

Hochrate-Laserforschung am Laserinstitut der Hochschule Mittweida

R. Ebert, L. Hartwig, U. Löschner, H. Exner

Historie

Hohe Raten bezogen auf die bearbeitete Fläche, das generierte bzw. abgetragene Volumen oder die bearbeitete Streckenlänge zu erreichen, ist seit jeher ein wesentliches Ziel der Laserbearbeitung, um eine hohe Produktivität zu gewährleisten. Damit gehen aber zahlreiche Nebenbedingungen einher, die einzeln oder zusammen erfüllt sein müssen, wie eine extreme schnelle Strahlableitung, eine schnelle und präzise zeitliche Steuerung der Laserstrahlung sowie eine adäquate Laserleistung und Strahlqualität.

Erstmals gelöst werden konnten alle Probleme bereits in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts, bei der Entwicklung des Laserdruckers. Da für den Druckprozess nur eine geringe Laserleistung benötigt wurde, waren die damals zur Verfügung stehenden Laserquellen ausreichend. Moderne Laserdrucker schaffen heute eine Flächenrate von $500 \text{ cm}^2/\text{s}$ bei einer Auflösung von $20 \mu\text{m}$. Dazu ist eine Scangeschwindigkeit von 2.400 m/s notwendig, die mit Polygonspiegelscannern erreicht wird.

Als erste Hochleistungs-Hochrate-Anwendung wurde in den achtziger Jahren bei ThyssenKrupp eine Anlage zur Oberflächenbehandlung von Elektroblech (Scratches) realisiert. Die Strahlableitung erfolgt ebenfalls mit einem Polygonspiegelscanner, die CO_2 -Laserleistung beträgt $3,4 \text{ kW}$. Die Banddurchlaufgeschwindigkeit liegt bei 50 m/min . Der Prozess ist heute noch im Einsatz.

Letzte Entwicklungen betrafen u.a. die Entschichtung von Solarzellen zur Kantenisolation. Durch spezielle Laserquellen mit Spitzenleistungen bis zu 3 MW und hoher mittlerer Leistung werden Flächenraten von $50 \text{ cm}^2/\text{s}$ erzielt.

Beim sich noch in der Entwicklung befindlichen LaserSonic-Verfahren wird mit Hilfe eines Lasers hoher Leistung unter Nutzung der LIFT-Technologie großflächig gedruckt. Dabei kommt ebenfalls ein Polygonspiegelscanner mit einer Bearbeitungsbreite von über 500 mm und einer Scangeschwindigkeit von 2.000 m/s zum Einsatz. Die Flächenrate liegt bei über $400 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Motivation

In Lasermikrobearbeitungsprozessen kamen bis 2006 überwiegend Laser mit Spitzenleistungen von einigen kW bei Pulszeiten im ns-Bereich zum Einsatz, wenn man die Ultrakurzpuls-Laser außer vorlässt. Die mittleren applizierten Leistungen lagen zumeist bei maximal 100 W . Durch die Entwicklung von Monomode-Faserlasern im Bereich von einigen kW standen seit 2007 hochfokussierbare Laserquellen zu Verfügung, mit denen man die Mikrobearbeitung zu wesentlich höheren Prozessraten bringen konnte, wenn die Ablenkgeschwindigkeit so hoch wird, dass die mittlere Einwirkzeit ebenfalls im ns-Bereich liegt. Dafür mussten hochpräzise und für hohe Leistungen geeignete Polygonspiegelscanner eingesetzt werden. Diesem Problem widmete sich die Innoprofile-Nachwuchsforschergruppe „Rapid Micro Tooling mit laserbasierten Verfahren“. Als letzter Stand wurde eine Flächenrate von $300 \text{ cm}^2/\text{s}$ bei einer Linienbreite von unter $15 \mu\text{m}$ und einem Linienabstand von $100 \mu\text{m}$ erreicht (Abb. 1).

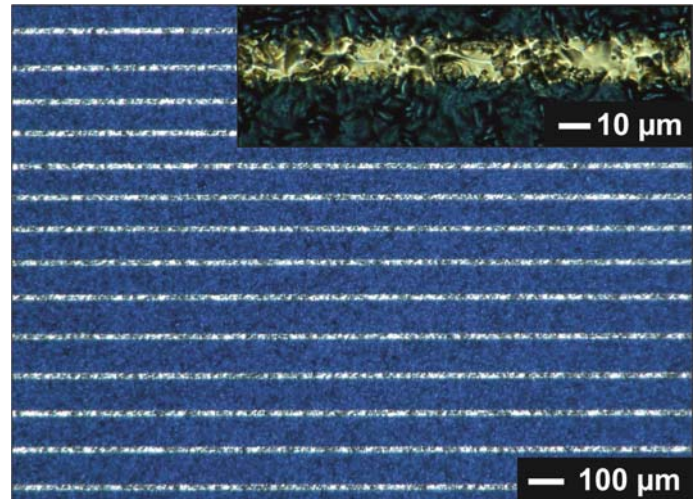


Abb. 1: Mikroskopaufnahmen; Oberflächenmodifizierung von Silizium; $d_{86} = 30 \mu\text{m}$; $P = 800 \text{ W}$; $v = 36.000 \text{ m/min}$; 1 Bestrahlung

Seit kurzer Zeit stehen außerdem extrem hoch repetierende Laser mit gleichzeitig hoher mittlerer Leistung im fs – ns Zeitbereich zur Verfügung, die in Verbindung mit einer schnellen Strahlableitung ebenfalls zu Hochrateprozessen genutzt werden können.

Dies war Motivation, uns verstärkt mit den speziellen optischen, elektronischen und prozesstechnischen Problemen dieser Verfahren zu beschäftigen und allgemeingültige Lösungen zu finden.

Aktuelle Projekte

Auf Grund der bisher gesammelten Erfahrungen konnten von der Forschungsgruppe vier Projekte zu Hochrateprozessen eingeworben werden:

- Rapid Micro / Hochrate-Laserbearbeitung
- Ultraschnelle Mikrobearbeitung mittels Hochleistungslaser
- Silizium Hocheffizienz-Zellen und -module (SONNE), Teilprojekt Untersuchungen zum Lasertrennen für die Photovoltaik
- Hochrate Micro / Macro Cladding

Im vom BMBF finanzierten IP Transfer Projekt „Rapid Micro / Hochrate-Laserbearbeitung“ werden Hochrate cw-Prozesse (Schneiden, Schweißen, Bohren, Oberflächenbearbeitung (siehe Abb. 2)) sowie fs-Laserprozesse (Strukturierung, Trennen, Oberflächenbearbeitung) mit hoher mittlerer Leistung und generierende Prozesse (Lasermikrosintern, LIFT, Sintern von Schichten) untersucht. Die Charakterisierung der Auswirkung von hohen Leistungen auf die Strahlengänge und die Entwicklung eines kompakten Polygonspiegelscanners sind

weitere Schwerpunkte. Durch Anwendung einer langen Brennweite und eines neuen Hochapertur-Polygonspiegelscanners sollen Oberflächenbearbeitungsraten von bis zu $10.000 \text{ cm}^2/\text{s}$ erreicht werden.

In dem Projekt arbeiten fünf Wissenschaftler über fünf Jahre. Zur Projektleitung und zur weiteren Forcierung der speziellen Forschung wurde eine neue Stiftungsprofessur „Hochrate-Laserbearbeitung“ an der Hochschule errichtet. Sie wird von insgesamt 13 überwiegend regionalen Firmen ohne direkte öffentliche Förderung getragen.

Das Projekt „Ultraschnelle Mikrobearbeitung mittels Hochleistungslaser“ (ULMI) wird aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen finanziert. Hier geht es um die Vorbereitung und Qualifikation von jungen Nachwuchswissenschaftlern für einen späteren Industrieinsatz in regionalen Firmen. Dazu sollen innovative und zukunftssträchtige Themenstellungen wie die Hochrate-Laserbearbeitung dienen. In dem Projekt arbeiten neun Nachwuchswissenschaftler, die von sechs Professoren aus verschiedenen Bereichen betreut werden, über einen Zeitraum von drei Jahren zusammen. Dadurch sollen Synergien initiiert werden. Inhaltliche Schwerpunkte sind das Lasermikrosintern mit cw-Laserstrahlung, das Laserschweißen im Mikrobereich, das Lasermikrostrukturieren mit gepulster Laserstrahlung, der qualitätserhaltende Transport und die Schaltung von Monomode-Laserstrahlung hoher Leistung, die Simulation von Hochrate-Laserprozessen, die Schallmessung bei den Laserprozessen, die werkstofftechnische Auswertung der Versuche und die Untersuchung einer schnellen elektronischen Ansteuerung. Das Projekt ergänzt die Untersuchungen in den anderen Hochrate-Projekten sehr gut.

Das Verbundprojekt SONNE wird im Rahmen der „Innovationsallianz Photovoltaik“ von BMBF und BMU gefördert. Über einen Zeitraum von drei Jahren arbeiten am Laserinstitut zwei Wissenschaftler an Themenstellungen zum Lasertrennen für die Photovoltaik. In dem Projekt wurde bereits eine große Portalanlage mit einer Arbeitsbreite von 1m aufgebaut. Als Laserquelle steht ein neuartiger gepulster Faserlaser mit einer Pulsleistung von 6 kW zur Verfügung. Im Projekt wird eine Prozessgeschwindigkeit von 1 m/s angestrebt. Mit der Anlage können auch Untersuchungen zum Hochrate-Bohren oder zur Hochrate-Oberflächenbearbeitung durchgeführt werden.

Im vom BMBF finanzierten marktorientierten IP Transfer Projekt „Hochrate Micro / Macro Cladding“ soll das Micro Cladding zu einem industrietauglichen Hochrate Verfahren ausgebaut werden. Dazu wird eng mit den drei regionalen Verbundprojektpartnern zusammen gearbeitet. Das hochauflösende Micro Cladding Verfahren soll mit neuer Anlagentechnik um den Faktor 10 beschleunigt werden, bei geraden Strukturen um den Faktor 100. Darauf aufbauend sollen mit dem Verfahren zukünftig auch Schichten großflächig und strukturiert aufgebracht werden können. Neben den bekannten metallischen werden erstmals auch Emaille-Schichten erzeugt. Zur Modifizierung von Oberflächen werden mit dem Verfahren keramische Partikel in die Oberfläche eingeschleust. Zur Darstellung der Leistungsfähigkeit des neuen Verfahrens sollen zahlreiche praxisrelevante Demonstratoren erzeugt werden. Im Projekt arbeiten im Institut über drei Jahre zwei Wissenschaftler sowie ein weiterer Wissenschaftler über 2 Jahre.

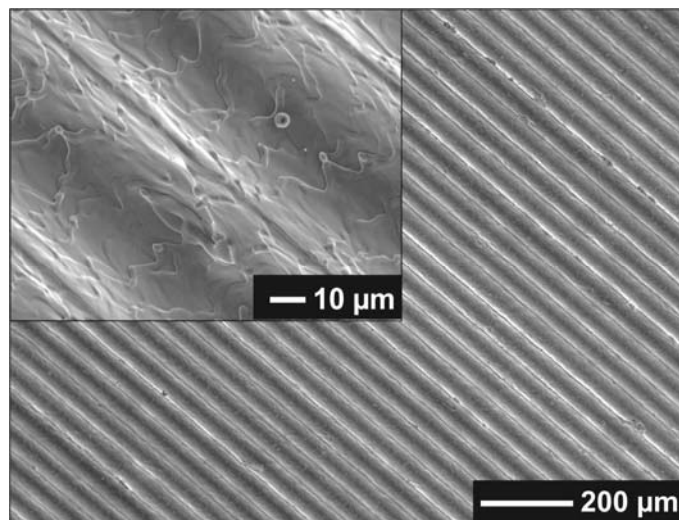


Abb. 2: REM-Aufnahmen; Oberflächenabtrag von Edelstahl; $d_{86} = 21 \mu\text{m}$; $P = 2.000 \text{ W}$; $v = 13.500 \text{ m/min}$; 5 Bestrahlungen

Perspektive

Speziell zum Ausbau der Hochrate-Laserbearbeitung wird in Mittweida ein Institutsneubau errichtet. Der Spatenstich findet nächstes Jahr statt. In diesem Rahmen stehen noch einmal Mittel im Umfang von 5 Mio. Euro für Investitionen in neue Technik zur Verfügung. Damit sollte es gelingen, die Hochrate-Laserbearbeitung am Laserinstitut der Hochschule Mittweida dauerhaft zu etablieren.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt dem BMBF für die Projektförderung im Rahmen der BMBF- Innovationsinitiative Neue Länder, dem BMU, der EU und dem Freistaat Sachsen sowie den unterstützenden und kooperierenden Firmen für die sehr gute Zusammenarbeit.



Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Udo Löschner
Laserinstitut der Hochschule Mittweida
Hochschule Mittweida
Technikumplatz 17
09648 Mittweida, Deutschland
Tel.: 03727 581336 / E-Mail: loeschne@htwm.de
www.laserinstitut.org