



ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU

BELCAT II

S BELCAT II získate prístup k najmodernejšej charakterizácii katalyzátorov. Výkon pevných katalyzátorov ovplyvňujú špecifické povrchové vlastnosti, pričom faktory ako povaha a distribúcia aktívnych miest, kyslosť, zásaditosť, redoxné správanie, elektronová štruktúra a morfológia povrchu zohrávajú kľúčovú úlohu pri určovaní katalytickej aktivity, selektivity a stability.

BELCAT II poskytuje presnú analýzu rýchlosti disperzie kovov, povrchovej plochy kovov a priemernej veľkosti častíc pre katalyzátory na báze drahých kovov, čo pomáha výskumným pracovníkom zlepšovať výkon katalyzátorov a zároveň znižovať náklady. Okrem merania špecifických povrchových plôch (BET) a adsorpčnej kinetiky určuje BELCAT II adsorpčnú kapacitu pomocou analýzy prielomových kriviek. Tieto údaje sú nevyhnutné pre vývoj inovatívnych adsorbentných materiálov. Ako komplexný analyzátor katalyzátorov kombinuje všetky funkcie v jednom zariadení a ponúka širokú použiteľnosť a rozsiahle možnosti prispôsobenia na podporu rôznych cieľov výskumu a vývoja.



VŠETKO V JEDNOM, PLNE AUTOMATICKÝ A VIACÚČELOVÝ ANALYZÁTOR

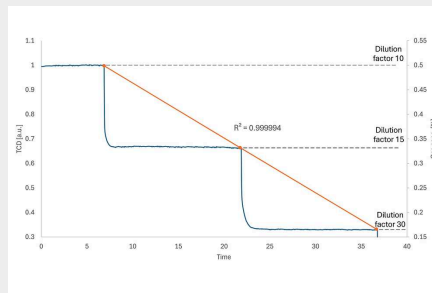
PREČO BELCAT II

?

Objavte vynikajúce schopnosti prístroja BELCAT II. Nižšie je uvedený zoznam jeho kľúčových funkcií, ktoré sú navrhnuté tak, aby poskytovali komplexnú a spoľahlivú analýzu katalyzátorov a zároveň ponúkali flexibilitu pre rôzne požiadavky v oblasti výskumu a vývoja.

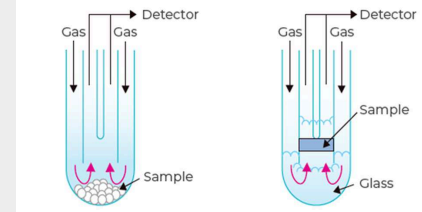
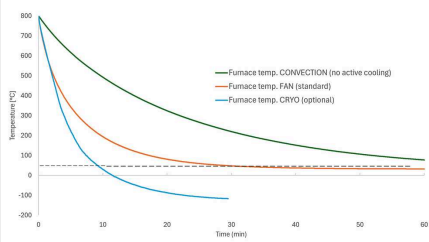
Viacúčelové dávkovanie plynov

Integrovaný viackanálový rozvod plynov umožňuje súčasné pripojenie až ôsmich rôznych plynov – vrátane dvoch korozívnych typov –, ktoré sú vnútorne distribuované po celom systéme. Tento inteligentný dizajn podporuje softvérovo riadené miešanie, čo umožňuje presné vytváranie prispôsobených zmesí plynov priamo v jednotke. Tieto zmesi sa dajú použiť pri predúprave vzoriek, analýze, pulzných slučkových operáciách a automatickej kalibrácii. Vďaka eliminácii potreby vopred namiešaných plynov a minimalizácii externého potrubia systém zvyšuje efektívnosť pracovného postupu, znižuje prevádzkové náklady a výrazne znižuje riziko úniku.



BELCAT II (multi-purpose)	Alternative devices (single-purpose)
---------------------------	--------------------------------------

Preparation gases	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar, 4. H ₂	5 gas lines: 1. He, 2. N ₂ , 3. O ₂ / He, 4. H ₂ / Ar, 5. CO / He
Analysis (loop) gases	5. CO, 6. O ₂ , 7. N ₂ O, 8. NH ₃	5 gas lines: 1. H ₂ , 2. CO, 3. NH ₃ / He, 4. O ₂ , 5. N ₂ O
Carrier gases	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar	3 gas lines: 1. He, 2. N ₂ , 3. Ar
Total	8 gas lines needed to prepare the same gas(-mixtures)	13 gas lines are needed



Vynikajúca regulácia teploty

Vyskúšajte rýchle zahrievanie a chladenie s kompaktnou deliteľnou pecou navrhnutou pre vysoký výkon. Rýchlosť ohrevu dosahuje až 110 °C/min od 50 do 500 °C alebo 80 °C/min od 50 do 1000 °C, pričom maximálna prevádzková teplota je 1100 °C. Integrované chladenie s ventilátorom skraca dĺžku cyklu a znižuje teplotu z 400 na 50 °C za pouhých 30 minút. To zvyšuje priepustnosť vzoriek a minimalizuje prestoje. Pre pokročilé aplikácie pri teplotách pod okolitou teplotou ponúka voliteľné kryogénne príslušenstvo CATCryo II výnimočné chladenie až na -120 °C. Stanovuje nové štandardy v oblasti regulácie teploty, keď dokáže ochladiť z 800 na 30 °C za pouhých 10 minút, čím otvára nové možnosti v oblasti výskumu adsorpcie, charakterizácie materiálov a experimentov s presnou reguláciou.

Vynikajúce bezpečnostné opatrenia

Je vybavený automaticky zamykateľnými bezpečnostnými dvierkami, ochranou proti prehriatiu, automatickým vypínaním, integrovanými alarmami a voliteľnou detekciou plynu, čo zaručuje najvyššiu úroveň prevádzkovej bezpečnosti. Dodávaná zeolitová past – na odstraňovanie vlhkosti počas experimentov s TPR – eliminuje potrebu kvapalného dusíka.

Konštrukcia s trojitou vzkovacou komorou

Špičková konštrukcia zaisťuje efektívne predohrev plynu a maximalizuje priepustnosť pre náročné pracovné postupy. Valcovitý tvar rúrky uľahčuje manipuláciu a zvyšuje bezpečnosť, pretože je bez napätia a menej náchylný na poškodenie.



Modulárna konštrukcia s možnosťou rozšírenia

Konštrukcia pripravená na budúcnosť umožňuje rozšírenie priamo v teréne podľa potreby. Jej rozširovateľná architektúra podporuje hladkú integráciu jednotky na dávkovanie pár, externého modulu na miešanie plynov a kryogénnych voliteľných komponentov pre vylepšené adsorpčné štúdie a urýchlené chladenie.



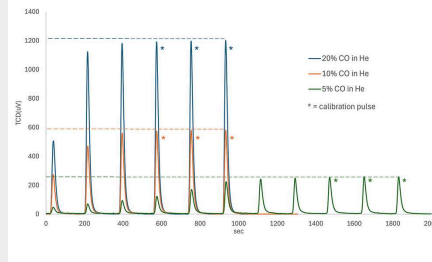
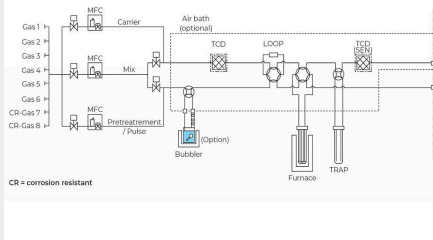
Nastavenie univerzálnych meracích podmienok

Režim sekvenčného merania umožňuje plynulé kombinovanie termochemických metód a krokov testovania katalyzátorov v rámci jedného pracovného postupu.



Kompaktná konštrukcia prístroja s malými rozmermi

Kompaktná a efektívna konštrukcia (š 500 x h 500 mm) sa ľahko zmestí do každej laboratórie.



Navrhnuté pre presnosť

Špecializovaný prístroj navrhnutý špeciálne pre pulznú chemisorpčnú analýzu a metódy s programovateľnou teplotou, ktorý sa vyznačuje minimalizovaným mŕtvym objemom pre výnimočnú presnosť. Je vybavený teplotne riadeným vysoko výkonným detektorom tepelnej vodivosti (TCD) a pokročilými obvodmi, ktoré poskytujú bezkonkurenčný pomer signálu k šumu pre najcitlivejšie merania.

Pulzná chemisorpcia s absolútnou istotou

Vďaka kalibrovanému objemu a špeciálnym senzorom tlaku a teploty každá dávka prekonáva očakávania. Integrovaný systém miešania plynov dodáva na požiadanie prispôbené zmesi plynov, čím sa eliminuje potreba ďalších vstrekovacích slučiek a zabezpečuje plynulý a efektívny pracovný postup.

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

MOŽNOSTI



Vapor dosing unit

Consists of an air thermostat unit, bubbler, heater and condenser. The condenser eliminates excess vapor. Two-stage process ensures precise vapor dosing at stable concentrations.

External gas mixing unit

Allows mixing of three or more gases. One unit can install up to six lines. Corrosive gases are supported.

Low temperature electric furnace / CATCryo II

By applying the liquid nitrogen spray, the sample temperature can be continuously controlled from -120 °C. The cooling performance is improved with the optimal internal structure, and the liquid nitrogen consumption is drastically reduced.

On-line gas analyzer / BELMASS II

Systemized quadrupole mass spectrometer, BELMASS II can be connected with BELCAT II. Multiple components of gases can be measured at high quantitative accuracy while linked with the

BELCAT II software. Ideal for demanding experiments, including catalytic reactions.

AIRGUARD measurement system

Functional materials can react with moisture and oxygen in air, resulting in structural changes while potentially generating corrosive gases. The new AIRGUARD solution – developed by Microtrac – allows safe handling of samples without air-contact.

Separation performance evaluation of mixed gas

For DAC, CCUS, and CCS applications, the system enables breakthrough curve measurements with multiple gaseous components such as CO₂ and H₂O that can be analyzed using dedicated highly stable and repeatable sensor detectors.

Options:

- CO₂ probes
- CO₂ / H₂O probes

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

TYPICKÉ APLIKÁCIE



katalyzátory



batériový materiál



cement

- | batériový materiál
- | CCUS
- | uhlík
- | zeolit

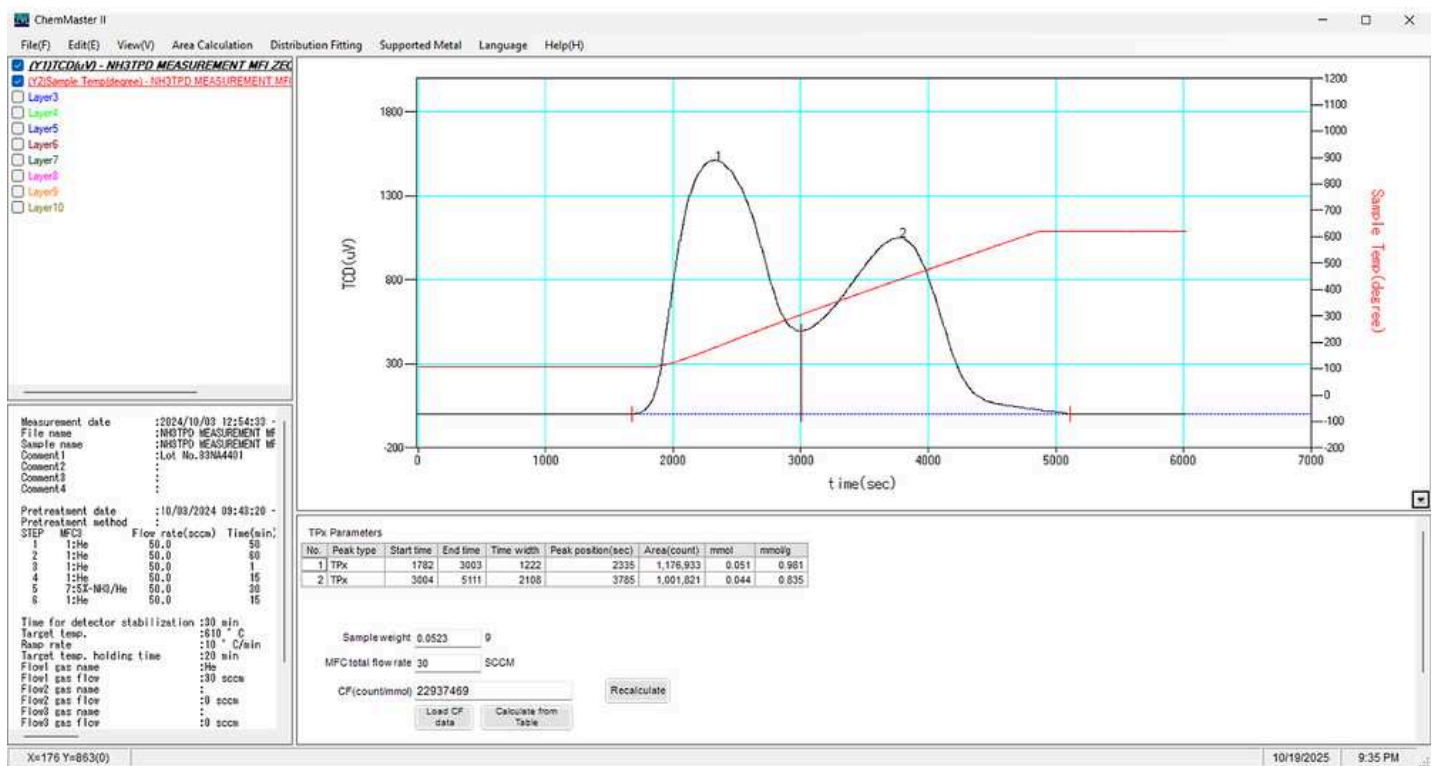
- | cement
- | keramika
- | Palivové články
- | separacia plynu

- | MOF / PCP
- | petrochemia

... a mnoho ďalších!

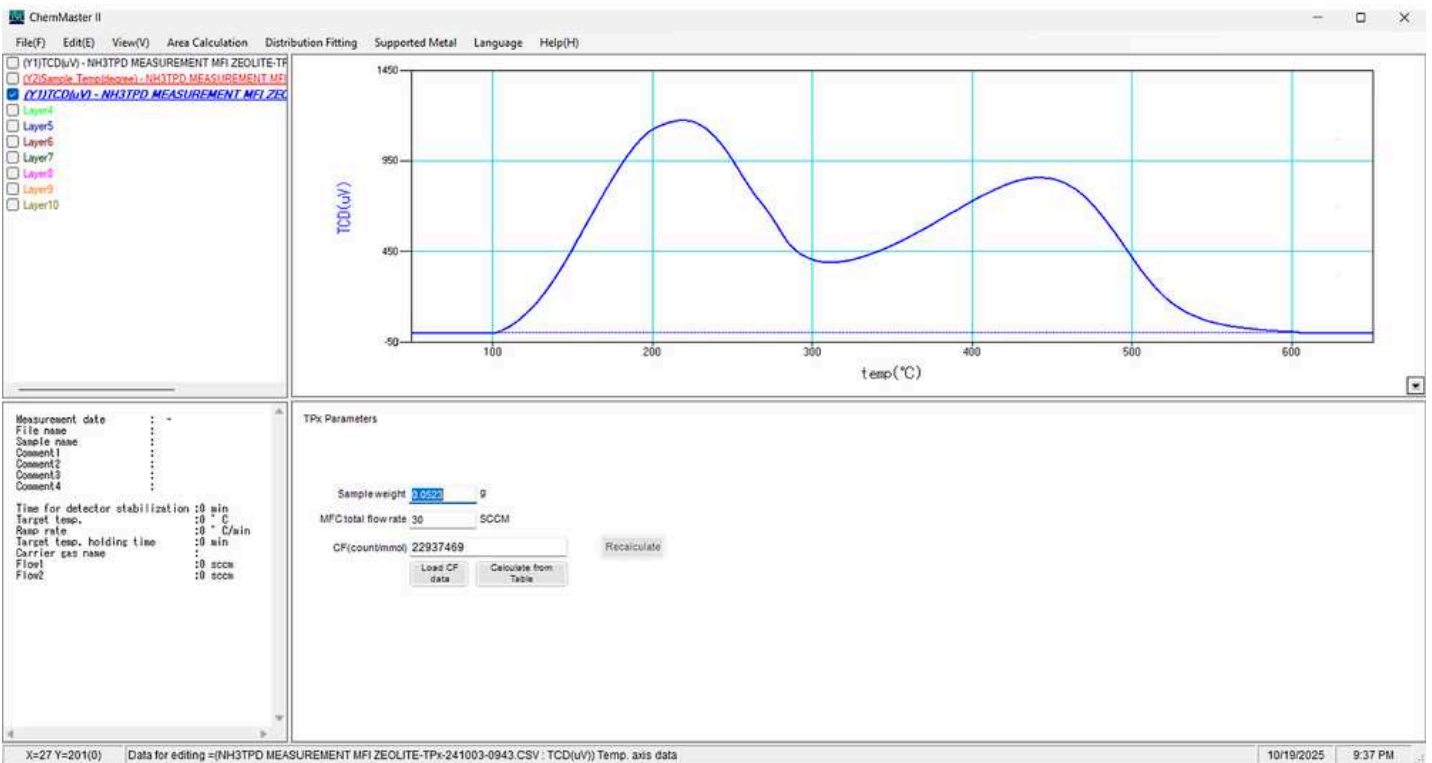
ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II
PRÍKLADY MERANIA

NH₃-TPD výsledky merania zeolitu typu MFI



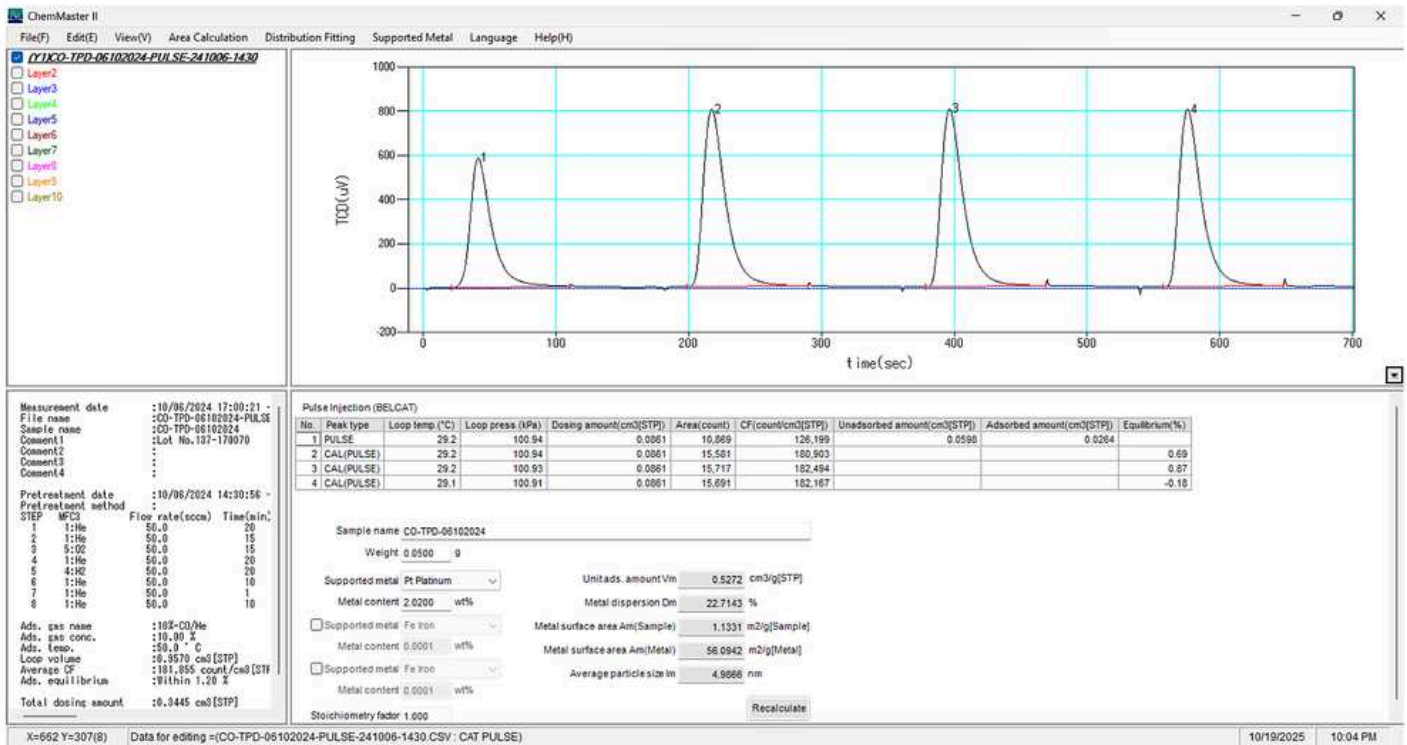
Desorbované množstvo 0,835 mmol/g (2 = hodnota píku H); teplota píku 440 °C

NH₃-TPD výsledky merania zeolitu typu MFI



Pohodlný prevod časovo závislých údajov na profily závislé od teploty

Miera disperzie kovu Pt/Al₂O₃ pomocou impulzov CO



Desorption amount: 0.527 cm³/g, Metal dispersion rate: 22.7%, Metal surface area 1.13 m²/g, Metal particle size: 4.99 nm. Fully automated base line correction and integration of pulses for effortless evaluation of data.

Meranie adsorpčnej priepustnej krivky CO₂



Adsorbed CO₂ amount: 3.18 mmol/g. Blank measurement (black), break-through adsorption experiment (red) and calculated differences as adsorbed amount (blue). The combination with BELMASS II enables multi-component break through analysis.

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

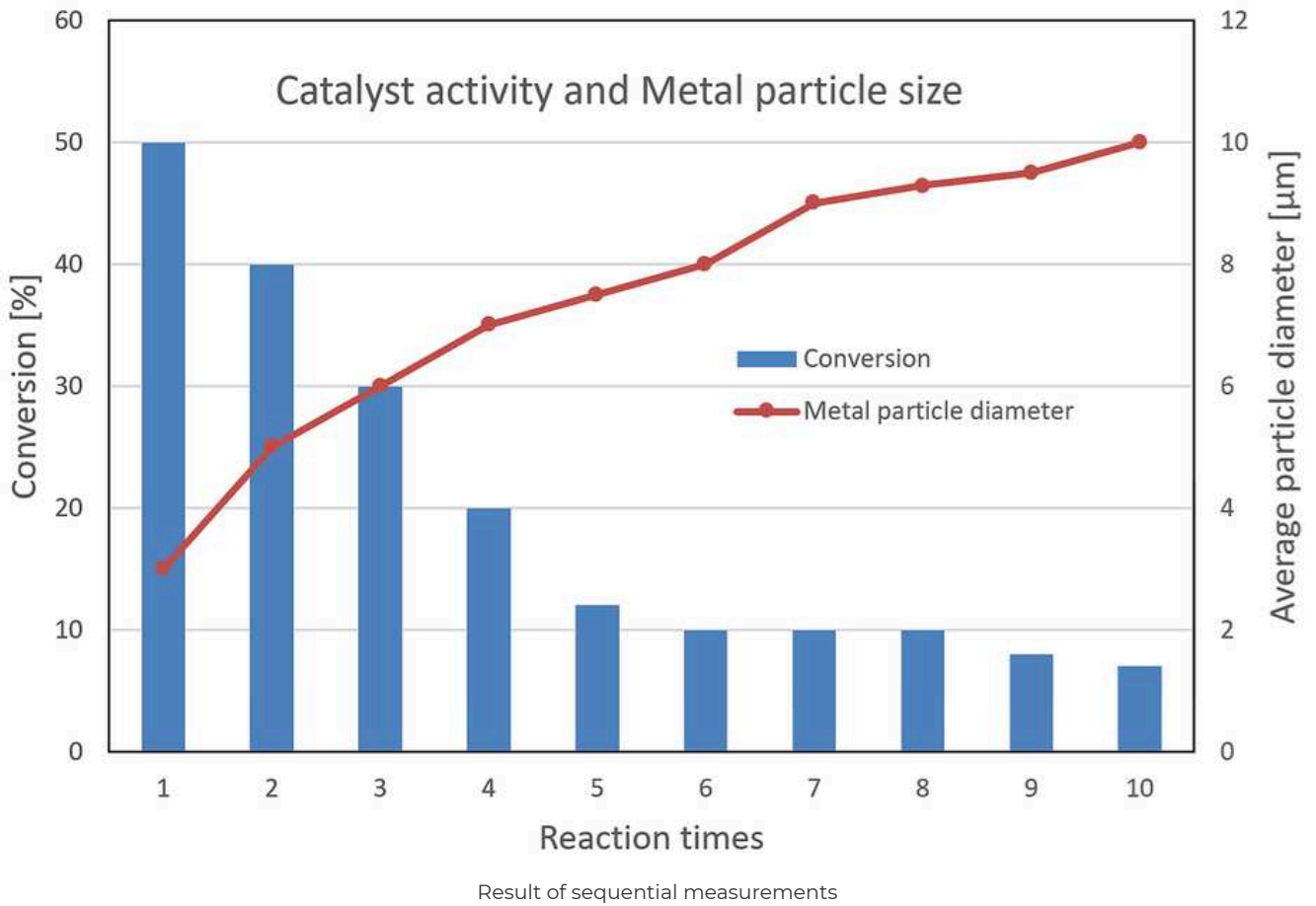
SOFTWARE

The intuitive software is packed with powerful features that boost operator productivity. The advanced BELCAT II platform, refined over many years, enables easy execution of complex measurements while ensuring reliable and reproducible results through a range of sophisticated functions.

- | Simple operation measurement software
- | Automatic zero-point adjustment
- | Sequential measurement mode
- | High reliability with programmable multi-point calibration
- | Waveform analysis software
- | BELMASS II link software (option)
- | Pulse chemisorption analysis function



BELCAT II measurement view





Waveform deconvolution view



BELMASS II measurement view

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

SOFTWARE SPECIFICATIONS

Simple operation measurement function

Dedicated tabs for standard analyses (TPR, TPD, TPO, and BET) enable easy programming and real-time monitoring of operational status, TCD charts, temperature, and flow rates.

Automatic zero-point adjustment of TCD

Automatic TCD zero-point adjustment ensures consistent baselines for reliable data comparison and accurate continuous measurements with different carrier gases.

Sequential measurement mode

Sequential measurement mode automates catalyst

characterization by performing a series of independent measurements in a defined order, allowing for systematic analysis without user intervention.

Highly reliable automatic multi-point calibration

Automatic multi-point calibration is performed after TPD or TPR measurements by using the instrument's MFCs to generate various gas concentrations.

Waveform analysis software

Analysis software enables easy data evaluation with automatic peak area calculation, spectrum overlay for comparison, waveform deconvolution for peak separation, and additional analysis tools for convenient processing.

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

ZÁKLADNÉ POJMY CHARAKTERIZÁCIE KATALYZÁTOROV

Meranie pulzov

Miera disperzie kovu je kľúčovým parametrom v heterogénnej katalýze. Vyjadruje pomer atómov kovu, ktoré sú vystavené na povrchu katalyzátora, voči celkovému počtu prítomných atómov kovu (často vyjadrený v percentách). Disperziu kovu je možné vypočítať pomocou pulznej chemisorpcie s použitím plynov, ako je CO alebo H₂, ktoré sa selektívne chemisorbujú na povrchu kovu. Toho sa dosiahne nepretržitým pulzovaním stanoveného množstva plynu do vzorky, kým sa nedosiahne nasýtenie. Pulzné meranie určuje chemisorbované množstvo na základe nasýtených píkov ako referencie. Rozdiel v plochách píkov medzi nenasyteným a nasýteným stavom udáva adsorbované množstvo. Miera disperzie kovu je nevyhnutná pre hodnotenie, optimalizáciu a pochopenie výkonu a životnosti katalyzátorov na báze kovov.

Meranie teplotne programovanej desorpcie (TPD)

Táto metóda je známa na skúmanie chemických adsorpčných vlastností na pevných povrchoch a je všeobecne reprezentovaná spektrom s koncentráciou desorbovaného plynu ako súradnicou Y a teplotou ako súradnicou X. Pri postupnom zvyšovaní teploty vzorky a detekcii desorbovaného plynu je možné určiť množstvo a silu energeticky odlišných adsorpčných miest. Zvyčajne sa NH₃-TPD používa na hodnotenie kyslých miest pevných kyslých katalyzátorov, zatiaľ čo CO₂-TPD sa bežne používa na hodnotenie zásaditých miest pevných

zásaditých katalyzátorov; okrem toho sa CO-TPD a často aj H₂-TPD používajú na charakterizáciu aktívnych kovových centier.

TP-oxidácia (TPO) / TPR-redukcia (TPR) a TP-reakcia (TPX)

TPR, TPO, TPX a TPSR sú výkonné techniky na analýzu reaktivity pevných katalyzátorov. Tieto metódy zahŕňajú postupné zvyšovanie teploty vzorky pri súčasnom sledovaní spotreby reaktantov alebo tvorby produktov – zvyčajne sa zaznamenávajú do grafu s teplotou na osi X a intenzitou signálu na osi Y. Tento prístup umožňuje nepretržité sledovanie redoxného správania a dynamiky reakcie, čím odhaľuje kľúčové vlastnosti, ako je redukčná teplota, oxidačný potenciál a reakčné kroky. Najmä TPSR umožňuje priame skúmanie povrchových reakcií v reaktívnych zmesiach plynov, čo poskytuje pohľad na reakčné mechanizmy a medziprodukty. Medzi bežné aplikácie týchto techník patria oxidačné/hydrogenačné reakcie, chemické premeny a reformovacie procesy.

Techniky s programovanou teplotou

- Redukcia s programovanou teplotou (TPR): Charakterizácia redukovateľnosti a interakcie oxidov kovov a katalyzátorov na nosiči pri teplotných rampách s redukčnými plynmi.
- Teplotne programovaná oxidácia (TPO): Hodnotenie oxidačných stavov, usadzovania koksu a reaktivity prostredníctvom programovaného vystavenia oxidačným plynom.
- Teplotne programovaná reakcia (TPX): Štúdium katalytických reakcií pri rôznych teplotných programoch s cieľom simulovať prevádzkové podmienky.
- Teplotne programované povrchové reakcie (TPSR): Umožňuje presné sledovanie katalytických povrchových reakcií v závislosti od teploty a poskytuje cenné informácie o reakčných mechanizmoch, aktivite katalyzátora a selektívnosti prostredníctvom integrovanej analýzy plynov v reálnom čase.

Teplotne programovaná redukcia (TPR)

Teplotne programovaná oxidácia (TPO)

Meranie adsorpčnej priebehovej krivky

Priebehová krivka opisuje koncentráciu adsorbátu prechádzajúceho adsorpčnou kolónou v priebehu času. Ide o nevyhnutný nástroj na pochopenie toho, ako adsorbent zachytáva jednu alebo viac zložiek zo zmesi plynov

pri prechode kolónou.

1. Počiatočná fáza: Adsorbent účinne zachytáva adsorbát a koncentrácia zostávajúceho adsorbátu je nízka.
2. Bod prelomu: Koncentrácia adsorbátu v odtoku začne výrazne stúpať, čo naznačuje, že adsorbent sa stáva nasýteným a menej účinným pri zachytávaní adsorbátu.
3. Rovnovážna fáza: Koncentrácia adsorbátu v odtoku sa vyrovná koncentrácii v prívode, akonáhle sa adsorbent stane plne nasýteným.

Analýza merného povrchu metódou BET

Merný povrch, definovaný ako celkový povrch na jednotku suchej hmotnosti tuhej látky, je dôležitým parametrom pri charakterizácii katalyzátorov. Je možné ho stanoviť pomocou metódy BET, ktorá meria množstvo plynu (napr. dusíka) desorbovaného po ochladení vzorky na teplotu kvapalného dusíka pod prúdom adsorpčného plynu zriedeného héliom a následnom návrate na izbovú teplotu. Táto metóda je použiteľná nielen pre pevné katalyzátory, ale aj pre rôzne práškové vzorky, ako sú adsorbenty.

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU BELCAT II

TECHNICKÉ ÚDAJE

Metóda merania	Metóda dynamického toku
Detektor	Polodifúzny 4-prvkový detektor tepelnej vodivosti typu (TCD)
Meracie / predúpravné porty	1
Použiteľné plyny	On, Ar, N ₂ , O ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , NH ₃ , N ₂ O, NO, atď ...
Plynové prípojky: Celkom	8
Plynové prípojky: Potrubie nosného plynu	3 z 8 (nekoróziivzdorné potrubie)
Plynové prípojky: Zmiešavacie potrubie	8 z 8 (vrátane 2 potrubí odolných voči korózii)
Plynové prípojky: Predúprava / impulzné potrubie	8 z 8 (vrátane 2 potrubí odolných voči korózii)
Regulátor hmotnostného prietoku: Potrubie nosného plynu	F.S. 100 sccm
Regulátor hmotnostného prietoku: Zmiešavacie potrubie	F.S. 30 sccm
Regulátor hmotnostného prietoku: Predúprava / pulzné potrubie	F.S. 100 sccm
Elektrická pec	Maximálna teplota: 1 200 °C (1 100 °C pre bežné použitie) Rýchle chladenie: 30 min (400→50 °C) Kryochladzovanie: 10 min (800→30 °C) CATCryo II: až do -120 °C Rýchlosť ohrevu: 110 °C/min (50 až 500 °C) / 80 °C/min (50 až 1 000 °C)
Vstrekovanie pary (voliteľné)	H ₂ O, CH ₃ OH, C ₂ H ₅ OH, toluén, benzén atď. ...
Rozmery (Š x V x H), hmotnosť	500 x 750 x 500 mm, 80 kg
Požiadavka: Plyn	Merací plyn: 0,1 MPa (pretlak) Stlačený vzduch: 0,45 až 0,55 M Pa (pretlak); Spoj: 1/8" Swagelok pripojenie
Požiadavka: Napájanie	Jednofázový, AC110 / 220V
Certifikát CE	áno
Para (voliteľné): Teplotný rozsah	Bublínkovácia fľaša: Pyrex, 100 cm ³ , 3 až 100 °C, regulácia teploty Peltierovým článkom

CATCryo II (voliteľný): Metóda regulácie teploty

Sprej LN₂ + ohrievač

CATCryo II (voliteľný): Teplotný rozsah

Teplotný rozsah: -120 ~ 1200 °C (1 100 °C pre bežné používanie)

CATCryo II (voliteľný): Objem zásobníka LN₂

10 l

Externá jednotka na miešanie plynov (voliteľná): Plynový port

1 ~ 3 (rozšíriteľné na maximálne 3 MFC)
Spoj: 1/8-palcové pripojenie Swagelok

Externá jednotka na miešanie plynov (voliteľná): Regulátor hmotnostného prietoku

F.S.: 30 sccm (0,6 ~ 30 sccm (N₂))
Iba MFC odolné voči korózii.

www.microtrac.sk/belcat-ii