



ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI

BELCAT II

Sfrutta la caratterizzazione avanzata dei catalizzatori con BELCAT II. Le prestazioni dei catalizzatori solidi sono determinate da proprietà superficiali specifiche, tra cui natura e distribuzione dei siti attivi, acidità, basicità, comportamento redox, struttura elettronica e morfologia superficiale, tutti fattori che incidono in modo decisivo su attività, selettività e stabilità catalitica.

BELCAT II consente un'analisi precisa dei gradi di dispersione metallica, delle aree superficiali metalliche e della dimensione media delle particelle dei catalizzatori a base di metalli nobili supportati, permettendo ai ricercatori di ottimizzare le prestazioni dei catalizzatori e ridurre i costi. Oltre a fornire misure sull'area superficiale specifica (BET) e cinetiche di adsorbimento, BELCAT II determina la capacità di adsorbimento tramite l'analisi delle curve di breakthrough. Questi dati sono fondamentali per lo sviluppo di nuovi materiali adsorbenti. Questo completo analizzatore di catalizzatori integra tutte le funzioni in un unico dispositivo, offrendo ampia versatilità e possibilità di personalizzazione per soddisfare le più diverse esigenze di ricerca e sviluppo.



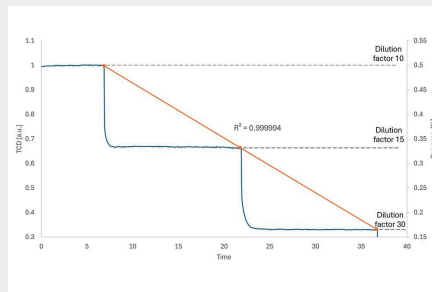
ANALIZZATORE TUTTO-IN-UNO, COMPLETAMENTE AUTOMATICO E MULTIFUNZIONE

PERCHÉ BELCAT II?

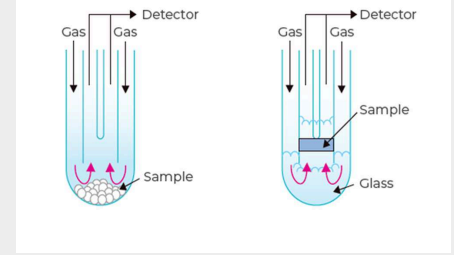
Scopri le eccezionali capacità dello strumento BELCAT II. Di seguito sono elencate le sue principali caratteristiche, progettate per offrire un'analisi dei catalizzatori completa e affidabile, garantendo al contempo la flessibilità necessaria per soddisfare le più diverse esigenze di ricerca e sviluppo.

Design Multifunzionale per il Dosaggio dei Gas

Il collettore di gas integrato a più linee consente il collegamento simultaneo fino a otto gas diversi – inclusi due tipi corrosivi – che vengono distribuiti internamente in tutto il sistema. Questo design intelligente supporta la miscelazione controllata tramite software, permettendo la generazione precisa di miscele di gas personalizzate direttamente all'interno dell'unità. Queste miscele possono essere utilizzate durante il pretrattamento dei campioni, l'analisi, le operazioni a impulsi e la calibrazione automatica. Eliminando la necessità di gas premiscelati e riducendo al minimo la tubazione esterna, il sistema migliora l'efficienza del flusso di lavoro, riduce i costi operativi e abbassa significativamente il rischio di perdite.



	BELCAT II (multifunzione)	Dispositivi alternativi (monofunzione)
Gas di preparazione	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar, 4. H ₂	5 linee per He, 2. N ₂ , 3. Ar, 4. H ₂ , CO / He
Gas di analisi (a ricircolo)	5. CO, 6. O ₂ , 7. N ₂ O, 8. NH ₃	5 linee per H ₂ , 2. CO, 3. N ₂ O / He, 4. NH ₃ , N ₂ O
Gas di trasporto	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar	3 linee per He, 2. N ₂ , 3. Ar
Totale	Sono necessarie 8 linee gas per preparare le stesse miscele di gas	Sono necessari 13 linee



Controllo della Temperatura di Livello Superiore

Sperimenta riscaldamenti e raffreddamenti rapidi grazie a un forno compatto a camera divisa, progettato per prestazioni elevate. Le velocità di riscaldamento raggiungono fino a 110 °C/min da 50 a 500 °C, oppure 80 °C/min da 50 a 1000 °C, con una temperatura operativa massima di 1100 °C. Il raffreddamento integrato con ventilazione assistita riduce i tempi di attesa, abbassando la temperatura da 400 a 50 °C in soli 30 minuti. Questo aumenta la produttività dei campioni e minimizza i tempi di inattività. Per applicazioni avanzate a temperatura subambientale, l'opzione criogenica CATCryo II offre un raffreddamento eccezionale fino a -120 °C. Stabilisce nuovi standard nella gestione termica, raffreddando da 800 a 30 °C in soli 10 minuti – aprendo nuove prospettive nella ricerca sull'adsorbimento, nella caratterizzazione dei materiali e negli esperimenti a controllo termico di precisione.

Misure di Sicurezza Avanzate

Dotato di porta di sicurezza con chiusura automatica, protezione dal surriscaldamento, spegnimento automatico, allarmi integrati e rilevamento opzionale dei gas, per garantire il massimo livello di sicurezza operativa. Il filtro a zeolite fornito – per rimuovere l'umidità durante gli esperimenti TPR – elimina la necessità di azoto liquido.

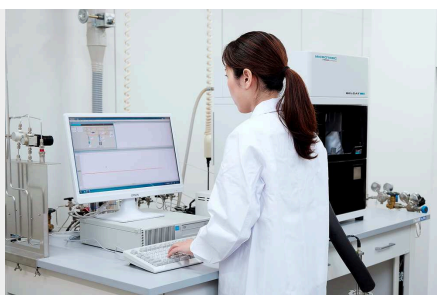
Design a Tripla Cella per Campioni

Il design all'avanguardia garantisce un preriscaldamento efficiente dei gas e massimizza la produttività nei flussi di lavoro più impegnativi. La forma cilindrica del tubo facilita la manipolazione e aumenta la sicurezza, essendo priva di tensioni e meno soggetta a rotture.



Design Modulabile con Capacità di Upgrade

La configurazione modulare del sistema consente l'implementazione di aggiornamenti direttamente in loco, garantendo la massima flessibilità operativa. L'architettura espandibile permette l'integrazione di un'unità di dosaggio di vapori, di un modulo esterno per la miscelazione di gas e di un'opzione criogenica, ottimizzando le analisi di adsorbimento e i processi di raffreddamento avanzati.



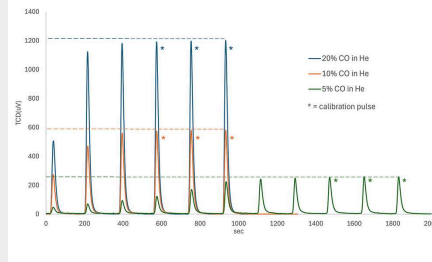
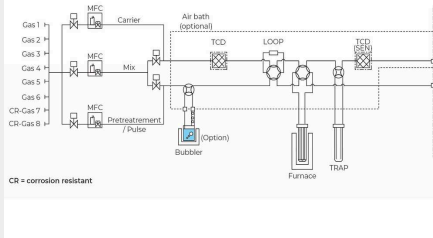
Impostazioni Versatili delle Condizioni di Misura

La modalità di misurazione sequenziale consente di combinare senza interruzioni i metodi termochimici e le fasi di test dei catalizzatori all'interno di un unico flusso di lavoro.



Design Compatto con Ingombro Ridotto

Il design compatto ed efficiente (L 500 x P 500 mm) si integra facilmente in qualsiasi laboratorio.



Progettato per la Massima Precisione

Strumento dedicato, sviluppato appositamente per l'analisi di chemisorbimento a impulsi e per i metodi a temperatura programmata, caratterizzato da un volume morto ridotto al minimo per garantire un'accuratezza eccezionale. Dotato di un rivelatore a conducibilità termica (TCD) ad alte prestazioni e a temperatura controllata, nonché di circuiti avanzati, offre un rapporto segnale/rumore senza pari per le misurazioni più sensibili.

Chemisorbimento a Impulsi con Massima Affidabilità

Grazie al volume calibrato e ai sensori dedicati di pressione e temperatura, ogni dosaggio garantisce prestazioni superiori alle aspettative. Le miscele di gas personalizzate vengono fornite su richiesta tramite il sistema integrato di miscelazione, eliminando la necessità di ulteriori loop di iniezione e assicurando flussi di lavoro fluidi ed efficienti.

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

OPZIONI



Unità di dosaggio di vapore

Composto da un'unità termostatica ad aria, gorgogliatore, riscaldatore e condensatore. Il condensatore elimina il vapore in eccesso. Il processo a due stadi garantisce un dosaggio preciso del vapore a concentrazioni stabili.

Unità esterna di miscelazione gas

Consente la miscelazione di tre o più gas. Un'unità può gestire fino a sei linee. Supporta gas corrosivi.

Forno elettrico a bassa temperatura / CATCryo II

Applicando lo spray di azoto liquido, la temperatura del campione può essere controllata in modo continuo fino a -120°C . Le prestazioni di raffreddamento sono ottimizzate grazie alla struttura interna avanzata e il consumo di azoto liquido è drasticamente ridotto.

Analizzatore di gas in linea / BELMASS II

Lo spettrometro di massa a quadrupolo sistematizzato BELMASS II può essere collegato a

BELCAT II. La misura simultanea di più componenti gassosi viene effettuata con elevata accuratezza quantitativa grazie all'integrazione con il software BELCAT II. Soluzione ideale per esperimenti avanzati, comprese le reazioni catalitiche.

Sistema di misura AIRGUARD

I materiali funzionali possono reagire con l'umidità e l'ossigeno presenti nell'aria, causando alterazioni strutturali e potenzialmente generando gas corrosivi. La nuova soluzione AIRGUARD, sviluppata da Microtrac, consente la manipolazione sicura dei campioni evitando il contatto con l'aria.

Valutazione delle prestazioni di separazione di gas misti

Per applicazioni DAC, CCUS e CCS, il sistema consente la misurazione di curve di breakthrough con molteplici componenti gassosi, come CO₂ e H₂O, analizzabili tramite sensori dedicati altamente stabili e ripetibili.

Opzioni:

- sonde CO₂
- sonde CO₂ / H₂O

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

APPLICAZIONI TIPICHE



catalizzatori



materiali per batterie



cemento

- | materiali per batterie
- | CCUS
- | Carbonio
- | zeolite

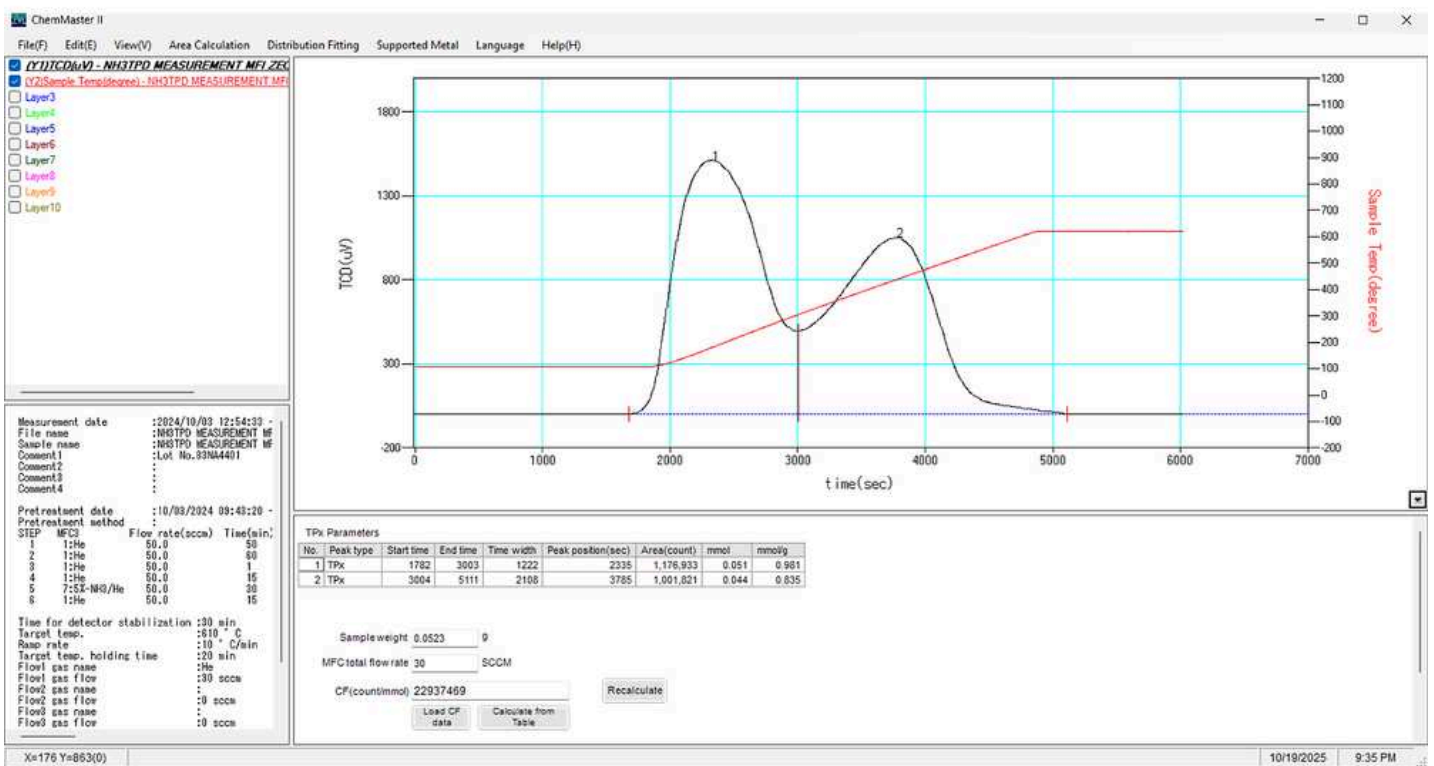
- | cemento
- | ceramica
- | Pila a combustibile
- | gas separation

- | MOF / PCP
- | petrochemistry

... e molti altri!

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II
ESEMPI DI MISURAZIONE

Risultato della Misura NH₃-TPD della Zeolite di Tipo MFI



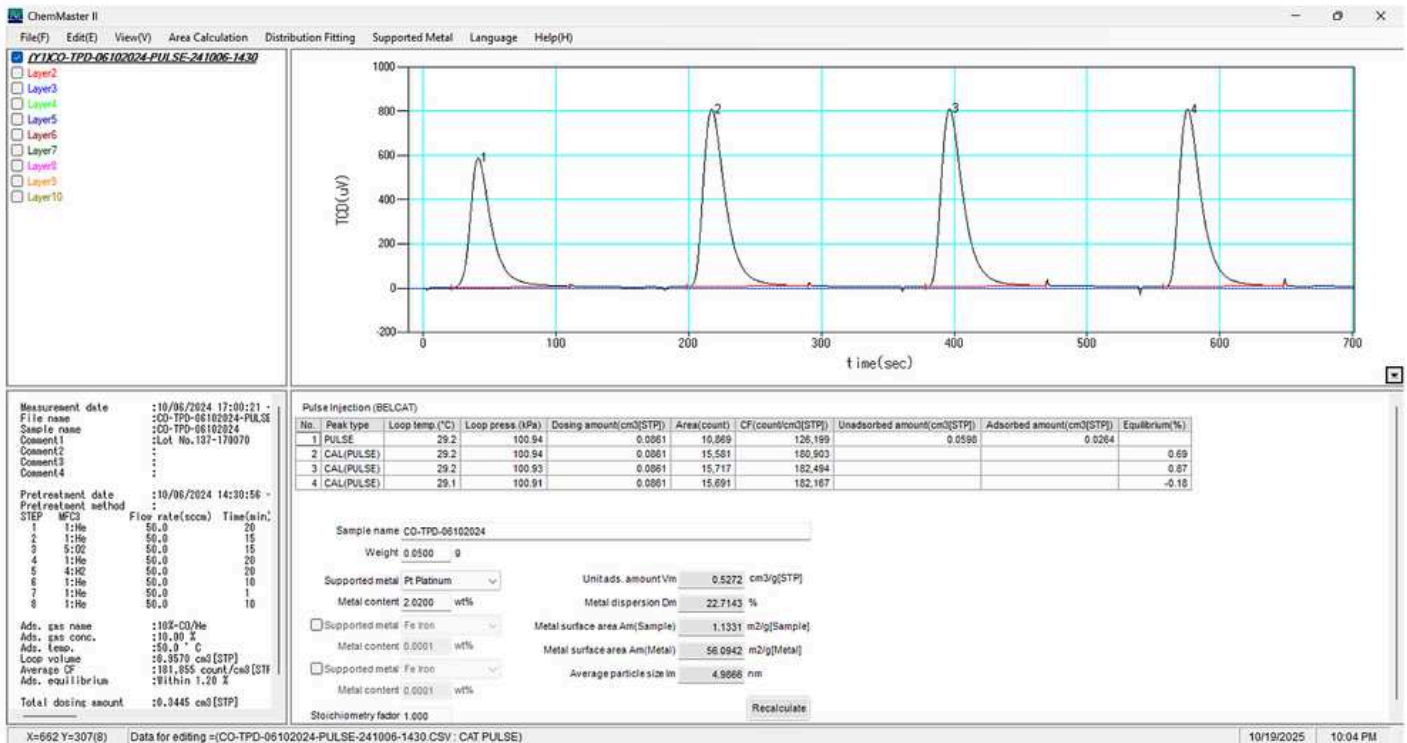
Quantità desorbita: 0,835 mmol/g (2 = valore massimo del picco H); Temperatura del picco: 440°C

Risultato della Misura NH₃-TPD su Zeolite di Tipo MFI



Conversione agevole dei dati temporali in profili dipendenti dalla temperatura

Grado di Dispersione Metallica di Pt/Al₂O₃ tramite Impulsi di CO



Quantità desorbita: 0,527 cm³/g, grado di dispersione metallica: 22,7%, area superficiale metallica: 1,13 m²/g, dimensione delle particelle metalliche: 4,99 nm. Correzione automatica della linea di base e integrazione degli impulsi per una valutazione dei dati semplice e immediata.

Misura della Curva di Breakthrough per l'Adsorbimento di CO₂



Quantità di CO₂ adsorbita: 3,18 mmol/g. Misura del bianco (bianco), esperimento di breakthrough di adsorbimento (rosso) e differenze calcolate come quantità adsorbita (blu). L'integrazione con BELMASS II consente l'analisi di breakthrough multi-componente.

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

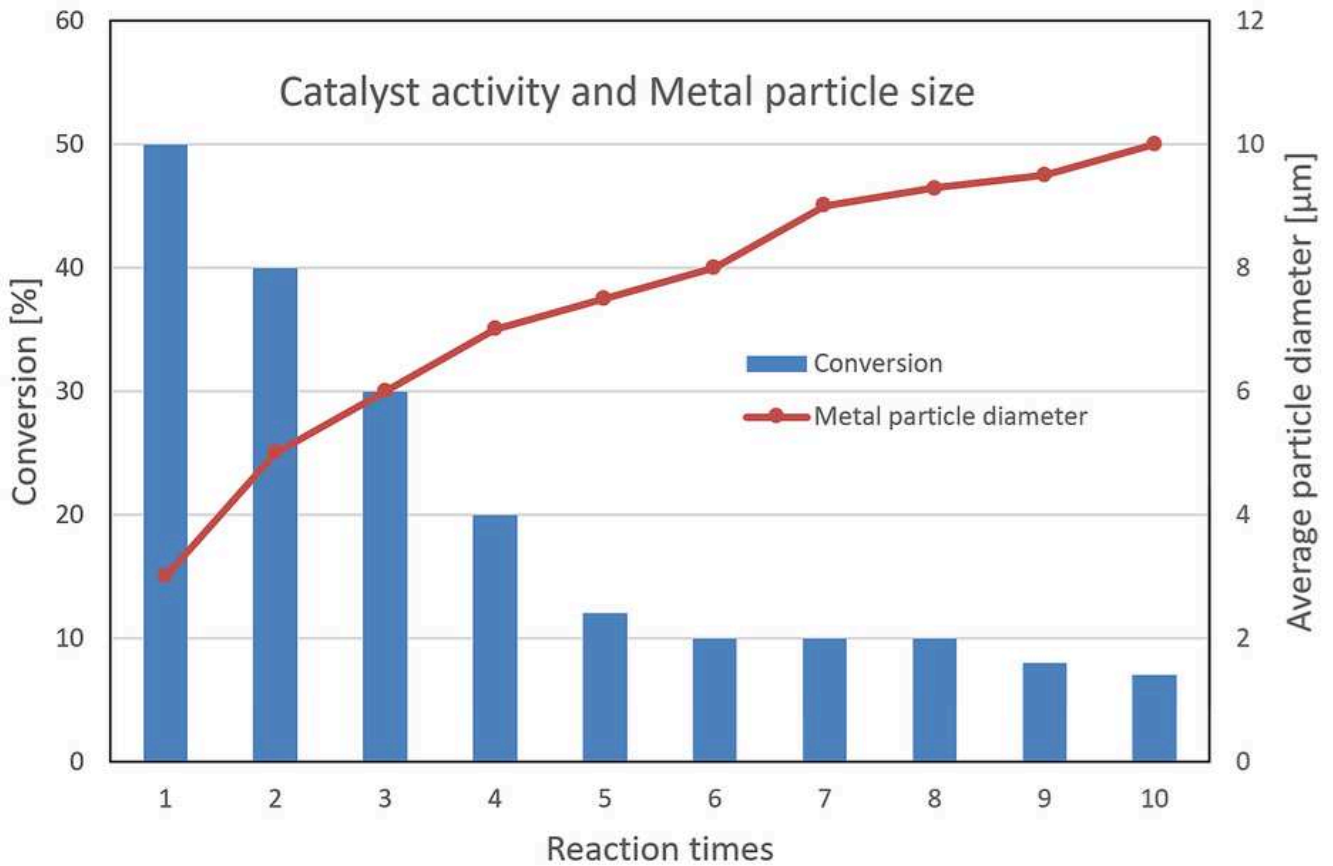
SOFTWARE

Il software intuitivo è ricco di funzionalità avanzate che aumentano la produttività dell'operatore. La piattaforma evoluta BELCAT II, perfezionata nel corso degli anni, consente di eseguire facilmente misure complesse, garantendo risultati affidabili e riproducibili grazie a una serie di funzioni sofisticate.

- | Software di misura a funzionamento semplice
- | Regolazione automatica del punto zero
- | Modalità di misura sequenziale
- | Elevata affidabilità con calibrazione multipunto programmabile
- | Software per l'analisi delle forme d'onda
- | Software di collegamento BELMASS II (opzionale)
- | Funzione di analisi per chemisorbimento a impulsi



Visualizzazione delle misurazioni con BELCAT II



Risultato delle misurazioni sequenziali



Visualizzazione della deconvoluzione della forma d'onda



Visualizzazione delle misurazioni con BELMASS II

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

SPECIFICHE DEL SOFTWARE

Funzione di misura a funzionamento semplice

Schede dedicate per le analisi standard (TPR, TPD, TPO e BET) permettono una programmazione semplice e il monitoraggio in tempo reale dello stato operativo, dei grafici TCD, della temperatura e delle portate.

Regolazione automatica del punto zero del TCD

La regolazione automatica del punto zero del TCD garantisce linee di base costanti per un confronto affidabile dei dati e misurazioni continue ed accurate con diversi gas di trasporto.

Modalità di misurazione sequenziale

La modalità di misurazione sequenziale automatizza la caratterizzazione dei catalizzatori eseguendo una serie di misure indipendenti in un ordine predefinito, consentendo un'analisi sistematica senza intervento dell'operatore.

Calibrazione automatica multipunto ad elevata affidabilità

La calibrazione automatica multipunto viene effettuata dopo le misure TPD o TPR utilizzando i MFC dello strumento per generare diverse concentrazioni di gas.

Software per l'analisi delle forme d'onda

Il software di analisi consente una valutazione dei dati semplice, con calcolo automatico dell'area dei picchi, sovrapposizione degli spettri per il confronto, deconvoluzione delle forme d'onda per la separazione dei picchi e strumenti di analisi aggiuntivi per un'elaborazione agevole.

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

CONCETTI DI BASE DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI CATALIZZATORI

Misura a Impulsi

Il grado di dispersione metallica è un parametro fondamentale nella catalisi eterogenea. Esso rappresenta la frazione di atomi metallici esposti sulla superficie di un catalizzatore rispetto al numero totale di atomi metallici presenti (solitamente espresso in percentuale). La dispersione metallica può essere calcolata tramite chemisorbimento a impulsi utilizzando gas come CO o H₂, che chemisorbano selettivamente sulla superficie metallica. Questo processo avviene introducendo in modo continuo una quantità specifica di gas nel campione fino a raggiungere la saturazione. La misura a impulsi determina la quantità chemisorbita prendendo come riferimento i picchi di saturazione. La differenza tra le aree dei picchi in condizioni insature e sature corrisponde alla quantità adsorbita. Il grado di dispersione metallica è essenziale per valutare, ottimizzare e comprendere le prestazioni e la durata dei catalizzatori a base metallica.

Misura di Desorbimento a Temperatura Programmata (TPD)

Questo metodo viene utilizzato per analizzare le caratteristiche di chemisorbimento su superfici solide ed è generalmente rappresentato da uno spettro in cui la concentrazione del gas desorbito è riportata sull'asse Y e la temperatura sull'asse X. Incrementando progressivamente la temperatura del campione e rilevando il gas desorbito, è possibile determinare la quantità e la forza dei siti di

adsorbimento energeticamente distinti.

Tipicamente, l' NH_3 -TPD viene impiegato per valutare i siti acidi dei catalizzatori acidi solidi, mentre il CO_2 -TPD è comunemente utilizzato per analizzare i siti basici dei catalizzatori basici solidi; inoltre, il CO-TPD e frequentemente l' H_2 -TPD sono applicati per caratterizzare i centri metallici attivi.

TPOssidazione (TPO) / TPRiduzione (TPR) e TPReazione (TPX)

Le tecniche TPR, TPO, TPX e TPSR rappresentano strumenti avanzati per l'analisi della reattività dei catalizzatori solidi. Questi metodi prevedono un incremento graduale della temperatura del campione, monitorando simultaneamente il consumo dei reagenti o la formazione dei prodotti — solitamente riportati in grafici con la temperatura sull'asse X e l'intensità del segnale sull'asse Y. Questo approccio consente l'osservazione continua del comportamento redox e della dinamica delle reazioni, rivelando proprietà fondamentali come la temperatura di riduzione, il potenziale di ossidazione e le tappe delle reazioni. La TPSR, in particolare, permette di studiare direttamente le reazioni di superficie sotto miscele di gas reattivi, fornendo informazioni dettagliate sui meccanismi reattivi e sulle specie intermedie. Le applicazioni tipiche di queste tecniche includono reazioni di ossidazione/idrogenazione, processi di shift chimico e reazioni di reforming.

| Tecniche a Temperatura Programmata

- | Temperature Programmed Reduction (TPR): Caratterizzazione della riducibilità e dell'interazione di ossidi metallici e catalizzatori supportati tramite aumenti di temperatura in presenza di gas riducenti.
- | Temperature Programmed Oxidation (TPO): Valutazione degli stati di ossidazione, della deposizione di coke e della reattività attraverso l'esposizione programmata a gas ossidanti.
- | Temperature Programmed Reaction (TPX): Studio delle reazioni catalitiche sotto programmi di temperatura variabili, per simulare le condizioni operative.
- | Temperature Programmed Surface Reactions (TPSR): Monitoraggio preciso delle reazioni di superficie catalitiche in funzione della temperatura, fornendo dati preziosi sui meccanismi reattivi, sull'attività e sulla selettività del catalizzatore tramite analisi dei gas in tempo reale integrata.

Riduzione Programmata della Temperatura (TPR)

Ossidazione a Temperatura Programmata (TPO)

Misura della Curva di Breakthrough nell'Adsorbimento

La curva di breakthrough descrive l'andamento della concentrazione di un adsorbato che attraversa una colonna di adsorbimento nel tempo. Si tratta di uno strumento fondamentale per comprendere come il materiale adsorbente cattura uno o più componenti da una miscela di gas durante il passaggio attraverso la colonna.

1. Fase iniziale: L'adsorbente cattura efficacemente l'adsorbato e la concentrazione residua dell'adsorbato nel flusso in uscita è bassa.
2. Punto di breakthrough: La concentrazione di adsorbato nell'effluente inizia ad aumentare in modo significativo, indicando che l'adsorbente si sta saturando e perde efficienza nell'acquisizione dell'adsorbato.
3. Fase di equilibrio: La concentrazione di adsorbato nell'effluente si eguaglia a quella in ingresso, poiché l'adsorbente è completamente saturo.

Analisi dell'Area Superficiale Specifica BET

L'area superficiale specifica, definita come la superficie totale per unità di massa secca di un solido, rappresenta un parametro fondamentale nella caratterizzazione dei catalizzatori. Può essere determinata tramite il metodo BET, che prevede la misurazione della quantità di gas (ad esempio azoto) desorbito dopo che il campione è stato raffreddato alla temperatura dell'azoto liquido sotto flusso di gas adsorbente diluito con elio e successivamente riportato a temperatura ambiente. Questo metodo è indispensabile non solo per i catalizzatori solidi, ma anche per vari campioni in polvere, come gli adsorbenti.

ANALIZZATORE DEI CATALIZZATORI BELCAT II

DATI TECNICI

Measurement method	Metodo di flusso dinamico
Rilevatore	Rilevatore di conducibilità termica a 4 elementi di tipo semi-diffusione (TCD)
Measurement / pretreatment ports	1
Usable gases	He, Ar, N ₂ , O ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , NH ₃ , N ₂ O, NO, ecc...
Gas port connections: Total	8
Gas port connections: Carrier gas line	3 out of 8 (non-corrosion resistant lines)
Gas port connections: Mix line	8 out of 8 (including 2 corrosion resistant lines)
Gas port connections: Pretreatment /pulse line	8 out of 8 (including 2 corrosion resistant lines)
Mass flow controller: Carrier gas line	F.S. 100 sccm
Mass flow controller: Mix line	F.S. 30 sccm
Mass flow controller: Pretreatment / pulse line	F.S. 100 sccm
Forno elettrico	Maximum temperature: 1.200 °C (1.100°C for regular use) Quick cooling: 30 min (400→50 °C) Cryo cooling: 10 min (800→30 °C) CATCryo II: down to -120 °C Heating rate: 110 °C/min (50 to 500 °C) / 80 °C/min (50 to 1000 °C)
Iniezione di vapore (opzionale)	H ₂ O, CH ₃ OH, C ₂ H ₅ OH, toluene, benzene, ecc ...
Dimensions (W x H x D), weight	500 x 750 x 500 mm, 80 kg
Requirement: Gas	Measurement gas: 0.1 MPa (gauge pressure) Compressed air: 0.45 to 0.55M Pa (gauge pressure); Joint: 1/8" Swagelok connection
Requirement: Power supply	Single-phase, AC110 / 220V
Certificato CE	si
Vapor (optional): Temperature range	Bubbling bottle: Pyrex, 100 cc, 3 to 100 °C, temperature control via Peltier element
CATCryo II (optional): Temperature control method	LN2 spray + Heater

CATCryo II (optional): Temperature range

Temperature range: -120 ~ 1200°C (1.100°C for regular use)

CATCryo II (optional): LN2 reservoir volume

10 l

External gas mix unit (optional): Gas port

1 ~ 3 (upgradable to a maximum of 3 MFCs)
Joint: 1/8-inch Swagelok connection

External gas mix unit (optional): Mass flow controller

F.S.: 30 sccm (0.6 ~ 30 sccm (N₂))
Corrosion-resistant MFCs only.

www.microtrac.it/belcat-ii