

## Finalist des Innovation Award Laser Technology 2012

### Koaxialer Laserbearbeitungskopf für dreidimensionales Hartlöten mit integrierter Nahtverfolgung



#### **Dr. Markus Kogel-Hollacher**

Leiter der Abteilung F&E Projekte  
Precitec Optronik GmbH, Rodgau

#### **Mitglieder des Projektteams**

Dr. Markus Kogel-Hollacher, Leiter der Abteilung F&E Projekte,  
Precitec Optronik GmbH, Rodgau (Teamsprecher)

Dr. Axel Kattwinkel; Abteilungsleiter Softwareentwicklung, Precitec Optronik GmbH

Dr. Martin Schönleber, Abteilungsleiter Optikentwicklung, Precitec Optronik GmbH

Dipl.-Ing. Christoph Dietz, Entwicklungsleiter, Precitec Optronik GmbH, Rodgau

Dr. Claus Schnitzler, Geschäftsführer, AMPHOS GmbH, Aachen

Dr. Jochen Stollenwerk, Stellvertretender Leiter, Lehrstuhl Technologie  
Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Martin Traub, Leiter der Gruppe Optikdesign und  
Diodenlaser, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen

Dr. Jörg Diettrich, Gruppenleiter Diodenlaser und Komponenten,  
Jenoptik Laser GmbH, Jena

#### **Anwendungsfelder**

Wesentliche Industriebranchen, die aus der Innovation einen Nutzen ziehen:

- Automobilindustrie, insbesondere im Bereich des Karosserie Rohbaus

#### **Technologische Auswirkungen**

- Erhöhte Qualität bestehender Produkte
- Neue Möglichkeiten des Produktdesigns
- Reduzierte Fertigungskosten
- Kürzere Entwicklungs- und Produktvorlaufzeiten
- Bessere Qualitätssicherung

## Zusammenfassung

In industriellen Laserhartlötanwendungen werden derzeit ausschließlich Bearbeitungsköpfe eingesetzt, bei denen der Draht lateral zugeführt wird. Dieser wird dabei in der Regel im Vorlauf des Laserstrahls zugeführt. Probleme bei der lateralen Drahtzufuhr sind insbesondere:

- eingeschränkte Zugänglichkeit auf Grund der vergleichsweise großen Bauweise
- Radien  $< 10$  mm sind nicht oder nur schwer realisierbar
- aufwändige Programmierung der Robotersteuerung bedingt durch die mehrfache Neuorientierung des Bearbeitungskopfes, insbesondere bei 3D-Nahtverläufen.
- Produktivitätseinbußen durch häufige Umorientierungen des Bearbeitungskopfes und dadurch geringe Vorschubgeschwindigkeiten an den entsprechenden Bauteilpositionen
- Schwankungen in der Nahtbreite und Bindefehler durch nicht konstante Bearbeitungsgeschwindigkeiten, die bedingt sind durch häufige Umorientierungen

Aus den genannten Gründen wäre eine Drahtzufuhr von großem Vorteil, bei der der Draht koaxial zum Laserstrahl in die Fügezone transportiert wird. In Verbindung mit einer ringförmigen Laserstrahl-Intensitätsverteilung, die den Draht umschließt, könnte der Lötprozess richtungsunabhängig durchgeführt werden, ohne den Bearbeitungskopf bei jeder Richtungsänderung so umorientieren zu müssen, dass Draht und Laserstrahl in Richtung der Vorschubgeschwindigkeit (Nahtverlauf) ausgerichtet sind. Insbesondere bei 3D-Anwendungen hätte ein solches Konzept entscheidende Vorteile. Durch Einbindung einer Nahtfolgeregulierung kann die Position der Fügenaht automatisch erfasst werden, um den Bearbeitungskopf an die gewünschte Stelle zu führen.

Die wesentliche Aufgabe bei der Realisierung einer koaxialen Drahtzuführeinheit mit ringförmiger Intensitätsverteilung bestand in der Entwicklung der dafür notwendigen Strahlformungsoptik, wobei das Kernelement: ein multi-kW fasergekoppelter Diodenlaser wie er üblicherweise als Laserstrahlquelle für Hartlötanwendungen eingesetzt wird, zu berücksichtigen ist. Dabei spielt die Brillanz des Laserstrahls eine besondere Rolle. Die wesentlichen Anforderungen an den Bearbeitungskopf sind:

- Auslegung für ein fasergekoppeltes Diodenlasersystem mit Kerndurchmessern der Faser von 0,6 bis 1,5 mm und Laserstrahlleistungen bis 4 kW bei einer numerischen Apertur NA von nur 0.22
- Arbeitsabstand (Abstand zwischen letztem optischen Element und der Werkzeugoberfläche)  $> 100$  mm
- Integrierbarkeit einer berührungslosen, optischen Nahtverfolgungs- und Qualitätssicherungseinheit
- Effizienz der Optik (Transmissionsgrad durch das optische System)  $> 90$  %

Alle genannten Merkmale - die Propagation des Bearbeitungslasers, die Propagation der Beleuchtung zur Nahtlageregulierung und Qualitätssicherung, die Beobachtung der Bearbeitungszone mit einer Kamera - konnten in einem einheitlichen optischen Layout umgesetzt werden. Aufgrund dieses optischen Konzeptes findet keine Abschattung der Strahlwege statt. Somit erlaubt die koaxiale Drahtzuführung im neuen Laserhartlötkopf eine richtungsunabhängige Bearbeitung, eine hohe Prozessstabilität durch konstante Bearbeitungsgeschwindigkeiten, weniger aufwendiges Programmieren von Robotern und die Bearbeitung kleiner Radien. Dies führt zu schnelleren Bearbeitungsprozessen und kürzeren Vorlaufzeiten sowie zu geringerem Ausschuss und neuen Möglichkeiten des Produktdesigns. Auch die Nutzung von preiswerteren Robotern mit eingeschränkter Dynamik ist möglich und kann somit zu einer Reduzierung der gesamten Systemkosten

führen. Mit dem neuen Laserhartlötkopf können zum ersten Mal komplexe dreidimensionale Strukturen bearbeitet werden. Potenzielle Kunden aus der Automobilindustrie haben das System bereits getestet und zugesagt, die neue Technologie einzusetzen.

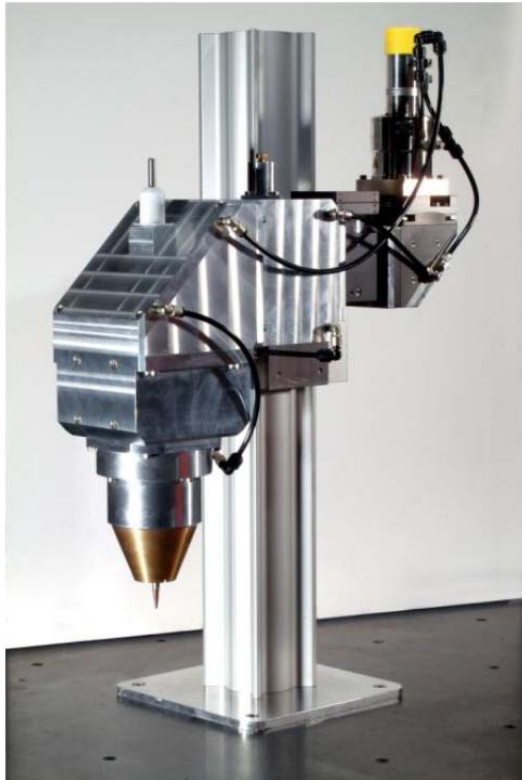


Bild 1: Koaxialer Laserbearbeitungskopf für dreidimensionales Hartlöten mit integrierter Nahtfolgeregelung  
(Bildquelle: Fraunhofer ILT, Aachen)

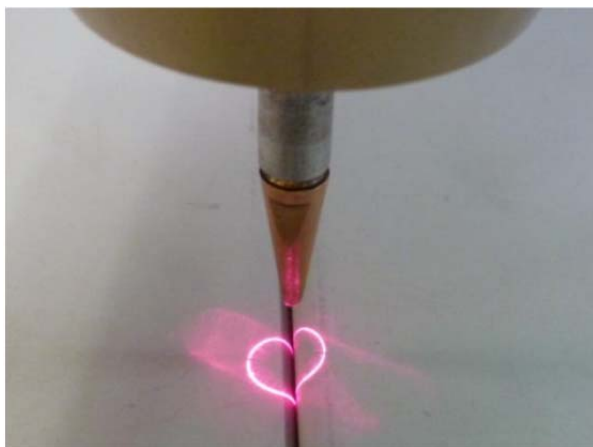


Bild 2: Ausleuchtung der Bearbeitungszone für die Nahtfolgeregelung und Qualitätssicherung.  
(Bildquelle: Precitec Optronik GmbH, Rodgau)