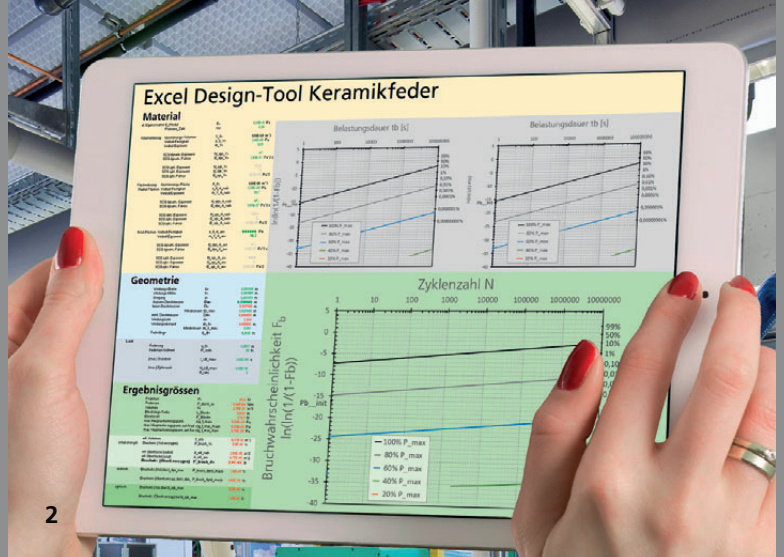


1



2

# AUSLEGUNG, FERTIGUNG UND ZUVERLÄSSIGKEITSBEWERTUNG VON KERAMISCHEN FEDERN

Dr. Wieland Beckert, Dipl.-Ing. Jens Stockmann

Der stetige Fortschritt bei der Entwicklung keramischer Werkstoffe und Fertigungsverfahren ermöglicht die Herstellung keramischer Federelemente wie Schraubendruck- oder Tellerfedern. Die exzellente thermische, chemische und tribologische Beständigkeit sowie die amagnetische Charakteristik des Werkstoffs bieten für spezifische Anwendungen mit höchsten Anforderungen Vorteile gegenüber Standard-Federmaterialien, z. B. in der Medizintechnik, in Hochtemperaturanlagen oder in chemisch aggressiven Medien.

Ein Hemmnis für einen verbreiteten Einsatz der keramischen Federn bilden bisher jedoch fehlende Erfahrungen bei deren Auslegung, Herstellung und Anwendung. Fertigungsbedingte Adaptionen der Geometrie (rechteckiger Materialquerschnitt) sowie die spröde Werkstoffcharakteristik haben etwa für keramische Schraubendruckfedern zur Folge, dass die standardisierten Dimensionierungsverfahren metallischer Federn nicht angewendet werden können und neue konstruktive Lösungen z. B. für die Krafteinleitung benötigt werden.

Im Rahmen des AiF-Projekts EndurSpring (IGF-Vorhaben-Nr.: 19125 BG) wurden umfangreiche experimentelle und theoretische Untersuchungen zu keramischen Schraubendruckfedern (Fraunhofer IKTS) sowie Tellerfedern (Fraunhofer IWM) in Kooperation mit dem Verband der Deutschen Federindustrie e. V. durchgeführt. Auf dieser Basis wurden Auslegungstools erstellt und verifiziert, Fertigungstechnologie und Materialauswahl optimiert, Verfahren zur Testung der Bauelemente und Materialien unter Einsatzbedingungen konzipiert sowie reale Prototypen gefertigt.

Eine Besonderheit bei der Auslegung keramischer Bauteile ist, dass zur mechanischen Zuverlässigkeitsbewertung (Weibullstatistik) und zur Berücksichtigung unterkritischer Rissausbreitung (SCG) statistische Verfahren benötigt werden, um Bruchwahrscheinlichkeit und Lebensdauer abzuschätzen. Grundlage hierfür ist die experimentelle Messung der benötigten Weibull- sowie SCG-Parameter unter anwendungsnahen Bedingungen aus statistischen Versuchsreihen.

Am Fraunhofer IKTS wurden die als Federmaterialien ausgewählten Werkstoffe ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ ) unter stationären, dynamischen und zyklischen Belastungen bei Raumtemperatur und 1000 °C sowie in verschiedenen Bearbeitungsqualitäten (grün gefräst, weiß bearbeitet und geschliffen) experimentell charakterisiert (Basis: Vierpunkt-Biegeversuch). Auf Grundlage der erhaltenen, realen Datensätze wurden Auslegungswerkzeuge zur Grob- (Excel-Tool) und Feinauslegung (FEM) keramischer Federn gemäß der Methodik der statistischen Zuverlässigkeitsbewertung erstellt und verifiziert.

Die gewonnenen Erfahrungen und Kompetenzen können analog auf die statistische Zuverlässigkeitsbewertung anderer keramischer Bauteile übertragen werden und erweitern damit das methodische Portfolio des IKTS.

- 1 Beispiele für Federprototypen sowie FEM-Analyse.
- 2 Excel-Tool: Übersicht relevanter Parameter der Lebensdaueranalyse für eine Beispiel-Feder unter zyklischer Belastung.

