



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

3D-PRÜFUNG TRANSLUZENTER KERAMIKBAUTEILE MIT OPTISCHER KOHÄRENZTOMOGRAPHIE

Dipl.-Ing. (FH) Christian Wolf, Dipl.-Ing. (FH) Christian Jürgens, Dipl.-Ing. Uta Oberbach, Dr. Thomas Härtling, Dr. Isabel Kinski

Das klassische Einsatzgebiet der optischen Kohärenztomographie (OCT) ist die Medizintechnik (Augenheilkunde, Dermatologie). Erstmals soll dieses Verfahren auch in der zerstörungsfreien Prüfung transluzenter keramischer Bauteile angewendet werden. Ziel ist die Entwicklung einer automatisierten Prüflösung zur Prozessüberwachung bei der Herstellung keramischer Produkte, um fehlerhafte Bauteile so früh wie möglich aus dem Fertigungsprozess auszusondern.

In keramischen Bauteilen wird Licht aufgrund der Gefügeeigenschaften bzw. Oberflächenstrukturen stark gestreut. Deshalb ist die Detektion von Fehlern und Materialinhomogenitäten im Bauteilvolumen mit abbildenden optischen Verfahren nur sehr eingeschränkt möglich. Die OCT überwindet diese Schwierigkeiten und befähigt das Fraunhofer IKTS zur strukturellen Analyse von porösen und dichten Keramiken (z. B. Schäume, Al_2O_3 -Bauteile). Durch nahinfrarotes Licht können halbtransparente Medien zerstörungsfrei untersucht werden. Dazu wird mit einem angepassten Messkopf Licht entsprechender Wellenlänge in die zu untersuchende Oberfläche eingestrahlt. Für dieses berührungsfreies Verfahren ist kein Koppelmedium notwendig. Das anschließend rückgestreute Licht wird interferometrisch verarbeitet und bildet die Streuintensität im Medium tiefenaufgelöst ab (A-Scan). Durch Aneinanderreihung einer bestimmten Anzahl von A-Scans entsteht ein Querschnittsbild, das analog zum Ultraschall als B-Scan bezeichnet wird. Durch zusätzliche Verschiebung des Messkopfs oder des Prüfkörpers kann eine Serie von Querschnittsbildern aufgenommen werden. Dieser Bilderstapel kann als Tomogramm dargestellt werden, das die relevanten Informationen aus dem Inneren des Prüfobjekts beinhaltet.

Die zur optischen 3D-Prüfung eingesetzte OCT liefert hoch aufgelöste Informationen über die Streuintensitäten in verschiedenen Keramiken. Aus der bildhaften Darstellung dieser Signale lässt sich eine Vielzahl von Qualitätsparametern extrahieren.

Die vielseitige OCT-Messtechnik kann in der gesamten Fertigungskette eingesetzt werden. So können bei Schäumen z. B. Porengrößen und Stegbreiten bestimmt oder bei dichten Keramiken strukturelle Fehler, wie Risse, Poren, Einschlüsse, Inhomogenitäten oder Kerben automatisch detektiert werden. Am Fraunhofer IKTS wird aktuell ein System zur Bewertung planarer Hochleistungskeramiken, wie Elektrolyte für Festoxidbrennstoffzellen (SOFC), und hochfester Funktionsbauteile aufgebaut. Gegenüber projektiven Verfahren können Fehlerart und räumliche Fehlerposition in einem Bauteil mit OCT sehr gut spezifiziert werden. Bild 1 zeigt ein OCT-Querschnittsbild durch ein keramisches Bauteil. Während Fehler im rot markierten Bereich unkritisch sind, da diese im späteren Prozess abgetragen werden, darf der mittlere Bereich keine Fehler enthalten. Damit kann das Bauteil bereits vor einem kostenintensiven Prozessschritt (Hartbearbeitung) als defekt deklariert werden. Das rechtzeitige Aussortieren fehlerhafter Teile führt zu einer Ausbeutesteigerung in der keramischen Industrie. Bei der thermisch trennenden Bearbeitung keramischer Elektrolyte kann es zur Rissbildung an den Schnittkanten kommen. In Bild 2 ist ein solcher thermisch induzierter, von der Schnittkante in das Materialvolumen verlaufender Riss dargestellt. Weist das keramische Trägersubstrat derartige Defekte auf, wird die Robustheit des gesamten SOFC-Stacks über die Betriebsdauer erheblich gemindert. Bisher erfolgt die Prüfung manuell und fordert neben einem hohen Zeitaufwand auch Expertenwissen. Hier ermöglicht die OCT eine automatisierbare Qualitätssicherung der Elektrolyte, eine Steigerung der Robustheit von SOFC-Stacks und eine erhöhte Wertschöpfung.

1 Querschnitt einer inhomogenen Keramik mit einem fadenartigen Einschluss.

2 OCT-Abbildung eines Risses in einer mit Laser geschnittenen Keramik.