

# Systematische Schadensanalyse von keramischen Komponenten

Dr. Mathias Herrmann, Dr. Björn Matthey,  
Dr. Sören Höhn

Die systematische Schadensfallanalyse wird zum Beispiel eingesetzt, um das Versagen von Systemen zu verstehen (z. B. den Bruch des Aquadom in Berlin, die Zugunglücke in Eschede oder Garmisch-Partenkirchen) und diese Systeme sicherer zu machen. Angewendet auf keramische Komponenten kann sie helfen, Schwachstellen in der Produktion oder im Design aufzuspüren und entsprechende Anpassungen vorzunehmen bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung (einschließlich zerstörungsfreier Prüfung) zu etablieren. Darüber hinaus hilft die Analyse dabei, geeignete Werkstoffe auszuwählen bzw. Werkstoffe für die geforderten Beanspruchungen zu ertüchtigen.

Das Fraunhofer IKTS hat langjährige Erfahrungen mit der Analyse von Ausfallursachen keramischer Komponenten. Diese basieren auf einem umfassenden Werkstoff-Know-how und ausgefeilten analytischen Möglichkeiten, die sowohl neuen Werkstoff- und Komponentenentwicklungen als auch der Vermeidung von Ausfällen in der Industrie zugutekommen.

Insbesondere bei mechanischer, thermomechanischer, korrosiver oder auch elektrischer Belastung ist die fraktographische Untersuchung der Bruchflächen ein wesentliches Werkzeug, um die Ausfallursache zu erkennen bzw. einzugrenzen. Bild 1 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Bruchfläche eines SiC-Bauteils mit einem inneren Kanal, die unter chemischer/thermischer Belastung entstanden ist. Die Analyse hat gezeigt, dass die primäre Versagensursache nicht der chemische Angriff war, sondern dass durch Oberflächenbearbeitung erzeugte Defekte das Festigkeitsniveau herabgesetzt haben – die im Ergebnis der Analyse durch eine optimierte Bearbeitung vermieden werden konnten.

Mitunter muss geklärt werden, warum es bei einzelnen Werkstoffchargen zu erhöhten Ausfällen kommt. In diesem Fall ist neben der eigentlichen Defektanalyse eine systematische, statistisch abgesicherte Gefügeanalyse notwendig, um die relative Häufigkeit der identifizierten Defekte bestimmen und damit Unterschiede in den Chargen verifizieren zu können. Die relevanten Defekte sind oft die »Nadel im Heuhaufen«. Um sie zu finden, müssen große Bereiche zuverlässig analysiert werden.

Hierfür bieten sich auf die Messfläche bezogene Verteilungen an, da diese die Häufigkeit der Defekte im Volumen widerspiegeln. Ein Beispiel zeigt Bild 2. Hier ist die Porenverteilung in Wälzkörpern von drei Chargen dargestellt. Eine Charge weist ein ungenügendes tribologisches Verhalten auf. Erst die Analyse einer mehrere Millimeter großen Fläche erlaubt die sichere Unterscheidung zwischen den Qualitäten.

Das Fraunhofer IKTS bietet die Schadensanalyse von keramischen Komponenten an und erarbeitet gemeinsam mit seinen Partnern Strategien zur Schadensvermeidung durch Technologie-, Werkstoff- oder Designanpassung oder die Einführung von qualitätssichernden Maßnahmen.

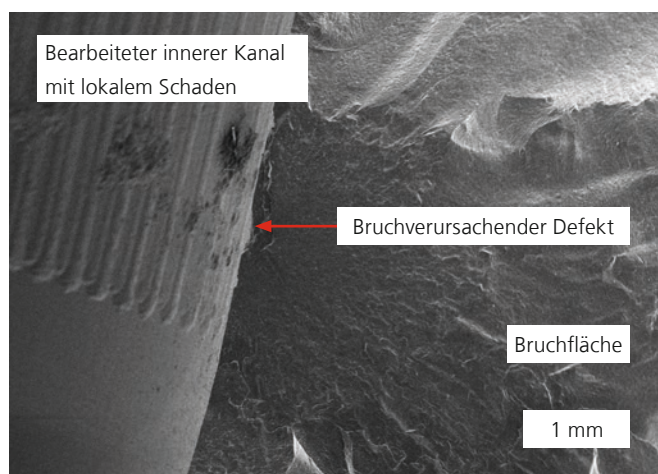


Bild 1: REM-Bild einer Bruchfläche eines SiC-Bauteils.

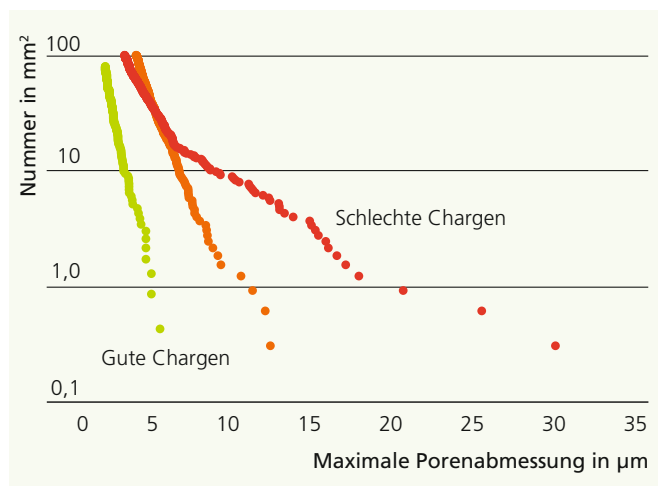


Bild 2: Flächenbezogene Porenverteilung von drei  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Wälzkörperchargen.