

# Im Härtefall mit Ultrakurzpulslaser

Technische Keramik besitzt ein attraktives Eigenschaftsprofil, beispielsweise in der Medizintechnik oder der Elektronik. Die große Härte macht die Bearbeitung allerdings aufwendig und teuer, wobei Ultrakurzpulslaser gerade beim Schneiden von **FREIKONTUREN**,  $\mu\text{m}$ -genauen Strukturieren und Bohren punkten können.



**Bild 1. Beispielhafte Strukturierung einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Keramik: UKP-Laser, (IR) mit 900 fs und 20 W, mittlere Leistung 10 bis 15 W**

Die Eigenschaften technischer Keramiken sind untrennbar mit ihrer Herstellung verbunden: Die Art und Aufbereitung des Ausgangspulvers, die Formgebung und das Brennverfahren bestimmen die spezifischen Charakteristika des entstandenen Werkstoffs. Ein Beispiel für einen technischen Keramikwerkstoff ist reaktionsgebundenes, Silizium-infiltriertes Siliziumkarbid, SiSiC: Es wird durch Reaktionsbrand unter Schutzgas aus Siliziumpulver und Kohlenstoffpulver gefertigt. Im Vergleich zur üblichen Schrumpfung beim Sintern entstehen dabei große, komplexe Strukturen.

## Großes Potenzial technischer Keramik

Wie Siliziumkarbid (SiC) zeichnen sich diese Strukturen durch große Härte, Wärmeleitfähigkeit, chemische Beständigkeit sowie Korrosionsfestigkeit aus.

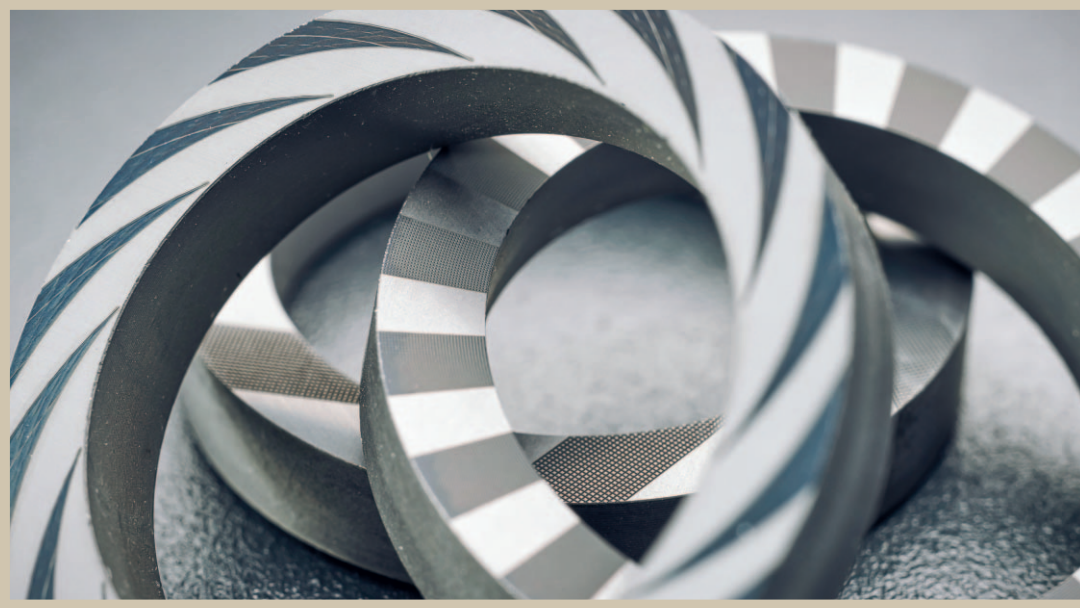
Darüber hinaus verbessert das in den Poren eingebettete Silizium die Oxidationsfähigkeit. Keramische Werkstoffe verfügen daher über eine große Härte und Hitzebeständigkeit und haben eine niedrige thermische Ausdehnung. Sie können Wärme leiten, sind korrosionsbeständig und biokompatibel. Keramiken, die elektrisch nichtleitend sind, bieten sich als Isolationswerkstoffe an.

Mit diesen Eigenschaften können Industriekeramiken vielfältig eingesetzt werden. Sie finden sich branchenübergreifend in verschiedenen Anwendungsgebieten, von der Halbleiterherstellung über Automotive-Anwendungen bis hin zu Hochfrequenzschaltkreisen. Die große Härte zusammen mit der Biokompatibilität ist in der Medizintechnik von großem Vorteil, und die Hitzebeständigkeit der harten Keramik macht deren Einsatz in Hochtemperaturanwendungen sowie Lager- und Dichtungstechnik möglich.

Die Herstellungsverfahren technischer Keramik erlauben lediglich eine grobe Formgebung. Kleine Hohlräume,  $\mu\text{m}$ -große Strukturen oder Bohrungen sind kaum zu realisieren. Bei der Bearbeitung wird eine herausragende Eigenschaft des Werkstoffs zur Herausforderung: die große Härte. Technische Keramik ist hart und spröde, neigt also zum Sprödebruch und weist eine niedrige Bruchzähigkeit auf.

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**Pulsar Photonics GmbH**  
 D-52134 Herzogenrath  
 Tel. +49 2407 55555-0  
[info@pulsar-photonics.de](mailto:info@pulsar-photonics.de)  
[www.pulsar-photonics.de](http://www.pulsar-photonics.de)



**Bild 2. Laserstrukturierung von keramischen Gleitringdichtungen zur Reibungsreduktion. Bearbeitet wurde mittels UKP-Laser (IR), 20 W, Scanner + F-Theta-Optik**

### Mechanische Bearbeitung

Bei der mechanischen Bearbeitung von Keramik kommen Diamantwerkzeuge zum Einsatz. Nur sie sind hart genug, um den keramischen Werkstoff zu schneiden, zu bohren oder zu fräsen. Es bleibt allerdings die Gefahr, dass der Werkstoff bricht oder aufgrund mechanischer Belastung während der Bearbei-

tung zusätzlich nachbearbeitet werden muss. Und obwohl Diamant sehr verschleißfest ist, müssen auch Diamantwerkzeuge regelmäßig ausgetauscht werden – ein zusätzlicher Kostenfaktor.

Neben den rein mechanischen Methoden finden sich einige Alternativen zur Bearbeitung der technischen Keramik:



**Ihr Partner für Präzisionsoptik & optische Systeme.**

SPECTROS AG 4107 Ettingen Schweiz Tel.+41 61 726 20 20

**HS HAAG-STREIT SPECTROS**

Look closer. See further.

[www.spectros.ch](http://www.spectros.ch)

## SMD-Schablonen

**BASIC PLUS**  
für schnellen Standard

**ADVANCED**  
für kleinste Bauteile

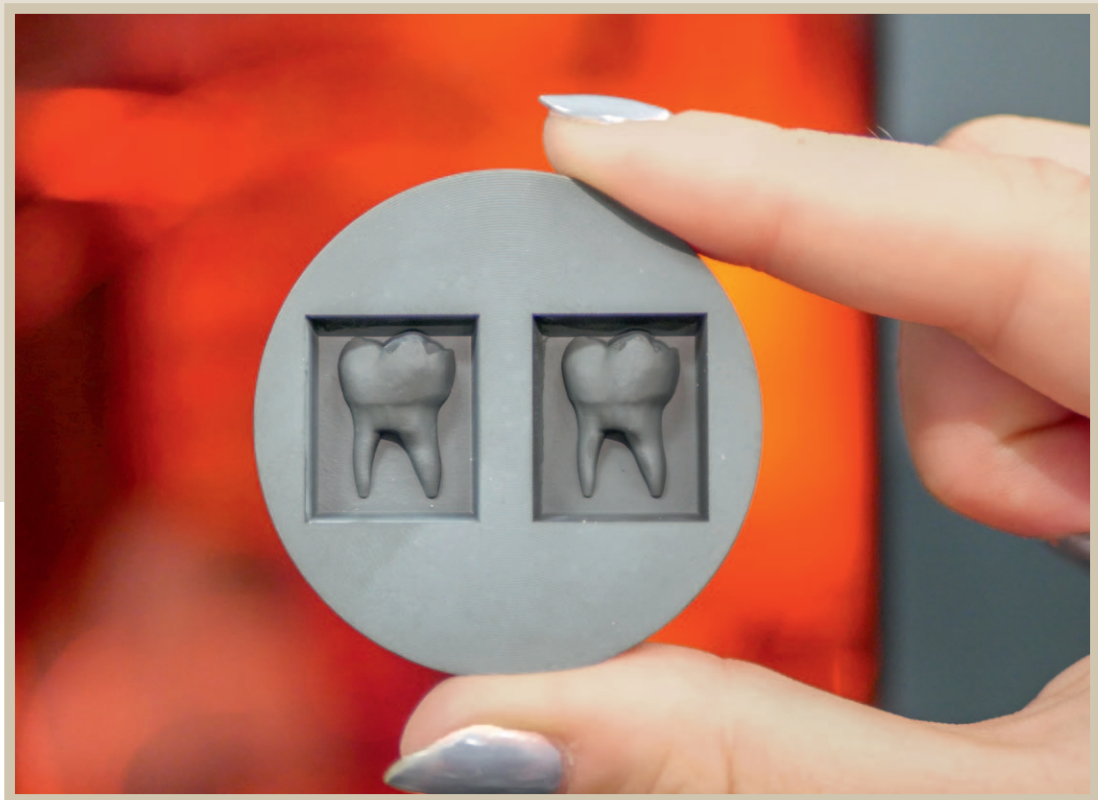
**PRÄZISION,  
DIE FUNKTIONIERT**

**PERFORMANCE**  
für maximale Leistung

info@photocad.de

[www.photocad.de](http://www.photocad.de)





**Bild 3. Der Härte den Zahn gezogen: 2,5D-Strukturierung der Wurzel eines Zahnimplantats aus einer Hochleistungskeramik. Das Abtragsvolumen beträgt 818,101 mm<sup>3</sup>**

- Abrasives Wasserstrahlen (Abrasive Water Jet, AWJ) schneidet den keramischen Werkstoff mit einem Wasserstrahl, dem ein Abrasiv zugesetzt wird.
- Elektroerosionsbearbeitung (Electrical Discharge Machining, EDM) trägt Material durch eine elektrische Funkenentladung ab. Diese Methode kann nur bei leitfähiger Keramik eingesetzt werden.
- Lasergestützte Bearbeitung (Laser Assisted Machining, LAM) unterstützt konventionelle mechanische Prozesse wie Fräsen, Schleifen oder Läppen durch gezielte Laserstrahlung. Der keramische Werkstoff wird dabei lokal erhitzt, was die Bearbeitung erleichtert.

### **Laserbearbeitung als Alternative**

Die Lasertechnik spielt beim Bohren, Schneiden und Strukturieren technischer Keramik eine immer größere Rolle. Die Härte des Materials stellt für den Laser kein Problem dar. Zudem ist das eigentliche Werkzeug – der Laserstrahl – verschleißfrei. Laserbearbeitung eröffnet dadurch zahlreiche Möglichkeiten der Produktveredelung, die technische Verwendbarkeit des keramischen Werkstoffs wird verbessert und neue Anwendungen erschlossen. Welche Bearbeitung möglich ist, hängt von der Art des Lasers ab:

- CW-(Continuous-Wave-)Laser zeichnen sich durch eine kontinuierliche, zeitlich konstante Laserabstrahlung aus, bei der eine große Wärmemenge in den Werkstoff eingebracht wird, was sogar zur

Explosion des Materials führen kann. Daher ist eine filigrane, kleinteilige Bearbeitung nicht möglich, und auch Bohrungen werden in der Regel nicht mit CW-Lasern durchgeführt.

- QCW-(Quasi-Continuous-Wave-)Laser sind CW-Laser, deren Betrieb periodisch unterbrochen wird. Sie können zum Beispiel zum Schneiden von Keramikwerkstoffen verwendet werden, wobei in der Regel gerade Schnitte durchgeführt werden.

- Kurzpuls-(KP-)Laser senden Laserpulse im Abstand von Nanosekunden. Wie QCW-Laser können auch KP-Laser gerade Schnitte durch technische Keramiken setzen. Darüber hinaus eignen sie sich für Laserbohrungen ab einem Durchmesser von 1 mm und für grobe Strukturierungen des Werkstoffs.

- Ultrakurzpuls-(UKP-)Laser senden Laserpulse im Abstand von Piko- und Femtosekunden. Dadurch macht der UKP-Laser filigrane Bearbeitungen der keramischen Werkstoffe möglich und erschließt neue Wege beim Bohren, Schneiden und Strukturieren von technischer Keramik.

### **UKP-Laser mit breitem Anwendungsspektrum**

Die Bearbeitung mit dem UKP-Laser zeichnet sich durch eine sehr hohe Lichtintensität im Laserfokus aus. Diese führt dazu, dass das keramische Material ohne typische Schmelzphase verdampft. Dadurch finden sich keine Schmelz- oder Bearbeitungsrückstände auf dem Werkstoff, er bleibt sauber und muss



**Bild 4. Die (geometrische) Freiheit nehm ich mir: Demonstrator für einen Laserfeinschneidprozess in einer Aluminiumoxidkeramik. IR Laser, 20 W, Genauigkeiten < 5 µm, Ablationsrate 3 bis 5 mm³/min**

nicht nachbearbeitet werden. Gleichzeitig stellt diese Art der Bearbeitung eine geringe thermische Belastung für umliegende Bereiche dar.

Im Vergleich zum Fräsen schneidet der UKP-Laser im Hinblick auf die Geschwindigkeit schlechter ab, allerdings kann er bei einer sehr hohen mittleren Leistung betrieben werden. Dadurch steigt das Ablationsvolumen, was wiederum die mangelnde Geschwindigkeit des UKP-Lasers zum Teil ausgleicht. Durch Multibeamansätze, einem größeren Fokusdurchmesser, teilweise durch noch höhere Laserleistung sowie dem Betrieb bei optimaler Pulslänge kann das Abtragsvolumen jedoch weiter erhöht werden.

### Freiformen und -konturen nur mittels UKP-Laser

Die besonderen Eigenschaften der UKP-Laserbearbeitung kommen vor allem bei der Erstellung kleiner und kleinster Strukturen und bei der µm-genauen Bearbeitung keramischer Werkstoffe zum Tragen (**Bilder 1 und 2**). Dabei ist nur mit dem UKP-Laser die Erstellung von Freikonturen und das runde Schneiden und Bohren möglich (**Bild 3**). Für folgende Laserbearbeitungen ist also der UKP-Laser das Werkzeug der Wahl:

- Mikrobohrungen sind nur mit einem UKP-Laser möglich. Nanosekunden-Laser können erst ab einem Durchmesser von 1 mm eingesetzt werden, Bohrungen mit CW-Lasern sind sehr untypisch.
- Wendelbohren mit einer Spezialoptik ist ab einem Durchmesser von 70 µm möglich und kann stufenlos vergrößert werden. Diese Bearbeitung erzeugt eine zylindrische Bohrung und unterscheidet sich damit von den konischen Verläufen aller anderen Bohrmethoden. Das Aspektverhältnis beträgt typischerweise 1:15.
- Schneiden mit QCW- und KP-Laser ist nur bei geraden Schnitten möglich. Runde und freie Formen erfordern einen UKP-Laser (**Bild 4**). Das Aspektverhältnis beträgt 1:3.
- Mikrostrukturen und ihre µm-genaue Präzision sind nur mit einem UKP-Laser möglich. Die Präzision findet sich sowohl in der Ebene als auch in der Z-Tiefe, das Aspektverhältnis beträgt 1:3. ■

MI110834



## Mikroproduktion in höchster Präzision

Die 3D-Drucker von BMF erreichen Auflösungen von 2 bis 10 µm bei Toleranzen von +/- 10 bis 25 µm mit vielen Polymer- und Keramikmaterialien für Serienteile oder Prototypen.

Interessiert?  
Muster, Versuchsteile  
oder unverbindliche  
Beratung gibt es hier:  
**BMF3D.DE**

