

# Halbzeuge aus PT-Keramik® bieten viel Potenzial für die Herstellung von Serienteilen

Für die Realisierung gewichtsoptimierter Leichtbau-Konstruktionen finden sich im Markt heute zahlreiche Metall- und Polymer-Werkstoffe. Ist aber über die Gewichtsreduktion hinaus auch eine hohe Temperaturbeständigkeit gefordert, stoßen diese Materialien rasch an ihre Grenzen. Das Werkstoffzentrum Rheinbach liefert für solche Anwendungen innovative Keramik-Lösungen. Vor allem Halbzeuge und Bauteile aus sogenannter PT-Keramik® bieten hier erstaunliche Möglichkeiten.

Stetig steigende Rohstoffpreise einerseits und wachsende Ansprüche an die Energieeffizienz andererseits treiben in fast allen Branchen die Entwicklung von Leichtbau-Konstruktionen voran. Wohin man aber seinen Blick auch wendet: Ob Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik oder Kraftwerksbau – überall denken die Ingenieure bei ihrer Suche nach dem passenden Werkstoff nach wie vor primär an Leichtmetalle wie Aluminium und Magnesium oder auch an (faserverstärkte) Kunststoffe.

In vielen Fällen mag das ausreichen. Immer aber, wenn höhere Umgebungs- oder Betriebstemperaturen die Anwendung dieser Materialien ausschließen, treten heute Leichtbau-Lösungen aus Technischen Keramiken auf den Plan. Weit verbreitet sind inzwischen zum Beispiel keramische Faserverbund-Gewebe – sogenannte Ceramic Matrix Composites – aus Kohlenstoff, Siliziumcarbid oder Aluminiumoxid. Deren Fasern werden mit keramischen Precursoren (molekulare Vorstufen) infiltriert und thermisch konsolidiert. Die daraus hergestellten Bauteile verfügen dann über ein extrem geringes Gewicht bei gleichzei-



▲ Papiertechnologische Keramiken eröffnen neue Perspektiven für den Leichtbau. Sie eignen sich für Hochtemperatur-Anwendungen bis 1.600 °C.

tig guter Temperaturbeständigkeit. Außerdem weisen sie eine für Keramiken außergewöhnliche Zähigkeit und Zugfestigkeit auf.

Ausgesprochen vielversprechende Perspektiven für die Serienproduktion von hochtemperaturbeständigen Leichtbau-Lösungen zeichnen sich derzeit aber vor allem durch den Einsatz von Halbzeugen aus sogenannten PT-Keramiken® ab. Dabei steht das Kürzel PT für papiertechnologisch hergestellte Keramiken. Denn PT-Keramiken® werden gewonnen, indem der Zellulosemasse – also dem Grundstoff einer jeden Papierproduktion – ein keramischer Rohstoff, das kann beispielsweise Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sein, untergemischt wird. Das allein ist zunächst noch keine Innovation, denn seit jeher werden bei der Herstellung von Papier keramische Rohstoffe wie etwa Kaolin oder Titanoxid zugesetzt. In den letzten Jahren wurde dieser tra-

ditionelle Verfahrensschritt aus der industriellen Papiererzeugung aber in verschiedenen Forschungsprojekten der Papiertechnischen Stiftung (PTS), der Universität Erlangen und des WZR entscheidend weiterentwickelt.

Das Ergebnis ist ein neuer Prozess, der es gestattet, anstelle der bislang möglichen Füllstoffanteile von höchstens 40 Gewichtsprozent die Papiere jetzt mit bis zu 85 Gewichtsprozent anzureichern. Die mit einem solch hohen Anteil anorganischer Füllstoffe veredelten Papiere nehmen schließlich die Werkstoff-Eigenschaften eines keramischen Grünlings an und werden als präkeramische Papiere bezeichnet. Sie lassen sich – und das ist der entscheidende Faktor für ihre einfache Weiterverarbeitung – wie gewöhnliches Papier umformen und prägen. Ihre Material-Reinheit liegt nach dem Entfernen der Papierbestandteile (Zellulose, Additive) in einem ab-

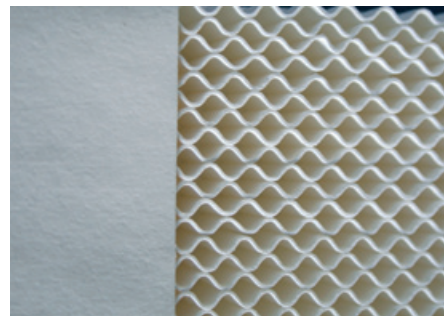
schließenden Sinterprozess bei über 99 Prozent ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Die Biegefestigkeit beträgt bei Raumtemperatur mehr als 140 MPa und bei 1500 °C mindestens 40 MPa.

Durch den Verfahrensschritt des Laminierens können zum Beispiel aus mehreren Lagen von PT-Keramiken® massive Platten von hoher Festigkeit und Steifigkeit hergestellt werden. Und durch das Verbinden gewellter Lagen mit zwei planaren präkeramischen Papieren lassen sich überaus belastbare Wellpappen-Strukturen realisieren. Verglichen mit einer massiven Aluminiumoxid-Keramik gleicher Dicke erreicht eine solche »Wellkeramik« eine Gewichtersparnis von über 50 Prozent. Die bisher im WZR realisierten Serienbauteile aus modifizierten PT-Keramiken® zeichnen sich zudem durch eine extrem geringe Wärmekapazität und eine sehr hohe Steifigkeit aus. Sie eignen sich daher hervorragend zur Produktion von Konstruktionselementen für Hochtemperatur-Anwendungen von bis zu 1.600°C. Ein konkretes Anwendungsbeispiel für solche PT-Wellkeramiken sind Brennhilfsmittel, wie sie zum Sintern keramischer oder metallischer Bauteile benötigt werden. Bislang kommen dafür vorwiegend Platten und Stützen aus Massiv-Keramiken zum Einsatz, die im Sinterofen gestapelt werden. Beim Brennen technischer Keramik-Bauteile lässt sich aber durch die Verwendung von Brennhilfsmittel aus PT-Wellkeramik (basierend auf Aluminiumoxid) deren Masse im Ofen um mehr als 60 Prozent reduzieren. Auf diese Weise wird der Energieverbrauch beim Sintern um mindestens 40 Prozent gesenkt.

Das WZR liefert diese Wellkeramik-Brennhilfsmittel derzeit als Platten und Lagen mit Abmessungen von bis zu 150 × 150 Millimeter. Ihre Belastbarkeit kann individuell angepasst werden, indem mehrere Wellen übereinander laminiert werden. Mithilfe verschiedener Trennverfahren – wie etwa dem Laserschneiden – lassen sich aus diesen Platten auch zweidi-



▲ **Leichtbaustrukturen aus PT-Keramik erreichen gegenüber massiven Aluminiumoxid-Keramiken eine Gewichtersparnis von über 50 %.**



▲ **Mit modifizierten PT-Keramiken, deren Ausgangsmaterial sich wie Papier industriell fertigen und bearbeiten lässt, steht Konstrukteuren ein leistungsfähiger Leichtbau-Werkstoff zur Verfügung, der Massiv-Keramiken überlegen ist.**

mensionale Formteile in nahezu jeder gewünschten Geometrie fertigen. Weitere erste Anwendungen sind tragende Strukturelemente für den Hochtemperatureinsatz in Turbinen und Ofenbau, bei denen sich die Entwickler das sehr geringe Gewicht der PT-Keramiken® in Kombination mit ihrer sehr hohen Temperaturbeständigkeit zunutze machen, um ausgesprochen leichte Konstruktionen zu verwirklichen.

Für den Einsatz in korrosiven Medien wie starken Säuren oder Laugen sind PT-Keramiken® ebenfalls sehr gut geeignet. Des Weiteren lassen sich dünne PT-Keramiken® als Substrate ein-

setzen. Der besondere Reiz der PT-Keramiken® liegt zweifellos in ihrer Herstellung auf gewöhnlichen Papiermaschinen mit Produktionsgeschwindigkeiten von mehreren Metern pro Sekunde und ihrer anschließenden Verarbeitung mit Standardaggregaten der keramischen Industrie. Das senkt die Verarbeitungszeit und die Herstellungskosten erheblich. Allein diese beiden Faktoren gewährleisten die hohe Verfügbarkeit der daraus gefertigten Leichtbau-Elemente und eröffnen interessante Perspektiven für die wirtschaftliche Großserien-Produktion.

Zwar steht die Entwicklung hier noch am Anfang ihrer Möglichkeiten, Entwickler und Konstrukteure erhalten mit den PT-Keramiken® aber grundsätzlich eine Werkstoff-Alternative für Leichtbau-Lösungen, die speziell bei hohen Temperaturen einsetzbar sind. Ihr Eigenschaftsprofil ist jenem von Massiv-Keramiken in vielerlei Hinsicht deutlich überlegen.

#### ■ INFO

Autor:  
Dieter Nikolay  
Bereichsleiter Entwicklung WZR

Kontakt:  
Prof. Dr. Wolfgang Kollenberg  
Werkstoffzentrum Rheinbach GmbH  
Lise-Meitner-Straße 1  
53359 Rheinbach  
Tel.: 02226 16 98 10  
Fax : 02226 16 98 66  
E-Mail: w.kollenberg@wzr.cc  
www.wzr.cc