

## 2.3 Vom Prototyp zum Serienteil - Rapid Manufacturing von Hochleistungskeramik

- Mathias Wilde  
Micro Ceram GmbH  
Meißen

*Die Folien finden Sie ab Seite 92.*

Zur Drucklegung des Buches war keine zusätzliche Ausarbeitung zum Vortrag verfügbar. Wir möchten Sie bitte, sich wegen Texten und Details direkt an den Autor zu wenden. Die Kontaktdaten sind:

Tel: 03521-71955-10

Fax: 03521-72955-13

wilde@microceram.de

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 16) finden sich auf den folgenden Seiten.

# Vom Prototyp zum Serienteil – Rapid Manufacturing von Hochleistungskeramik

Dipl.-Ing. Mathias Wilde  
MicroCeram GmbH  
Meissen



## **Inhalt**

- 1.) *Motivation für Rapid Manufacturing*
- 2.) *Technologischer Ablauf*
- 3.) *Darstellung Prozesskette*
- 4.) *Zusammenfassung und Ausblick*



## **Motivation für Rapid Manufacturing**



- höhere Flexibilität im Entwicklungsstadium
- verkürzter Durchlaufzyklus ( 2 Wochen statt mind. 8 Wochen)
- niedrige Werkzeugkosten im Entwicklungsprozess
- schnelle CAD/CAM-Kopplung
- effiziente und flexible Herstellung von Kleinserien
- Erschließung neuer Märkte

→ vom Prototyp bis hin zur Serie aus einer Hand

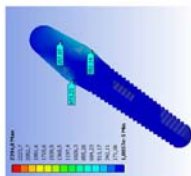
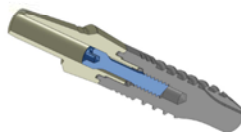
## Motivation für Rapid Manufacturing



1. Konstruktionsentwurf  
einer Implantat-Abutment-  
Verbindung

2. Keramikgerechtes  
Design  
mittels CAD

3. FEM gestützte Konstruktion  
einer Implantat-Abutment-  
Verbindung  
Ergebnisse FE-Analyse



4. CAM – Anbindung  
/ Simulation / Fräsprozess



5. Fertige  
Prototypenteile



## Technologischer Ablauf



### 1) Urformen

- Uniaxial Pressen
- Isostatisch Pressen (Dry- und Wetback)
- Spritzguss

### 4) Schleifen\*

- Rundschleifen
- Flachschleifen
- Ultraschallgestütztes Schleifen
- Werkzeugschleifen

### 2) Grünbearbeitung\*

- Drehen (angetriebene WZ + Y-Achse)
- Fräsen (5-Achs-Simultan)

### 3) Entbindern und Sintern

- Kammer- und Elevatoröfen

### 5) OF-Finish\*

- Honon
- Läppen
- Polieren
- Strahlen
- Trowallisieren

### 6) Laserbearbeitung\*

- Schneiden
- Ritzen
- Strukturieren
- Beschriften

\* optionale Prozesse

## Technologischer Ablauf

| Urformen                                         | geeignet f. Rapid Manufacturing |
|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| • Schlickergießen                                | -                               |
| • Extrudieren                                    | -                               |
| • Unaxiales Pressen                              | --                              |
| • Spritzgießen                                   | --                              |
| • Isostatisches Pressen<br>(Wet-Bag und Dry-Bag) | +                               |
| Umformen / Bearbeitung                           |                                 |
| • Grünbearbeitung                                | ++                              |
| • Hartbearbeitung (Schleifen, Ultraschall)       | ++                              |

## Technologischer Ablauf

### 1) Urformen

| Vergleich Urformverfahren |            |                                    |          |             |  |
|---------------------------|------------|------------------------------------|----------|-------------|--|
| gießen                    |            |                                    | gepresst |             |  |
| Schlickerguss             | Spritzguss |                                    | uniaxial | isostatisch |  |
| +                         | +++        | Maßhaltigkeit d. Rohlings          | +++      | -           |  |
| -                         | +          | Sinterverzug                       | ++       | +++         |  |
| --                        | ---        | Große Volumen                      | ++       | +++         |  |
| ++                        | ++         | Kleine Stege/ Löcher               | +        | +           |  |
| +                         | +          | Ansprüche an Bearbeitungsstrategie | +        | +           |  |
| +                         | +          | WZ-verschleiß                      | -        | -           |  |
| +                         | +          | mech. Eigenschaften                | ++       | +++         |  |
| +                         | +++        | Handling                           | +        | -           |  |

### 2.3 Vom Prototyp zum Serienteil - Folie 7



## Darstellung Prozesskette

### 1) Urformen

- Uniaxial Pressen
- Isostatisch Pressen (Dry- und Wetbag)
- Spritzguss (-Extrudieren) (-Schlickergießen)

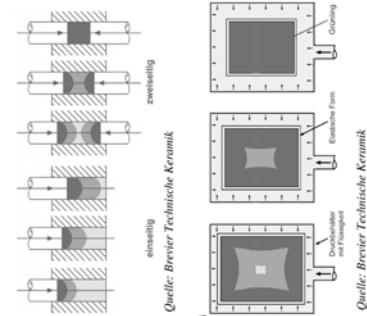


Abb.) 200h Uniaxialpresse (zweiseitig)

Ist ein ausreichend dimensioniertes Werkzeug vorhanden, eignen sich prinzipiell alle Verfahren zur Herstellung von Prototypen. Erfüllt keines diese Anforderung so ist das isostatische Pressen zu favorisieren, da die Formen schnell und günstig herstellbar sind und ein gleichmäßig verdichteter Rohling zur Verfügung steht.

## Darstellung Prozesskette



### 1) Formgebung Pressen



*Uniaxiales Pressen*



*isostatisches Pressen  
(Wet – Bag)*



*isostatisches Pressen  
(Dry – Bag)*

## Darstellung Prozesskette

### 2) Grün- bzw. Weißbearbeitung

Voraussetzungen:

- speziell ausgelegte Absauganlage und geschützte Achsführungen und Umlaufspindeln
- fein dosierbare Spannsysteme
- Diamantbeschichtete oder PKD-Werkzeuge
- ausreichend hohe Wiederholgenauigkeit ( $<0,01$ )
- Frässpindeln sollten zur Herstellung kleiner Bauteile eine Drehzahl von min. 15.000U/min haben

Drehen (angetriebene WZ + Y-Achse):

- Bearbeitung rotationsymmetrischer Teile mit einigen Bohrungen sowie Schlüsselweiten und Ähnlichem
- Oberflächengüten im Bereich N6 sind problemlos ohne Nacharbeit möglich

Fräsen (5-Achs-Simultan):

- 5-Seitenbearbeitung komplexer Bauteile möglich

Möglichkeiten:

- sicher beherrschbare Toleranzen ohne Nacharbeit:
  - $< 4 \text{ mm}$   $\pm 0,2/100 \text{ mm}$
  - ab  $4 \text{ mm}$   $\pm 0,5 \%$  ( $\pm 0,2\%$  mit Anpassung)
- Oberflächengüten im Bereich Ra =  $0,4 \mu\text{m}$  sind möglich



## Darstellung Prozesskette



### 3) Entbindern und Sintern

-Entbinderungsöfen als Kammer –  
bzw. Muffelöfen



*Elevatoröfen*

*Schnellbrandöfen mit  
integrierter Entbinder-  
ung, Zyklus 4 h – 24 h*



## Darstellung Prozesskette

### 4) Schleifen

- Rundschleifen
- Flachschleifen
- US-gestütztes Schleifen
- Werkzeugschleifen

Können Toleranzen in der Grünbearbeitung nicht 100%ig garantiert werden, muss nach dem Sintern geschliffen werden. (Passungen, enge Form- und Lagetoleranzen)  
Toleranzen im Bereich weniger  $\mu\text{m}$  sind realisierbar.

Die Bearbeitung erfolgt mittels speziell auf die Anwendung angepasster Diamantschleifwerkzeuge, welche in der Regel die erreichbare Oberflächengüte vorgeben.

Speziell für Bohrungen eignet sich das ultraschallgestützte Schleifen, welches die Effizienz erheblich steigern kann.



## Darstellung Prozesskette



### 5) OF-Finish\*

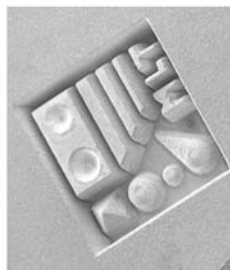
- Honen
- Läppen / Polieren
- Strahlen
- Trowallisieren



## ***Darstellung Prozesskette***

### 6) Laserbearbeitung\*

- Schneiden
- Ritzen
- Strukturieren
- Beschriften



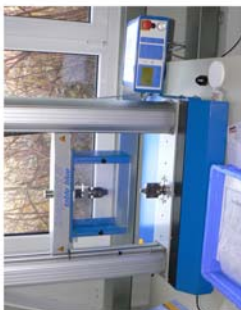


## Darstellung Prozesskette



### Qualitätssicherung

- Maßprüfung
- Rissprüfung
- Dichtemessung
- Festigkeitsprüfung





## Zusammenfassung und Ausblick

*Rapid Manufacturing von Keramik erlaubt eine Verkürzung und Flexibilisierung im Entwicklungsprozess.*

*Die technologischen Durchlaufzeiten gegenüber herkömmlichen Verfahren lassen sich stark verkürzen.*

*Für die Serienfertigung können die entsprechenden Technologien parallel entwickelt werden.*

*Damit lassen sich die gewonnenen Erfahrungen auf die spätere Großserie adaptieren. (z. B. uniaxiales Pressen oder Spritzgießen*

*→ Rapid Manufacturing schafft die Voraussetzungen für die Großserie*