

Aktuelle Forschung am IFSW

Das Institut für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart bearbeitet in ganzheitlicher Vorgehensweise Forschungsprojekte, die zum Fortschritt in der Lasertechnik und ihrem erfolgreichen Einsatz in der industriellen Materialbearbeitung sowie dem Transfer in die Fertigungstechnik beitragen. Neben der Entwicklung neuer Strahlquellen und optischer Komponenten und Systeme sowie der Analyse von Laser-Materie-Wechselwirkungen werden insbesondere Themen der Mikrobearbeitung und Anwendungen von Kurzpulslasern im Vordergrund.

Ein neuer und wesentlicher Schwerpunkt der Institutsaktivitäten liegt in der Umsetzung der innovativen Femtosekunden-Technologie von der Strahlquellenentwicklung bis zu fertigungstechnischen Industrieanwendungen höchster Präzision (Verbundprojekt PRIMUS; siehe LASERMAGAZIN 5/2000).

Im Bereich der fertigungstechnischen Makrobearbeitung wird das Schweißen von Leichtmetalllegierungen für den Verkehrsmittelbau mit Nd:YAG-Lasern neuester Generation grundlegend untersucht (Projekt Leichter; siehe auch LASER MAGAZIN 2/2000). Eine weitere Forschungsaktivität im Bereich der Verfahrensentwicklung bezieht sich auf das im IFSW entwickelte magnetisch gestützte Laserstrahlschweißen (MGL).

Die Bearbeitungsschwerpunkte und Forschungsziele am IFSW entsprechen der bewährten Organisationsstruktur des IFSW in den Bereichen Laserentwicklung und Optik, Makrobearbeitung und Mikrobearbeitung.

Laserentwicklung und Laseroptik

Schwerpunkt der Arbeiten im Rahmen des PRIMUS-Verbundprojekts ist die Auslegung, Realisierung und Untersuchung eines Ultrakurzpulslasersystems für Anwendungen in der Materialbearbeitung, dessen mittlere Leistung die vergleichbarer Systeme übersteigt und für den industriellen Einsatz geeignet ist.

Als Kurzpulsquelle wurde ein Oszillator-Verstärker-System aufgebaut (s. Abb. 2). Ein modengekoppelter Oszillator

erzeugt kurze Pulse, die in einem regenerativen Verstärker in mehreren Umläufen verstärkt werden. Der Resonator des regenerativen Verstärkers enthält eine Scheibenlaserpumpoptik, in der sich eine dünne Yb:YAG-Scheibe mit verspiegelter Rückseite befindet, die von

einem optischen Schalter (Pockelszelle). Mit diesem System wird eine mittlere Leistung von 10 W bei einer Repetitionsrate von 10 kHz erreicht, was einer Pulsenergie von 1 mJ entspricht. Bei einer Repetitionsrate von 1 kHz werden bis zu 4,5 mJ demonstriert. Die Strahlquali-

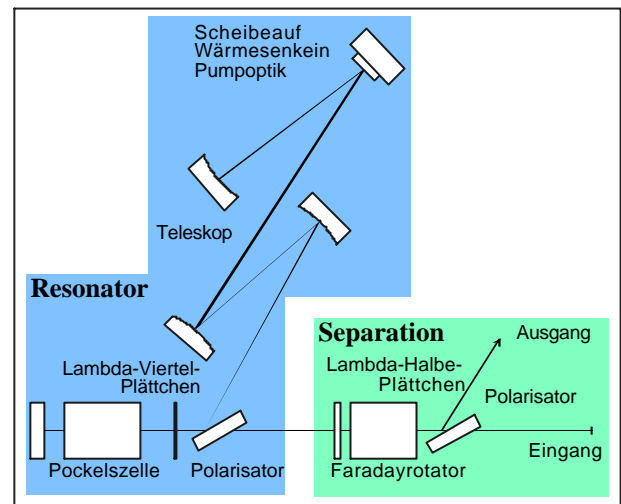


Abb. 2: Prinzipskizze des regenerativen Verstärkers

einem Diodenlaser optisch angeregt wird. Ein kurzer Puls, der im Resonator umläuft, wird bei jedem Durchgang durch die Yb:YAG-Scheibe verstärkt. Um den Puls in den Resonator ein- und auszukoppeln, enthält dieser

tät ist mit $M^2 = 1,3$ sehr gut und die Pulslänge beträgt 4,5 ps.

Mikrobearbeitung

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt am IFSW innerhalb von PRIMUS befasst sich mit Anwendungen der Ultrakurzpuls-Lasertechnologie in der präzisen Materialbearbeitung.

Grundlegende Untersuchungen zum Bohren und Oberflächenabtragen haben gezeigt, dass mit abnehmender Pulsdauer sowohl eine Erhöhung der Strukturpräzision, als auch eine Zunahme der Abtragsrate erreicht werden kann. Dabei wurde ein großer Einfluss der Prozessstrategie auf das Bearbeitungsergebnis festgestellt. Das mit einem Raster-Elektronenmikroskop (REM) aufgenommene Bild einer Mikrobohrung zeigt, dass

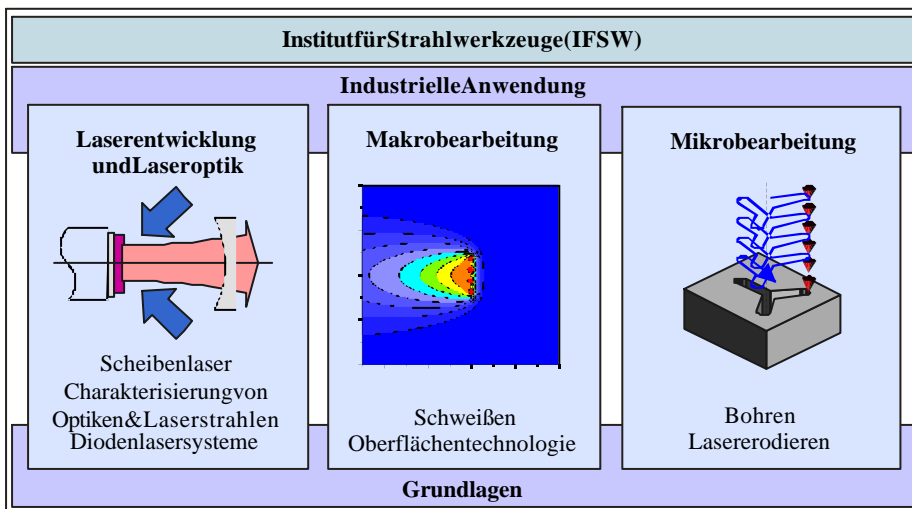


Abb. 1: Organisationsstruktur des Instituts für Strahlwerkzeuge

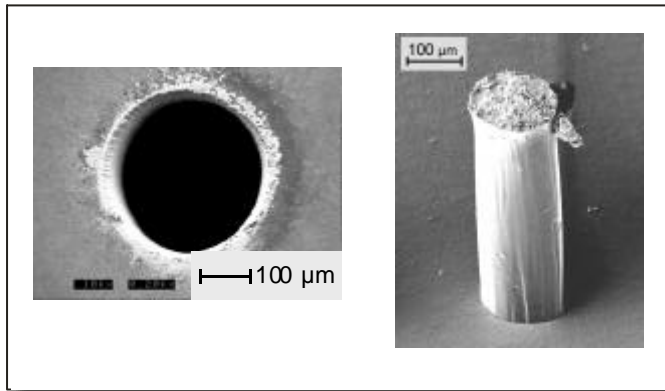


Abb.3: Links: REM-Aufnahme eines Bohrungseintritts in 1mm dicken Stahl (X5CrNi18-10). Wendelbohren mit 100µm Wendeldurchmesser, 130fs Pulsdauer, 100J/cm² Energiedichte. Rechts: Abformung einer Laserbohrung in 0,5mm dicken Stahl (120fs, 80J/cm²).

durch ein optimiertes Wendelbohrverfahren in Kombination mit ultrakurzen Laserpulsen runde Bohrungen mit einem Höchstmaß an Konturtreue ohne nennenswerte Ablagerungen an der Werkstückoberfläche erzielt werden können (s. Abb.3). Die REM-Aufnahme einer Abformung des Lochs verdeutlicht darüber hinaus die erreichbare gute Zylindrizität bei hohem Aspektverhältnis, die scharfkantigen Ein- und Austritte sowie die glatte Bohrlochwandung. Trotz der guten Endresultate konnten im Verlauf des Bohrprozesses zuweilen erhebliche Schmelzaufkommen festgestellt werden. Deren Vermeidung wie auch die Untersuchung des Plasmaeinflusses sind Gegenstand der weiteren Forschungen im Projekt.

Makrobearbeitung

Seit März 1999 läuft am IFSW ein BMBF-Projekt zu dem Thema "Innovativer Leichtbau durch energiereduziertes Fügen mit Lasersystemen neuester Generation" (LEICHTER). Ziel des Projektes ist es, das Anwendungspotential von diodengepumpten Festkörperlaser mit hoher Strahlqualität zur wirtschaftlichen Herstellung von Leichtbaustrukturen aufzuzeigen. Diodengepumpte Festkörper-

laser in Scheibenkonfiguration der Firma HAAS-Laser, stehen weltweit erstmals während der Laufzeit dieses Projektes dem Institut zur Verfügung. Die erheblich verbesserte Strahlqualität dieser Systeme

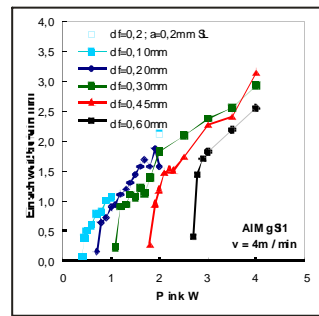


Abb.4: Einfluß des Fokusdurchmessers d_f auf die Schwelle zum Tiefschweißen von Aluminium

me gegenüber konventionellen FKL bringt sowohl system- als auch prozeßtechnisch deutliche Vorteile. So konnte auf Anhieb der positive Einfluß der hohen Strahlqualität

auf das Schweißen von Aluminiumlegierungen experimentell nachgewiesen werden. In Abb.4 ist der Einfluß des Fokusdurchmessers d_f auf die Schwelle zum Tiefschweißen von Aluminium dargestellt. Demnach ist bei hoher Strahlqualität und entsprechend kleinem d_f bereits mit 0,5kW Laserleistung das prozeßsichere Tiefschweißen von Aluminium möglich. Geringe Energieeinbringung, wenig Verzug und damit wirtschaftliche Fertigungsbedingungen sind damit verbunden. Die hohe Strahlqualität ermöglicht außerdem die Konstruktion von schlanken, kompakten Bearbeitungsköpfen. Dadurch wird die Zugänglichkeit verbessert und die Integration in die Anlagentechnik erleichtert.

Eine weitere Forschungsaktivität bezieht sich auf das im IFSW entwickelte magnetisch gestützte Laserstrahlschweißen (MGL). Hierbei versucht man durch Anlegen eines äußeren Magnetfeldes, gezielte elektromagnetische Kräfte auf das Schmelzbad auszuüben, mit dem Ergebnis:

- humping zu unterdrücken,
- die Nahtqualität zu verbessern (s. Abb.5),
- Spritzer zu verringern,
- die Nahtquerschnittsform zu beeinflussen und damit einen insgesamt stabileren und effizienteren Schweißprozess zu erreichen.

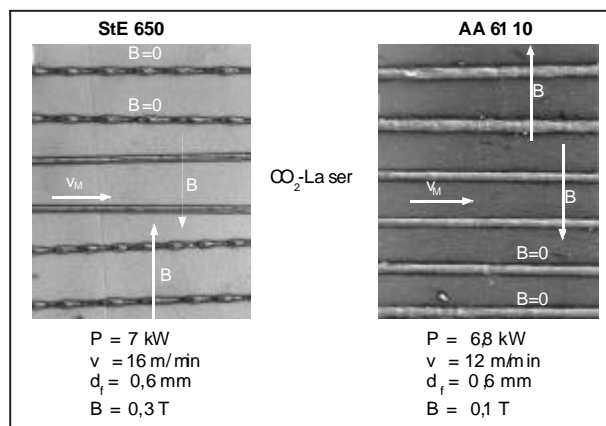


Abb.5: Einfluß des Magnetfeldes auf die Nahtoberfläche

Laserstrahlquellen in der Mikroabteilung am IFSW

Ultrakurzpuls-Laser:

- Clark-MR: CPA2001+ (Lampengepumpt)
- 775nm, M²<2
- 1kHz: 1,3mJ; 100fs-3ps
- Spectra-Physics: Hurricane (Diodengepumpt)
- 800nm, M²<2
- 1kHz: 1,0mJ; 90fs-7ps

Kurzpuls-Laser:

- Lambda Physik: StarLine (Diodengepumpt)
- 1064,532,355nm, M²=1
- 1kHz: 8mJ; 10ns
- 2kHz: 4mJ; 20ns
- 3kHz: 2,5mJ; 30ns
- Haas-Laser: VectorMark (Lampengepumpt)
- 1064nm, M²<1,5
- 4kHz: 2,0mJ; 200ns; max. 50kHz, cw
- Lambda Physik: Lambda4000 (Lampengepumpt)
- 248nm, M²>100
- 250Hz: 0,6mJ; 30ns

Laserstrahlquellen in der Makroabteilung am IFSW

-HL4006D

- Nd:YAG-Festkörperlaser
- Leistung am Werkstück: PL=4kW (cw)
- Strahlparameterprodukt: w0*q=25mm*mrad

-HL3006D

- Nd:YAG-Festkörperlaser
- Leistung am Werkstück: PL=3kW (cw)
- Strahlparameterprodukt: w0*q=25mm*mrad

-TLF5000turbo

- CO₂-Laser
- Ausgangsleistung: PL=5kW (cw)
- Strahlqualitätskennzahl: k=0,5
- Diodengepumpter Scheiben-Laser**

- Leistung am Werkstück: PL=6kW
- Strahlparameterprodukt: w0*q=5mm*mrad

Institutsadresse:
 Institut für Strahlwerkzeuge
 Pfaffenwaldring 43
 70569 Stuttgart
 Tel.: +49(0)711-6856840
 Fax: +49(0)711-6856842

Kontakt/Redaktion:
 Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner
 FGSW-Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge
 Nobelstr. 15
 70569 Stuttgart
 Tel.: +49(0)711-6874311
 Fax: +49(0)711-6856842
 E-Mail:
 lichtner@fgsw.uni-stuttgart.de
<http://www.ifsw.uni-stuttgart.de>