

SCHLEIFKÖRPER UND PORÖSE KERAMIKEN: DER E-MODUL ALS FESTIGKEITSKRITERIUM

Dr. Andreas Krell, Dipl.-Ing. Thomas Hutzler

Nicht nur poröse Keramiken für Filtration oder Katalyse sondern auch kompakte Schleifkörper benötigen eine hohe offene Porosität, unterliegen aber weit stärkeren Belastungen. Die Sicherung mechanischer Zuverlässigkeit ist deshalb für den technischen Einsatz maßgeblich. In der Schleifkörperfertigung gilt oft der Elastizitätsmodul (E-Modul) als einfach messbares Qualitätskriterium. Bei Neuentwicklungen ist zunächst unbekannt, welcher theoretische E-Modul einer neuen Zusammensetzung oder einer durch ein modifiziertes Brennregime veränderten Porenform im Erfolgsfall zuzuordnen ist.

Jede modellierende Berechnung muss hierzu die Vielzahl unterschiedlicher theoretischer Ansätze zur Beschreibung des E-Moduls in Abhängigkeit von Porosität, Porenform und Porenanordnung beachten. So weist z. B. das im linken Teil von Bild 1 gezeigte Gefüge mit isolierten Poren in kontinuierlicher Matrix bei gleicher Porosität einen offenkundig höheren E-Modul mit höherer mechanischer Stabilität auf als die rechts gezeigten partiell miteinander versinterten Partikel.

In Schleifkörper-Gefügen (Bild 3 und 4) werden unterschiedliche Brenntemperaturen und resultierende Viskositätsänderungen des als körniges Pulver zugesetzten Glasbinders die Topologie des Binders und die Form der Porenkanäle steuern. Andererseits sind natürlich auch die Zusammensetzungen der Schleifkörper mit den E-Modulen und Poisson-Zahlen der Komponenten zu berücksichtigen, z. B. wenn nominelle Diamant-Scheiben zusätzliches Al_2O_3 -Stützkorn enthalten oder dem Glasbinder eine feine Hartstoffkomponente als Verstärkung zugesetzt wird.

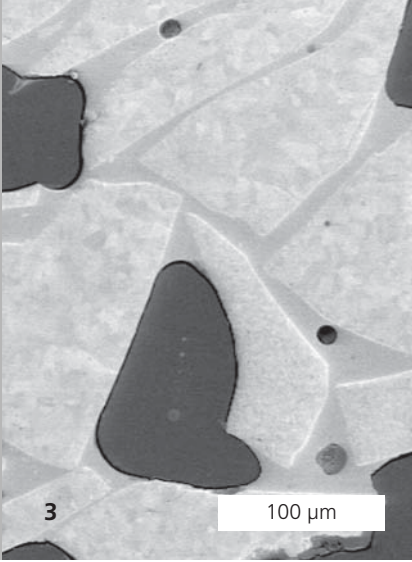
Im Auftrag des Fraunhofer IKTS wurde an der TU Dresden von Dr. W. Kreher auf Basis umfangreicher theoretischer Entwicklungen [1] ein auf Windows-Rechnern nutzbares Modellierungsprogramm entwickelt, das mit IKTS-Datensätzen u. a. zu Al_2O_3 , SiC, Diamant und unterschiedlichen Glasbindern die Berechnung effektiver E-Modulen und Poisson-Zahlen beliebiger

Hartstoffkombinationen erlaubt. Für kompakte Schleifkörper (Bild 4) oder andere poröse Teile (Bild 5) wird die Vorhersage des Porosität-E-Modul-Zusammenhangs unter Anpassung an unterschiedliche Brennregime, d. h. unterschiedliche Binder- und Poren-Konfigurationen, dadurch realisiert, dass die in Bild 2 gezeigte Eingabemaske folgende Unterschiede berücksichtigen kann:

- Unterschiedliche Formfaktoren der Glasbinderkomponente,
- Behandlung des Glasbinders als mit den Hartstoffpartikeln gleichberechtigte »Mischung« oder als »Matrix« sowie
- Eingabe eines Formfaktors für die Poren (Werte < 1 kennzeichnen längliche Kanäle) und Auswahl unterschiedlicher Poren-Topologien.

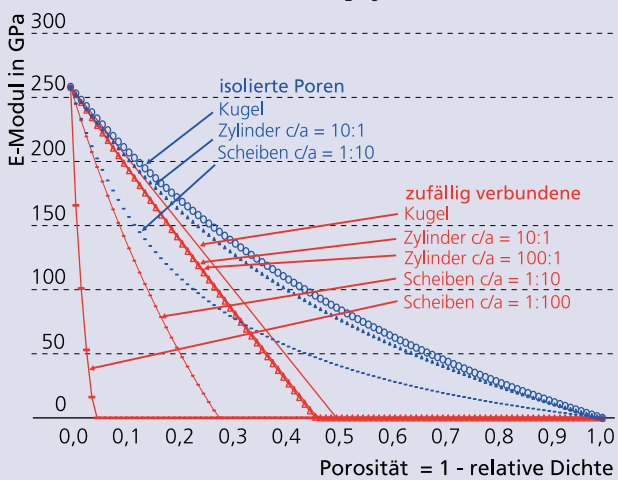
Falls erforderlich, kann zur Beschreibung fehlerhafter Körper auch eine eventuelle Defektpopulation berücksichtigt werden (im Eingabebeispiel: »Risse«).

Das erste Diagramm zeigt beispielhaft für Schleifkörper aus 60 Ma.-% Korund (Al_2O_3), 25 % kubischem Bornitrid (CBN) und 15 % Glasbinder den Einfluss unterschiedlicher Poren-Anordnung und Poren-Form auf die Abhängigkeit des E-Moduls von der Porosität (blau: Modell des effektiven Felds [Topologie Bild 1, links]; rot: Modell des effektiven Mediums für verbundene Poren [Topologie Bild 1, rechts]). Das zweite Diagramm demonstriert, wie der Vergleich gemessener und berechneter E-Modulen von Schleifkörpern aus 63 Ma.-% Korund (Al_2O_3), 14 % Siliziumcarbid (SiC) und 23 % Glasbinder auf eine hier noch zu niedrige Sinterung dieser bei 880 °C gebrannten Körper weist. Übereinstimmung wird unter der Annahme zylinderförmiger Porenkanäle erzielt, wenn der Glasbinder noch keine dünne, die Hartstoffpartikel umhüllende Matrix gebildet hat und der Schleifkörper eine (geringe) Riss-häufigkeit enthält.



MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

Einfluss unterschiedlicher Porenstrukturen auf die Abhängigkeit des E-Moduls von der Porosität am Beispiel eines glasgebundenen CBN-Al₂O₃-Schleifkörpers



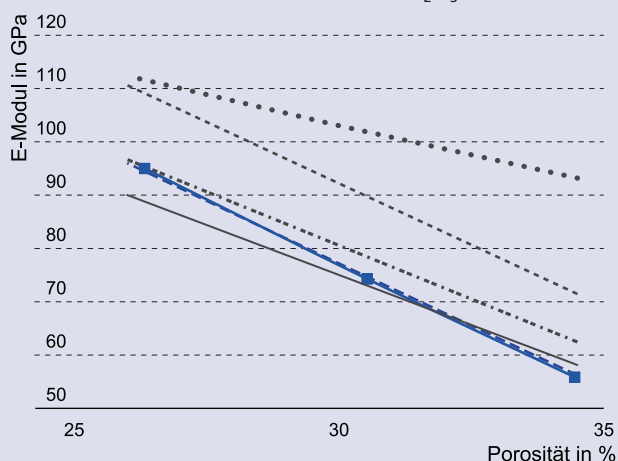
Leistungs- und Kooperationsangebot

- E-Modul/Porositäts-Modellierung komplexer Schleifkörper und anderer keramischer Teile in Abhängigkeit von Zusammensetzung und Gefüge-Topologie
- Entwicklung von Schleifkörpern und porösen Keramiken mit Festigkeitsanforderungen

Quellen

[1] W. Kreher, W. Pompe, Internal Stresses in Heterogeneous Solids, Akademie-Verlag, Berlin, 1989

Vergleich real gemessener und für verschiedene Poren- bzw. Defektstrukturen modellierter E-Moduln am Beispiel eines glasgebundenen SiC-Al₂O₃-Schleifkörpers



- Modell B: Glas = Matrix, isolierte Poren
- Modell C1: Glasphase punktuell
- Modell D: Glasphase punktuell, als dünner Film
- Modell C2: Glasphase punktuell, Zylinder-Poren, +0,07 % Risse
- Experiment
- Modell A: Glas = Matrix, verbundene Poren

- 1 Poröse Al₂O₃-Gefüge mit unterschiedlichen Porenstrukturen, zu beschreiben mit Modell des »effektiven Felds« (links) bzw. des »effektiven Mediums« (rechts).
- 2 Eingabemaske zur E-Modul-Berechnung.
- 3 Komplexes Schleifkörpergefüge aus polykristallinem Al₂O₃-Schleifkorn, Glas-Binder (grau) und Poren (dunkel).
- 4 Kompakte Schleifscheibe zur Metallbearbeitung.
- 5 Defektarme, mittels Gießverfahren und Sinterung erzeugte poröse Al₂O₃-Rohre als Substrate für Filtrationsmembranen.