MICROTRAC
a VERDER company

ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU

# BELCAT II

www.microtrac.com/cz/produkty/mereni-adsorpce-plynu/chemisorption/belcat-ii/

## BELCAT II

# ANALYZÁTOR KATALYZÁTORU

Odemkněte nejmodernější charakterizaci katalyzátorů s BELCAT II. Výkon pevných katalyzátorů je ovlivněn specifickými povrchovými vlastnostmi, přičemž faktory jako povaha a distribuce aktivních míst, kyselost, zásaditost, redoxní chování, elektronová struktura a morfologie povrchu hrají klíčovou roli při určování katalytické aktivity, selektivity a stability.

BELCAT II poskytuje přesnou analýzu rychlosti disperze kovů, povrchové plochy kovů a průměrné velikosti částic pro katalyzátory na bázi drahých kovů, což pomáhá výzkumným pracovníkům zlepšovat výkon katalyzátorů a zároveň snižovat náklady.

Kromě měření specifických povrchových ploch (BET) a adsorpční kinetiky určuje BELCAT II adsorpční kapacitu pomocí analýzy průlomových křivek. Tyto údaje jsou nezbytné pro vývoj inovativních adsorbentních materiálů.

Jako komplexní analyzátor katalyzátorů kombinuje všechny funkce v jediném zařízení a nabízí širokou použitelnost a rozsáhlé možnosti přizpůsobení pro podporu různých cílů výzkumu a vývoje.

## ALL-IN-ONE, PLNĚ AUTOMATICKÝ A VÍCEÚČELOVÝ ANALYZÁTOR

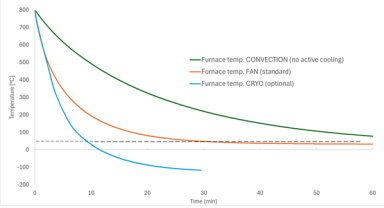
# PROČ BELCAT II?

Objevte vynikající schopnosti přístroje BELCAT II. Níže je uveden seznam jeho klíčových funkcí, které jsou navrženy tak, aby poskytovaly komplexní a spolehlivou analýzu katalyzátorů a zároveň nabízely flexibilitu pro různé požadavky v oblasti výzkumu a vývoje.

### VÍCEÚČELOVÉ DÁVKOVÁNÍ PLYNŮ

Integrovaný vícekanálový rozvod plynů umožňuje současné připojení až osmi různých plynů – včetně dvou korozivních typů –, které jsou vnitřně distribuovány po celém systému. Tento inteligentní design podporuje softwarově řízené míchání, což umožňuje přesné vytváření přizpůsobených směsí plynů přímo v jednotce. Tyto směsi lze použít při předúpravě vzorků, analýze, pulzních smyčkových operacích a automatické kalibraci. Díky eliminaci potřeby předem namíchaných plynů a minimalizaci externího potrubí systém zvyšuje efektivitu pracovního postupu, snižuje provozní náklady a výrazně snižuje riziko úniku.

| | BELCAT II (multiúčelový) | Alternativní přístroje (jednoúčelové) |
|---|---|---|
| Přípravné plyny | 1. He, 2. $N_2$, 3. Ar, 4. $H_2$ | Pět vedení plynů: 1. He, 2. $N_2$, 3. $O_2$ / He, 4. $H_2$ / Ar, 5. CO / He |
| Analýza (smyčka) plynů | 5. CO, 6. $O_2$, 7. $N_2O$, 8. $NH_3$ | Pět vedení plynů: 1. $H_2$, 2. CO, 3. $NH_3$ / He, 4. $O_2$, 5. $N_2O$ |
| Nosné plyny | 1. He, 2. $N_2$, 3. Ar | Tři vedení plynů: 1. He, 2. $N_2$, 3. Ar |
| Celkem | 8 vedení plynů potřebných k přípravě stejných směsí plynů | 13 vedení plynů je potřebných |




### VYNIKAJÍCÍ REGULACE TEPLOTY

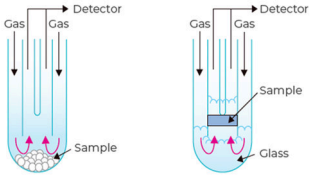
Vyzkoušejte rychlé zahřívání a ochlazování s kompaktní dělenou pecí navrženou pro vysoký výkon. Rychlost zahřívání dosahuje až 110 °C/min od 50 do 500 °C nebo 80 °C/min od 50 do 1000 °C, přičemž maximální provozní teplota je 1100 °C. Integrované chlazení s ventilátorem zkracuje dobu cyklu a snižuje teplotu z 400 na 50 °C za pouhých 30 minut. To zvyšuje průchodnost vzorků a minimalizuje prostoje. Pro pokročilé aplikace pod teplotou okolí nabízí kryogenní volitelná výbava CATCryo II výjimečné chlazení až na -120 °C. Stanovuje nové standardy v oblasti řízení teploty, kdy dokáže ochladit z 800 na 30 °C za pouhých 10 minut, čímž otevírá nové možnosti v oblasti výzkumu adsorpce, charakterizace materiálů a experimentů s přesným řízením.

BELCAT II

# NAVRŽENO PRO VÝZKUM

### VYNIKAJÍCÍ BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ

Je vybaven automaticky uzamykatelnými bezpečnostními dvířky, ochranou proti přehřátí, automatickým vypínáním, integrovanými alarmy a volitelnou detekcí plynu pro nejvyšší úroveň provozní bezpečnosti. Dodávaná zeolitová past – pro odstranění vlhkosti během experimentů s TPR – eliminuje potřebu kapalného dusíku.




### KONSTRUKCE S TROJITOU VZORKOVACÍ KOMŮRKOU

Špičková konstrukce zajišťuje účinné předehřívání plynu a maximalizuje průchodnost pro náročné pracovní postupy. Válcový tvar trubice usnadňuje manipulaci a zvyšuje bezpečnost, protože je bez napětí a méně náchylný k poškození.

### MODULÁRNÍ KONSTRUKCE S MOŽNOSTÍ UPGRADE

Konstrukce připravená na budoucnost umožňuje upgrade přímo v terénu podle potřeby. Její rozšiřitelná architektura podporuje hladkou integraci jednotky pro dávkování par, externího modulu pro míchání plynů a kryogenní volby pro vylepšené adsorpční studie a zrychlené chlazení.

### NASTAVENÍ UNIVERZÁLNÍCH MĚŘICÍCH PODMÍNEK

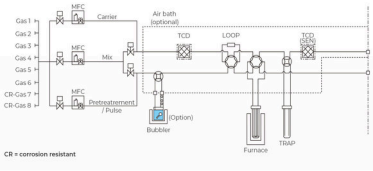
Režim sekvenčního měření umožňuje plynulé kombinování termochemických metod a kroků testování katalyzátorů v jediném pracovním postupu.

BELCAT II

# DALŠÍ PŘEDNOSTI KONSTRUKCE

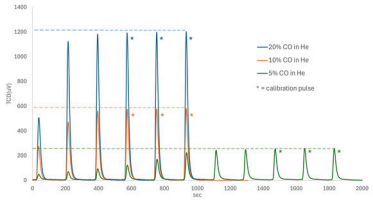
### KOMPAKTNÍ KONSTRUKCE PŘÍSTROJE S MALÝMI ROZMĚRY

Kompaktní a efektivní konstrukce (š 500 x h 500 mm) se snadno vejde do každé laboratoře.




### NAVRŽENO PRO PŘESNOST

Specializovaný přístroj navržený speciálně pro pulzní chemisorpční analýzu a metody s programovanou teplotou, který se vyznačuje minimalizovaným mrtvým objemem pro výjimečnou přesnost. Je vybaven teplotně řízeným vysoce výkonným detektorem tepelné vodivosti (TCD) a pokročilými obvody, které poskytují bezkonkurenční poměr signálu k šumu pro nejcitlivější měření.




### PULZNÍ CHEMISORPCE S NAPROSTOU JISTOTOU

Díky kalibrovanému objemu a speciálním senzorům tlaku a teploty každá dávka překračuje očekávání. Integrovaný systém míchání plynů dodává na požádání přizpůsobené směsi plynů, což eliminuje potřebu dalších vstřikovacích smyček a zajišťuje plynulý a efektivní pracovní postup.

## BELCAT II

# MOŽNOSTI

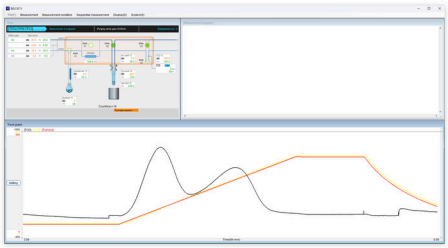
| | |
|---|---|
| Dávkovací jednotka pro páry | Skládá se z jednotky vzduchového termostatu, nádobky na sycení plynů, ohřívače a kondenzátoru. Kondenzátor odstraňuje přebytečnou páru. Dvoustupňový proces zajišťuje přesné dávkování páry ve stabilních koncentracích. |
| Externí jednotka pro míchání plynů | Umožňuje míchání tří nebo více plynů. Jedna jednotka může mít až šest vedení. Podporuje korozivní plyny. |
| Nízkoteplotní elektrická pec / CATCryo II | Pomocí rozprašování kapalného dusíku lze teplotu vzorku nepřetržitě regulovat od -120 °C. Chladicí výkon je vylepšen díky optimální vnitřní struktuře a spotřeba kapalného dusíku je výrazně snížena. |
| On-line analyzátor plynů / BELMASS II | Systémový kvadrupólový hmotnostní spektrometr BELMASS II lze propojit se softwarem BELCAT II. Ve spojení se softwarem BELCAT II lze měřit více složek plynů s vysokou kvantitativní přesností. Ideální pro náročné experimenty, včetně katalytických reakcí. |
| Měřicí systém AIRGUARD | Funkční materiály mohou reagovat s vlhkostí a kyslíkem ve vzduchu, což vede ke strukturálním změnám a potenciálně k tvorbě korozivních plynů. Nové řešení AIRGUARD – vyvinuté společností Microtrac – umožňuje bezpečnou manipulaci se vzorky bez kontaktu se vzduchem. |
| Hodnocení separačních vlastností směsi plynů | Pro aplikace DAC, CCUS a CCS umožňuje systém měření průnikových křivek s více plynnými složkami, jako jsou $CO_2$ a $H_2O$, které lze analyzovat pomocí vysoce stabilních a opakovatelných senzorových detektorů. Možnosti: $CO_2$ sondy; $CO_2$ / $H_2O$ sondy. |

## BELCAT II

# SOFTWARE

Intuitivní software je vybaven výkonnými funkcemi, které zvyšují produktivitu obsluhy. Pokročilá platforma BELCAT II, zdokonalovaná po mnoho let, umožňuje snadné provádění složitých měření a zároveň zajišťuje spolehlivé a reprodukovatelné výsledky díky řadě sofistikovaných funkcí.

- Software pro jednoduché ovládání měření
- Automatické nastavení nulového bodu
- Režim sekvenčního měření
- Vysoká spolehlivost díky programovatelné vícebodové kalibraci
- Software pro analýzu vlnových průběhů
- Software BELMASS II link (volitelně)
- Funkce analýzy chemisorpce pulzů



BELCAT II zobrazení měření

## BELCAT II

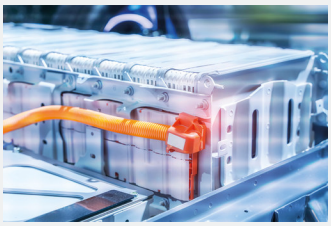
# SOFTWARE SPECIFICATIONS

| | |
|---|---|
| Měřicí funkce jednoduché operace | Speciální záložky pro standardní analýzy (TPR, TPD, TPO a BET) umožňují snadné programování a monitorování provozního stavu, grafů TCD, teploty a průtoků v reálném čase. |
| Automatické nastavení nulového bodu TCD | Automatické nastavení nulového bodu TCD zajišťuje konzistentní základní hodnoty pro spolehlivé porovnání dat a přesná kontinuální měření s různými nosnými plyny. |
| Režim sekvenčního měření | Sekvenční režim měření automatizuje charakterizaci katalyzátoru provedením série nezávislých měření v definovaném pořadí, což umožňuje systematickou analýzu bez zásahu uživatele. |
| Vysoce spolehlivá automatická vícebodová kalibrace | Automatická vícebodová kalibrace se provádí po měřeních TPD nebo TPR pomocí MFC přístroje k generování různých koncentrací plynu. |
| Software pro analýzu vlnových průběhů | Analytický software umožňuje snadné vyhodnocení dat pomocí automatického výpočtu plochy píku, překrytí spektra pro porovnání, dekonvoluce vlnové formy pro oddělení píků a dalších analytických nástrojů pro pohodlné zpracování. |

BELCAT II

# TYPICKÉ APLIKACE

katalyzátory



bateriový materiál

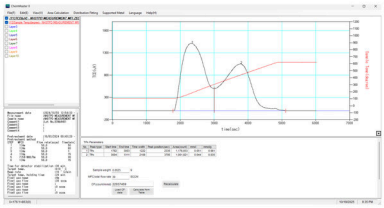
cement

- katalyzátory
- bateriový materiál
- CCUS
- uhlík
- zeolit
- cement
- keramika
- Palivové články
- separace plynů
- MOF / PCP
- petrochemie

... a mnoho dalších!

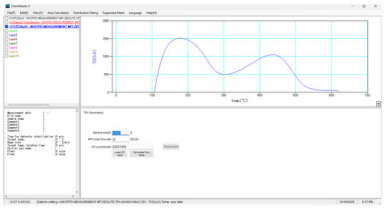
BELCAT II

# PŘÍKLADY MĚŘENÍ



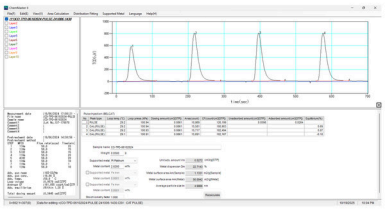
### $NH_3$-TPD VÝSLEDKY MĚŘENÍ ZEOLITU TYPU MFI

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



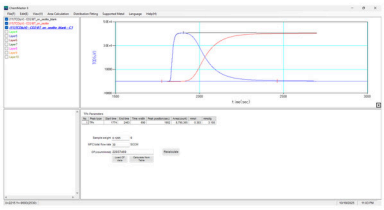
### $NH_3$-TPD VÝSLEDKY MĚŘENÍ ZEOLITU TYPU MFI

Pohodlný převod časově založených dat na profily závislé na teplotě.



### MÍRA DISPERZE KOVU PT/$AL_2O_3$ POMOCÍ PULZŮ CO

Desorbované množství: 0,527 $cm^3/g$, míra disperze kovu: 22,7 %, povrchová plocha kovu 1,13 $m^2/g$, velikost částic kovu: 4,99 nm. Plně automatická korekce základní linie a integrace pulzů pro snadné vyhodnocení dat.



### MĚŘENÍ ADSORPČNÍ PRŮNIKOVÉ KŘIVKY $CO_2$

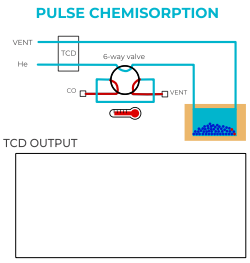
Množství adsorbovaného $CO_2$: 3,18 mmol/g. Prázdné měření (černá), experiment s průnikovou adsorpcí (červená) a vypočítané rozdíly jako adsorbované množství (modrá). Kombinace s BELMASS II umožňuje analýzu průlomu více složek.

BELCAT II

# ZÁKLADNÍ KONCEPTY CHARAKTERIZACE KATALYZÁTORŮ

## MĚŘENÍ PULZŮ

Míra disperze kovu je kritickým parametrem v heterogenní katalýze. Odkazuje na poměr atomů kovu, které jsou vystaveny na povrchu katalyzátoru, vzhledem k celkovému počtu přítomných atomů kovu (často vyjádřený v procentech). Disperzi kovu lze vypočítat pomocí pulzní chemisorpce s použitím plynů, jako je CO nebo $H_2$, které selektivně chemisorbují na povrchu kovu. Toho se dosáhne nepřetržitým pulzováním stanoveného množství plynu do vzorku, dokud není dosaženo nasycení. Pulzní měření určuje chemisorbované množství na základě nasycených píků jako reference. Rozdíl v plochách píků mezi nenasyceným a nasyceným stavem udává adsorbované množství. Míra disperze kovu je nezbytná pro hodnocení, optimalizaci a pochopení výkonu a životnosti katalyzátorů na bázi kovů.




## MĚŘENÍ TEPLOTNĚ PROGRAMOVANÉ DESORPCE (TPD)

Tato metoda je známá pro zkoumání chemických adsorpčních vlastností na pevných površích a je obecně reprezentována spektrem s koncentrací desorbovaného plynu jako souřadnicí Y a teplotou jako souřadnicí X. Při postupném zvyšování teploty vzorku a detekci desorbovaného plynu je možné určit množství a sílu energeticky odlišných adsorpčních míst. Obvykle se $NH_3$-TPD používá k hodnocení kyselých míst pevných kyselých katalyzátorů, zatímco $CO_2$-TPD se běžně používá k hodnocení základních míst pevných základních katalyzátorů; kromě toho se CO-TPD a často $H_2$-TPD používají k charakterizaci aktivních kovových center.

## BELCAT II

# TEPLOTNĚ PROGRAMOVANÉ METODY

TPR, TPO, TPX a TPSR jsou výkonné techniky pro analýzu reaktivity pevných katalyzátorů. Tyto metody zahrnují postupné zvyšování teploty vzorku při současném sledování spotřeby reaktantů nebo tvorby produktů – obvykle se zaznamenávají na grafu s teplotou na ose X a intenzitou signálu na ose Y. Tento přístup umožňuje nepřetržité sledování redoxního chování a dynamiky reakce, čímž odhaluje klíčové vlastnosti, jako je redukční teplota, oxidační potenciál a reakční kroky. Zejména TPSR umožňuje přímé zkoumání povrchových reakcí v reaktivních směsích plynů, což poskytuje vhled do reakčních mechanismů a meziproduktů. Mezi běžné aplikace těchto technik patří oxidační/hydrogenační reakce, chemické přeměny a reformovací procesy.

Teplotně programovaná redukce (TPR)

Teplotně programovaná oxidace (TPO)

- Teplotně programovaná redukce (TPR): Charakterizace redukovatelnosti a interakce oxidů kovů a katalyzátorů na nosiči při teplotních rampách s redukčními plyny.
- Teplotně programovaná oxidace (TPO): Hodnocení oxidačních stavů, usazování koksu a reaktivity prostřednictvím programovaného vystavení oxidačním plynům.
- Teplotně programovaná reakce (TPX): Studium katalytických reakcí při různých teplotních programech za účelem simulace provozních podmínek.
- Teplotně programované povrchové reakce (TPSR): Umožňuje přesné sledování katalytických povrchových reakcí v závislosti na teplotě a poskytuje cenné informace o reakčních mechanismech, aktivitě katalyzátoru a selektivitě pomocí integrované analýzy plynů v reálném čase.

### MĚŘENÍ ADSORPČNÍ PRŮNIKOVÉ KŘIVKY

Průlomová křivka popisuje koncentraci adsorbátu procházejícího adsorpční kolonou v průběhu času. Jedná se o nezbytný nástroj pro pochopení toho, jak adsorbent zachycuje jednu nebo více složek ze směsi plynů při průchodu kolonou.

Počáteční fáze: Adsorbent účinně zachycuje adsorbát a koncentrace zbývajícího adsorbátu je nízká. Bod průlomu: Koncentrace adsorbátu v odtoku začíná výrazně stoupat, což naznačuje, že adsorbent se stává nasyceným a méně účinným při zachycování adsorbátu. Rovnovážná fáze: Koncentrace adsorbátu v odtoku se vyrovná koncentraci v přítoku, jakmile se adsorbent stane plně nasyceným.

### ANALÝZA SPECIFICKÉHO POVRCHU METODOU BET

Specifický povrch, definovaný jako celkový povrch na jednotku suché hmotnosti pevné látky, je důležitým parametrem pro charakterizaci katalyzátorů. Lze jej stanovit pomocí metody BET, která měří množství plynu (např. dusíku) desorbovaného po ochlazení vzorku na teplotu kapalného dusíku pod proudem adsorpčního plynu zředěného heliem a následném návratu na pokojovou teplotu. Tato metoda je použitelná nejen pro pevné katalyzátory, ale také pro různé práškové vzorky, jako jsou adsorbenty.

## BELCAT II

# TECHNICKÉ ÚDAJE

| | |
|---|---|
| Metoda měření | Metoda dynamického toku |
| Detektor | Polodifúzní čtyřprvkový detektor tepelné vodivosti (TCD) |
| Měřicí / předúpravné porty | 1 |
| Použitelné plyny | He, Ar, $N_2$, $O_2$, $H_2$, CO, $CO_2$, $NH_3$, $N_2O$, NO, atd ... |
| Plynové přípojky: Celkem | 8 |
| Plynové přípojky: Potrubí nosného plynu | 3 z 8 (nekorozivzdorné potrubí) |
| Plynové přípojky: Směšovací potrubí | 8 z 8 (včetně 2 potrubí odolných proti korozi) |
| Plynové přípojky: Předúprava / impulsní potrubí | 8 z 8 (včetně 2 potrubí odolných proti korozi) |
| Regulátor hmotnostního průtoku: Potrubí nosného plynu | F.S. 100 sccm |
| Regulátor hmotnostního průtoku: Směšovací potrubí | F.S. 30 sccm |
| Regulátor hmotnostního průtoku: Předúprava / pulzní potrubí | F.S. 100 sccm |
| Elektrická pec | Maximální teplota: 1 200 °C (1 100 °C pro běžné použití)<br>Rychlé chlazení: 30 min (400→50 °C)<br>Kryogenní chlazení: 10 min (800→30 °C)<br>CATCryo II: až do -120 °C<br>Rychlost ohřevu: 110 °C/min (50 až 500 °C) / 80 °C/min (50 až 1 000 °C) |
| Vstřikování páry (volitelně) | $H_2O$, $CH_3OH$, $C_2H_5OH$ toluen, benzen atd. ... |
| Rozměry (Š x V x H), hmotnost | 500 x 750 x 500 mm, 80 kg |
| Požadavek: Plyn | Měřicí plyn: 0,1 MPa (přetlak)<br>Stlačený vzduch: 0,45 až 0,55 M Pa (přetlak); Spoj: 1/8” připojení Swagelok |
| Požadavek: Napájení | Jednofázový, AC110 / 220V |
| Certifikát CE | ano |
| Pára (volitelně): Teplotní rozsah | Bublinkovací láhev: Pyrex, 100 ml, 3 až 100 °C, regulace teploty Peltierovým článkem |
| CATCryo II (volitelný): Metoda regulace teploty | Sprej $LN_2$ + Ohřívač |
| CATCryo II (volitelný): Teplotní rozsah | Teplotní rozsah: -120 ~ 1200 °C (1 100 °C pro běžné použití) |
| CATCryo II (volitelný): Objem zásobníku $LN_2$ | 10 l |
| Externí jednotka pro míchání plynů (volitelná): Plynový port | 1 ~ 3 (upgradable to a maximum of 3 MFCs)<br>Joint: 1/8-inch Swagelok connection |
| Externí jednotka pro míchání plynů (volitelná): Regulátor hmotnostního průtoku | F.S.: 30 sccm (0,6 ~ 30 sccm ($N_2$))<br>Pouze korozivzdorné MFC. |

# BELCAT II

## KONTAKT →

www.microtrac.com/cz/contact-services/general-request/?prefilltext=contact_form.request&product=605

## ŽÁDOST O NABÍDKU →

www.microtrac.com/cz/contact-services/quote-request-form/?prefilltext=contact_form.quote_request&product=605

MICROTRAC
a VERDER company

www.microtrac.com/cz/produkty/mereni-adsorpce-plynu/chemisorption/belcat-ii/

© Microtrac – www.microtrac.com / Content may be subject to modifications or corrections