

Dauerläufer mit Profil

Hochleistungskeramiken als Basis für effektive Prozesse in der mechanischen Verfahrenstechnik

Wo metallische Komponenten an Leistungsgrenzen stoßen, kommen keramische Hochleistungs-Werkstoffe zum Zug. In der mechanischen Verfahrenstechnik betrifft dies hoch abrasiv und korrosiv beanspruchte keramische Komponenten, die nicht nur eine verlängerte Lebensdauer auszeichnet, sondern die auch neue Prozesse und Produkte ermöglichen.

GERHARD WÖTTING, WALTER MARTIN, KARL BERROTH

Technische keramische Werkstoffe auf oxidischer oder auch nichtoxidischer Basis sind metallischen Werkstoffen in vielen Belangen überlegen, insbesondere hinsichtlich Reibungs-, Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit sowie der thermischen Beständigkeit. Diese Vorteile nutzt die mechanische Verfahrenstechnik, um Prozesse zu verbessern, die Lebensdauer von Komponenten zu steigern und damit die Leistungsfähigkeit von Aufbereitungsgeräten und Apparaturen zu erhöhen.

Betrachtet man die „big four“ der technischen Keramik, dann handelt es sich um Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkonoxid (ZrO_2) in Form der teilstabilisierten Variante „TZP“ sowie um gesintertes Siliciumcarbid (SiC) und Siliciumnitrid (Si_3N_4), die sich dank spezifischer Eigenschaften für bestimmte Einsatzfälle qualifizieren. Lange Zeit kon-

ten die erwünschten Komponenten bezüglich Größe, Form und Komplexität nicht oder nur enorm aufwändig hergestellt werden. Forderungen aus der z.B. Nanotechnologie, aber auch Reinheitsforderungen der Lebensmittel- und Pharma-Industrie haben dazu geführt, dass neue Lösungen mit technischen Keramiken entwickelt wurden. Die beiden Keramikersteller FCT Hartbearbeitung und FCT Ingenieurkeramik unter dem Dach der FCT Fine Ceramics Technology haben diese Entwicklung mit begleitet.

Welche Keramik wofür?

Al_2O_3 ist das „Arbeitstier“ unter den Keramiken mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Die Verschleißbeständigkeit im Vergleich zu Metallen liegt bereits 50- bis 100-fach höher. Aufgrund des hohen E-Moduls, der geringen Bruchzähigkeit sowie der hohen Härte ist das Material relativ spröde, aber sehr gut korrosionsbeständig.



Rotoren können heute ebenfalls aus keramischen Werkstoffen hergestellt werden. Der Komponentenhersteller braucht dafür mehrachsige CNC-Bearbeitungsmaschinen und eine hohe Grünbearbeitungskompetenz.

Demgegenüber weist das teilstabilisierte ZrO_2 -TZP eine wesentlich höhere Festigkeit und Bruchzähigkeit auf, woraus sich in der Kombination mit dem vergleichsweise geringem E-Modul und der niedrigen Härte eine hohe Schlagfestigkeit ergibt. Es weist

G. Wötting ist Mitarbeiter, W. Martin Geschäftsführer der FCT Hartbearbeitungs GmbH, Sonneberg*; K. Berroth ist Geschäftsführer der FCT Ingenieurkeramik GmbH, Rauenstein**. *Tel. +49 (0) 36 75 / 4 27 05 - 0; **Tel. +49 (0) 3 67 66 / 8 68 - 0

Eigenschaften verschiedener Keramiken im Vergleich zu gängigen Metallen

Werkstoffe	Aluminiumoxid	Zirkonoxid	Aluoxid-Zirkonoxid	Siliciumcarbid	Siliciumnitrid	Stahl	Grauguss
	>99%	TZP	ATZ	S-SiC	SSN	Fe-Cr-Ni	GG-20
Dichte in g/cm ³	3,9	6	5,5	3,1	3,23	7,9	7,3
Biegefestigkeit in MPa (4-Pkt, 40/20mm)	300	1000	1100	450	800	1000	300
E-Modul in GPa	380	210	240	400	300	200	100
Bruchzähigkeit K_{Ic} in MPa·m ^{1/2}	3,5	10	8	3,5	6,5	140	20
Härte HV 10 in GPa	20	12	15	25	15	3	2
Wärmedehnung ·10 ⁻⁶ 1/K	7,8	11	10	4,5	3,5	10	12
Wärmeleitfähigkeit in W/mK	25	2	5	130	25	30	40
Chem. Beständigkeit (bewertet)	sehr gut	gut	gut	umfassend	gut	gering	gering
Verschleißfaktor ($K_{Ic}^{3/4} \cdot H^{1/2}$) (empirisch)	11	19	18	13	16	n.v.*	n.v.*
Rohstoffpreis in €/kg	10	70	85	25	30-80	n.v.*	n.v.*

*n.v.: nicht verfügbar



Bilder: FCT

eine dem Stahl ähnliche Wärmedehnung auf. Dadurch ist es gut mit Stahl zu fügen und verfügt über eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit, wodurch es für wärmeisolierende Einsätze qualifiziert ist. Aufgrund der Kombination der mechanischen Eigenschaften liegen der empirische Verschleißfaktor und auch experimentell ermittelte Werte wesentlich besser als bei Al_2O_3 . Ein Nachhaken (Heißisostatisches Pressen) steigert die Festigkeit sogar noch um etwa ein Drittel. Allerdings ist die Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu Al_2O_3 begrenzt und kann insbesondere unter hydrothermalen Bedingungen kritisch werden. Besonders im Hinblick auf die Hydrothermal-Beständigkeit erweist sich der Al_2O_3 - ZrO_2 -Composite-Werkstoff ATZ als deutlich besser, und er zeigt auch bei den verschiedenen Verschleiß-Kennwerten Vorteile gegenüber dem reinen ZrO_2 , obwohl die Mehrzahl von Eigenschaften recht ähnlich ist.

Das gesinterte SiC ähnelt in den mechanischen Eigenschaften dem Al_2O_3 . Deutliche Unterschiede bestehen jedoch in der geringeren Wärmedehnung und der wesentlich höheren Wärmeleitfähigkeit. Somit leiten SiC-Bauteile Wärme aus einem System besonders gut ab, z.B. die Reibungswärme einer Rührwerks-Kugelmühle. Des Weiteren weist das SiC aufgrund der hohen Härte eine exzellente Abrasionsbeständigkeit sowie eine nahezu umfassende chemische Beständigkeit auf. Vorteilhaft ist auch das insgesamt sehr gute tribologische Verhalten, das SiC zum bevorzugten Werkstoff für Gleitlager und Gleitringdichtungen macht. Das Si_3N_4 ist dagegen wiederum eher dem ZrO_2 ähnlich und weist eine sehr günstige Kombination von Festigkeit, Zähigkeit und Härte auf. Aufgrund der Gefügebearbeitbarkeit ist die Verschleißbeständigkeit exzellent, die Korrosionsbeständigkeit ist dagegen im Vergleich zu SiC etwas begrenzter.

Gezielte Entwicklungen innerhalb der FCT-Gruppe ermöglichen heute die wirtschaftliche Herstellung großvolumiger und komplex geformter Komponenten aus Hochleistungskeramik. Dies eröffnet eine ganze Reihe neuer technischer Möglichkeiten und Anwendungen.

Hochleistungsmühlen in Form von Rührwerks-Kugelmühlen sind heute in der Lage,

über reine mechanische (bzw. mechanisch-kolloidchemische) Mahlprozesse als „top-down“-Prozess Produkte bis in den Nanometer-Bereich ($< 0,1 \mu\text{m}$ bzw. $< 100 \text{nm}$) zu zerkleinern. Dies ist z.B. von Interesse für optisch aktive Substanzen wie ZnO und TiO_2 , für Beschichtungsmaterialien wie SiO_2 , für Farbpigmente und Lacke, aber auch für pharmazeutische Produkte und die Lebensmittel-Technologie oder die Erzaufbereitung.

Zur Realisierung hat auch beigetragen, dass abriebbeständige Mahlperlen mit Durchmessern von $100 \mu\text{m}$ und darunter aus z.B. ZrO_2 -TZP entwickelt wurden. Da derartige Mühlen aufgrund der großen Reibung und des hohen Energieeintrages viel verschleißfördernde Wärme entwickeln, sind solche Apparaturen häufig mit aufwändigen Kühlsystemen ausgestattet. Um diese Wärme effektiv abzuführen, ist SiC aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit der bevorzugte Werkstoff. Die größten derartigen SiC-Mahlzylinder erreichen heute Abmessungen von bis zu 500mm Durchmesser, 700mm Höhe und rund 70kg Gewicht, was weltrekordverdächtig ist.

Noch wesentlich diffiziler sind die eingesetzten Rotoren mit komplizierten Kugel-Agitatoren, Leitstrukturen und -führungen. Derartige Komponenten können heute ebenfalls in den drei genannten Werkstoffen ZrO_2 -TZP, SiC und Si_3N_4 gefertigt werden. Voraussetzung für eine kostenadäquate Fertigung ist eine hohe Grünbearbeitungs-Kompetenz und der Einsatz von mehrachsigen CNC-Bearbeitungsmaschinen.

Bewährt haben sich auch Walzenmäntel für Kalandrier zur Aufbereitung schmutzempfindlicher Pasten für die Elektronik, von Farben und Lacken sowie in der Nahrungsmittel-Industrie. Diese Teile werden mit Abmessungen bis zu 400mm Durchmesser und 900mm Länge bei Wandstärken von 15 bis 20mm aus den Werkstoffen SiC und auch Si_3N_4 hergestellt. Der Endbearbeitungszustand ist eine leicht ballige und feingeschliffene Außenfläche und eine gehobene, zylindrische Innenfläche mit Form- und Lagetoleranzen im Mikrometer-Bereich.

Fazit: Diese Beispiele zeigen, dass keramische Komponenten zu großen Fortschritten in der mechanischen Verfahrenstechnik geführt haben. Besonders großvolumige und komplex geformte leistungsfähige Keramikbauteile, wie sie FCT herstellt, sorgen für effektivere und/oder wirtschaftlichere mechanische Verfahren. ■

process.de

Zusätzliche Informationen unter www.process.de

InfoClick
268871