

**Text aus Tagungsband des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL '06
zum Träger des Innovationspreis Lasertechnik 2006 im Wettbewerbsfeld
'Anwendungsnahe Wissenschaft'
Stand: 28.03.2006**

Lasermikrosintern



Prof. Dr.-Ing. Horst Exner

**Professor für Physikalische Technik und Laseranwendungen an der Hochschule
Mittweida (FH) sowie Direktor des Laserinstituts Mittelsachsen e.V.
und Prorektor für Forschung**

Die Einsatzbereiche der Innovation:

Sowohl die erprobten als auch die zukünftigen Einsatzbereiche des Lasermikrosinterns sind vielfältig. Hierzu zählen insbesondere der Werkzeug- und Formenbau (Mikroeinsätze mit Hinterschneidung, Elektroden zum Erodieren), der Fahrzeugbau (Rapid Prototyping, elektrische Miniaturfunktionsteile), die Kommunikationstechnik (Mikrokoppler), die Medizintechnik (Mikrokathederköpfe, Zahninlays, Innenohrteile, Mikrohandlungsteile), die Chemie und die Biotechnologie (Mikroreaktoren), die Mikrosystemtechnik (Mikrowärmetauscher, Mikroturbinen), die Mikrohandlungstechnik (Greifzangen mit integrierten Kanälen für Licht/Gas), die Lichttechnik (Wolframkathoden), die Röntgentechnologie (Wolframkollimatoren) sowie die Elektronenstrahltechnologie (Wolframkathoden).

Das Anwendungsgebiet:

Mittels Lasermikrosintern werden Bauteile aus Metall oder Keramik mit Strukturauflösungen bis zu 30 µm auf der Grundlage von 3D-Datensätzen generierend hergestellt. Das innovative Verfahren kann sowohl beim Rapid Prototyping von mikrostrukturierten Kleinteilen als auch bei einer individuellen Massenproduktion von Kleinteilen (z.B. Zahninlays) oder einer Serienproduktion von Mikroteilen angewandt werden. Insbesondere refraktäre Metalle (z.B. Wolfram) können erstmals in freien Formen schnell verarbeitet werden.

Die Problemstellung:

Das selektive Lasersintern (SLS) war bis zu Entwicklungsbeginn des neuen Verfahrens im Jahr 2001 bezüglich der Auflösung auf Werte > 200µm begrenzt. Das neue Verfahren Lasermikrosintern sollte weltweit erstmals die schnelle Erzeugung von freigeformten hochaufgelösten 3D Mikroteilen aus Mikro-/Nanopulver ermöglichen und in Dimensionen < 50 µm vordringen.

Die innovative Lösung:

Zur Realisierung des neuen Verfahrens waren zahlreiche Innovationen im Vergleich zu einer Standard Laser-Sintermaschine notwendig. Hierzu zählen:

- die Verlagerung der Rakelanlage in eine Vakuumkammer
- die Verwendung gütegeschalteter Nd:YAG - Laser
- die Verwendung zylinderförmigen Pulvervorrats- und Bauräume
- eine Ringrakel mit kreisförmiger Rakelbewegung
- die Bereitstellung mehrerer, unterschiedlicher Pulvervorräte

Auch der eigentliche Fertigungsprozess wurde weiterentwickelt durch:

- Verwendung nanoskaliger Pulver
- Rakeln dünnster Pulverschichten
- Verwendung eines speziellen Rakelregimes
- Verwendung eines speziellen Bestrahlungsregimes

Die Entwicklungsarbeiten führten zu insgesamt 14 nationalen Schutzrechtsanmeldungen (10 Patent- und 4 Gebrauchsmusteranmeldungen) sowie zu einer internationalen Patentanmeldung.

Die Hauptmerkmale der Innovation:

Mit dem Lasermikrosintern können völlig neue Produkte hergestellt werden. Die Realisation neuartiger Bauteilformen im Mikrobereich wird möglich.

Das generierende Verfahren senkt bei teuren Ausgangsmaterialien durch die pulversparende Technologie die Fertigungskosten.

Durch den Sinter-Prozess erhalten Produkte neue Oberflächeneigenschaften, die sich positiv auf den Einsatzbereich auswirken.

Als Rapid Prototyping Verfahren verkürzt das Lasermikrosintern Entwicklungszeiten.

Beschreibung der Innovation

Das neue Verfahren Lasermikrosintern ermöglicht weltweit erstmals die schnelle Erzeugung von freigeformten hochaufgelösten 3D Mikroteilen aus nanoskaligem Pulver mittels Laserstrahlung.

Durch die Verlagerung der Rakelanlage in eine Vakuumkammer können erstmalig bei einem SLS - Prozess Submikrometer- Pulver (bisher übliche Werte $\gg 10\mu\text{m}$) verarbeitet werden. Dies ermöglicht das Rakeln von Schichtdicken bis minimal $1\mu\text{m}$ (bisher übliche Werte $\gg 20\mu\text{m}$). Dadurch wiederum ist eine hohe Auflösung unter $30\mu\text{m}$ (bisher übliche Werte $> 100\mu\text{m}$) und eine gute Oberflächenqualität der generierten Bauteile erzielbar. Die Rauheit der erzeugten Oberflächen bewegt sich zwischen $1,5\mu\text{m}$ und $7\mu\text{m}$. Es können reine Metallpulver zu einer Bauteildichte von 40% bis 75% verarbeitet werden. Bereits hergestellt wurden Teile sowohl aus refraktären als auch niedrigschmelzenden Metallen wie z.B. Wolfram, Kupfer, Silber, Molybdän, Aluminium, Titan, Eisen und Stahl sowie Gemischen. Die Gemische erreichen eine Dichte von $> 95\%$. Weiterhin können auch keramische Materialien verarbeitet werden. Derzeit wird an SiC Keramik und verschiedenen oxidkeramischen Gemischen geforscht.

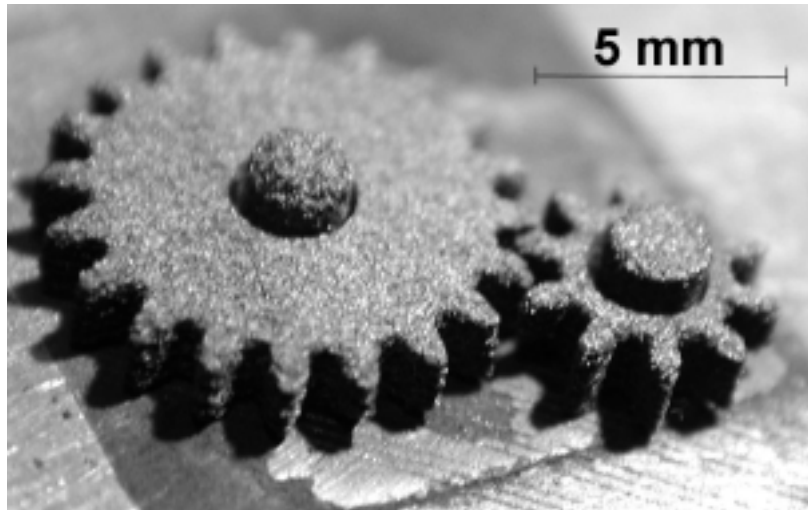
Die neuartigen Ringrakel erlauben den Pulverauftrag aus allen Richtungen. Dadurch können theoretisch beliebig viel Ringrakel an einem Bauraum arbeiten. Dies ermöglicht weltweit erstmals die Verwendung von mehr als zwei unterschiedlichen Pulvern in beliebiger Reihenfolge in einem Bauprozess. Dadurch können zukünftig gezielt Teile mit Materialgradienten oder Wechselschichten und daraus resultierend völlig neuartigen Eigenschaften erzeugt werden. Außerdem ist das Rakeln in durchgehend einer Richtung (z.B. zum Auftrag von Schlicker) möglich.

Es wurde gezeigt, dass das Verfahren zur Herstellung von kompliziert innenkonturierten Teilen, z.B. für die Halterung von Mikroobjekten, geeignet ist. Ebenso konnten Werkzeuge für den Mikrospritzguss und zum Erodieren generiert werden. Die Werkzeuge überstanden erste Einsatztests ohne Probleme. Für erhöhte Anforderungen an die Oberflächenqualität ist eine mechanische Nachbearbeitung möglich.

Durch die Verwendung von gütegeschalteten Nd:YAG - Laserpulsen zum Sintern konnte ein völlig neuartiger Prozess, der weder mit dem herkömmlichen Selektiven Lasersintern (SLS) noch mit dem Selektiven Lasermelting (SLM) vergleichbar ist, gestaltet werden. Beim Lasermikrosintern wird das Material durch Einwirkung des Laserpulses punktwise vertikal vernetzt. Es wird ein Anteil Schmelze erzeugt und ein Anteil verdampft, wodurch ein Rückstoß zur Verdichtung des Pulvers entsteht. Durch eine Vielzahl von Laserpulsen auf der Schicht entsteht eine horizontale Vernetzung und damit eine geschlossene Schicht, ohne dass Spannungen im Bauteil induziert werden. Die Prozessgeschwindigkeit kann mit der Erhöhung der Pulsfrequenz des Lasers fast linear erhöht werden. Begrenzend wirkt lediglich die Ablenkgeschwindigkeit des verwendeten Scanners.

Weiterführende Untersuchungen haben gezeigt, dass das Verfahren auch zu größeren Dimensionen in den Feinbereich skalierbar ist. Bei Erhöhung der Baugeschwindigkeit um eine Größenordnung geht die Auflösung auf immer noch akzeptable 60µm zurück. Durch die Skalierbarkeit nach oben können zukünftig auch feinstrukturierte Teile kostengünstig generiert werden. Ein physikalisch begründbares Ende der Entwicklung ist nicht abzusehen.

Durch die zahlreichen Innovationen gelang es in relativ kurzer Zeit ein für den Mikrobereich neuartiges Rapid Prototyping Verfahren zu entwickeln, das universell zur Erzeugung von mikrostrukturierten Metall- und zukünftig auch Keramikbauteilen eingesetzt werden kann.



Durch Lasermikrosintern hergestellte Zahnräder mit Welle. Es erfolgte keine Nachbehandlung. (Bildquelle: Hochschule Mittweida (FH))