


advancer[®]

NEWSLETTER 1/2014

Der Begriff AdvanCer beinhaltet Vorwärtsorientierung, Fortschritt und Gewinn. Keramikhersteller und -anwender finden in dem Namen darüber hinaus ihren Hochleistungswerkstoff »Advanced Ceramics« wieder – den Werkstoff, der uns viele Zukunftschancen bietet. AdvanCer möchte Ihnen innovative Anwendungen von Hochleistungskeramik vorstellen: Systemlösungen mit »Ceramics inside« von heute und morgen.


INHALT



Seite 1/2
Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen



Seite 3
Erfolgsgeschichten zur Hochleistungskeramik

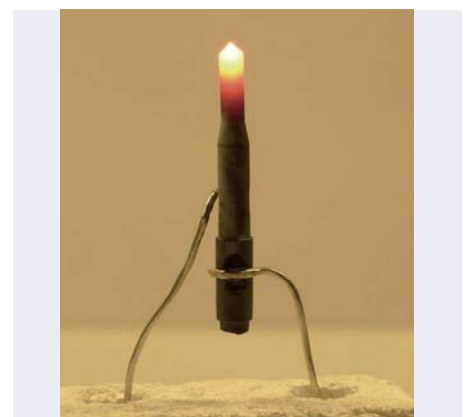


Seite 4
Highlights
Staatspräsidentin Park besucht Fraunhofer IKTS

KERAMISCHE WERKSTOFFE FÜR ELEKTRISCHE ANWENDUNGEN

Neben dem klassischen Einsatz im Maschinen- und Anlagenbau bieten Strukturkeramiken mit elektrischen Funktionen auch Anwendungsmöglichkeiten im Bereich elektrischer Heizelemente, Sensortechnik oder regenerativer Energiegewinnung.

Dabei sind es oftmals die herausragenden mechanischen Eigenschaften, insbesondere im Hochtemperaturbereich, oder die exzellente chemische und abrasive Beständigkeit, die ein hohes Innovationspotenzial für elektrische Anwendungen versprechen. Siliziumnitrid (Si_3N_4) ist ein etablierter Konstruktionswerkstoff für extreme mechanische und thermische Einsatzfelder. Die hohe Zuverlässigkeit des Si_3N_4 beruht auf einer einzigartigen Kombination von Eigenschaften: eine enorme Festigkeit ($> 800 \text{ MPa}$) bei gleichzeitig guter Zähigkeit, eine gute Temperaturwechselbeständigkeit und eine geringe Wärmeausdehnung ($\sim 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Durch ihre hohe Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit bis 1400 °C sind Si_3N_4 -Werkstoffe für Anwendungen im Hochtemperaturbereich prädestiniert. In Kombination mit elektrisch leitfähigen Phasen wie Siliziumcarbid (SiC) und/oder Molybdändisilicid

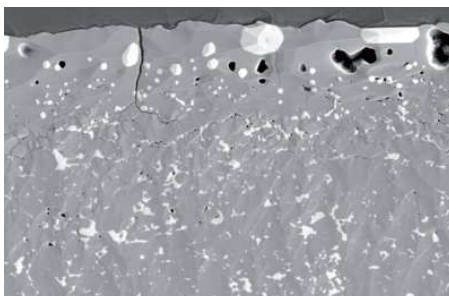


Glühkerze aus Si_3N_4 -SiC-MoSi₂-Kompositen über 2-K-Niederdruckspritzgussverfahren.

(MoSi₂) entstehen Komposite, deren elektrische Leitfähigkeit von metallähnlich bis semiisolierend reicht. Diese Komposite können als Heizleitermaterial, beispielsweise in Glühkerzen, eingesetzt werden und

FORTSETZUNG ÜBERSICHTSBEITRAG

ermöglichen Betriebstemperaturen bis zu 1400 °C. Dabei bleiben die hohe Steifigkeit und das Festigkeitsniveau des Keramikwerkstoffs erhalten. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und die für Keramiken außergewöhnliche Bruchzähigkeit erlauben es, sehr hohe Aufheiz- oder Abkühlgeschwindigkeiten zu realisieren. Da aktive keramische Heizelemente keine tragenden Komponenten benötigen, können sie im Vergleich zu metallischen Heizelementen im Hochtemperaturbereich mit deutlich geringerer thermischer Trägheit und geringerem Energieeinsatz betrieben werden. Mit diesem Eigenschaftsprofil ergeben sich gerade für elektrische Anwendungen klare Vorteile gegenüber metallischen Werkstoffen. Ein weiterer interessanter Werkstoff in diesem Bereich ist Siliziumcarbid. Von besonderer Bedeutung für die Einstellung einer definierten elektrischen Leitfähigkeit von SiC bzw. SiC-Kompositen sind deren Halbleitereigenschaften. Im Allgemeinen kann der Widerstand von SiC durch Dotieren mit Stickstoff, Bor oder Aluminium zwischen 10^{10} und 10^{-3} angepasst werden. Höhere Widerstände des SiC lassen sich durch eine Dotierung mit Vanadium erzeugen. Eingesetzt werden SiC-Werkstoffe auch als offene zellige Schaumkeramiken, die je nach



Gefüge eines Si_3N_4 -SiC-Komposits nach 1000-stündiger Oxidation bei 1300 °C.

Anwendung sowohl für eine direkte als auch eine indirekte Wärmeübertragung ausgelegt werden können. Mit der Option des direkten elektrischen Heizens ist es möglich, Katalysatorträger oder Filter unmittelbar zu reinigen. Ein zeitaufwendiges und zugleich kostenintensives Ausbauen und Warten der Filter lässt sich somit oftmals vermeiden. Dabei kann es sehr vorteilhaft sein, wenn mehrere Funktionen, wie



SiC-Schaumkeramiken.

beispielsweise Wärmetauscher-, Katalysatorträger- und Heizleiterfunktion, in einem Bauteil oder einer Bauteilkomponente vereinigt werden. Bereits seit Langem etabliert und technisch ausgereift ist die thermische Abschaltfunktion von Bariumtitanatheizern durch Wechsel von elektrischer Leitung auf elektrische Isolation infolge eines Phasenwechsels des Werkstoffs.

Neben SiC zeichnen sich auch Titansuboxide durch eine außergewöhnlich hohe Variabilität bei der elektrischen Leitfähigkeit aus. Titansuboxide können relativ einfach durch partielle Oxidation von Titan oder durch die Reduktion von Titandioxid hergestellt werden. Während Titandioxid ein elektrischer Isolator ist ($\rho > 10^{13} \Omega\text{cm}$), erreichen die Suboxide elektrische Widerstände bis zu $10^{-5} \Omega\text{cm}$. Die Suboxide existieren als sogenannte Magnéli-Phasen ($\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$). Zwischen diesen Phasen verändert sich die elektrische Leitfähigkeit um mehrere Größenordnungen. Dadurch sind die Titansuboxide als elektrische Widerstände (z. B. Heizelemente) oder als Elektroden in chemisch aggressiven Umgebungen interessant. Hier hat sich dieser kostengünstige Werkstoff bereits als zuverlässig und funktionsfähig bewährt. Andere technisch relevante Eigenschaften wie Ausdehnungskoeffizient, E-Modul oder Wärmeleitfähigkeit sind sehr ähnlich, so dass sich ein Systemaufbau vereinfachen kann. Nachteilig ist, dass Titansuboxide bei Temperaturen von über 300 °C wieder oxidieren und Titandioxid bilden. Durch angepasste Schutzschichten kann dieser Vorgang allerdings verhindert werden, so dass auch ein Einsatz bei hohen Temperaturen möglich ist. Hier sind die technisch

denkbaren Optionen zum größten Teil noch nicht erschlossen.

Auf dem Weg zu einem Bauteil für elektrische Anwendungen ist es essenziell, dass der elektrische Widerstand definiert eingestellt werden kann. Im Zielkonflikt aus Bauteildesign und den geforderten Betriebsparametern ist die Anpassung der Werkstoffeigenschaften oftmals die einzige Stellschraube. Hierfür nutzt das Fraunhofer IKTS simulationsgestützte Berechnungen, die zuverlässige Prognosen zu kritischen Betriebsparametern in Verbindung mit Werkstoffeigenschaften, Bauteilgeometrien und Prozessbedingungen liefern.

Die hier beschriebenen Einsatzmöglichkeiten von Siliziumnitrid, Siliziumcarbid und Titansuboxiden stellen einen Ausschnitt aus gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer IKTS dar.



Applikationsoptimiertes SiC-Heizelement für extrem schnelle Aufheizgeschwindigkeiten.

Neben den beschriebenen Werkstoffsystemen stehen weitere Keramiken mit vielfältigen und einzigartigen Eigenschaftskombinationen, wie Borcarbid, Bariumtitanat oder Zirconcarbid, zur Verfügung. Denn auch in Hinblick auf die Verknappung und Kostensteigerung von wirtschaftsstrategischen Heizleiterrohstoffen wie Molybdän oder Wolfram haben Keramiken das Potenzial, kritische Rohstoffe zu ersetzen und somit einen Beitrag zum Ausbau von Zukunftstechnologien zu leisten.

KONTAKT

Dr. Hans-Peter Martin

Fraunhofer-Institut für Keramische
Technologien und Systeme IKTS
hans-peter.martin@ikts.fraunhofer.de

ERFOLGSSTORIES

WÄRME GEZIELT DORTHIN BRINGEN, WO SIE BENÖTIGT WIRD

Bei der Bach Resistor Ceramics GmbH werden vollkeramische Heizelemente für Anwendungen bis 1000 °C konstruiert und gefertigt – von Miniaturheizern mit wenigen Quadratmillimetern beheizter Fläche bis hin zu großen mehrzonigen Heizplatten mit 450 mm Durchmesser. Dabei setzt das Unternehmen eine selbst entwickelte und patentierte Technologie ein: Der elektrisch leitfähige Heizleiter aus dotiertem Siliziumnitrid wird vollständig von einer Hülle aus isolierender Siliziumnitridkeramik umschlossen. Mittels Heißpresstechnologie werden die beiden Komponenten zu einem homogenen Körper gesintert. Die Besonderheit dabei ist, dass die beiden Materialien in ihren thermischen Eigenschaften, insbesondere der Wärmedehnung, so gut aufeinander angepasst sind, dass sehr hohe



Jan Paul Bach, Geschäftsführer der Bach Resistor Ceramics GmbH.

Leistungsdichten (bis 150 W/cm²) und Aufheizraten (bis 300 K/s) möglich sind. Die Verschleiß- und Alterungsbeständigkeit des verwendeten Materials garantieren auch beim Einsatz in aggressiven Medien sehr lange Produktlebensdauern. Aufgrund der niedrigen thermischen Masse sind die Heizelemente sehr gut regelbar. Dank der guten mechanischen Kennwerte von Siliziumnitrid sind auch hohe Temperaturgradienten und sogar der Einsatz als Pressenheizung mit dauernder mechanischer Belastung möglich. So lassen sich verschiedenste Anwendungen realisieren: Das Zünden von Holzpellets mit Glühzünden gehört ebenso dazu wie beheizte



Heizring für Siegelanwendungen.

Werkzeuge in der Kunststoff- und Verpackungsindustrie oder im Maschinenbau. Für den Einsatz in der Halbleiterindustrie ist außerdem die hohe Formstabilität und gleichbleibende Ebenheit auch bei hohen Temperaturen ein klarer Pluspunkt. Die Strukturen des Heizleiters können im Grünzustand sehr variabel in die Heizelemente eingebracht werden. So kann die Wärme gezielt an den Stellen erzeugt werden, wo sie tatsächlich benötigt wird. Mit Schleif- oder Laserbearbeitung können die Heizelemente hochpräzise und sehr flexibel bearbeitet werden. Dünne Bohrungen und geschliffene Schneiden sind ebenso möglich wie verschiedenartigste Außenkonturen oder Oberflächenstrukturen.

ERFOLGREICHE TRANS-ATLANTIK-PARTNERSCHAFT

Eine langjährige erfolgreiche Allianz zeichnet die deutsche Berghütten GmbH und I Squared R Element Co., Inc., einen der weltweit führenden Hersteller von elektrischen Hochtemperatur-Heizelementen aus. Berghütten ist Spezialist für Vertrieb und Weiterverarbeitung metallischer Heizleiterlegierungen sowie Konstruktion, Produktion und Vertrieb verschiedenster elektrischer Heizelemente für Industrieöfen und thermische Prozesse. Heute ist das hessische Unternehmen der größte Vertriebspartner der Amerikaner in Europa.

Das grundlegende Prinzip eines elektrischen Widerstand-Heizelements auf Basis von gebundenem, rekristallisiertem Siliciumcarbid (SiC) wurde bereits vor über 100 Jahren erfunden. Aktuell gibt es kein besseres Verfahren der elektrischen Beheizung für den Temperaturbereich von 1200 bis 1600° C. Die Vorteile elektrisch leitender, keramischer SiC-Heizelemente sind beeindruckend:

Sie schmelzen nicht, sind formstabil, lassen sich einfach und punktgenau auf die erforderliche Temperatur regeln und sind betriebswirtschaftlich effizient.

Die Weiterentwicklung der SiC-Heizelemente wird maßgeblich durch Kundenanforderungen für neue Produkte und verbesserte Prozesse bestimmt. Die Vertriebsingenieure von Berghütten arbeiten hier Hand in Hand mit den Produktionsspezialisten von I Squared R Element zusammen. So kommt z. B. die neu entwickelte »thin wall«-Technologie, der Forderung nach einer längeren Lebensdauer der Heizstäbe und den damit verbundenen, reduzierten Betriebskosten nach.



Doug White, Vice President, I Squared R Element (links) und Michael Hock, Geschäftsführer, Berghütten GmbH (rechts).

Mit einer höheren Dichte der SiC-Körner, unter Beibehaltung des gleichen Widerstands für die »heiße Zone«, ist es gelungen, eine verbesserte Porosität herzustellen. Somit kann die oxidierende Oberfläche des Heizstabs reduziert und die Lebensdauer erhöht werden. Ein weiteres Thema ist die Verbesserung des Wirkungsgrads. Durch eine geänderte Rezeptur konnte der Widerstand in der »kalten Zone« reduziert und die Verlustleistung außerhalb der eigentlichen Heizzone deutlich gegenüber den Produkten der Wettbewerber gesenkt werden.



SiC-Heizelement, Typ U, in der Aufheizphase.



TERMINE

AdvanCer-Schulung »Keramische Hochleistungswerkstoffe«

- Teil 1: Werkstoffe, Verfahren
25./26. Juni 2014 in Dresden
- Teil 2: Bearbeitung
7./8. Mai 2014 in Berlin
- Teil 3: Konstruktion, Prüfung
13./14. November 2014 in Freiburg

www.advancer.fraunhofer.de

Veranstaltungen am Fraunhofer IKTS Dresden

- Workshop »Additive Fertigung von Keramik«, 20./21. Mai 2014
- Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen«, 5./6. Juni 2014

NEWS

SÜDKOREANISCHE STAATS-PRÄSIDENTIN BESUCHT FRAUNHOFER IKTS

Die Staatspräsidentin der Republik Korea, Park Geun-hye, besuchte im Rahmen ihres offiziellen Staatsbesuchs Ende März in Deutschland auch das Fraunhofer IKTS in Dresden. Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer und Professor Alexander Michaelis, Leiter des IKTS, trafen sich mit dem hohen Gast zu einem kurzen Austausch und führten die Präsidentin durch das Institut und den Treffpunkt Keramik. Park Geun-hye wurde von einer Delegation aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft

sowie von Pressevertretern aus Korea begleitet. Auf deutscher Seite waren unter anderem der Ministerpräsident des Freistaats Sachsen, Stanislaw Tillich, anwesend sowie die sächsische Wissenschaftsministerin Professor Sabine Freifrau von Schorlemer und der Erste Bürgermeister der Stadt Dresden, Dirk Hilbert.

ADVANCER INTENSIVIERT FORSCHUNG IM BEREICH VON CMC

Das Einsatzpotenzial von Hochleistungskeramiken ist enorm, jedoch hemmen die hohen Fertigungskosten industrielle Hersteller, Komponenten dauerhaft innerhalb der Endanwendermärkte zu platzieren. Der Markt für faserverstärkte Keramiken ist aufgrund des verhältnismäßig hohen Werkstoffpreises bisher auf wenige Anwendungen beschränkt, in denen die positiven Eigenschaften der CMCs, wie etwa die gleichzeitige thermische und mechanische Belastbarkeit, unabdingbar sind. Das Potenzial des Werkstoffs in der stationären Energietechnik (Gasturbinen, Mikrogasturbinen) oder Luftfahrt (Triebwerkstechnik) ist jedoch beachtlich, um eine deutliche Gewichtsreduzierung gegenüber bestehenden Werkstoffen und eine wesentliche Effizienzsteigerung durch Erhöhung der Verbrennungstemperatur zu erreichen. Die Fraunhofer-Allianz AdvanCer forscht an der Entwicklung kostengünstiger Herstellungsverfahren für keramische Verbundwerkstoffe. Neben der Optimierung bestehender Verfahren werden neue Wege über kostengünstige Spritzgussverfahren entwickelt, um Anwendern den Transfer in die industrielle Produktion zu erleichtern.

ALEXANDER MICHAELIS ERHÄLT FRAUNHOFER-MEDAILLE

Professor Alexander Michaelis, Institutsleiter des Fraunhofer IKTS, wurde Ende Januar eine besondere Ehrung zuteil. Im Rahmen der Vision Keramik 2014 überreichte ihm der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Professor Reimund Neugebauer die begehrte Fraunhofer-Medaille. Diese wird an Personen verliehen, die sich um die Fraunhofer-Gesellschaft besonders verdient gemacht haben.

Das Fraunhofer IKTS lädt alle zwei Jahre zum Symposium Vision Keramik ein, bei dem die Potenziale innovativer Keramiktechnologien für neue Lösungen vom Werkstoff bis zum System im Bereich der Struktur- und Funktionskeramik aufgezeigt werden. Der Schwerpunkt der diesjährigen Veranstaltung lag auf den Bereichen der Energie- und Umwelttechnologie und den »Smart Materials«, die sich derzeit dynamisch entwickeln.

IMPRESSUM

Herausgeber: Fraunhofer-Allianz AdvanCer
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7504
advancer@ikts.fraunhofer.de
www.advancer.fraunhofer.de

Redaktion: Susanne Freund, Andrea Gaal

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung der Fraunhofer-Allianz AdvanCer. Bildnachweis auf Anfrage.