

## Wasserstoff-Forschung

### MITTELS THERMISCHER ANALYSE



### Wasserstoff – der Kraftstoff der Zukunft

Wasserstoff ( $H_2$ ) gilt als zukunftssträchtige Energiequelle. Er ist ein vielseitiger und sauberer Energieträger, der aus einer Vielzahl an Quellen, darunter auch erneuerbare Energien wie Wind und Sonne, gewonnen werden kann.  $H_2$  wird auch eingesetzt, um hohe  $CO_2$ -Emissionen aus Metallgewinnungsverfahren durch die direkte Reduktion von Substanzen wie z. B. Eisenerz zu verringern. Obwohl die Erzeugung, Speicherung und Umwandlung von Wasserstoff einen gewissen technologischen Stand erreicht haben, gibt es noch Raum für Verbesserungen und neue Entdeckungen. Die Thermische Analyse kann hier zu einem besseren Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Materialien beitragen.

### Herausforderungen bei der Wasserstoffnutzung

Wasserstoff birgt ein erhebliches Entzündungsrisiko und unterliegt besonderen Sicherheitsvorkehrungen bei der Herstellung, Handhabung und Verwendung. Bereits geringe Konzentrationen von Wasserstoff sind als kritisch anzusehen, da bereits 4 % Wasserstoff in Luft bei Raumtemperatur zur Entzündung führen kann.

### Thermische Analyse und Wasserstoff

NETZSCH bietet die Möglichkeit, Materialien unter Wasserstoffatmosphäre zu messen sowie ein entsprechendes Sicherheitskonzept. Die Messungen können in einer 100%-igen Wasserstoffatmosphäre oder an einer Mischung mit anderen nicht brennbaren Gasen wie Stickstoff ( $N_2$ ) oder Argon (Ar) durchgeführt werden. Bei Auftreten einer Störung wird das Gerät mit Inertgas geflutet.

### Durchführung von Reduktions- und Oxidationstests in einer sicheren Umgebung

Die Reduktion wird in einer Vielzahl an industriellen Prozessen eingesetzt, wie beispielsweise metallurgischen Prozessen und der Speicherung und Freisetzung von Wasserstoff in bestimmten Materialien. Jede STA 449 kann für den Betrieb mit Wasserstoffgas ausgerüstet werden. Neben dem Reduktionstest bietet NETZSCH auch den Oxidationstest unter Luftatmosphäre an. Dazu muss die STA in einem Zwischenschritt mit Inertgas gespült werden, bis sichere Bedingungen für den Gaswechsel erreicht sind. NETZSCH bietet das STA 449-Wasserstoffsystem als Komplettlösung inklusive der neu entwickelten  $H_2$ Secure-Box an.

# STA 449

## H<sub>2</sub>Secure-Konzept

### Definiertes H<sub>2</sub>-Gasvolumen

Der Wasserstoff wird von oben in den Ofen eingeleitet und bleibt auf einen definierten Raum über dem kontinuierlich gespülten Wägeraum begrenzt.

### H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Überwachung

Die H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Konzentrationen werden kontinuierlich gemessen, um eine sichere Handhabung zu bieten.



### H<sub>2</sub>Secure-Box

Die zentrale H<sub>2</sub>Secure-Kommunikationsbox empfängt Informationen über die Gaskonzentration und regelt die Freigabe der Gase auf Grundlage der festgelegten Grenzwerte.

### Ausfallsicherheit

Im Fall eines Stromausfalls öffnen sich die Magnetventile und setzen ein Inertgas frei, das den Wasserstoff aus dem System spült.

## AUFBAU

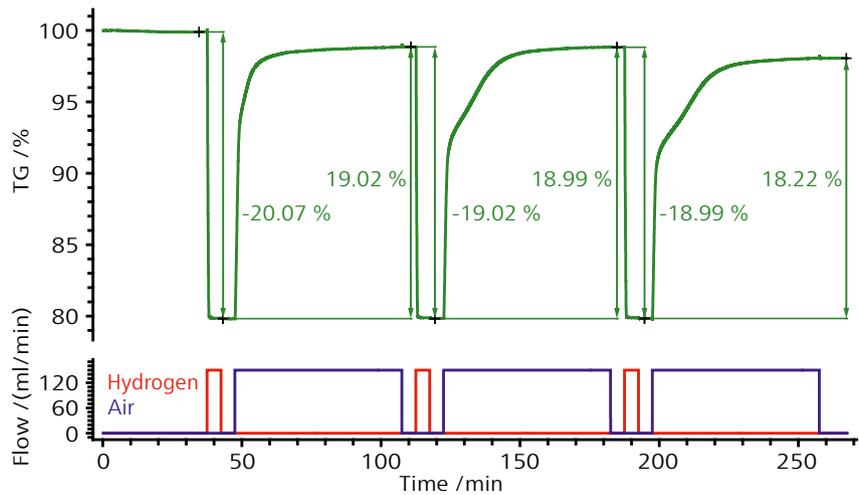
H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Sensoren



- 1 Wasserstoff-Gasversorgung**  
Wasserstoff kann durch einen H<sub>2</sub>-Generator oder eine H<sub>2</sub>-Flasche bereitgestellt werden. Er wird an den speziellen H<sub>2</sub>-Gaseinlass auf der STA-Rückseite über integrierte Sicherheitsventile angeschlossen.
- 2 Optimierter Gasweg**  
Er sorgt für eine präzise Gaskonzentration im Ofen, z. B. bis 100% Wasserstoff und gleichzeitig für eine Schutzgasatmosphäre im Waagenbereich.
- 3 Kontinuierliche Überwachung der Gaskonzentration**  
Der STA-Auslassgasstrom wird kontinuierlich auf H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Konzentration überwacht.
- 4 H<sub>2</sub>Secure-Box**  
Die zentrale Kommunikationsbox steuert die Freigabe oder Sperrung von Gasflüssen in Abhängigkeit von den festgelegten H<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>-Grenzwerten.

## Die reversible Natur von Kupfer (Cu) – Redoxreaktion von Kupferoxid (CuO)

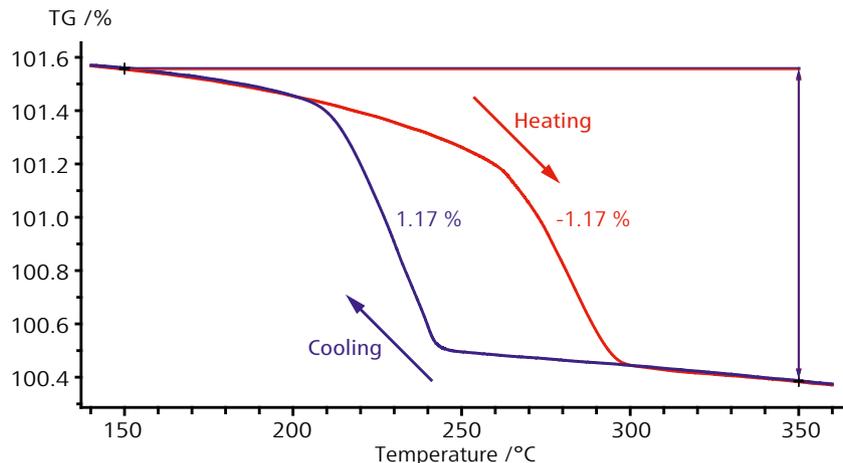
Hier ist ein Zyklusexperiment gezeigt zur Untersuchung der reversiblen Reaktion von CuO mit H<sub>2</sub> und Luft, wobei die Massenänderungen während des gesamten Prozesses überwacht werden. Zunächst wird CuO in einer Wasserstoffatmosphäre reduziert, und es entsteht metallisches Cu. Anschließend oxidiert das metallische Cu in einer oxidierenden Umgebung unter Zufuhr von Luft wieder zu CuO. In den folgenden Zyklen ist ein zunehmender Verlust des Oxidationspotenzials zu beobachten, ein Hinweis auf die Abnahme der katalytischen Leistung. Mit Hilfe der Thermogravimetrie können Forscher Einblicke in die Reaktionskinetik, die Mechanismen und die thermodynamischen Eigenschaften von Katalysatoren auf Oxidbasis gewinnen und so die Optimierung katalytischer Systeme vorantreiben.



Thermogravimetrische Reduktions-Oxidation-Zyklen von 29,975 mg Kupfer(II)-oxid-Pulver bei 500 °C

## Untersuchung der Absorption und Desorption von Wasserstoff in Gettern auf Zirkoniumbasis

Die Ansammlung von Wasserstoff stellt ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar, da unter bestimmten Bedingungen Explosionsgefahr besteht. Um dies zu umgehen, spielen Wasserstoffabsorber, allgemein als Getter bezeichnet, eine entscheidende Rolle bei der Entfernung von Wasserstoff aus solchen Umgebungen. Mittels STA wurde ein Getter auf Zirkoniumbasis mit einer Rate von 10 K/min in reiner Wasserstoffumgebung analysiert und es wurde ein klarer Absorptions-Desorptionszyklus beobachtet. Der Prozess zeigte eine Reversibilität mit einer Hysterese von etwa 50 °C, was die Wirksamkeit des Getters bei der Entfernung von Wasserstoff und Erhöhung der Systemsicherheit belegt.



Massenänderung eines Getters auf Zirkoniumbasis (279,5 mg) während des Aufheizens und Abkühlens unter 100 % H<sub>2</sub>-Atmosphäre

# Applikationen und Performance

# Technische Daten

STA 449 + H <sub>2</sub> Secure-Box	
Ofentyp, der H <sub>2</sub> -Messungen unterstützt	SiC
Temperaturbereich	RT bis 1600 °C
Sensortypen*	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ TG</li><li>▪ TG-DTA</li><li>▪ TG-DSC</li></ul>
Thermoelementtypen*	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ P</li><li>▪ S</li><li>▪ B</li></ul>
Sensortyp nur für Reduktionstest	W
Optionaler 4-fach MFC	Wechsel zwischen Wasserstoff- und Luftatmosphäre in einer Messung möglich
Wasserstoffversorgung	Bereitstellung durch Anwender, z. B. Wasserstoff-generator, H <sub>2</sub> -Flasche
H <sub>2</sub> - und O <sub>2</sub> -Messzelle	Enthalten
H <sub>2</sub> Secure-Box	Enthalten
Optionale Gasauslassbehandlung	H <sub>2</sub> -Verdünnung
Upgrade für bestehende STA 449	✓

\* Möglichkeit einer verkürzten Lebensdauer je nach Versuchsparametern

NETZSCH-Gerätebau GmbH  
Wittelsbacherstraße 42  
95100 Selb  
Deutschland  
Tel.: +49 9287 881-0  
Fax: +49 9287 881 505  
at@netsch.com

 Prager  
Elektronik

Traunstraße 21, A-2120 Wolkersdorf  
T: +43 2245 6725 F: +43 2245 559633  
office@prager-elektronik.at  
www.prager-elektronik.at

**NETZSCH**®

www.netsch.com