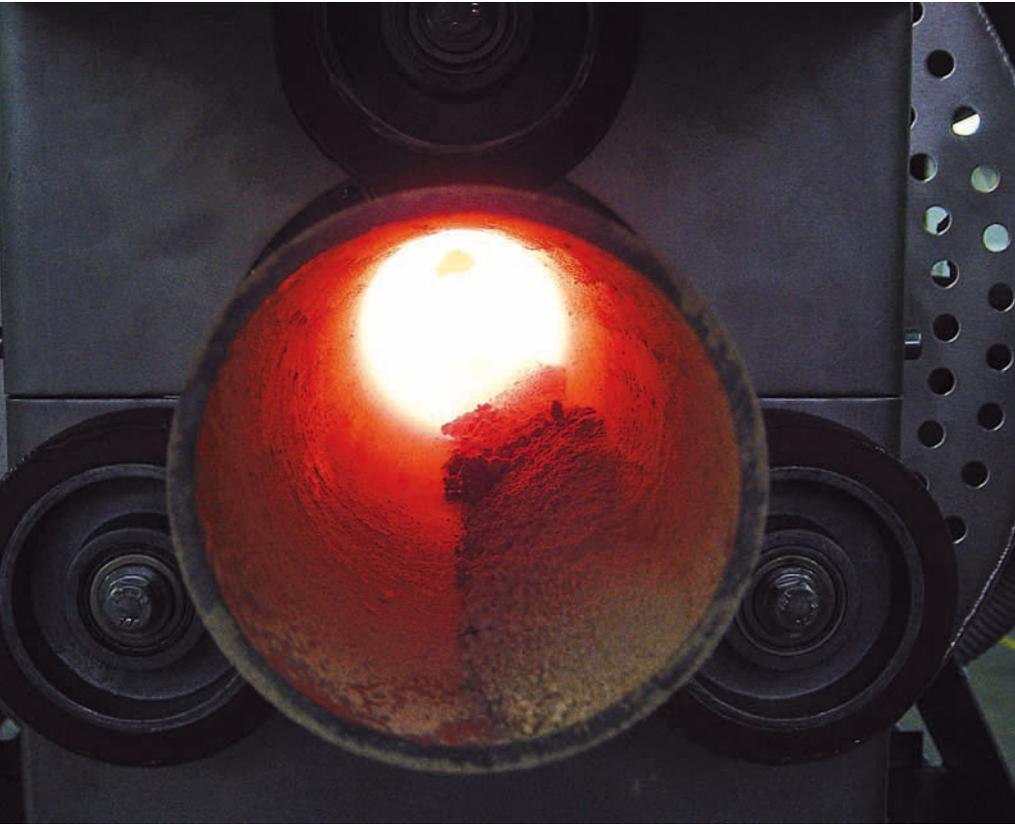


Heißes Eisen

Anforderungen an die moderne Laborofentechnologie



Roland Waitz

Der Trend im Ofenbau heißt: energieeffizienter, platzsparender und schneller. Die Entwicklung neuer, besserer Materialien ist dafür erforderlich. Es braucht aber auch innovationsfreudige Ofenbauer, die die neuen, meist teuren Materialien zum Einsatz bringen und Kunden, die bereit sind, für Verbesserungen zu zahlen. Der Laborofenbau mit vergleichsweise geringem Materialeinsatz sollte dabei eine Vorreiterrolle spielen.

Vor 30 Jahren waren die Ofenräume der Labors noch von klobigen Kästen mit Silberbronzeanstrich dominiert. NiCr-Heizleiter in Draht- oder Bandform bis 900 °C und Siliziumkarbid-Stäbe für Temperaturen bis 1550 °C in Kombination mit Schamotte-Innenisolation und einer Hinterisolation aus Asbest waren der Stand der Technik. Ofenbauern blieb meist nur die Möglichkeit, durch hohen Materialeinsatz die Verluste im stationären Betrieb zu verringern. Betreiber mussten, wegen der Speicherwärme der üppig verbauten Schamottesteine, Abkühlzeiten im zweistelligen Stundenbereich in Kauf nehmen.

Um wenigstens die Aufheizzeiten im Rahmen zu halten, wurde entsprechend Leistung installiert und auch „verbraten“ – Energieeinsparung war damals im Labor-

bereich noch kein großes Thema. Der fast obligatorische Anstrich mit Silberbronzefarbe, eigentlich gedacht, um die Ofenverluste zu minimieren, bewirkte Außentemperaturen, die zum Spiegeleier Braten ausreichten.

Mit der Verfügbarkeit keramischer Wollen, mikroporöser Materialien und FeCrAl-Heizleiter bis 1350/1400 °C und MoSi₂-Heizer bis 1800/1900 °C änderte sich das Bild. Da sich Entwicklung und Produktion, für die letztendlich geforscht wird, auf immer höher wertige Materialien fokussieren, werden die Anforderungen an die Laboröfen immer höher. Wärmebehandlungen unter Schutzgas und Vakuum sind aus der modernen Werkstoffforschung, Oberflächenbehandlung und Analytik nicht mehr wegzudenken.

Schutzgas und Vakuum im Fokus

Die einfachste Form des Schutzgasofens besteht darin, einen normalen Ofen mit Gas zu spülen. Man muss jedoch mit Restsauerstoffgehalten im einstelligen Prozentbereich und mit relativ hohem Schutzgasverbrauch rechnen. Es können jedoch aus sicherheitstechnischen Gründen keine giftigen und brennbaren Gase verwendet werden. Als eigentliche Schutzgas-/Vakuumöfen kommen im Prinzip zwei Bauformen in Frage: der Heißwand- und der Kaltwandofen.

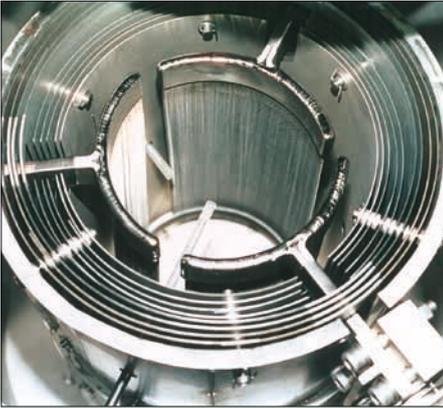
Die im Laborbereich weit verbreiteten Rohröfen arbeiten nach dem Heißwandprinzip. Eine gasdichte Retorte wird in einen Ofen eingesetzt. Der Vorteil des Rohröfens liegt in der sehr guten Temperaturgleichmäßigkeit und den hohen möglichen Einsatztemperaturen, die Nachteile im schlechten Handling sowie den stark eingeschränkten Aufheiz- und Abkühlzeiten bei Verwendung von keramischen Rohren. Einsatzrohre können aus Metall, Quarzglas/Quarzglas, Keramik oder Saphir bestehen.

Als Sonderbauform dienen Drehrohröfen zur stationären oder kontinuierlichen Behandlung von Schüttgütern, etwa Pulver und Granulat. Durch die Drehbewegung des Rohres wird das Schüttgut gleichzeitig

Rohrmaterial	Einsatztemperatur [°C]	chemisches Verhalten	Thermoschock-Empfindlichkeit	Formbarkeit	Preis
Metall	< 1300	–	++	+++	+++
Quarz	< 1100*	++	+++	++	±
Keramik	< 1750**	++	–	–	±
Saphir	< 1900	+++	±	–	–

* > 1050 °C Rekrystallisation, ** vakuumdicht nur bis ca. 1400 °C

Dipl.-Phys. Roland Waitz, Linn High Therm GmbH, Eschenfelden



Mit diesem Hochtemperatur-Vakuuofen lassen sich Temperaturen bis 2300 °C und ein Vakuum bis 10^{-5} mbar realisieren



Dieser Drehrohrföfen erlaubt eine Maximaltemperatur von 1200 °C bei einer beheizten Länge von 1500 mm



Saphirrohre ermöglichen Einsatztemperaturen bis 1900 °C

transportiert und durchmischt. Reaktionen z. B. beim Kalzinieren oder Reduzieren laufen dadurch gleichmäßiger, schneller und vollständiger ab als im Kammerofen. Nachgeschaltete Entsorgungseinrichtungen wie Nachverbrennung oder Wäscher können kleiner dimensioniert werden. Durch spezielle Dichtungssysteme mit Zwischenspülung können Drehrohröfen auch unter brennbaren Atmosphären betrieben werden. Linn High Therm baut Drehrohröfen vom Minidrehrohrföfen mit 150 mm beheizter Länge und 25 mm Durchmesser bis zum Produktionsföfen mit 6 m Länge und 500 mm Durchmesser.

Individuelle Anpassung

Laboröfen mit schutzgas- oder vakuumdichter rechteckiger Muffel besitzen Vorteile gegenüber dem Rohföfen mit bequemem Handling und besserem Nutzraumangebot. Metalle sind das gängigste Material für Schutzgasretorten. Die verwendeten Legierungsqualitäten müssen der Einsatztemperatur und dem Prozess angepasst werden. Wegen ihrer guten Hochtemperaturfestigkeit werden hauptsächlich austenitische Stähle verwendet. Für spezielle Anwendungen z. B. beim Gasnitrieren und in schwefelhaltigen Atmosphären bieten ferritische Stähle jedoch Vorteile. Mit der Nickellegierung Inc 602 CA wurde der maximale Temperaturbereich inzwischen auf 1200 °C erweitert.

Besonderes Augenmerk muss der Türkonstruktion gewidmet werden. Der Türflansch muss wegen des verwendeten Dichtungsmaterials gekühlt werden und entspricht daher im Aufbau eher einem Kaltwandföfen. Die ideale Lösung sind Schirmbleche hin zum heißen Bereich, die für ein moderates Temperaturgefälle im Muffelmaterial sorgen, ein anschließender Isolationsstopfen zum Abbau der Resttemperatur sowie ein senkrecht herausgeführter Muffelkranz, der die durch die thermische Leitfähigkeit des Muffelmaterials bedingte Belastung der Dichtung verringert.

Die höchsten Temperaturen kann man in Kaltwand-Öfen erzeugen. Man unterscheidet zwei Bauarten, den klassischen Kaltwandföfen mit einer Isolation aus Strahlungsschirmen und Öfen mit einer Isolation aus keramischer Wolle oder Graphitföfz. Bei Kaltwandföfen befinden sich Heizer und Isolation in einer gasdichten bzw. vakuumdichten Kammer. Das heißt, die abdichtende Wand bleibt kalt, aber Isolation und Heizleiter sind der Ofenatmosphäre und Temperatur ausgesetzt. Dies muss bei der Auswahl des Materials berücksichtigt werden und kann abhängig von der Art der Charge sowie der Wärmebehandlung zu unterschiedlichen Ofenkonzepten führen. Als Heizleiter kommen die Refraktärmetalle wie Molybdän, Wolfram, Tantal und die auch in Luft eingesetzten Heizer wie FeCrAl und Molybdändisilizid in Frage. Abhängig von der jeweiligen Atmosphäre ist die maximale Temperatur jedoch beschränkt.

Für Extremsituationen

Die Bauserie HT1400 bis HT1900 ist modular aufgebaut. Jeder Ofen kann dadurch an individuelle Kundenbedürfnisse angepasst werden. Es stehen Ausführungen von 4–56 l Nutzraum und Temperaturbereiche von 1400–1820 °C (Graphit beheizt bis 2100 °C) zur Verfügung. Optional kann zwischen verschiedenen Vakuumpumpständen, Begasungsanlagen, Abfackelung und Sicherheitseinrichtungen für den Betrieb mit explosiven Gasen gewählt werden. Durch den Einsatz moderner Regler mit SPS-Ausstattung lassen sich alle notwendigen Schaltfunktionen komplett automatisieren. Durch großzügige Leistungsauslegung und die Doppelkammerkonstruktion lassen sich schnelle Aufheiz- und Abkühlraten erzielen.

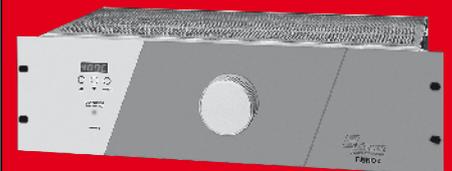
Sonderöfen mit Graphitheizern und Isolation erschließen den Temperaturbereich bis 2600 °C. Soll aber unter Hochvakuum $<10^{-4}$ mbar oder bei Taupunkten <-40 °C gearbeitet werden, baut man die Öfen mit Heizern und Strahlungsschirmblechen aus

Refraktärmetallen, meist Wolfram oder Molybdän. Ein gewünschter Nebeneffekt dieser Bauweise ist die geringe Wärmespeicherung. In Kombination mit Hochdruckgasabschreckung wird diese Bauweise auch bei Vakuum-Härteöfen eingesetzt.

LINN HIGH THERM
2855550

WWW
www.vfv1.de/#2855550

**Auf Spurensuche:
NO_x Konverter ...
... im 19" Gehäuse.**



**Buenox
NO_x - Konverter**

Durch Umwandlung von NO₂ in NO ermöglicht das Gerät eine einfache und kostengünstige NO₂ Überwachung mit IR Analysatoren.

- hohe Konvertierungsrate schon bei 400 °C
- hohe NO₂ Maximalbelastbarkeit
- lange Standzeiten
- einfacher Wechsel der Reaktorpatrone ohne Werkzeug

**BÜHLER
TECHNOLOGIES**

BÜHLER TECHNOLOGIES GMBH
FON: 02102/4989-0 FAX: 02102/4989-20
www.buehler-technologies.com

Weitere Informationen 2417930 www.vfv1.de/#2417930