirovou metodou. Následující grafy ukazují příklady vyhodnocení měrného povrchu podle metody BET v našem softwaru BELMASTER:

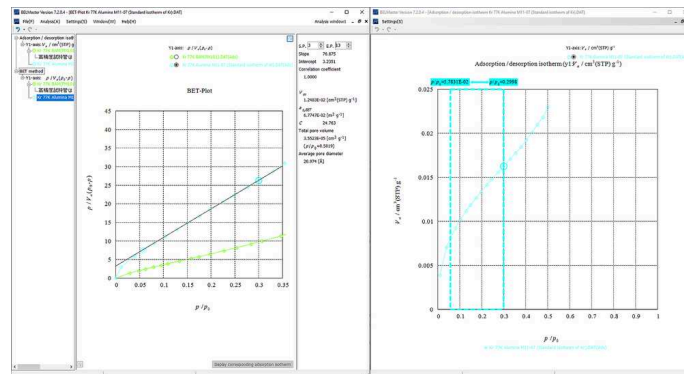


Zvolte správný rozsah tlaku (vícebodový BET) nebo bod měření (jednobodový BET) a plocha povrchu se vypočítá automaticky. Software BELMASTER poskytuje výpočet plochy povrchu BET podle normy ISO 9277, příloha C (známý také jako Rouquerolův graf) doporučený pro mikroporézní materiály.

Výjimečnou vlastností přístroje BELSORP MAX G je dostupnost tří různých tlakových snímačů (1000, 10 a 1/0,1 torru), které umožňují měření nízkých povrchů až do 0,0005 m²/g pomocí kryptonového plynu. Dále je možné stanovit sorpční izotermy dokonce od velmi nízkých relativních tlaků 10⁻⁸ až po atmosférický tlak. Díky tomu lze získat rozdělení velikosti pórů od 0,35 do 500 nm.

Měření malého povrchu pomocí kryptonového plynu

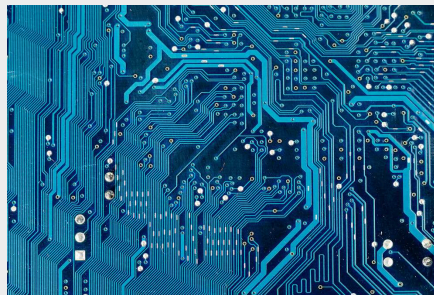
Charakterizace materiálů s nízkým specifickým povrchem, jako jsou neporézní kovové materiály, skleněné substráty a filmy, pomocí tradičních plynů, jako je dusík (77 K) a argon (77 K nebo 87 K), je nedostatečná kvůli detekčním limitům. Alternativně lze ke stanovení specifického povrchu BET až do 0,0005 m²/g použít adsorpci plynu krypton při teplotě kapalného dusíku.



HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

TYPICKÉ APLIKACE

Analyzátory společnosti Microtrac pro měření specifického povrchu BET a distribuce velikosti pórů se používají v různých oblastech. Patří mezi ně katalyzátory, baterie, vlákna, polymerní materiály, zeolity, palivové články, chemikálie, pigmenty, kosmetika, MOF/PCP, magnetické prášky, separační membrány, filtry, tonery, cement, keramika, polovodiče a mnoho dalších.



- | bateriový materiál
- | katalyzátory
- | zeolit
- | keramika
- | uhlík

- | elektronické součástky
- | Palivové články
- | Částice toneru
- | cement
- | medicína / farmaceutika

- | Křemen
- | MOF / PCP
- | pigmenty
- | kosmetika

... a mnoho dalších!

Chcete-li najít nejlepší řešení pro vaše potřeby charakterizace částic, navštivte naši aplikační databázi

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

TECHNICKÉ ÚDAJE

Princip měření	Objemová metoda + AFSM™
Adsorpční plyn	N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , O ₂ , CH ₄ , NO, CO, butan a různé další (ne)korozivní plyny
Plynové porty	2 porty (max. 5 portů)
Počet měření (režim vysoké přesnosti)	1 port v režimu vysoké přesnosti
Rozsah měření (povrch)	0,01 m ² /g a více (N ₂) 0,0005 m ² /g a více (Kr) (v závislosti na hustotě vzorku)
Rozdělení velikosti pórů (průměr)	0,35 - 500 nm (od ~0,25 nm, když je použit CO ₂)
Nízkotlaká izoterma	$p/p_0 = 10^{-8}$ (N ₂ @77K, Ar @87K)
Převodník tlaku	133 kPa (1000 Torr) x 3 jednotky/1,33 kPa (10 Torr) x 1 jednotka/ 0,133 kPa (MP) nebo 0,0133 kPa (LP) x 1 jednotka
Vakuový měřič / pumpa	Turbomolekulární čerpadlo + rotační čerpadlo Měřič studené katody (volitelně)
Trubice na vzorky	Standardní trubice, cca 1,8 cm ³ (volitelně: 5 cm ³)
Dewarova nádoba	Objem: 2,6 l Doba držení: 80 h
Ohřívač předúpravy	50 - 450 °C
Vodní lázeň	-10 - 70 °C
Software pro analýzu BELMaster™ 7	Adsorpční izoterma, specifický povrch BET typu I (ISO9277), automatická analýza BET, specifický povrch Langmuir, BJH, DH, CI, metoda INNES, t-plot, Alpha-s plot
Software pro analýzu BELMaster™ 7 cont.	HK, SF, CY metoda, NLDFT / GCMC, MP metoda, Dubinin-Astakhovova metoda, diferenční adsorpční izoterma, molekulární sonda, analýza rychlosti adsorpce (opt.).
Rozměry (Š x V x H)	320 x 740 x 465 mm
Váha (hlavní část)	36 kg
Užité vybavení - plyn	He, adsorpční plyn: 0,1 MPa (G), čistota: více než 99,999 % Kloub: 1/8" kloub Swagelok
Užité vybavení - elektrický pohon	Hlavní jednotka: AC 100 - 240 V / 850 W, 50 / 60 Hz (včetně vakuové pumpy)
Ekologické předpoklady	Teplota: 10 - 30 °C/vlhkost: 20 - 80 % relativní vlhkosti vzduchu

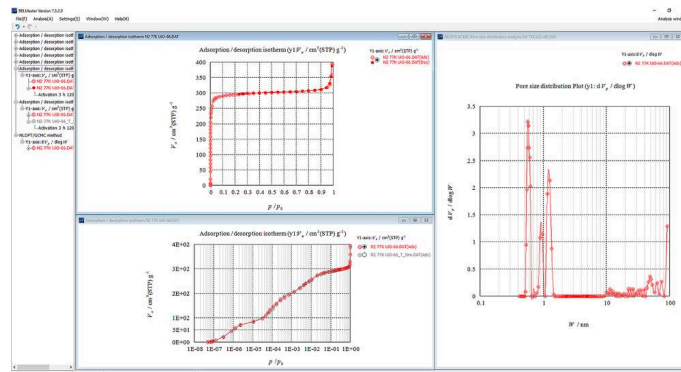
Shoda s ASTM	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
Shoda s ISO	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
Shoda s USP	268, 846
Shoda s DIN	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06),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

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

PRINCIP FUNKCE

Analýza distribuce velikosti pórů metodou NLDFT a GCMC

Klasickými metodami pro stanovení distribuce velikosti pórů (PSD) jsou metoda INNES (štěrbínové póry) a metody BJH, DH, CI (válcové póry), které hodnotí mezopóry na základě teorie kapilární kondenzace. Metody HK (štěrbínové), SF (válcové) a CY (klecové) lze rovněž použít k hodnocení mikropórů na základě teorie adsorpčního potenciálu. Pro hodnocení objemu pórů se běžně používají také metody DA a DR. Nové metody hodnocení PSD a kapacity, NLDFT a GCMC, jsou považovány za přesnější v širším rozsahu velikostí pórů (od mikropórů po mezo- a makropóry), jak je uvedeno v normě ISO15901-2.



Teorie	Interakce Povrch a plyn	Adsorbát	Použitelný rozsah velikosti pórů
BJH, CI, DH, INNES metoda	Kelvinova rovnice (Povrchové napětí a kontaktní úhel)	Hustota sytké kapaliny	>2 nm Mezopóry a makropóry
HK, SF, CY metoda	Lennard-Jonesův potenciál (interakční a odpuzivá síla)	Hustota sytké kapaliny	0.4 - 2 nm Mikropóry
NLDFT, GCMC	Statistický termodynamický model		0.35 - 500 nm Celá řada pórů

V posledních letech se pozornost zaměřuje na metody hodnocení struktury pórů pomocí počítačových simulačních technik, jako jsou metody NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) a GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), které představují jednotnou teorii pro charakterizaci rozložení pórů od mikropórů po mezo- a makropóry. Distribuce velikosti pórů získané ze stejné adsorpční izotermy pomocí klasické a simulační analýzy PSD se liší, stejně jako výsledky získané různými simulačními metodami, protože plnicí tlak získaný z každé teorie je jiný. Microtrac poskytuje metody hodnocení, které pokrývají široký rozsah velikostí pórů a adsorbátů na základě adsorpce N₂ (77,4 K), Ar (87,3 K) a CO₂ (298 K). Tyto vyhodnocovací metody používají jádra NLDFT/GCMC modelů štěrbinových, válcových a klecových pórů s povrchovými atomy uhlíku a oxidů kovů, což vede k nejuhodnějšimu popisu porézních materiálů.

Software BELMASTER umožňuje snadné porovnání experimentálních a simulovaných izoterm, přičemž simulovaná izoterma slouží jako základ pro výpočet PSD.