

Martin Sutter

# Mikrospritzgießen bringt Keramik in Hochform

**MEDIZINTECHNIK**  
**10 SPEZIAL:** Die Mikrotechnik birgt eine Fülle an Möglichkeiten für neue Therapien, beispielsweise in der Augenheilkunde  
www.mikroproduktion.com

**0109**

# Mikroproduktion

**Antriebstechnik**  
30 Mikroelektronik und -mechanik geben Impulse

**Lasertechnik**  
40 Laseranlagen und -strahlquellen zeigen Wirkung

**Halbleitertechnik**  
52 Waferbasierte Mikrooptik für Effizienz und Scharfblick

**MAKING YOUR NEEDS ON 3D MICRO EDM MACHINING A REALITY**

**SARIX**  
THE BEST MICRO EROSION TECHNOLOGY SINCE 1993  
High Precision Versatile  
Micro EDM Drilling  
Micro EDM Sinking  
3D Micro EDM Milling  
www.sarix.com

Organ des VDMA Micro Technology

HANSER



Head office SPT Group  
SPT Roth Ltd  
Werkstrasse 28  
CH-3250 Lyss  
Switzerland  
Phone +41 32 387 80 80  
Fax +41 32 387 80 88  
E-Mail: info@sptroth.com

# Mikrospritzgießen bringt Keramik in Hochform

Das Keramikspritzgießen ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung ultrapräziser Kleinsteile bei maximaler **GESTALTUNGSFREIHEIT** hinsichtlich der Geometrie- und Materialeigenschaften. Auf diese Weise kommen die Vorteile des Hochleistungswerkstoffs in einem breiten Branchenspektrum zur Geltung.



**Bild 1. Mikroteile aus Oxidkeramik: Werkstoffinnovationen für ein breites Branchenspektrum**

## MARTIN SUTTER

Die technische Feinkeramik hat sich in den letzten Jahren in nahezu allen Branchen als zukunftsweisendes Material etabliert. Das Keramikspritzgießen (Ceramic Injection Molding, CIM) bietet eine hervorragende Möglichkeit, die Vorteile des neuen Werkstoffs optimal zu nutzen. Um das Potenzial dieses modernen Verfahrens auszuschöpfen, bedarf es allerdings eines umfassenden Know-hows entlang der gesamten Prozesskette, beginnend mit der Materialherstellung und dem Spritzgusswerkzeugbau über den eigentlichen CIM-Prozess bis hin zur Nachbearbeitung und der Qualitätskontrolle. Nur so sind die Produktqualität und Reproduzierbarkeit über verschiedene Lose gewährleistet (**Bild 1**).

### Anwendungen von CIM-Bauteilen

Der Einsatz von Keramik bei bestehenden oder neuen Produkten empfiehlt sich insbesondere bei folgenden Anforderungen:

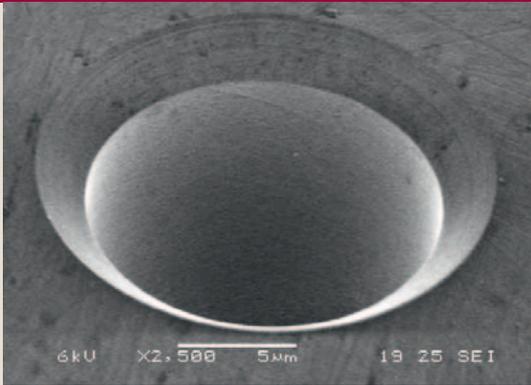
- Bioverträglichkeit,
- Korrosionsfestigkeit,

- elektrische Isolationseigenschaften,
- Verschleißfestigkeit,
- Oberflächengüte (poliert, Netshape N2),
- Temperaturbeständigkeit,
- großes Elastizitätsmodul bei geringem Gewicht.

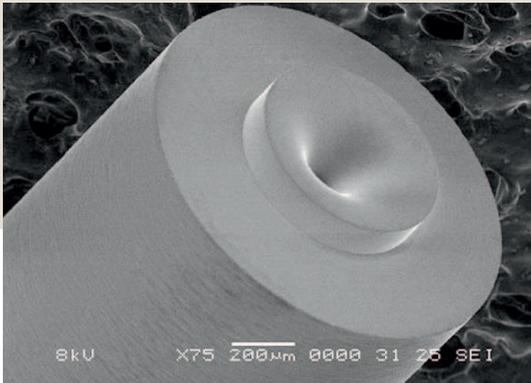
In der Medizintechnik und Dentalindustrie wird speziell auf die Bioverträglichkeit, die Transparenz, die Farbgebung, die Oberflächengüte und die Reproduzierbarkeit Wert gelegt. Dies stellt hohe Anforderungen an die Reinheit der Materialien, die Prozesssicherheit sowie die Qualitätssicherung. An Applikationen fehlt es in dieser Branche nicht, weit verbreitet sind beispielsweise Zahnimplantate, Abutments, Brackets sowie Werkzeuge für die Endoskopie und Analyse.

Im Maschinenbau zählen dagegen Eigenschaften wie extreme Härte und Verschleißfestigkeit, Korrosions- und chemische Beständigkeit sowie die hohe mechanische Festigkeit bei niedrigem spezifischen Gewicht. Zu nennen wären in diesem Anwendungsfeld beispielsweise Düsen, Führungen, Zahnräder und Gewindeelemente.

Der Elektroniksektor stellt hohe Ansprüche an elektrische und thermische Isolation, ESD-Eigenschaften und geometrische Präzision bei kleinsten Bauteildimensio-



**Bild 2. Höchste Präzision bei kleinsten Bauteilgeometrien: Innenbohrung im Werkstoff  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit einem Durchmesser von 15  $\mu\text{m}$  bei einer Toleranz von  $\pm 1 \mu\text{m}$**



**Bild 3. Hohe Formgebungsfreiheit der Bauteilkontur im Werkstoff  $\text{ZrO}_2$ : in endgültige Form gesinterte Bohrungsgeometrie mit Auslauf**

nen. Anwendungen finden sich unter anderem bei Bondingkapillaren, Glasfaserführungen oder Greifern.

Generell ist festzustellen, dass sich das Ceramic Injection Molding speziell ab mittleren Stückzahlen mit komplexen Geometrien, hohen Toleranzanforderungen, dünnen Wandungen oder kleinsten Bohrungen als ausgesprochen wirtschaftliches und prozessstabiles Fertigungsverfahren anbietet (**Bilder 2 und 3**).

### Die Werkstoffeigenschaften

Neben diversen anwendungsspezifischen Mischungen haben sich im oxidkeramischen Bereich vor allem zwei Grundmaterialien etabliert: Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ist der zurzeit wichtigste oxidkeramische Werkstoff. Er zeichnet sich aus durch:

- hohe Festigkeit und Härte,
- hohe Verschleißfestigkeit,
- Korrosionsbeständigkeit,
- hohe Wärmeleitfähigkeit für Keramik,
- hervorragendes elektrisches Isolationsvermögen,
- Hochtemperaturbeständigkeit.

Zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) wird in erster Linie aus folgenden Gründen und Eigenschaften gewählt:

- höchste Biegebruchzähigkeit,
- hohes E-Modul (vergleichbar mit Stahl),
- niedrige Wärmeleitfähigkeit,
- Hochtemperaturfestigkeit sowie
- gute tribologische Eigenschaften.

Die Möglichkeit, das zum Spritzen benötigte Material, den so genannten Feedstock, betreffend Mischverhältnis, Korngröße und Binder individuell anzupassen und herzustellen, schafft die Voraussetzung für eine optimale Auslegung der Materialeigenschaften an den Anforderungen des Fertigteils.



**Bild 4. Transparente Zahnbrackets: Spritzgussteile mit komplexen Geometrien**



**Bild 5. Innen- und Außengewinde: Eine Nachbearbeitung ist nicht erforderlich**

### Der CIM-Prozess

Von allen Formgebungsmethoden bietet der Ceramic Injection-Molding-Prozess die meisten gestalterischen Freiheiten. Beim CIM-Prozess können beliebige Geometrien, beispielsweise Innen- und Außengewinde, Hinterschneidungen, Schrägbohrungen oder Freiformflächen, direkt generiert werden, ohne dass ein Nachbearbeitungsaufwand entsteht.

Das oder die Oxidpulver werden mit verschiedenen Binderanteilen gemischt. Der daraus entstehende Feedstock muss in hoher Grunddichte spritzgießbar

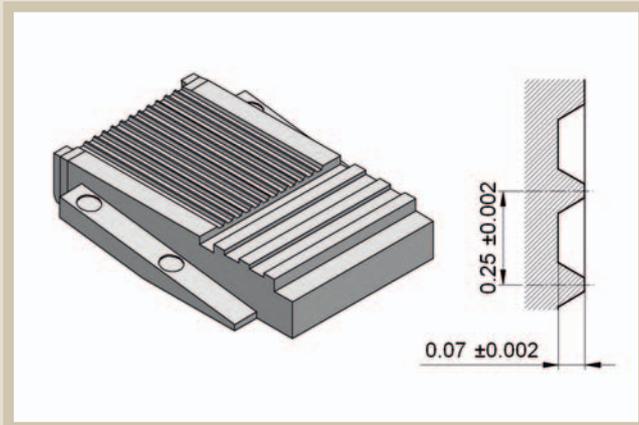


Bild 6. Ursprüngliches Bauteil

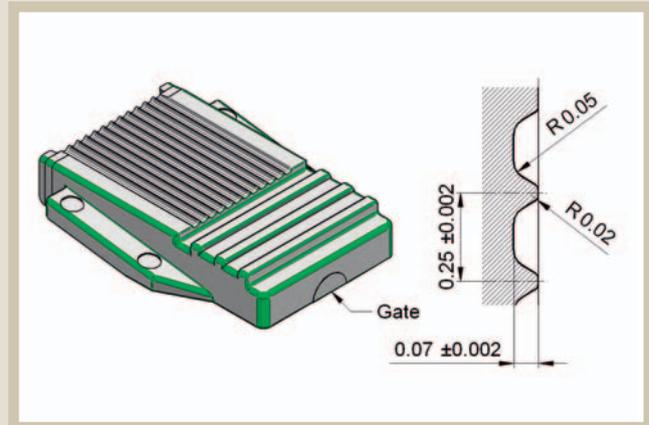


Bild 7. Überarbeitete Bauteilkontur im Sinne einer CIM-gerechten Konstruktion

und der Binder vor dem Sintern entfernbar sein. Das Keramikspritzgießen ähnelt dem Kunststoffspritzgießen und wird auf optimierten Mikrospritzgießmaschinen durchgeführt. Ein wichtiger Punkt ist, dass eine optimale Gründichte erreicht wird.

Dem spritzgegossenen Grünling werden meist über eine Temperatur-Zeit-Kurve die Binderanteile sorgfältig entzogen. Die Bindermittel werden dabei durch thermische Zersetzung oder mittels einer Kombination von Extraktion und Pyrolyse ausgetrieben. Das entbundene Teil muss dabei aber exakt die im Spritzgießprozess erworbene Form beibehalten.

Beim Sintern erfolgt die Verdichtung drucklos auf nahezu theoretische Dichtewerte des reinen Werkstoffs. Dabei muss einer linearen Schrumpfung von 20 bis 30 Prozent Rechnung getragen werden. Das Sintern bei Oxidkeramik wird in Luft oder Vakuum durchgeführt, dabei ist die Sinterschrumpfung abhängig vom Material und der beim Spritzgießen erreichten Gründichte. Mittels heißisostatischem Pressen (HIP) kann nachträglich unter Wärme und Druck das Gefüge nochmals (die letzten 0,5 Prozent) für spezielle Anwendungen verdichtet werden.

Nach der thermischen Behandlung besitzen die Teile die Eigenschaften des reinen Werkstoffs wie Härte, Dichte, Druckfestigkeit, Stabilität, chemische Beständigkeit, Verzug, thermische und elektrische Eigenschaften.

Nach dem Sinterprozess entsprechen die CIM-Rohlinge grundsätzlich dem Fertigteil. Wenn nötig wird mittels Nacharbeit zum Beispiel der Anguss entfernt, oder es wird durch eine weitere Bearbeitung eine spezielle Produktvariante gefertigt. Für die Nach-

arbeit sind alle gängigen Bearbeitungsverfahren einsetzbar, beispielsweise Schleifen, Läppen, Honen oder Polieren.

### Die CIM-gerechte Konstruktion

Um die Vorteile der CIM-Technologie optimal nutzen zu können, sollten bereits in der Konstruktionsphase des Bauteils folgende Punkte beachtet werden:

- Unnötige und starke Wandstärkenunterschiede sowie abrupte Querschnittsänderungen sind zu vermeiden,
- Massenanhäufungen sind zu umgehen (Einbuchtungen anbringen),
- scharfe Kanten sind wenn möglich abzurunden,
- lange freistehende Kerne möglichst symmetrisch auslegen.

Die **Bilder 4 und 5** zeigen zwei Produkte mit komplexen Geometrien, die ihre Form in allen Details ohne zusätzliche Nacharbeitsprozesse im Spritzgießprozess erhalten haben. Die **Bilder 6 und 7** zeigen ein Bauteil, das bereits in der Konstruktionsphase mit dem Kunden CIM-gerecht gestaltet wurde.

Die Formgebungsmöglichkeiten des CIM-Prozesses sind mit denen des Kunststoff- oder Metall-Mikrospritzgießens vergleichbar. Infolge der speziellen Eigenschaften der Feinkeramik eröffnen sich jedoch völlig neue Möglichkeiten. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt bereits, dass immer mehr Anwender aus den verschiedensten Branchen von diesen Möglichkeiten für ihre Produkte Gebrauch machen und herkömmliche Werkstoffe mit Feinkeramik substituieren. Die Hersteller verfolgen dabei das Ziel, ihren Produkten bessere Gebrauchseigenschaften zu verleihen und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. ■

### > KONTAKT

HERSTELLER  
**SPT Roth Ltd.**  
 CH-3250 Lyss  
 Tel. +41 32 3878040  
 Fax +41 32 3878088  
[www.smallprecisiontools.com/cim](http://www.smallprecisiontools.com/cim)

### AUTOR

MARTIN SUTTER ist Product and Sales Manager für Fine Ceramic Products bei SPT Roth in Lyss/Schweiz;  
[martin.sutter@sptroth.com](mailto:martin.sutter@sptroth.com)