

Lasermikrosintern- eine neue Technologie zur flexiblen und kostengünstigen Erzeugung feinsten Strukturen

In den verschiedensten Bereichen der Industrie steigt der Bedarf an mikrostrukturierten Bauteilen. So finden zunehmend miniaturisierte Teile u.a. in der Optik, Nachrichtentechnik, Kommunikationstechnik, Medizintechnik und im Fahrzeug- und Werkzeugbau Anwendung.

Zur Zeit ist es aber z.B. mit Mikrobearbeitungswerkzeugen außerordentlich problematisch, Mikrostrukturen direkt in Metalle oder Keramiken einzubringen. Verfahren der Ultrapräzisionsbearbeitung (Drehen, Fräsen) ermöglichen zwar die Strukturierung bei Nichteisenmetallen und bei Kunststoffen, sind jedoch oftmals zu aufwändig. Außerdem erlauben die bekannten Techniken nur sehr begrenzt die Herstellung von freien Formen und damit von Hinterschnitten. Insbesondere für die Prototypenfertigung aber auch für kleine und mittlere Serien überwiegt meist der Aufwand im Vergleich zum Nutzen.

Ein Verfahren zur flexiblen und schnellen Herstellung von freigeformten Bauteilen ist das Selektive Lasersintern (SLS). Probleme waren jedoch bisher: eingeschränkte Genauigkeiten, lange Bauzeiten, innere Spannungen der Bauteile, hohe Rauheiten und geringe Strukturauflösungen. Dadurch war das Verfahren für die Mikrostrukturierung ungeeignet.

Am Laserinstitut Mittelsachsen e.V. an der Hochschule Mittweida wird jedoch seit 2001 eine neuartige Technologie zur freien Generierung von 3D Mikroteilen, das Lasermikrosintern, unter Überwindung der bisher bekannten Probleme beim SLS erforscht. Durch innovative Weiterentwicklungen der Prozessführung und unter erstmaliger Ausnutzung spezieller Lasereffekte konnte die Formaullösung des selektiven Lasersinterns wesentlich verbessert werden. So kann mit dem neuen Verfahren eine Auflösung bei Schlitzen von $10\mu\text{m}$, bei Stegen von $20\mu\text{m}$ und bei Freiformflächen von unter $30\mu\text{m}$ erzielt werden (Abb. 1 und 2).

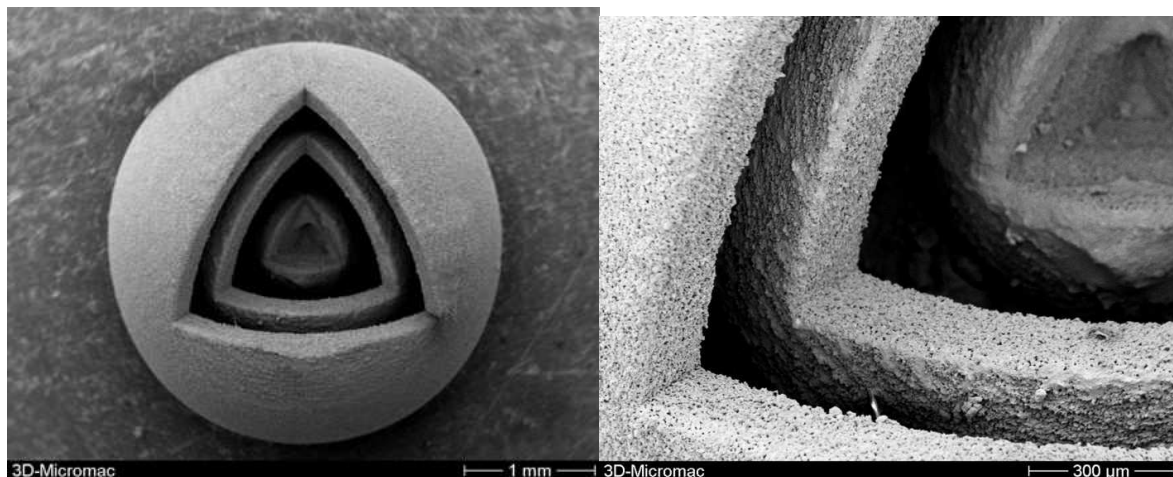


Abb. 1 und 2: Testbauteil mit ineinander liegenden Kugelschalen

Ein Merkmal der Technologie ist die Verlagerung des Pulverhandlings und des Lasersinterprozesses in eine Vakuumkammer. Dafür wurden jeweils neuartige zum Patent angemeldete Vorrichtungen und Verfahren entwickelt. Die Maschinen für das Verfahren liefert exklusiv die 3D-Micromac AG Chemnitz (http://www.3d-micromac.com/hel_systems/mikro_sintern/start_mikro_sintern.php).

Eine angepasste Rakelmethode erlaubt den Auftrag feinsten, glatter Pulverschichten. Dazu wird der Bauraum in $1\mu\text{m}$ -Schritten abgesenkt. Das Material wird mit gütegeschalteten Laserpulsen bearbeitet. Mit dieser Methode können sowohl Pulver refraktärer als auch niedriger schmelzender Metalle oder Pulvermischungen spannungs- und somit verzugsfrei gesintert werden. Bis jetzt wurden Teile und 3D Strukturen aus W, W/Cu, W/Al, W/Mo, Cu, Ti, Ag, Al und Edelstahl generiert. Zur Bearbeitung von Keramikpulver liegen erste Erfahrungen vor, die derzeit vertieft werden.

Die Präzisionsteile können entweder fest mit dem Substrat verbunden oder über eine Sollbruchstelle abtrennbar generiert werden. Hinterschneidungen sind mittlerweile durch eine neues Sinterregime auch ohne Stützkörper bis zu einem Winkel von 90° realisierbar (Abb. 3). Die Oberflächenrauheit kann in Abhängigkeit von der Sinterdichte bis auf einen Wert von $R_a = 1,5\mu\text{m}$ reduziert werden.

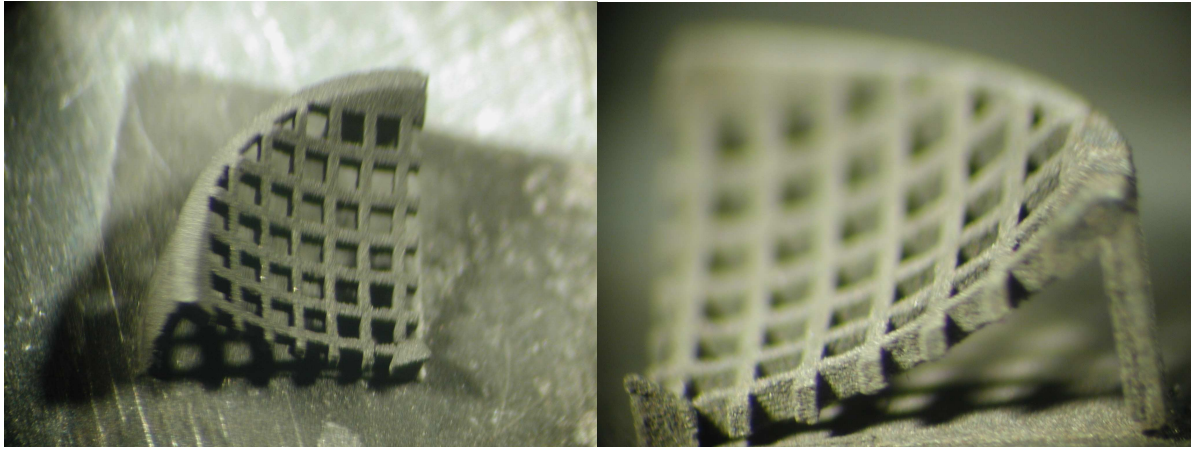


Abb. 3 und 4: Teststruktur mit Hinterschneidung ohne Stützkörper (Radius 4mm, Bauhöhe 2mm)

Das neue Verfahren Lasermikrosintern kann sowohl als Rapid Prototyping Technologie zur schnellen Herstellung von Mikroteilen aus 3D Daten, um z.B. die Funktionalität im Mikrobereich überprüfen zu können, als auch für das Rapid Tooling zur schnellen Erzeugung von mikrostrukturierten Werkzeug-einsätzen und Funktionsteilen verwendet werden (Abb. 4).

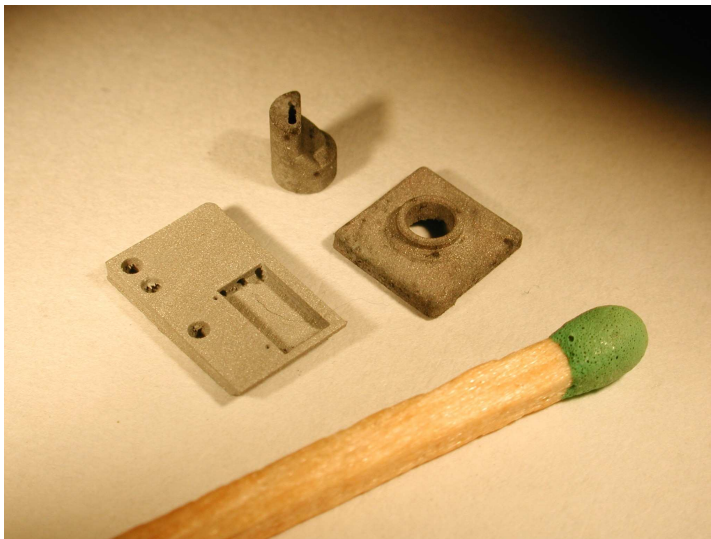


Abb. 4: verschiedene mikrostrukturierte Teile aus W (für Milasys GmbH Stuttgart)

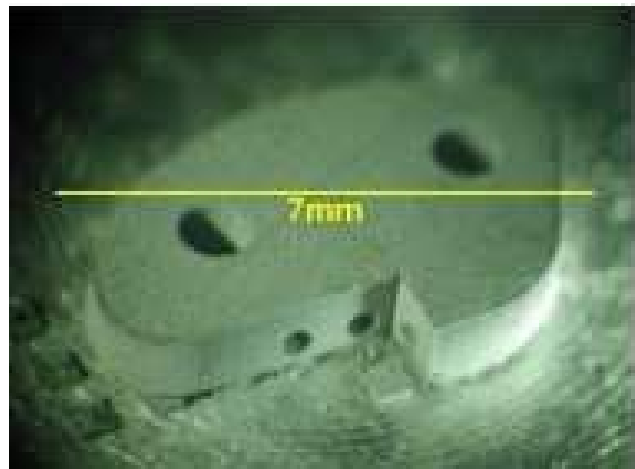
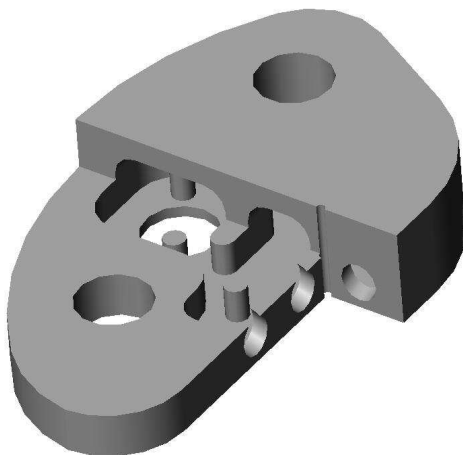


Abb. 5 und 6: Präzisionsanschlag mit mikrostrukturiertem inneren Aufbau und lasermikrogesintertes Präzisionsteil (für Milasys GmbH Stuttgart)

Der in den Abb. 5 und 6 präsentierte Präzisionsanschlag wurde z.B. als Unikat hergestellt. Die Pulsfrequenz des Lasers im Bauprozess betrug 30 kHz. Da es das einzige Teil in diesem Produktionszyklus war, beanspruchte es eine Anlagenlaufzeit von 3,6 Stunden. Bei weiter optimierter Beschichtungszeit und einer Pulsfrequenz des Lasers von 100 kHz, sowie einer Bauräumebelegung mit 6 Teilen verkürzt sich die Anlagenlaufzeit pro Teil auf ca. 45 Minuten (Tab. 1).

Tab. 1: Anlagenlaufzeit für den Bau eines Präzisionsanschlags

Nicht optimierte Beschichtungszeit, Pulsfrequenz: 30kHz

Stückzahl	Beschichtungszeit (in Std.)	Gesamtsinterzeit (in Std.)	Gesamte Anlagenlaufzeit (in Std.)	Anlagenlaufzeit pro Bauteil (in Std.)
1	1,71	1,89	3,60	3,60

Optimierte Beschichtungszeit, Optimierte Pulsfrequenz:100 kHz

Stückzahl	Beschichtungszeit (in Std.)	Gesamtsinterzeit (in Std.)	Gesamte Anlagenlaufzeit (in Std.)	Anlagenlaufzeit pro Bauteil (in Std.)
6	0,61	3,78	4,39	0,73

Die Beschichtungszeit ist immer unabhängig von der Stückzahl, solange die Bauteile nicht vertikal gestapelt werden. Die Gesamtsinterzeit ist (bei gleichen Bauteilen) immer proportional der Stückzahl.

Die erreichte Prozessgeschwindigkeit ist mit optimierter Beschichtungszeit und optimierter Pulsfrequenz bereits industrietauglich. Bei einer Stückzahl von 6 Teilen ist mit Gesamtmaschinenkosten von ca. 800 Euro (einschichtige Auslastung) zu rechnen. Hinzu kommen noch die Kosten für das Material und den Bediener. Für diesen Preis könnten die innen kompliziert konturierten Teile weder im Mikrospritzguss (Werkzeugkosten!) noch mechanisch gefertigt werden. Auch die Produktion nur eines Teiles ist bereits zu relativ niedrigen Kosten realisierbar.

Zusätzlich ist das Verfahren ebenso als Serienproduktionstechnologie für Mikroteile geeignet, da z.B. in einem Bauraum mit einem Volumen von 1 cm^3 ca. 5000 Teile mit Abmessungen von $500 \times 500 \times 500 \mu\text{m}^3$ generiert werden können. Bei einer Gesamtbauzeit von 20 Stunden wären das nur 15s pro Bauteil! Die Kosten liegen damit unter einem Euro pro Bauteil, was insbesondere für komplexe Teile attraktiv ist. Erste Anwendungen in diese Richtung zeichnen sich ab.

Neuere Untersuchungen zielen darauf ab, die bei der Durchführung des Prozesses gewonnenen Erkenntnisse auch auf großvolumigere fein strukturierte Teile anzuwenden. Dazu wurden die Schichtdicke im Bauprozess erhöht, Pulver (Edelstahl) mit größerem Korndurchmesser ($10\text{-}20\mu\text{m}$) verwendet und ein Laser mit höherer Leistung (20W) bei einem größeren Laserstrahldurchmesser eingesetzt. Als Ergebnis ist eine enorm hohe Baurate von $12 \text{ cm}^3/\text{Stunde}$ erreichbar, allerdings bei einer geringeren Auflösung von ca. $60\mu\text{m}$ und einer reduzierten Bauteildichte von $< 60\%$. An einer Optimierung der Bauteildichte wird derzeit gearbeitet.

Unserer besonderer Dank gilt dem BMBF/PFT für die Förderung des Verbundprojektes „Vakuum SLS“ (FK 02PP1110, Forschung für die Produktion von morgen, Projektträger FZK, Außenstelle Dresden) und allen beteiligten Firmen und Instituten für die sehr gute Zusammenarbeit. Weitere Informationen sind u.a. auf den Internetseiten des Institutes: http://laz.htwm.de/3_forschung/21_mikrosintern/ zu finden.

Kontakt:

R. Ebert
 Laserinstitut Mittelsachsen e.V. an der Hochschule Mittweida (FH)
 Technikumplatz 17
 D-09648 Mittweida
 Tel.: 03727 581401 / Fax. 03727 581496 / e-mail: ebert@htwm.de