



R. Ebert, U. Löschner, A. Streek, J. Schille, T. Süß,
L. Hartwig, S. Klötzer, H. Exner

Rapid Microtooling mit laserbasierten Verfahren

Seit 2006 läuft an der Hochschule Mittweida ein Forschungsvorhaben zur Untersuchung verschiedener Rapid Microtooling Verfahren. Hierzu wurde im Rahmen der Innoprofile - Ausschreibung des BMBF eine leistungsfähige Nachwuchsforscherguppe aufgebaut. Bis 2010 werden 3 Promotionen zum Thema Rapid Microtooling entstehen.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende zu untersuchende Verfahren:

- Lasermikrosintern
 - o speziell mit fs - Laserstrahlung
- 3D Lasermikroschneiden
- Mikropulverauftragschweißen
- Lasermikrostrukturierung
 - o speziell mit fs - Laserstrahlung.

Die Durchführung des Vorhabens erfolgt in Kooperation mit regionalen Firmen:

- Acsys GmbH
- Laservorm GmbH
- 3D Micromac AG
- IVS AG
- caddental GmbH
- V.G. Kunststofftechnik GmbH
- MicroCeram GmbH.

Den Firmen soll durch das Projekt ermöglicht werden, in Zukunft besser wissenschaftlichen Nachwuchs aquirieren zu können sowie gemeinsam mit der Hochschule neue Verfahren zu untersuchen und diese am Markt zu platzieren.



Abb. 1: Konzept der Multifunktionsanlage

Zur Durchführung der Versuche werden 2 Anlagen aufgebaut, eine zum Mikropulverauftragschweißen und eine Multifunktionsanlage (s. Abb.1) zum Lasermikrosintern, 3D Lasermikroschneiden und Lasermikrostrukturieren. Es wurden und werden für die Untersuchungen 3 Laserquellen angeschafft:

- 20W Faserlaser (15ns - 200ns, 20-500 kHz)
- 40W Kurzpuls laser (< 10ns, 40 kHz)
- 20W fs - Laser (< 250fs, 10µJ, 2 MHz)

Insbesondere der fs-Laser stellt mit seiner hohen Leistung eine Novität dar. Erste Voruntersuchungen beim Laserhersteller Clark in den USA haben bei der Mikrostrukturierung Produktivitätssteigerungen bis zum Faktor 2000 gegenüber herkömmlichen 1 kHz Systemen erbracht. Der in Mittweida installierte 20W fs-Laser ist weltweit der Erste, der zur Materialbearbeitung verwendet wird; die anderen installierten Systeme dienen zu Messzwecken.

Lasermikrosintern

Durch Weiterentwicklung der Rakelstrategie und weitere Optimierung des Sinterprozesses gelang es, im Rahmen des Projektes dichte (nahezu 100%) und hochaufgelöste Mikrostrukturen in hohen Aspektverhältnissen von über 1:25 aus Molybdän aufzubauen (Abb. 2).

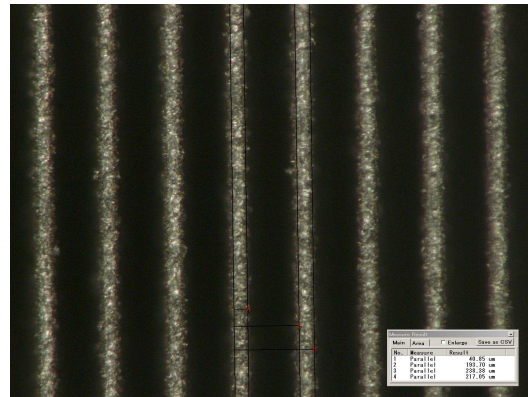


Abb. 2: Mikrowände (Breite 40µm) aus Molybdän

Weitere Untersuchungen waren auf die prozessinterne Messung der Bauhöhe und der lateralen Abmessungen ausgerichtet.

Ab diesem Jahr werden weltweit einmalige Untersuchungen zum Lasermikrosintern mit fs-Laserstrahlung folgen. Dadurch sollen die Auflösung des Verfahrens und die erzielten Materialeigenschaften weiter verbessert werden.

3D Lasermikroschneiden

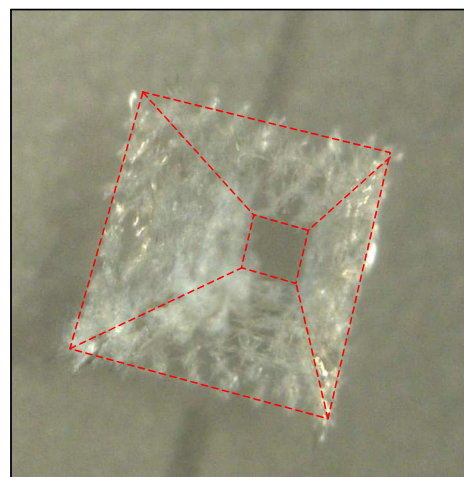


Abb. 3: Pyramidenstumpf in Quarzglas

In ersten Versuchen wurde nachgewiesen, dass laserinduzierte Risse in Quarzglas (Qualität SQ1) lokal begrenzt erzeugbar sind. Unter Anwendung folgender Parameter: $P_{av} = 12,2 \text{ W}$, $\tau_H = 5,8 \text{ ns}$, $f_p = 5 \text{ kHz}$, $v = 1000 \text{ mm/s}$ konnte mit dem Kurzpuls laser eine Pyramidenstumpf-Geometrie generiert werden (Abb. 3). Dazu wurden 5 Ebenen nacheinander abgearbeitet. Die Deckfläche der Struktur beträgt $400 \times 400 \mu\text{m}^2$.

Durch Fortführung der Untersuchungen mit alternativen Laserquellen und Materialien sollen zukünftig Technologien zum direkten Ausschneiden von 3D Mikrokörpern zur Verfügung stehen.

Mikropulverauftragschweißen

Zum Mikropulverauftragschweißen wurde bisher ein Konzept für eine Laserbearbeitungsanlage erstellt. Dabei wurde besonderer Wert auf den sicheren Umgang der Pulver mit Korngrößen $< 20 \mu\text{m}$ gelegt. Deshalb ist die Anlage nicht nur hermetisch abgedichtet sondern auch so ausgelegt, dass das Pulver nach dem Arbeitsgang ausgespült werden kann.

Perspektivisch sollen durch Anwendung der Erfahrungen vom Lasermikrosintern feine Strukturen mit Auflösungen von ca. $30 \mu\text{m}$ erzeugt werden.

Lasermikrostrukturierung

In diesem Projektteil wurden und werden umfangreiche Untersuchungen zur prozessintegrierten Messung der abgetragenen Strukturen durchgeführt. Es gibt verschiedene technische Ansätze, wie Triangulations- oder konfokale Messung, welche derzeit evaluiert werden.

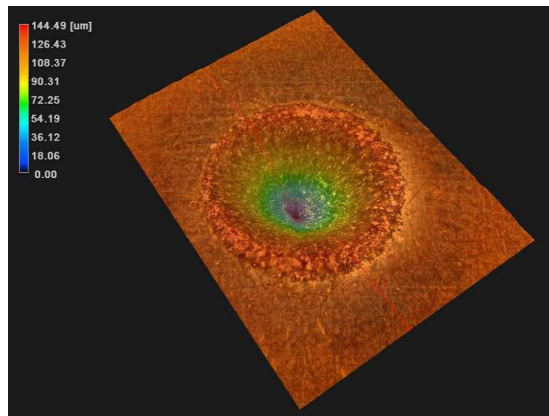


Abb. 4: Mikrokavität in Kupfer (Keyence 3D Aufnahme)

Zur Auslotung der Verfahrensgrenzen wurde untersucht, wie sich ein definierter Mikrokegel in Kupfer optimal einbringen lässt. Es zeigte sich, dass sich mit einem Laser der Wellenlänge 355 nm infolge der relativ gleich bleibenden Absorptionseigenschaften des Kupfermaterials in diesem Wellenlängenbereich das beste Bearbeitungsergebnis erzielen lässt. Bei der Bearbeitung mit Lasern der Wellenlängen 1064 nm bzw. 532 nm wurde ein Ansteigen des Materialabtrags mit fortschreitender Bearbeitung fest-

gestellt. Eine mögliche Erklärung dieses Abtragsverhaltens ist das mit der Erwärmung oder Oxidation des Kupfers während der Laserbearbeitung verbundene veränderte Absorptionsverhalten gegenüber der langwelligeren Laserstrahlung.

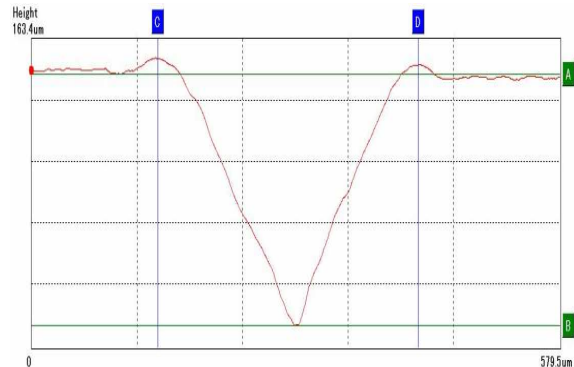


Abb. 5: Maße: Tiefe = $126 \mu\text{m}$, Durchmesser = $300 \mu\text{m}$

Durch die Wahl eines geeigneten Bearbeitungsregimes – dem sequentiellen Abarbeiten „gesliceter“ Ebenen – und einer weiteren Optimierung der Ebenen-Füllparameter gelang es, eine Mikrostruktur mit den geforderten Eigenschaften (Durchmesser der Kegelgrundfläche $300 \mu\text{m}$, Tiefe $126 \mu\text{m}$) bei guter Formtreue und geringer Rauigkeit der Kegelmantelfläche ins Kupfer einzubringen (Abb. 4 u. 5). Findet der Laserbearbeitungsprozess im Vakuum statt, so kann sowohl die Oxidation der Kupferoberfläche als auch der entstehende Materialaufwurf am Kegelrand weiter minimiert werden.

Es fanden weiterhin Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung von Oberflächeneigenschaften (Aufrauen, Glätten, Härten) während der Mikrostrukturierung statt.

Ab diesem Jahr werden umfangreiche Untersuchungen zur Lasermikrostrukturierung mit hochreinerer fs - Laserstrahlung folgen. Hinsichtlich der Produktivität der Lasermikrostrukturierung mit fs-Laserstrahlung soll ein Durchbruch erzielt werden.

Ausblick

Die vier Verfahren werden bis 2010 kontinuierlich weiterentwickelt. Zusätzlich werden derzeit neuartige Konzepte zur Hochrate-Mikrobearbeitung erarbeitet, die ebenfalls verfolgt werden sollen.

Unser besonderer Dank gilt dem BMBF für die Förderung der Technologieentwicklung und allen beteiligten Firmen für die sehr gute Zusammenarbeit.

Kontakt

R. Ebert
Hochschule Mittweida (FH)
Technikumplatz 17
09648 Mittweida, Deutschland
Tel.: 03727 581401 / Fax. 03727 581496
E-Mail: ebert@htwm.de