



ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET

## BELSORP MINI X

**Pro jednoduchou, rychlou a vysoce přesnou charakterizaci porézních materiálů**

**Vynikající vlastnosti přístroje BELSORP MINI X společnosti Microtrac vedou k opakovatelnosti na světové úrovni a k výraznému zkrácení doby měření. MINI X je vybaven až 4 porty pro měření vzorků a novými funkcemi s vysokou propustností včetně ovládání více zařízení.**

BELSORP MINI X je pečlivě navržen tak, aby měřil specifický povrch, distribuci velikosti pórů a objem pórů s mimořádnou přesností. Je vybaven speciálními tlakovými senzory na každém portu pro měření vzorku a vyhrazeným portem pro tlak nasycených par, což umožňuje zcela nezávislá simultánní měření. Nový měřicí software zvyšuje produktivitu uživatele tím, že zjednodušuje postupy měření pomocí pokynů krok za krokem v softwaru, zobrazuje průběh měření a odesílá výsledky měření e-mailem. V závislosti na průchodnosti vzorku jsou nabízeny modely A se 3 a 4 porty. Nový analytický software (BELMASTER™) navíc umožňuje strukturní hodnocení širšího spektra materiálů než dosud.

## ÚROVEŇ REPRODUKOVATELNOSTI NA SVĚTOVÉ ÚROVNI

- | Až čtyři nezávislé měřicí porty a jeden vyhrazený port pro měření tlaku nasycených par.
- | Nejmenší a nejlehčí na světě
- | Bezkonkurenční reprodukovatelnost díky patentovanému systému AFSM™
- | Měření izotermie adsorpce plynu a NET adsorpce pomocí AFSM™2 bez potřeby He-plynu
- | Více metod měření: Vysoce přesné měření, měření více vzorků a rychlé režimy měření BET, které vyhovují vašemu účelu.
- | Vyhrazený snímač tlaku pro každý port
- | Současné ovládání až 20 měřících portů prostřednictvím ovládání více zařízení (5 jednotek)
- | Krátká doba měření s optimalizací dávkování plynu (GDO)
- | IoT: Monitorování procesů prostřednictvím systému e-mailových oznámení
- | Volitelná analýza mikropórů metodou molekulární sondy
- | Volitelná shoda s FDA 21 CFR Part 11



ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

**KLÍČOVÉ FUNKCE**

Specifický povrch BET od 0,01 m<sup>2</sup>/g ~ (N<sub>2</sub>) a distribuce velikosti pórů od 0,7 ~ 500 nm (možnost: 0,35 ~ 500 nm metodou molekulární sondy).



**Současné měření více vzorků**

Současně lze měřit až 4 vzorky, což umožňuje výrazně zkrátit dobu měření více vzorků.

**Více možností měření**

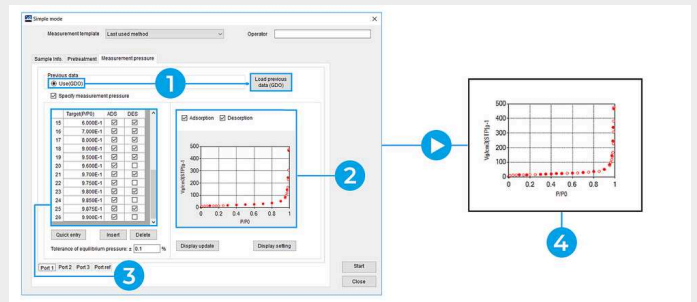
Tento přístroj spojuje vysoce přesná měření s několika vysoce výkonnými režimy (např. režim Quick BET, Optimalizace dávkování plynu). Lze jej flexibilně používat v závislosti na potřebách zákazníka, zatímco integrované pokyny krok za krokem usnadňují používání i nezkušeným uživatelům.

## Snadné použití: Jednoduché nastavení měřicího softwaru

BELSORP MINI X je plně automatický měřicí systém, který umožňuje uživateli snadno nastavit podmínky měření pomocí jednoduchého režimu. Tento režim umožňuje přesné měření s minimem informací o vzorku (např. podmínky předúpravy a rozsah měření). To je užitečné zejména u neznámých materiálů. Podrobné konfigurace měření mohou zkušenější uživatelé nastavit v režimu Professional. Tento systém umožňuje každému snadno získat přesné výsledky měření.

## Optimalizace dávkování plynu (GDO)

Jednoduchý režim zahrnuje možnost Optimalizace dávkování plynu (GDO), která automaticky vypočítá optimální množství dávkovaného plynu na základě výsledků předchozích měření. Pomocí této funkce lze spolehlivě získat požadované hodnoty měření a výrazně zkrátit dobu měření.



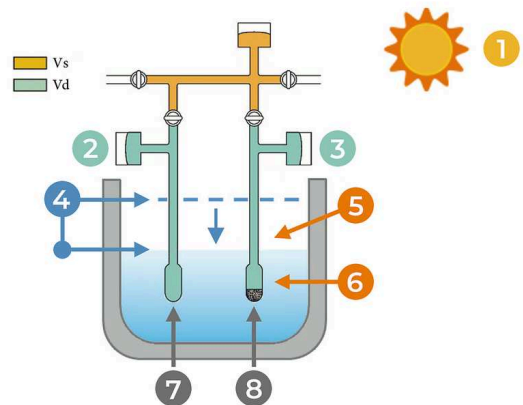
1. Načtení existující izoterm | 2. Zobrazení předpokládané izoterm | 3. Vstupní rozsah měření | 4. Automatická optimalizace podmínek, jako je objem zaváděného plynu. |

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

S AFSM™, již není nutná kontrola hladiny kapalného chladiva (např. kapalného dusíku nebo argonu). Místo toho jsme použili naši průkopnickou metodu kontinuálního měření ve volném prostoru, patentovanou metodu pokročilého měření ve volném prostoru (AFSM™). Tato metoda dosáhla nejvyšší reprodukovatelnosti díky použití referenční cely (prázdná cela 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 změna volného prostoru je v obou celách stejná (stejné podmínky prostředí), lze změnu volného prostoru průběžně sledovat pomocí změny tlaku v referenční cele. Lze zohlednit kolísání volného prostoru způsobené faktory prostředí:

- | změny hladiny LN<sub>2</sub>
- | změny teploty/ tlaku atmosféry
- | změny teploty chladicí kapaliny v důsledku rozpouštění kyslíku

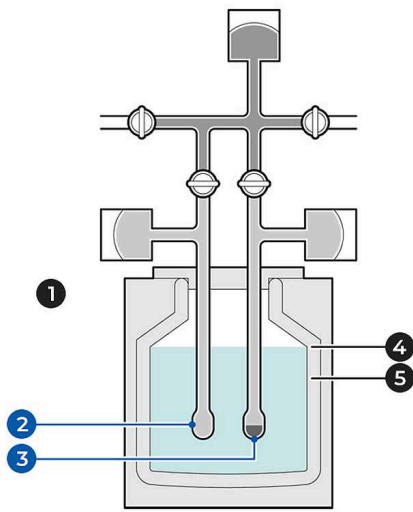
Díky této vynikající technice lze zohlednit faktory prostředí, které se dříve nebraly v úvahu. Další informace naleznete v naší znalostní databázi.



1. Změna teploty v místnosti | 2.  $P_{ref}$  | 3.  $P_{smp}$  | 4. Vstupní tlak | 5. Změna teploty ve vzorkovnici v důsledku změny hladiny LN<sub>2</sub> | 6. Změny teploty kapalného dusíku v důsledku rozpouštění kyslíku | 7. AFSM | 8. Vzorek

## Měření adsorpce bez použití plynného helia (AFSM<sup>TM2</sup>)

V prvním kroku se provede měření volného prostoru pro prázdnou vzorkovací celu a prázdnou referenční celu s adsorpčním plynem při příslušné adsorpční teplotě. Poté lze adsorpční měření provést s využitím obou buněk bez použití plynného helia. Jelikož jsou změny volného prostoru pro obě buňky stejné, lze za stejných podmínek měření získat výsledky měření za kratší dobu. Není třeba provádět časově náročné operace, jako je udržování konstantní hladiny kapaliny chladicího média mezi měřením bez vzorku a měřením adsorpce volného prostoru.



1. Referenční cela pro kontinuální měření fluktuací ve volném prostoru | 2. Referenční cela | 3. Vzorkovací cela | 4. Hladina kapaliny 1 | 5. Hladina kapaliny 2

AFSM (metoda založená na použití Helia)

1. **Odtah pro vzorek**
2. Měření ve volném prostoru (při pokojové teplotě) se vzorkem
3. Odtah pro vzorek
4. **Referenční trubice, zavedení plynu do trubice Po**
5. Měření ve volném prostoru (při adsorpční teplotě) se vzorkem
6. Odtah pro vzorek
7. **Měření adsorpce, akvizice změny volného prostoru**
8. **Odtah pro vzorek**
9. **Čištění**

**AFSM2 (metoda bez použití hélia):** Krok 1 --> 4 --> 7 --> 8 --> 9

## Kompaktní a lehký

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

## Volitelná předběžná úprava vzorků na měřicím portu

Pro přesné měření adsorpce je nutná předběžná úprava vzorků. Předúprava (často nazývaná aktivační proces) se obvykle provádí působením vakua za tepla, aby se z povrchu materiálu odstranily molekuly adsorbovaného plynu a/nebo vody, aniž by se ovlivnila struktura vzorku (zabránilo se denaturaci). Microtrac nabízí dvě možnosti předběžné úpravy vzorku. Zaprvé ji lze provádět externě pomocí zařízení BELPREP VAC II nebo VAC III, což se obvykle upřednostňuje pro zvýšení průchodnosti vzorku. Alternativně lze aktivaci provést přímo na měřicím portu BELSORP MINI X pomocí ohřívače (viz seznam příslušenství). Pomocí příslušenství ohřívače se lze vyhnout přenosu z externího zařízení pro předběžnou úpravu do měřicího portu, což je důležitá možnost pro citlivé (např. hydrofilní) vzorky.

## Analýza dat

Analytický software BELMASTER umožňuje uživatelům získat širokou škálu výsledků analýz pomocí operací, jako je zobrazení adsorpčních/desorpčních izoterem, vyhodnocení specifických povrchů pomocí metody BET atd., vyhodnocení objemů pórů (od ultra-mikropórů po mezo- a makropóry) pomocí metody t-plot nebo  $\alpha S$ . Dále je možné provádět analýzu mezopórů pomocí metod DH a BJH, analýzu mikropórů pomocí metod HK nebo SF nebo volitelně analýzu GCMC / NLDFT. Ještě více možností analýzy nabízí náš analytický software BELMASTER.

ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

**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 <sup>TM</sup> 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



ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X  
**PŘÍSLUŠENSTVÍ A VOLITELNÉ DOPLŇKY**

Společnost Microtrac nabízí různé příslušenství pro celou řadu produktů pro adsorpci plynů a par.

**STANDARDNÍ SPOTŘEBNÍ ZBOŽÍ**



Standardní spotřební materiál zahrnuje vzorkovací cely, plnicí tyčinky, filtry, O-kroužky, uzávěry a vážicí plošiny. K dispozici jsou také různé velikosti vzorkovacích cel, rychlotěsnění a další volitelný spotřební materiál.

**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

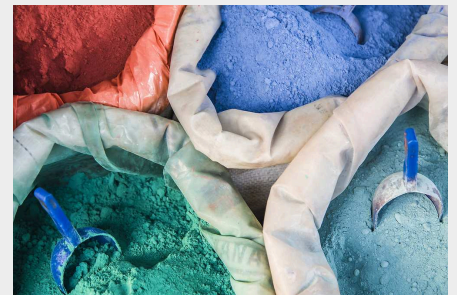
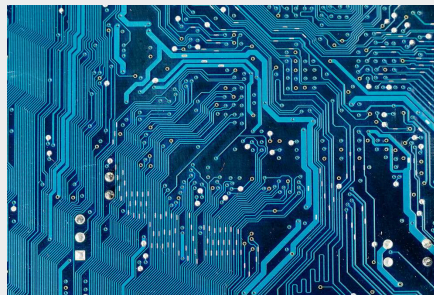


Přepínač plynu umožňuje připojení až 4 adsorpčních plynů současně (1 x helium + 4 x adsorpční).

## ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

### 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!

Principy měření objemové sorpce jsou vysvětleny v naší znalostní databázi:

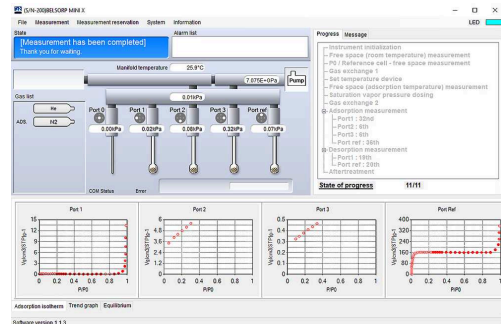
ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

**TECHNICKÉ ÚDAJE**

<b>Princip měření</b>	Objemová metoda + AFSM™
<b>Adsorpční plyn</b>	Dusík (N <sub>2</sub> ), argon (Ar), metan (CH <sub>4</sub> ), etan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ), oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ), vodík (H <sub>2</sub> ), n-butan (n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ), izobutan (izo-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) a další nekorozivní plyny.
<b>Plynové porty</b>	2 porty (max. 5 portů)
<b>Počet měření (režim vysoké přesnosti)</b>	Max. 4 porty současně (3 porty v režimu vysoké přesnosti)
<b>Rozsah měření (povrch)</b>	0,01 m <sup>2</sup> /g a více (N <sub>2</sub> ) (v závislosti na hustotě vzorku)
<b>Rozdělení velikosti pórů (průměr)</b>	0,7 - 500 nm, možnost: 0,35 nm metodou molekulární sondy.
<b>Nízkotlaká izoterma</b>	p/p <sub>0</sub> = 10 <sup>-4</sup> (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Převodník tlaku</b>	133 kPa (1000 Torr) x 6 jednotek
<b>Vakuový měřič / pumpa</b>	Rotační čerpadlo
<b>Trubice na vzorky</b>	Standardní trubice, cca 1,8 cm <sup>3</sup> (volitelně: 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Dewarova nádoba</b>	Objem: 2 l Doba udržení: 30 h
<b>Ohřívač předúpravy</b>	50 - 450°C (4 porty)
<b>Vodní lázeň</b>	-10 - 70 °C (4 porty)
<b>Software pro analýzu BELMaster™ 7</b>	Adsorpční izoterma, specifický povrch BET typu I (ISO9277), automatická analýza BET, specifický povrch Langmuir, metoda BJH, DH, CI, INNES.
<b>Software pro analýzu BELMaster™ 7 cont.</b>	t-plot, NLDFT / GCMC (OP BELSim™), MP metoda, Dubinin-Astakhovova metoda, Molekulární sonda, as-plot
<b>Rozměry (Š x V x H)</b>	280 x 650 x 465 mm (bez vakuové pumpy a počítače)
<b>Váha (hlavní část)</b>	38 kg (bez vakuové pumpy a PC)
<b>Užité vybavení - plyn</b>	He, N <sub>2</sub> (čistota 99,999 % nebo vyšší), 0,1 ± 0,02 MPa, spoj: 1/8" Swagelok výfuk: Výfukový otvor rotační pumpy, ø 11 mm
<b>Užité vybavení - elektrický pohon</b>	Jednofázový, AC 100~240 V (50 / 60 Hz) / 10 A (včetně R.P.), 50 / 60 Hz
<b>Certifikát CE</b>	ano
<b>Doporučený monitor</b>	Monitory s rozlišením Full HD

## ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X PROVOZNÍ SOFTWARE

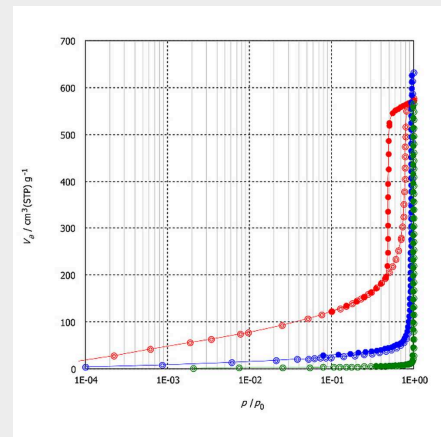
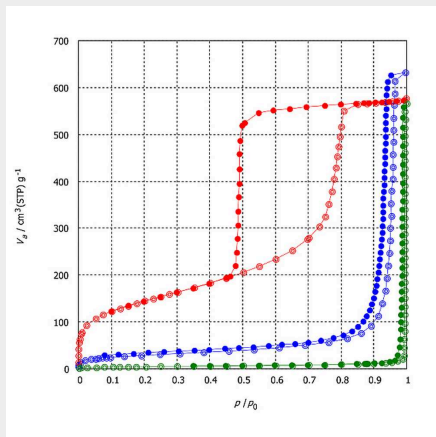
Software klade nejvyšší důraz na zjednodušení obsluhy a je vybaven mnoha funkcemi pro zvýšení produktivity práce. Protože přístroje BELSORP nabízejí mnoho funkcí a možností, je stále důležitější zjednodušit jejich používání. Náš software vás povede krok za krokem při provádění několika postupů, např. provádění měření, výměna plynové lahve, proplachování rozdělovače atd. Tato uživatelsky přívětivá funkce zpřístupňuje přístroj i nezkušeným uživatelům. V závislosti na úrovni uživatelských zkušeností jsou nabízeny dva režimy, a to jednoduchý režim a profesionální režim. Jednoduchý režim umožňuje snadnou obsluhu zadáním informací o vzorku, výběrem podmínek předběžné úpravy (lze vynechat, pokud se provádí externě) a rozsahu měření. Proto je ideální pro méně zkušené uživatele a/nebo pro měření neznámých vzorků. Pokud je k dispozici předchozí měření se srovnatelným sorpčním chováním, lze použít funkci GDO a zkrátit tak dobu měření. Profesionální režim dále nabízí podrobné možnosti konfigurace, např. nastavení dávkování, kritéria rovnováhy, možnost kontroly těsnosti atd.



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.

BELSORP MINI X zaujme možností měřit vzorky s malou plochou povrchu s nejvyšší přesností bez nutnosti použití kryptonového plynu (není nutný žádný další snímač tlaku nebo kryogenní regulátor teploty). Případně měření v tzv. rychlém režimu BET umožňuje získat specifické plochy povrchu BET (např. třibodový BET) čtyř vzorků za přibližně 15 minut. Dále lze získat rozdělení velikosti pórů od 0,7 do 500 nm (volitelně 0,35 nm).

## NEJVYŠŠÍ PŘESNOST PŘI NEJNIŽŠÍCH PLOCHÁCH

### AFSM™

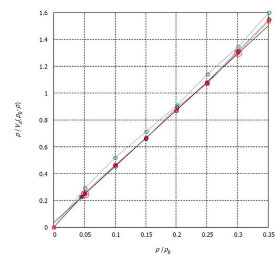
Následující měření se provádějí pomocí naší patentované metody kontinuálního měření ve volném prostoru, a to pokročilého měření ve volném prostoru (AFSM™). Tato metoda dosáhla nejvyšší reprodukovatelnosti díky použití referenční cely, která sleduje včasné změny volného prostoru od sekundy k sekundě. Náš přístroj určuje počáteční volný prostor vzorkovací cely a referenční cely. Protože změna volného prostoru je v obou celách stejná (stejně podmínky prostředí), lze změnu volného prostoru průběžně sledovat pomocí změny tlaku v referenční cele.

Zde se používá certifikovaný referenční materiál CRM-170 (neporézní alfa-korund; certifikovaná hodnota specifického povrchu dusíku BET SSA:  $1,05 \pm 0,05 \text{ m}^2/\text{g}$ ) se používá ke kontrole přesnosti měření při měření nízké celkové plochy povrchu (TSA). Přestože se TSA sníží z přibližně  $2 \text{ m}^2$  na méně než  $0,4 \text{ m}^2$ , stanovené specifické plochy povrchu BET SSA zůstávají téměř totožné.

#### VÝHODY PATENTOVANÉ TECHNIKY AFSM

- Nemusí udržovat hladinu LN<sub>2</sub>
- Zlepšuje reprodukovatelnost plochy i objemu pórů
- Umožňuje adsorpční izotermu materiálu s malým povrchem bez použití kryptonového plynu (do  $0,1 \text{ m}^2$  celkové plochy povrchu)

Vzorek	Ads.	Celková plocha v cele [m <sup>2</sup> ]	Množství vzorku [g]	SSA-BET [m <sup>2</sup> /g]*1	C-konstanta
BCR-170_1	N <sub>2</sub>	~2 m <sup>2</sup>	~1.94	1.03	114
BCR-170_2	N <sub>2</sub>	~1 m <sup>2</sup>	~1.12	1.02	143
BCR-170_3	N <sub>2</sub>	~0.7 m <sup>2</sup>	~0.75	1.03	101
BCR-170_4	N <sub>2</sub>	~0.4 m <sup>2</sup>	~0.38	1.02	50

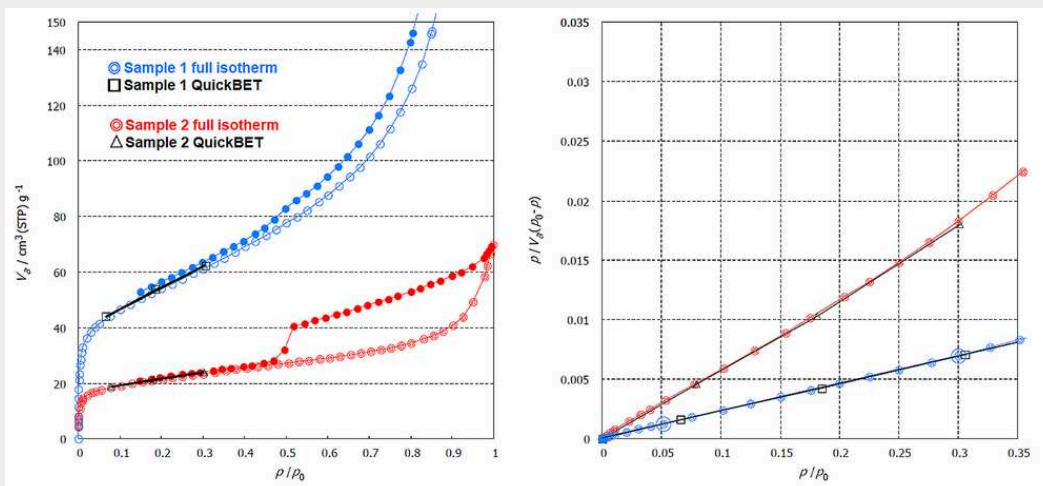


\*Korelační koeficient 0,9995 nebo vyšší

## ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

### REŽIM QUICK BET

Rychlý režim BET lze použít k maximalizaci průchodnosti vzorku pro měření specifického povrchu BET. V tomto režimu je možné změřit tři adsorpční body BET čtyř vzorků za přibližně 15 minut (nutná hustota vzorku). Rychlý režim BET dále nabízí dva typy měření volného prostoru: Za prvé, možnost zadání volného prostoru poskytuje největší příležitost k úspoře času. Jakmile je pro buňku vzorku určen volný prostor, lze soubor s měřeními volného prostoru (dvd soubor) znovu použít pro budoucí rychlá měření BET. Za druhé, volný prostor lze určit pomocí skutečného měření. Srovnání získaného povrchu BET z úplného izotermického měření (standardní režim) a rychlého režimu BET je uvedeno v následujících grafech a tabulce:



Vzorek	Ads.	Vícebodový BET-SA [m <sup>2</sup> /g]		Jednotlivý BET-SA [m <sup>2</sup> /g]	
		Standardní režim	Quick-BET	Standardní režim	Quick-BET
1	N <sub>2</sub>	189.9	190.5	188.1	190.3
2	N <sub>2</sub>	75.7	77.4	74.7	75.7

\*Vícebodový BET v rozmezí p/p<sub>0</sub> 0,05 - 0,30, jednobodový BET při p/p<sub>0</sub> 0,20

Předpokládá se, že výsledky měření získané pomocí vícebodového měření BET ve standardním režimu jsou nejpřesnější. Vícebodové i jednobodové měření plochy povrchu BET v režimu Quick-BET poskytuje plně srovnatelné výsledky ve srovnání se standardním režimem, ačkoli doba měření se výrazně zkracuje na přibližně 15 minut pro tři vzorky (vícebodový BET). Tuto funkci doporučujeme pro optimalizaci průchodnosti vzorků, např. při kontrole kvality.

ANALYZÁTOR SPECIFICKÉHO POVRCHU A VELIKOSTI PÓRŮ BET BELSORP MINI X

**PRINCIP FUNKCE**

**Analýza distribuce velikosti pórů metodou NLDFT a GCMC**

Klasickými metodami pro stanovení distribuce velikosti pórů (PSD) jsou metoda INNES (štěrbinové póry) a metody BJH, DH, CI (válcové póry), které hodnotí mezopóry na základě teorie kapilární kondenzace. Metody HK (štěrbinové), 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 velikostí 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

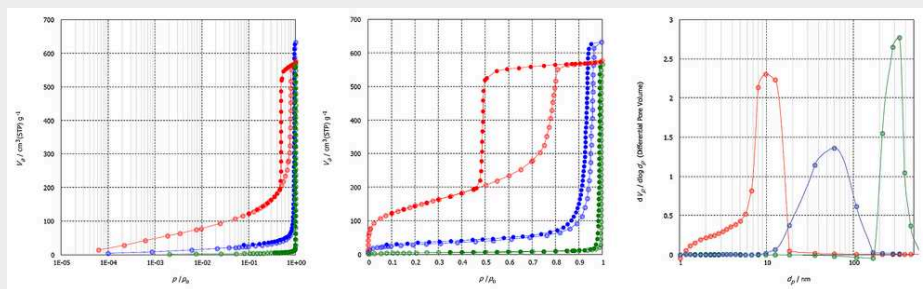
\*<sup>1</sup> BELSORP MINI X je vybaven snímači tlaku 1000 torrů; izoterma začíná od  $\sim p/p_0$  of  $1 \times 10^{-4}$

\*<sup>2</sup> Volitelně: 0.35 nm možné metodou molekulární sondy

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 N<sub>2</sub> (77,4 K), Ar (87,3 K) a CO<sub>2</sub> (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 nejvhodnějšímu popisu porézních materiálů.

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

V následující části je uveden příklad výpočtu distribuce velikosti pórů metodou BJH:



[www.microtrac.cz/belsorp-mini-x](http://www.microtrac.cz/belsorp-mini-x)