



## Technische Daten

- Höhe x Gewicht x Länge: 2500 x 1000 x 2600 mm<sup>3</sup>
- Höchsttemperatur: bis zu 2200°C
- Heizelemente: Grafit (standard), Molybdän, MoSi<sub>2</sub>
- Atmosphären: Oxidierend (nur mit MoSi<sub>2</sub>-Heizungen), Vakuum, inert, reduzierend
- Durchmesser des Messfensters: 60 mm
- Auflösung: 0,4 µm

## Kundenutzen

- Berührungsloser optischer Messmodus
- Keine mechanische Einwirkung auf die Probe
- Atmosphärenkontrolle während der Wärmebehandlung
- Keine Grenzflächenreaktionen oder Anbackungen
- Keine beweglichen mechanischen Teile
- Zweidimensionale Dimensionsmessung
- Gleichzeitige Messung von bis zu 20 Parametern
- Gleichzeitige Messung von bis zu drei Proben
- Geringes Rauschen und hohe Reproduzierbarkeit



Das Fraunhofer-Zentrum HTL ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert

## Kontakt

Jens Baber  
Tel. +49 931 4100 248  
jens.baber@isc.fraunhofer.de

Dr. Andreas Diegeler  
Tel. +49 9342 9221 702  
andreas.diegeler@isc.fraunhofer.de

Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL  
Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth  
www.htl.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.,  
München 2021



**Fraunhofer**  
ISC

Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

ThermoOptische  
Messanlage TOM\_ac

# TOM\_ac

TOM\_ac ist ein vakuumdichter Messofen, der eine berührungslose Dimensionsmessung von Proben bei hohen Temperaturen ermöglicht. Er ermöglicht in situ Messungen während der Wärmebehandlung von Materialien in kontrollierter Atmosphäre. Gemessene Phänomene sind:

- Thermische Ausdehnung
- Sinterung
- Verformung
- Benetzung

Heterogene und schwache Proben sowie Proben mit unregelmäßiger Form können untersucht werden. Eine sehr hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit wird durch ein spezielles optisches System und eine intelligente Bildanalysesoftware erreicht. Der Benutzer definiert Messfenster, um quantitative Informationen über Höhe, Breite oder andere geometrische Eigenschaften zu erhalten. Es können bis zu 20 Größen gleichzeitig gemessen werden.

Zusatzgeräte ermöglichen die Untersuchung weiterer Phänomene bei hohen Temperaturen:

- Kriechen
- Viskoelastisches Verhalten
- Adhäsion
- Rissbildung
- Gewichtsveränderungen
- Infiltration



## Anwendungen

TOM\_ac wird für Wärmebehandlungen im Vakuum, unter inerte oder reduzierender Atmosphäre eingesetzt. Es ermöglicht Untersuchungen an vielen Materialien wie Pulvermetallen, nichtoxidischen Keramiken, Schlacken oder Schmelzen.

Pulverförmige Metalle und Keramiken werden durch Sintern verdichtet und verfestigt. Die Sinterschrumpfung ist der aussagekräftigste Indikator für den Sinterungszustand. TOM\_ac überwacht Schrumpfung und Verzug bei hohen Temperaturen. Die Reproduzierbarkeit der Schrumpfkurven liegt innerhalb von 0,1 %. Diese hervorragende Reproduzierbarkeit ermöglicht die Verwendung von TOM\_ac zur Kontrolle der Homogenität des Grünlings. Die Pyrolyse des Bindemittels wird mit einer zusätzlichen Thermowaage gemessen. Eine Schallemissionsanalyse kann installiert werden, um die Rissbildung während der Wärmebehandlung zu überwachen. Die viskoelastischen Eigenschaften werden mit einer Belastungsstation gemessen.

Hochtemperaturuntersuchungen an schwachen Materialien wie Schlacken und Schmelzen sind besonders schwierig. Dimensionsänderungen während der Wärmebehandlung können mit TOM\_ac untersucht werden. Mit der Thermowaage können alle Arten von Reaktionen gleichzeitig untersucht werden. Benetzungseigenschaften werden mit der Sessile-Droplet-Methode untersucht, und Kontaktwinkel werden in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Zeit beobachtet. Aufgrund des großen Probenvolumens werden selbst bei heterogenen Materialien aussagekräftige Ergebnisse erzielt. Auch die Infiltration von Schmelzen in poröse Proben kann untersucht werden.

## Technische Lösung

TOM\_ac kombiniert einen vakuumdichten Ofen mit einem optischen Dilatometer. Die Probe wird von einer LED-Anordnung gleichmäßig beleuchtet. Ihre Kreuzlichtsilhouette wird von einer CMOS-Kamera in einem telezentrischen Strahlengang aufgenommen. Dimensionsänderungen der Probe werden von einer speziell entwickelten Bildanalysesoftware registriert; die Probe kann eine beliebige Form bis zu einer Größe von etwa 40 mm haben.

TOM\_ac wird von einem Standard-PC gesteuert und über eine komfortable grafische Benutzeroberfläche bedient. Der Benutzer definiert die Position von Messbereichen oder -linien, indem er bestimmte Fenster innerhalb des Konturbildes setzt. Diese Fenster werden während der Wärmebehandlung angepasst, um Änderungen der Probengeometrie und -position zu berücksichtigen. Mehrere Bilder werden gemittelt, um thermisches Flimmern bei der Dimensionsmessung zu reduzieren. Neben den Daten über Dimensionsänderungen können sowohl Einzelbilder als auch Zeitraffer-Videos der Wärmebehandlung erstellt werden.

