

M. Horn, F. Ullmann, A. Gruner, P. Regenfuß, H. Exner

Neue Ergebnisse zum Lasermikrosintern

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes KONAMI, bei dem vorrangig Pulver mit Korngrößen im Submikrometerbereich verarbeitet wurden, entwickelte die Forschergruppe eine nach heutigen Richtlinien im Handling von Nanopulvern sichere Sinteranlage. Die Anlage ist ausgestattet mit einem Glove-Box Schleusensystem, so dass hochreaktive Pulver unter Inertgasatmosphäre verarbeitet werden können. Als weitere Neuerung ist erstmals eine SPS-Steuerung integriert, mit der sich eine Vielzahl von Bedienschritten zusammenfassen lassen und die zugleich eine Überwachungsfunktion übernimmt. Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens des Sinterprozesses kamen präzisere Schrittmotoren und Achsen zum Einsatz, die theoretisch einen Schichtaufzug von 100nm ermöglichen. Die Sinterplattform ist mit zwei unterschiedlichen Bauräumen mit Durchmessern von 16 und 25mm versehen, so dass sie je nach Bauteilgröße optimal angepasst werden kann. Nach Beendigung des Bauprozesses kann die gesamte Sinterkammer gespült werden, wodurch der Anlagenbediener nicht mehr mit Pulver in Kontakt kommt. Die Abbildung 1 zeigt die beschriebene Anlage, mit der nachfolgende Ergebnisse erzielt wurden.



Abb. 1: Experimentelle Lasermikrosinteranlage

Aus metallischen Pulvern erzeugte Teile

In Zusammenarbeit mit der am Projekt beteiligten Micro Mechatronic Technologies GmbH wurde eine über ein Standardgewinde einschraubbare Düse mit variierendem Innendurchmesser (1 – 0,1mm) gebaut (Abb. 2). Ein besonderer Anspruch beim Aufbau entstand hierbei durch die Bauteilhöhe in Bezug zur relativ kleinen Kontaktfläche auf dem Substrat. Nur mit Hilfe von zusätzlich gebauten Stützelementen konnte ein Abreißen des Bauteils wegen der beim Rakeln des Pulvers auftretenden Scherkräfte vermieden werden. Weiterhin wurden im Bauprozess die Laserleistung und die Schichtdicke in Abhängigkeit von der Bauteilhöhe und der Geometrie angepasst.

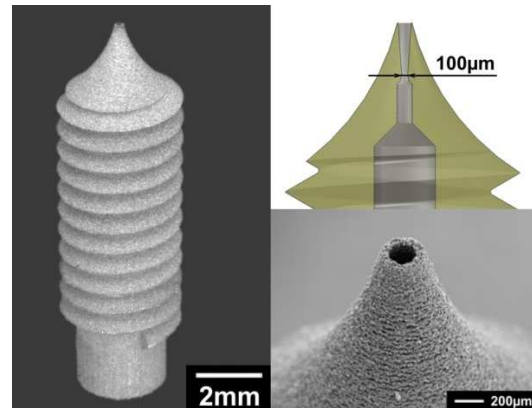


Abb. 2 : Düse aus Edelstahl 1.4404 Pulver, REM Aufnahme von der Düsen Spitze sowie ein Querschnitt der Spitze (CAD-Bild)

Als Laserquelle kam ein Faserlaser mit der Wellenlänge von 1065nm, einer maximalen mittleren Laserleistung von 20W und einer Puls wiederholfrequenz von bis zu 500kHz zum Einsatz. Über eine F-Theta Optik mit einer Brennweite von 56mm wurde der Laserstrahl auf die Bauplattform fokussiert.

Gemeinsam mit dem Projektpartner NRU GmbH wurde ein medizinisches Bauteil (Abb. 3) in extrem kleiner Dimension entworfen und gebaut. Hierfür wurde das biokompatible Material Tantal verwendet, dass unter einer Argon-Schutzgasatmosphäre verarbeitet werden musste. Um die geforderte Auflösung realisieren zu können, wurde mit einer Schichtdicke von nur 0,5µm gearbeitet. Als Laserquelle kam ebenfalls der 20W Faserlaser zum Einsatz.

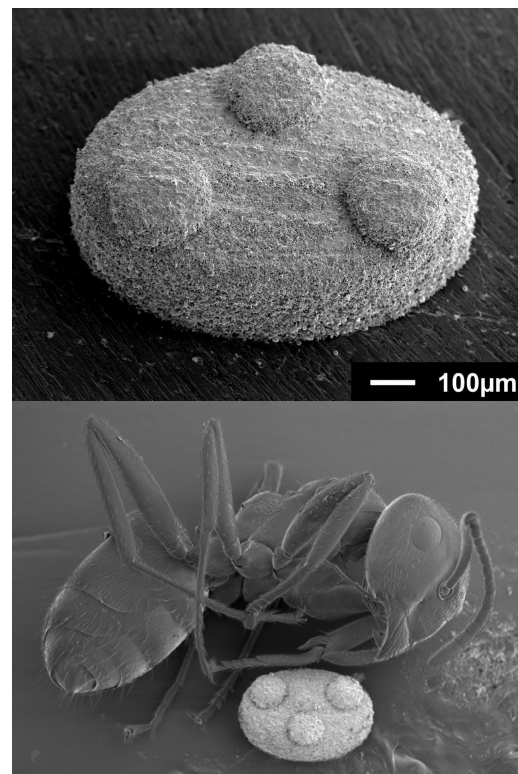


Abb. 3: Mikrobau teil aus biokompatiblem Tantal-Pulver, gebaut unter Argon-Schutzgasatmosphäre, unten: REM Aufnahme des Bauteils im Größenvergleich zu einer Ameise

Sinterergebnisse mit neuartigen Materialien

Für die VIA electronic GmbH, die sich mit der Verarbeitung von LTCC-Material (Low Temperature Cofired Ceramics) in der Mikrosystemtechnik befasst, wurde das Lasermikrosintern als alternative Methode zum Aufbringen von Bauelementen auf LTCC-Substrate untersucht. Bislang werden diese über Siebdruckverfahren oder photochemische Prozesse aufgebracht und abschließend bei Temperaturen von 850-900°C gesintert. Mit Hilfe des Lasermikrosinterns könnten dickere Kontaktflächen bis hin zu Kühlkörpern sowie gasdichte Gehäuse bei relativ geringer thermischer Belastung angrenzender Strukturen realisiert werden.

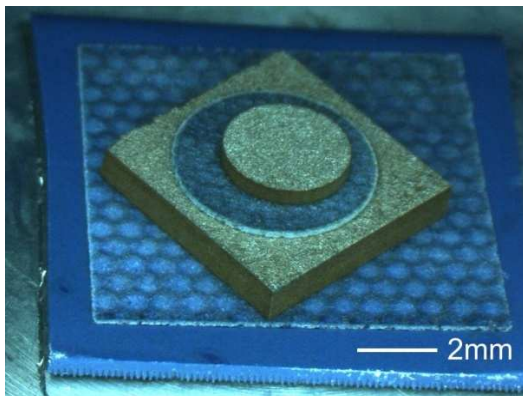


Abb. 4: Sandwich-Aufbau aus verschiedenen Materialien auf ein LTCC-Substrat

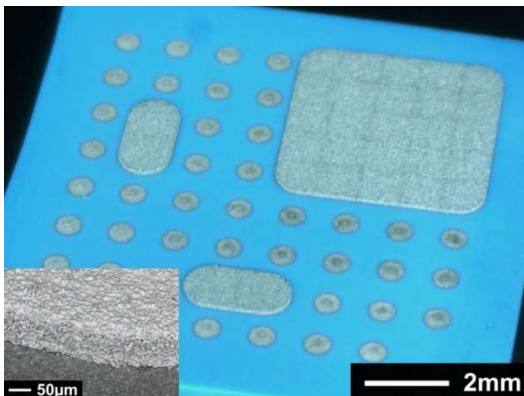


Abb. 5: Aufgesinterte Kontaktflächen aus Molybdän auf ein LTCC-Substrat, welches mit metallischen Blind-Vias versehen ist

Ein direktes Aufsintern von Metallpulver war durch das Entstehen von thermischen Spannungen nur schwer möglich. Probleme gab es in den Randbereichen, besonders bei Ecken, welche durch die Sinterfüllstrategie zur Überhitzung neigten und sich abhoben, wenn keine optimale Wärmeableitung gegeben war.

Zur Minderung der Probleme wurden zwei Strategien entwickelt, erste Aufbauversuche fanden mit LTCC-Pulver als Haftvermittler statt. Dies gelang nur bedingt, da beim Laserprozess partiell wesentlich höhere Temperaturen entstanden als bei den üblichen Sinterverfahren, wodurch sich unterschiedliche Gefügestände ausbildeten, die wiederum Einfluss auf die Absorption der Laserstrahlung und die Festigkeit des Aufbaus hatten. Es konnte jedoch erfolgreich Aluminiumoxidpulver auf LTCC-Plattenmaterial gesintert werden. Durch Zumischen von LTCC-Material zu gleichen

Anteilen wurde eine Übergangszone generiert. Die Abbildung 4 zeigt einen Sandwichaufbau aus Aluminiumoxidkeramik mit LTCC-Pulver und reinem Molybdänpulver.

Bei der zweiten Strategie konnte durch ein Abrunden der Ecken bzw. durch eine Aufteilung der Sinterstruktur in mehrere kleine Flächen die Wirkung der thermischen Spannungen gemindert werden. Eine praxisrelevante Anwendung ist in Abbildung 5 zu sehen. Hier wurden ebenfalls mit dem 20W Faserlaser Kontaktflächen aus Molybdän auf ein LTCC-Substrat aufbracht, das mit metallischen Blind-Vias durchkontaktiert war.

Mit einem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser konnte als Demonstrator für eine integrierte Mikromaschine eine Mikroturbine aus einem Cermetmaterial, bestehend aus Molybdän und Aluminiumoxidkeramik, aufgebaut werden (Abb. 6).

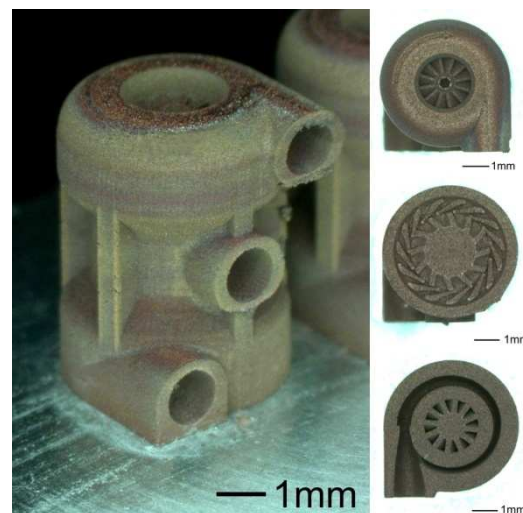


Abb. 6: Mikroturbine aus einem Cermet Pulver bestehend aus Molybdän und Aluminiumoxidkeramik, rechts: verschiedene Querschnittsansichten einhergehend mit zunehmender Bauteilhöhe

Durch Anpassen des Fülllinienabstandes in der Sinterstrategie konnten Ausbrüche an Überhängen und dünnwandigen Bereichen gemindert bzw. ganz kompensiert werden. Um das Ablösen des Bauteils vom Substrat zu vereinfachen, wurde eine weniger dichtgesinterte Zone als Trennschicht eingefügt.

Unser besonderer Dank gilt dem BMBF für die Förderung der Technologieentwicklung (03X0033B) und allen genannten Firmen sowie der 3D-Micromac AG für die sehr gute Zusammenarbeit.



Kontakt

R. Ebert
Laserinstitut der Hochschule Mittweida
Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Deutschland
Tel.: 03727 581401 / Fax: 03727 581496
E-Mail: ebert@htwm.de
www.laserinstitut.org