

## Selektives Lasersintern von metallisch/keramischen Strukturen

Trenke, D.

*In umfangreichen Versuchsreihen wurden am IMW erfolgreich Verbundstrukturen aus metallisch/keramischen Pulvermischungen und durch abwechselndes Aufschmelzen von Metall/Keramik-Schichten durch das Verfahren des Selektives Lasersinterns hergestellt.*

*In considerably test series the IMW successfully produced composite constructions out of metallic/ceramic powder mixtures and also by the use of alternately melting metal/ceramic layers with selective lasersintering.*

### 1 Einleitung

Rapid Tooling Produkte sind zum heutigen Stand nur bedingt industriell einsetzbar. Dies liegt an den unzureichenden Werkstoffeigenschaften lasergesinterter Bauteile. Hierzu gehören die geringen mechanischen Festigkeitswerte, die hohen Oberflächenrauigkeiten, das mangelhafte Verschleißverhalten und die geringe Temperaturbeständigkeit. Bedingt durch diese Charakteristiken besitzen lasergesinterter Bauteile und Werkzeuge nur kurze Einsatz- bzw. Standzeiten und sind damit für die Serienfertigung nur eingeschränkt geeignet.

Durch das selektive Sintern von Keramik/Metall-Pulvermischungen und dem abwechselnden Sintern von Keramik- und Metallschichten soll das Einsatzspektrum und die Qualität von Rapid Tooling Erzeugnissen erweitert und verbessert werden.

Gegenstand der durchgeführten Untersuchungen war es daher zu ermitteln, welche Keramiken die besten Bauteilergebnisse bezüglich Härte, Verschleißverhalten, Festigkeit und Oberflächenrauigkeit ergeben.

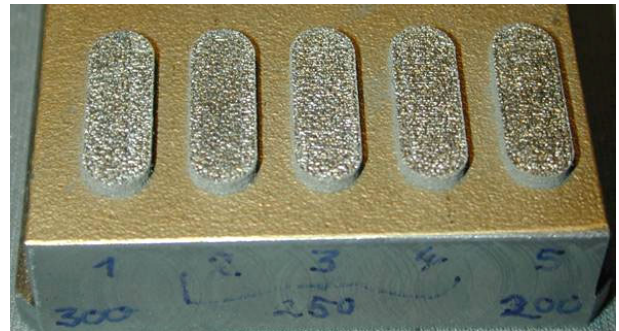
### 2 Durchgeführte Versuche

Entsprechend der beschriebenen Zielsetzung wurden Keramik/Metall-Verbundkörper durch abwechselndes Sintern von Keramik- Metallschichten und durch Lasersintern von Metall-Keramik-Pulvermischungen hergestellt. Die Energiezufuhr durch den CO<sub>2</sub>-Laser wurde dabei so gesteuert, dass die Temperatur der Schmelze die Flüssig-Gas-Phasengrenze nicht überschreitet, gleichzeitig aber ein voll-

ständiges Aufschmelzen einer jeden Schicht bis in die darunter liegenden Schichten erreicht wurde. Zur Umsetzung dieses Zieles erfolgten Variationen des Energieeintrages durch unterschiedliche Lasergeschwindigkeiten in Abhängigkeit von den jeweiligen Keramiken.

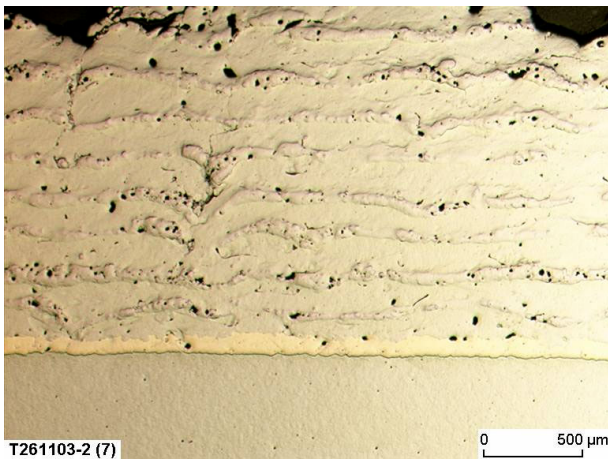
#### 1) Schichtweiser Aufbau:

In dieser Versuchsreihe wurde ermittelt, ob es möglich ist, durch abwechselndes Lasersintern von Metall- und Keramiksichten feste Verbundbauteile herzustellen. Als Metallpulver wurde das handelsübliche Sintermaterial DirectSteel 20 verwendet. Bei den Keramikpulvern handelte es sich um verschiedene Karbide. Die Schichtstärken bei den einzelnen Versuchen betragen jeweils 0,1 mm. Um einen ausreichend hohen Energieeintrag zu gewährleisten, wurde die Laserleistung auf 95 % eingestellt und niedrigere Scangeschwindigkeiten beim Sintern der Keramiksichten im Vergleich zu den Stahlschichten gewählt. Auf diese Weise feste Stahl/Keramik-Verbundstrukturen aufgebaut werden (siehe **Bild 1**), die allerdings sehr raue Oberflächen aufzeigten.



**Bild 1:** Schichtweise aufgebaute Proben

Schliffbilduntersuchungen der verschiedenen Proben haben gezeigt, dass die jeweils neu aufgeschmolzenen Schichten in die darunter liegenden Schichten verlaufen und dadurch eine feste Verbindung zwischen den Schichten entsteht. Diese Verbindung der Schichten wird noch dadurch begünstigt, dass durch die Tiefenwirkung des Lasers die unteren Schichten zum Teil erneut anschmelzen und so die Keramik- und Metallschmelzen ineinander verlaufen.

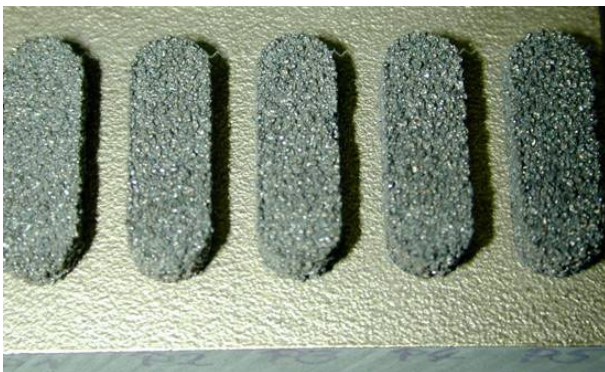


**Bild 2:** Schliffbild einer Schichtstruktur

## II) Metall-Keramik-Pulvermischungen:

In dieser Versuchsreihe wurde untersucht, ob es möglich ist, Bauteile aus einer Metall-Keramik-Pulvermischung zu sintern. Hierzu wurde das Metallpulver Direct Steel 20 in unterschiedlichen Gewichtsanteilen mit einem Keramikpulver vermischt und diese Pulvermischung in der Rapid Tooling Anlage aufgeschmolzen. Um den zum Sintern erforderlichen Energieeintrag zu gewährleisten, wurde der Laser sehr langsam verfahren und die Laserleistung auf 95 % eingestellt. Die gesinterten Schichtstärken betragen dabei 0,1 mm.

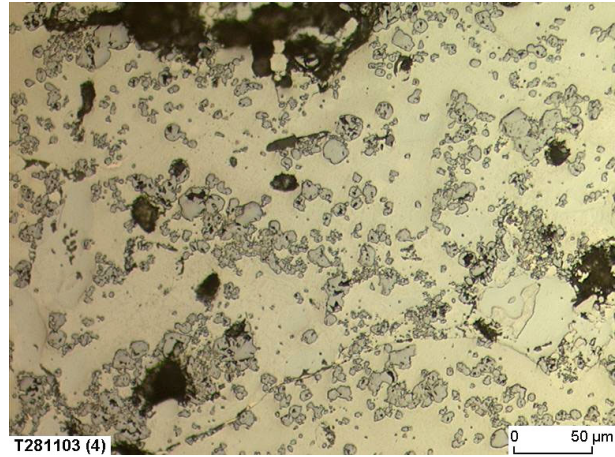
Diese Versuche haben gezeigt, dass bei angepasster Wahl der Prozessparameter und des Mischungsverhältnisses feste Strukturen aus einer Metall-Keramik-Pulvermischung durch schichtweises Lasersintern herstellbar sind (siehe **Bild 3**). Der Keramikanteil kann dabei in einem größeren Bereich variiert werden, so dass je nach technischer Anwendung die spezifischen Materialeigenschaften des Metalls oder der Keramik in den Vordergrund gestellt werden können.



**Bild 3:** Proben aus einer Pulvermischung

Ein Vergleich der verschiedenen Versuchsreihen untereinander ergab, dass mit den Karbid-Keramiken im Vergleich zu den Oxidkeramiken feinporigere und festere Bauteile herstellbar sind.

Die Porosität und Oberflächenqualität war insgesamt aber schlechter, als bei den schichtweise aufgebauten Proben. Die Auswertung der Schliffbilder sämtlicher Proben zeigte, dass sich die Schmelzbäder der Keramiken und des DirectSteel gegenseitig umflossen. Nicht aufgeschmolzene Keramikpartikel wurden von den Stahlbädern aufgenommen und eingebettet. Innerhalb der Strukturen bildeten sich größere Porenbereiche (siehe **Bild 4**).



**Bild 4:** Schliffbild einer Pulvermischung

## 3 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass sich mit dem Verfahren des selektiven Lasersinterns feste und teilweise geringporöse Verbundstrukturen aus Stahl- und Keramikpulvern herstellen lassen. Der Halt zwischen den verschiedenen Werkstoffen beruht dabei auf verschiedenen Verbindungsmechanismen. Zudem haben Härtemessungen gezeigt, dass sämtliche Proben eine höhere Oberflächenhärte als Bauteile aus reinem DirectSteel besitzen. Allerdings ist die Oberflächenqualität der Verbundstrukturen noch unzureichend. Aufbauend auf diesen Ergebnissen werden am IMW weitere Versuche zum Lasersintern von metallisch/keramischen Verbundstrukturen, deren Nachbearbeitung und zur Ermittlung der Werkstückeigenschaften und Verbindungsmechanismen durchgeführt. Hierzu zählen neben der Anpassung der Sinterparameter (Höhe des Energieeintrages, Schutz- und Reaktionsgase, Sinterstrategien usw.) auch der Einsatz verschiedener Metallpulver Keramiken.

## 4 Literatur

- /1/ Trenke, D.: Aufbau strukturierter Verbundwerkstoffe mittels selektiven Lasersinterns, IMW, 2004