

Hochtemperatursondenköpfe aus Siliciumnitridkeramik

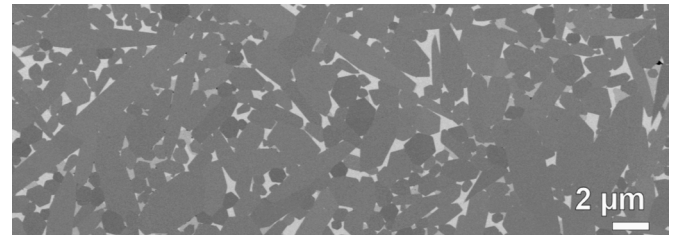
Die Fluiddynamische Messtechnik und Strömungsmechanik ist ein Baustein, um den Wirkungsgrad von Turbomaschinen im Bereich der Luftfahrt und Gasturbinentechnik zu steigern. Bisherige Lösungen zur Messung von Temperatur und Druck sind aufgrund der hohen Temperaturen in Gasturbinen nicht möglich oder erfolgen indirekt (aufwendig, ungenau) und führen zu Effizienzeinbußen. Daher entwickelt das IKTS hochtemperaturbeständige Sondenköpfe aus Keramik (Bild 1) mit denen direkte Messungen hinter der Brennkammer möglich werden.



Sondenkopf aus hochtemperaturbeständigem Siliciumnitrid (Design Vectoflow).

Hochtemperaturbeständige Keramik

Kennzeichnend für den Sondenkopf ist eine hochtemperaturbeständige Siliciumnitridkeramik (Si_3N_4), die für den Einsatz unter oxidierenden Bedingungen bis zu einer Temperatur von $1400\text{ }^\circ\text{C}$ an Luft entwickelt wurde. In Bild 2 ist das Gefüge des 3D-gedruckten Siliciumnitridwerkstoffs dargestellt. Die homogene und nahezu porenfreie Mikrostruktur verbunden mit dem Einsatz spezieller Sinteradditive ermöglicht auch im Hochtemperaturbereich ein hohes mechanisches Eigenschaftsniveau. Selbst bei $1400\text{ }^\circ\text{C}$ zeigt der Werkstoff noch eine Festigkeit im Bereich von 340 MPa . Verbunden mit einer sehr guten Thermoschockbeständigkeit ist der Si_3N_4 -Werkstoff somit bestens für konstruktive Anwendungen unter extremen Bedingungen geeignet.



FE-SEM-Aufnahme vom Gefüge des 3D-gedruckten Siliciumnitridwerkstoffs.

Fertigung komplexer Designs

Für die Fertigung der Sondenköpfe nutzt das IKTS die 3D-Drucktechnologie CerAM VPP. Dieses Lithographie-basierte Verfahren ermöglicht die Fertigung komplexer Designs mit einer sehr hohen Genauigkeit. Die für den Druck der Hochtemperatursondenköpfe verwendeten Suspensionen wurden dabei speziell auf den Werkstoff angepasst.

Leistungsangebot

1. Entwicklung von Hochtemperatursondenköpfen für Einsatzbereiche bis $1400\text{ }^\circ\text{C}$ an Luft
2. Werkstoffentwicklung und mechanische Werkstoffprüfung bis $1500\text{ }^\circ\text{C}$ unter verschiedenen Atmosphären
3. Suspensionsentwicklung, additive Fertigung, Sintertechnologie
4. Beratung zum Design von additiv gefertigten Keramikkomponenten

Mechanische Eigenschaften und Oxidationsrate des via CerAM VPP gefertigten Siliciumnitrids

Größe	Wert
Festigkeit bei Raumtemperatur	480 MPa
Festigkeit bei $1400\text{ }^\circ\text{C}$	340 MPa
Festigkeit nach Oxidation für 200 h bei $1400\text{ }^\circ\text{C}$ an Luft	320 MPa
Oxidationsrate nach 200 h bei $1400\text{ }^\circ\text{C}$ an Luft	$3,1 \times 10^{-4}\text{ mg / cm}^2\text{h}$



High-temperature probe heads made of silicon nitride ceramics

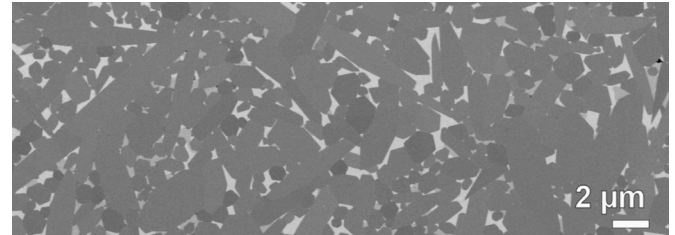
Flow measurement technology and fluid mechanics is a building block for increasing the efficiency of turbomachinery in the field of aviation and gas turbine technology. Previous solutions for measuring temperature and pressure are not possible due to the high temperatures in gas turbines or are indirect (complex, inaccurate) and lead to efficiency losses. IKTS is therefore developing high-temperature-resistant ceramic probe heads (Figure 1) that enable direct measurements behind the combustion chamber.



Probe head made of high-temperature-resistant silicon nitride (Design Vectoflow).

High-temperature-resistant ceramics

Characteristic for the probe head is a high-temperature-resistant silicon nitride ceramic (Si_3N_4), which was developed for use under oxidizing conditions up to a temperature of 1400 °C in air. Figure 2 shows the microstructure of the 3D-printed silicon nitride material. The homogeneous and almost pore-free microstructure combined with the use of special sintering additives enables a high level of mechanical properties even in the high-temperature range. Even at 1400 °C, the material still exhibits a strength in the range of 340 MPa. In combination with a very good thermal shock resistance, Si_3N_4 is therefore ideally suited for structural applications under extreme conditions.



FE-SEM image of the microstructure of 3D-printed silicon nitride.

Manufacturing of complex designs

IKTS uses the 3D printing technology CerAM VPP to manufacture the probe heads. This lithography-based process enables the production of complex designs with a very high degree of accuracy. The suspensions used to print the high-temperature probe heads were specially adapted to the material.

Services offered

1. Development of high-temperature probe heads for applications up to 1400°C in air
2. Material development and mechanical material testing up to 1500 °C under different atmospheres
3. Suspension development, additive manufacturing, sintering technology
4. Advice on the design of additively manufactured ceramic components

Mechanical properties and oxidation rate of the silicon nitride produced via CerAM VPP

Parameter	Value
Strength at room temperature	480 MPa
Strength at 1400 °C	340 MPa
Strength after oxidation for 200 h at 1400 °C in air	320 MPa
Oxidation rate after 200 h at 1400 °C in air	3.1×10^{-4} mg / cm ² h

Dr. Eveline Zschippang

Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS
Winterbergstrasse 28, 01277 Dresden, Germany
Phone +49 351 2553-7983
eveline.zschippang@ikts.fraunhofer.de

