

## Makrobearbeitung am IFSW

## Im Fokus

Durch zielgerichtete Forschung und Entwicklung sowohl bezüglich der Laserstrahlquellen als auch der damit durchführbaren Fertigungsverfahren trägt das Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) zum Fortschritt der Lasertechnik und zu einem erfolgreichen Einsatz des Lasers in der industriellen Fertigung bei. Nachdem in früheren Jahren die Themen Oberflächenbehandlung, Schneiden und Grundlagenuntersuchungen zum Laserstrahlschweißen im Vordergrund standen, liegen die Schwerpunkte der Makrobearbeitung nun verstärkt auf folgenden Gebieten mit besonders hohem Anwendungspotential: dem Laserstrahlschweißen von Aluminium- und modernen Stahlwerkstoffen sowie von Leichtbaustrukturen, dem Fügen mit Lasern neuester Generation und der Prozesskontrolle. Die Aufgaben reichen von grundlegenden Untersuchungen und Entwicklungen über die Durchführung von Schweißaufträgen für Musterteile und in Kleinserie bis hin zur Unterstützung bei der industriellen Umsetzung.

### Laserstrahlschweißen

Das Laserstrahlschweißen von Aluminiumlegierungen gewinnt gerade im Hinblick auf Gewichtsreduzierung und Leichtbau immer mehr an Bedeutung. Im Vergleich zu Stahl haben deren Materialeigenschaften einen sehr viel größeren Einfluss auf den Laserstrahlschweißprozess. In mehreren BMBF-, BRITE- sowie vom Land Baden-Württemberg und der Industrie geförderten Projekten konnte

am IFSW umfangreiches Prozesswissen zum Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen sowie verschiedener weiterer metallischer Werkstoffe erarbeitet werden, was für eine erfolgreiche industrielle Umsetzung von entscheidender Bedeutung ist. In dem Anfang 2003 abgeschlossenen Verbundprojekt „Innovativer Leichtbau durch energiereduziertes Fügen mit Lasersystemen neuester Generation“ (LEICH-

TER) wurden grundlegende Untersuchungen zum Schweißen von Leichtmetalllegierungen für den Verkehrsmittelbau mit Festkörperlasern neuester Generation durchgeführt. Ziel war es, Tragwerke hoher Festigkeit und Steifigkeit bei gleichzeitiger Gewichtsreduktion mit einem optimalen Einsatz dieser Laser zu schaffen. Das schwierige Fügen von Aluminiumwerkstoffen ist nun so weit beherrscht, dass mehrere industrielle Serienanwendungen möglich wurden. Weitere Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Nutzbarmachung des Potentials neuer Strahlquellen mit guter Fokussierbarkeit und auf die Doppelfokus- und Multifokustechnik. Die Verfügbarkeit von Scheibenlaser mit einer besseren Fokussierbarkeit ermöglicht die Erschließung neuer Anwendungsgebiete, die in Bild 1 plakativ zusammengestellt sind. Ein Fokussdurchmesser von 100 µm ermöglicht das Tiefschweißen von Aluminium bereits bei einer Laserleistung von 500 W. Die gute Fokussierbarkeit lässt beim Dünntblechschweißen in einem Blechdickenbereich von 50 µm bis 300 µm einen stabilen Prozess bei extrem hohen Schweißgeschwindigkeiten zu; so ist z.B. bei Edelstahl der Blechdicke 0,3 mm eine Vorschubgeschwindigkeit bis 40 m/min ohne Humping möglich. Des weiteren sind mit einer guten Fokussierbarkeit extrem schlanke Schweißnähte mit äußerst geringer Wärmeeinflusszone möglich. Die ist vor allem dort von großer Bedeutung, wo bislang aus Gründen limitierter Wärmebelastung mit gepulster Laserleistung geschweißt werden musste. Das am IFSW vorhan-

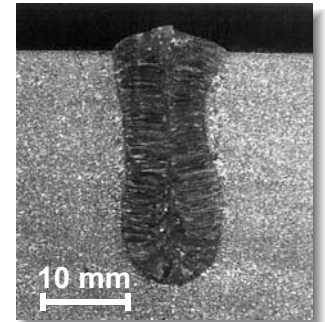


Abb. 2: Beispiel extrem hoher Einschweißtiefe mittels Festkörperlaser.

dene schweißtechnische Know-how reicht vom Dünntblechschweißen bis hin zu sehr großen Einschweiß-tiefen. Diesen Anforderungen - sollen aus systemtechnischen Gründen Festkörperlaser zum Einsatz gelangen - muss indessen noch mit klassischen Festkörperlasern begegnet werden. Bild 2 zeigt ein Beispiel aus dem Turbinenbau mit einer Einschweißtiefe von 26 mm (einlagig). Hierzu wurden drei Festkörperlaser mit Hilfe einer Dreifachfaser zu einer Gesamtleistung von 10 kW addiert.

### Querjet

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten am IFSW bildet die Entwicklung von Systemtechnik wie z.B. Sonderoptiken, Querjets, Prozessadapter und Schneiddüsen. Ein zum Schutz der Schweißoptiken wichtiges Element stellt der Querjet dar. Seine speziell geformte Überschallströmung lenkt die Spritzer ab, bevor sie auf das Schutzglas treffen. Am IFSW sind die langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Entwicklung von gasdynamischen Komponenten in die Konstruktion des Querjets eingeflossen. Mit entsprechender Diagnose-technik können die Strömungen visualisiert und optimiert werden. Der Querjet kann als

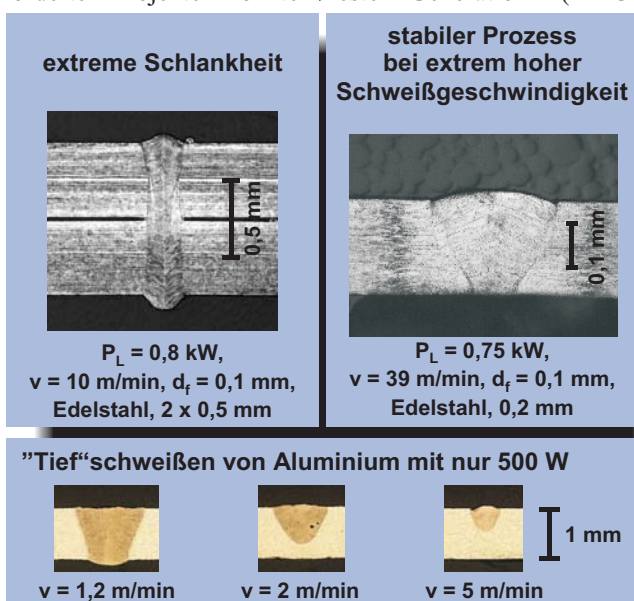


Abb. 1: Neue Anwendungsgebiete im Leistungsbereich unterhalb 1 kW des cw-Scheibenlasers mit guter Fokussierbarkeit.

eigenständiges Element oder integriert in einen sogenannten Prozessadapter verwendet werden. Des Weiteren können Schneiddüsen ausgelegt und evaluiert und damit speziell an die Kundenanforderungen angepasst werden.

### Prozesskontrolle

Der zunehmende Einsatz des Laserstrahlschweißens in zahlreichen Bereichen der industriellen (Massen-) Fertigung erfordert eine Qualitätsprüfung, die nicht erst bei der Beurteilung des fertigen Bauteils im Sinne einer Ausschusserkennung ansetzt. Für das Laserstrahl-Tiefschweißen bieten rückreflektierte Laserleistung sowie weitere Prozessemissionen in verschiedenen Spektralbereichen die Möglichkeit, bereits während des Schweißprozesses Informationen zur Nahtqualität zu erhalten. Neben der sensorbasierten Prozesskontrolle kommen auch kamerabasierte Verfahren zur Überwachung der

### Kooperation mit FGSW

Eine zentrale Zielsetzung des IFSW ist es stets gewesen, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Industrie rasch zugänglich zu machen. Mit der Gründung der gemeinnützigen Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH (FGSW) steht ein weiteres und besonders wirksames Instrument für einen effizienten Wissens- und Technologietransfer zur Verfügung. Nach der in einem Kooperationsvertrag mit der Universität Stuttgart festgelegten Arbeitsteilung übernimmt die FGSW u.a. die Aufgabe, am IFSW erarbeitete Konzepte in Partnerschaft bis zur Anwendungs- oder Produktreife weiter zu entwickeln und auch zu vermarkten. Dies soll anhand der Beispiele Prozessadapter, FGSW-Detektorkopf und Dünnstblechschweißen aufgezeigt werden. Für den Serieneinsatz konzipierte und erprobte *Prozessadapter* sind in verschiedener

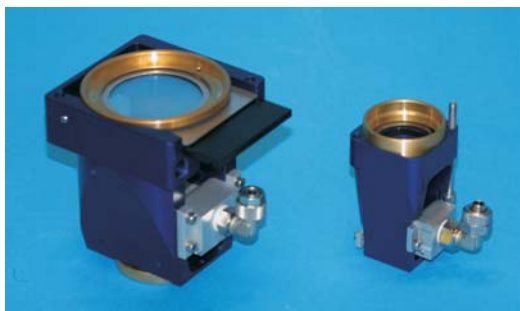


Abb. 3: Prozessadapter mit integrierter Schutzglasschubblende und Querjet (passend für TRUMPF Bearbeitungsoptiken).

Dampfkapillare sowie der umgebenden Schmelze zum Einsatz. Beim Laserstrahlschweißen von Stahl mit CO<sub>2</sub>-Lasern sind Online Qualitätssicherungssysteme bereits erfolgreich im industriellen Einsatz. Für das Schweißen von Aluminium ist die Prozesskontrolle weitaus schwieriger als für Stahl. Die laufenden Arbeiten des IFSW konzentrieren sich auf das Schweißen von Aluminium mit Festkörperlaser sowie auf den Laserhybridprozess.

Ausführung passend zu auf dem Markt befindlichen Standardoptiken erhältlich, siehe Bild 3. Schutzglasschubblende und Querjet sind im Basismodul enthalten, optional ist ein überwachtes Schutzglas, Schutzgaspülung, Schutzgaszufuhr coaxial zum Laserstrahl und integrierter Kollisionsschutz erhältlich. Eine Anpassung an spezielle Kundenanforderung ist möglich. In dem von der FGSW entwickelten Detektorkopf FD 12 sind bis zu zwei Rückreflex- und bis zu fünf Infrarot-

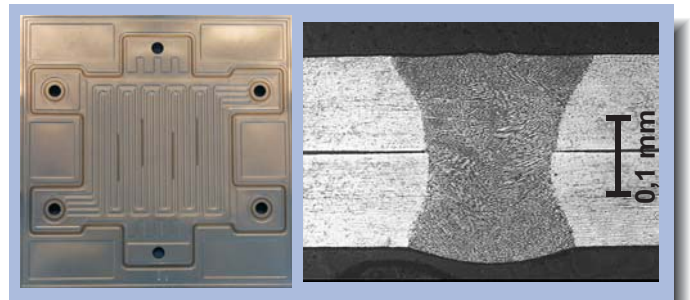


Abb. 5: Wärmetauscher (Quelle: EADS Dornier).

sensoren sowie eine mehrstufige Signalverstärkung integrierbar. Zusätzlich ist an dem Detektorkopf eine Beobachtungskamera vorhanden. Derzeit ist die Adaption an die standardmäßig vorhandene Kameraschnittstelle von Bearbeitungsoptiken der Fa. TRUMPF Laser realisiert, siehe Bild 4. Als Auswerteeinheit kommt der Laser Welding Monitor (LWM) der Fa. Precitec zum Einsatz. Im Zusammenspiel der verschiedenen Detektoren mit dem LWM können diverse Nahtfehler (Auswürfe, Anbindefehler, Nahttiefe, Aussetzer etc.) zuverlässig detektiert werden. Mit dem kompakten Detektorkopf und LWM steht ein System für den industriellen Einsatz zur Verfügung, dessen Funktionsfähigkeit für die Prozesse des Lasertiefschweißens und des Hybridschweißens (Laser/MIG) bei namhaften Industriepartnern bestätigt wurde.

Hohe Produktivität bei gleichzeitig bester Qualität haben dazu geführt, dass sich bereits nach kurzer Zeit eine Reihe neuer Anwendungen für das Dünnstblechschweißen mit dem Scheibenlaser eröffnet haben. So konnte das Schweißen von Wärmetauschern in



Abb. 4: FGSW-Detektorkopf FD12 an der Bearbeitungsoptik BEO D70 der Firma TRUMPF Laser.

Kleinserie von der FGSW umgesetzt werden. Mittlerweile sind bereits über 1000 Teile mit sehr hoher Qualität geschweißt und beim Kunden im Einsatz.

### Systemtechnik

Am IFSW sind mehrere Multi-KW-Hochleistungslaser (Festkörperlaser, CO<sub>2</sub>-Laser) für das Schweißen sowie verschiedene Industrieroboter und Portalanlagen vorhanden. Eine Übersicht über Strahlquellen und Bearbeitungsanlagen ist auf der IFSW-Homepage ([www.ifsw.uni-stuttgart.de](http://www.ifsw.uni-stuttgart.de)) aufgeführt. Des Weiteren stehen für den Forschungsbetrieb entsprechende Diagnose- und Messeinrichtungen wie z.B. High-speedvideokamera, Strömungslabor zur Verfügung. Eine mechanische Werkstatt sowie Elektro- und Elektroniklabors dienen der Unterstützung des Versuchsbetriebs.

*Institutsadresse:*  
 Institut für Strahlwerkzeuge  
 Pfaffenwaldring 43  
 70569 Stuttgart  
 Tel.: +49 (0)711-685 6840  
 Fax: +49 (0)711-685 6842  
<http://www.ifsw.uni-stuttgart.de>

*Autor:*  
 Dipl.-Ing. Andreas Ruß  
[ruß@ifsw.uni-stuttgart.de](mailto:ruß@ifsw.uni-stuttgart.de)

*Kontakt / Redaktion:*  
 Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner  
 FGSW - Forschungsgesellschaft  
 für Strahlwerkzeuge mbH  
 Nobelstr. 15  
 70569 Stuttgart  
 Tel.: +49 (0)711-351 451-28  
 Fax: +49 (0)711-351 451-29  
[friedemann.lichtner@fgsw.de](mailto:friedemann.lichtner@fgsw.de)  
<http://www.fgsw.de>