

Herausforderungen bei der Messung der Festigkeit und Bruchzähigkeit von Keramiken

T. Lube

Montanuniversität Leoben, Department Werkstoffwissenschaft, Franz Josef-Straße 18,
A-8700 Leoben, Österreich, tanja.lube@unileoben.ac.at

Bauteile aus Keramik sind Produkte einer Abfolge von verschiedenen Formgebungs- und Verarbeitungsschritten, die für die Eigenschaften wie zum Beispiel die Festigkeit oder Bruchzähigkeit verantwortlich sind. Separat hergestellte Probekörper aus demselben Material können andere Eigenschaften aufweisen. Um eine Vergleichbarkeit zwischen Werkstoffen herzustellen, Werkstoffe für bestimmte Aufgaben auszuwählen oder Ziele für die Werkstoffentwicklung zu definieren ist es sinnvoll, die Festigkeit mit solchen genormten Proben zu prüfen. Um Aussagen über das tatsächliche Bauteilverhalten treffen zu können, ist es notwendig, Bauteile direkt zu prüfen. Dies ist besonders wichtig für additiv gefertigte (AM-) Keramiken. Um hier sinnvollen Prüfverfahren zu entwickeln, muss berücksichtigt werden, welche Merkmale typisch sind und wie geeignete Probekörper unter Ausnutzung der Möglichkeiten des Fertigungsverfahrens geschickt gestaltet und hergestellt werden können.

Anhand von Beispielen zur Festigkeits- und Bruchzähigkeitsmessung wird gezeigt, wie man diesen Anforderungen gerecht werden kann. Für stereolithographisch hergestellte AM-Keramiken wurde ein Prüfkörper gestaltet und untersucht, auf dem ausreichend viele Proben für statistisch belastbare Ergebnisse in einem Druckvorgang hergestellt werden können. Die Orientierung dieses Probekörpers in Relation zum Schichtaufbau kann variiert werden. Die Probenabmessungen, die man für die Berechnung der Festigkeit benötigt, werden durch eine automatisierte Auswertung von 3D-Scans ermittelt. Damit wurde nicht nur ein Festigkeitsprüfverfahren eingeführt, sondern auch die Möglichkeit geschaffen, eine Fülle von ergänzenden Daten zur Prozessbeschreibung zu erfassen.

Viele technische keramische Bauteile haben die Form von dünnen Scheiben oder Platten und können gut mit zwei-achsigen Biegeprüfverfahren untersucht werden, wobei etablierte Versuche nur im Bereich kleiner elastischer Verformungen ausreichend genau ausgewertet werden können. Für den Ball-on-Three-Balls Versuch wurde die Anwendbarkeit auch für besonders dünne Bauteile mit hoher Festigkeit unter Berücksichtigung geometrisch nicht-linearer Effekte etabliert.

Um die Bruchzähigkeit von kleinen Bauteilen zu untersuchen, war man bisher darauf angewiesen, ungenaue, empirische Schätzmethoden zu verwenden, die mit wenig Material auskommen. Es konnte gezeigt werden, dass das zuverlässige Prüfkonzzept einer genormten Versuchsmethode auch auf Bauteile übertragen werden kann. Mithilfe von numerischen Methoden wurden die Berechnungsgrundlagen ermittelt, die es nun erlauben, genaue Werte für die Bruchzähigkeit auch an kleinen Kugeln mit wenigen Millimeter Durchmesser oder kleinen, dünnen Scheiben zu messen.