



## LASER-BEARBEITUNGSOPTIK COAXwire

Beschichten, Reparieren und Generieren mit Massiv- und Fülldraht

### Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

Fax +49 351 83391-3300

[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. (FH) Marc Kaubisch

Telefon +49 351 83391-3433

[marc.kaubisch@iws.fraunhofer.de](mailto:marc.kaubisch@iws.fraunhofer.de)

Prof. Dr. Steffen Nowotny

Telefon +49 351 83391-3241

[steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de](mailto:steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de)

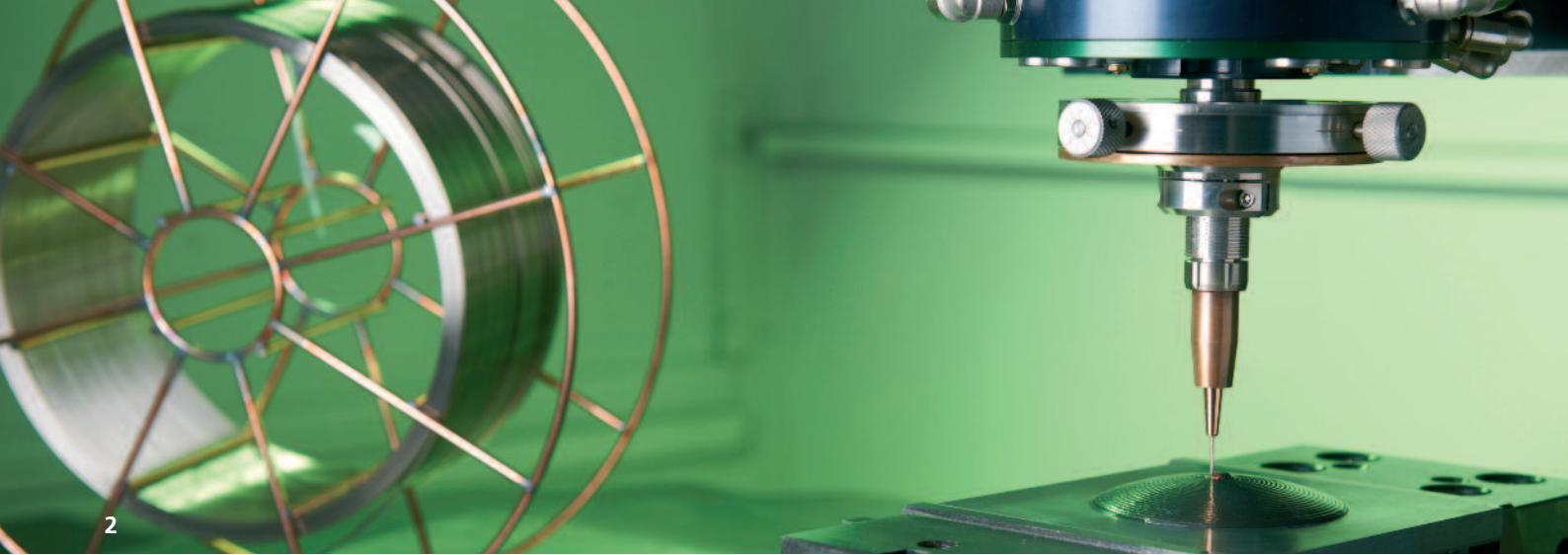
### Überblick

Mit der neu entwickelten Laser-Draht-Bearbeitungsoptik COAXwire steht eine kompakte systemtechnische Lösung für die Verarbeitung von metallischen Drahtmaterialien mittels Lasersystemen neuester Generation zur Verfügung. Als Massiv- oder Fülldraht in Fein- oder Standard-Abmessung können nahezu alle kommerziell verfügbaren Schweiß- und Lötdrähte prozesssicher verarbeitet werden.

Ein spezielles Dreistrahloptiksystem mit zentrischer Drahtzufuhr ermöglicht eine besonders hohe Einsatzbreite mit richtungsunabhängiger Prozessführung in einer Vielzahl von Bearbeitungspositionen bis hin zu Zwangslagen.

Anwendungsvorteile ergeben sich hinsichtlich einer effektiven Werkstoffausnutzung von 100%, hoher Produktivität sowie saubereren Prozessbedingungen.





2

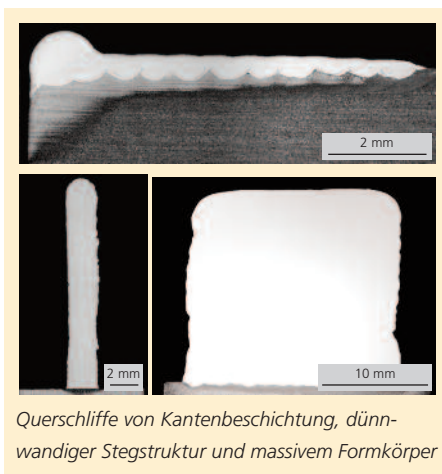
## Optikprinzip

Die über eine Faserkopplung in die COAXwire-Optik eingeleitete Laserstrahlung wird mithilfe eines speziellen optischen Elements in drei Einzelstrahlen geteilt, die zueinander im Winkel von  $120^\circ$  um eine zentrische Achse angeordnet sind. Die Teilstrahlen werden anschließend über Umlenkelemente so zu einem gemeinsamen Tripelfokus zusammengeführt, dass in der Achse das drahtförmige Zusatzmaterial eingeleitet werden kann. Bei einem festen Abbildungsverhältnis von 1:3 erfolgt über die Wahl des Faserdurchmessers die Einstellung des auf den Zusatzdraht abgestimmten Fokusbereichs.

## Prozessablauf

Um den Zusatzdraht über die schmelzflüssige Phase auf eine Bauteiloberfläche aufbringen zu können, wird dort mittels der Laserstrahlung ein definiertes lokales Schmelzbad erzeugt. In dieses taucht das Drahtmaterial ein, wird vollständig aufgeschmolzen und verbindet sich metallurgisch mit dem Grundwerkstoff. Über eine Relativbewegung zwischen Optik und Bauteil entstehen raupenförmige Auftragspuren, die bei entsprechender kontinuierlicher Prozessführung die Basis für flächige Beschichtungen bilden.

Diese lassen sich ein- oder mehrlagig auf ebenen, runden oder frei geformten Oberflächen sowie an Kanten und auf anderen bereits vorhandenen Bauteilstrukturen auftragen.



Querschliffe von Kantenbeschichtung, dünnwandiger Stegstruktur und massivem Formkörper

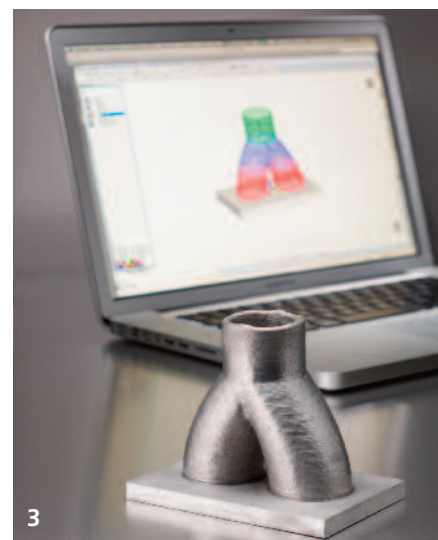
Für eine qualitätsgerechte Schicht werden dazu die primären Prozessparameter Laserleistung, Drahtvorschubgeschwindigkeit und Verfahrensgeschwindigkeit hinsichtlich konstanter Abschmelzbedingungen aufeinander abgestimmt.

Vollständig dichte Volumen lassen sich durch übereinander aufgetragene Schichten erzeugen, dabei können sowohl filigrane dünnwandige Stegstrukturen als auch massive Formkörper generiert werden. Je nach Geometrie und Werkstoff betragen die Auftragraten 100 bis 250  $\text{cm}^3/\text{h}$ .

Der bei mehrlagigen Auftragungen vorliegende Wärmestau führt zu veränderten Spurgeometrien, weshalb bauteilspezifische Prozessstrategien oder eine Online-Laserleistungsregelung eingesetzt werden, um den Wärmeeintrag in das Bauteil sowie daraus resultierenden Formverzug gering zu halten.

## CAD/CAM

Für typische Prozessanwendungen können CAM-Systeme bei der Erstellung der Bearbeitungsstrategien und der Programmierung der Werkzeugbahnen eingesetzt werden. Neben den Prozessparametern lassen sich Spurbreite, Überlappung, Startpunktanordnung, Ein- und Überläufe frei wählen, um bauteilspezifische Einstellungen vorzunehmen.



3



4



5



6

## Technische Merkmale

Die COAXwire-Optik zeichnet sich durch eine modulare Bauweise auf Basis von 1"-Optikkomponenten und ein moderates Gewicht von 13 kg aus. Sie verfügt über eine definierte Montageadaptation zur Führungsmaschine sowie Schnittstellen für Lichtleitfaser, Drahtantrieb und Kamerasysteme. Medienführungen für Kühlwasser zur Optik- und Drahtdüsenkühlung, Schutzgas zur Abschirmung der Prozesszone und Druckluft zur Spritzer- und Rauchgasabschirmung sind standardmäßig integriert.

Die Adaption eines fasergekoppelten Lasers erfolgt über eine LLK-D-, LLK-B- oder QBH-Steckeraufnahme. Ausgelegt für hohe Strahlqualitäten, können Fasern mit einer numerischen Apertur von 0,1 bis 0,2 eingesetzt werden.

Über eine flexible Schnittstelle ist die Montage von Drahtantrieben verschiedener Hersteller realisiert, deren Auswahl hinsichtlich Drahtdurchmesser (Anwendungsbereich 0,4 - 1,6 mm) und notwendiger Fördergeschwindigkeit erfolgt.

Zum Schutz vor Beschädigung von Optikkomponenten bei Prozess- oder Anlagenfehlern gewährleistet die integrierte Kollisions- und Sicherheitsabschaltung eine Auslenkung von bis zu 7°. Das elektromechanische Funktionsprinzip ermöglicht eine hohe Rückstellgenauigkeit und gewährleistet die Integration in den Sicherheitskreis von Laseranlagen.

## Zusatzausstattung

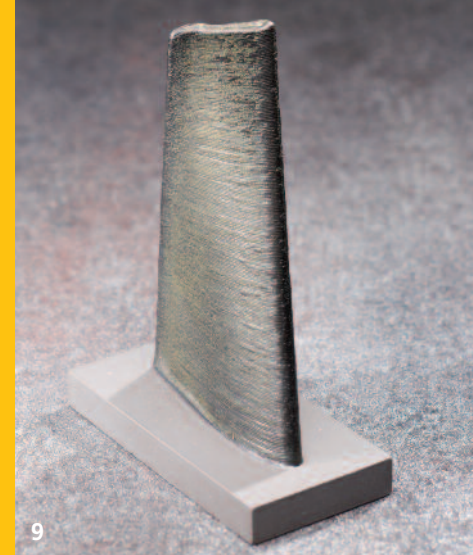
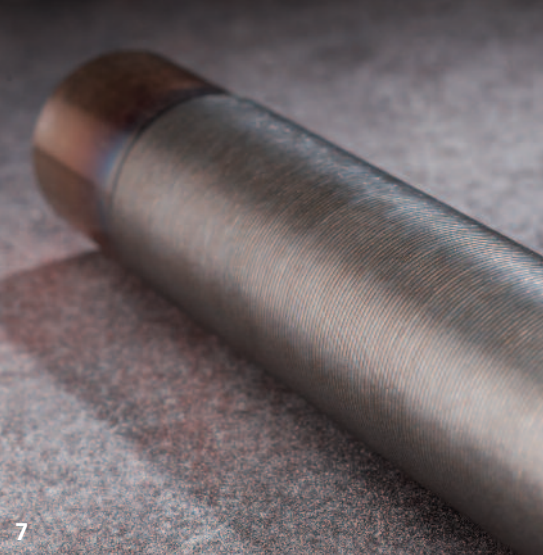
Zur Online-Prozessregelung lässt sich ein kamerabasiertes Prozessregelsystem einsetzen und an der Optik über eine Auskoppelschnittstelle adaptieren. Standardmäßig sind die IWS-Lösungen E-MAqS-Kamera und Lompoc Pro-Software wählbar, die mit einer Messfrequenz von ca. 200 Hz lokale Bauteiltemperaturunterschiede durch Regelung der Laserleistung ausgleichen und damit eine hohe Bauteilqualität gewährleisten können.

Die Prozessbeobachtung zur Dokumentation des Prozess- und Bauteilverhaltens kann mittels einer Off-Axis-Kamera realisiert werden, die über eine Montageschnittstelle an der Optikgrundplatte flexible Aufnahmen gewährleistet. Beide Systeme können über eine Zusatzsoftware so gekoppelt werden, dass eine geordnete Datenablage auf einem Computersystem erfolgt.

### COAXwire - die wichtigsten Merkmale auf einen Blick

- modulare und kompakte Bauweise
- 3-Strahl-Optikkonzept
- zentrische Drahtzufuhr mit XYZ-Justage
- Spritzer- und Rauchgasschutz
- Kollisions- und Sicherheitsabschaltung
- kamerabasierte Prozessregelung und -beobachtung (optional)

- 1 *Adaption am Roboter*
- 2 *Optikanordnung zum Werkstück*
- 3 *Auf CAM-Strategie basierende Rohrstruktur aus Aluminium*
- 4 *Schematische Darstellung des Strahlengangs*
- 5 *Auslenkung der Sicherheitsabschaltung bei Prozessfehler*
- 6 *Adaption mit Off-Axis-Kamera*



## Technische Daten COAXwire

Hauptgrößen	
Höhe	500 mm (ohne Faser und Drahtantrieb)
Breite	160 mm (245 mm mit E-MAqS-Kamera)
Tiefe	210 mm
Gewicht	~ 13 kg
Äußerer Strahlöffnungswinkel	40°
Geeignete Laserstrahlquellen	
Typ	Diode, Scheibe, Faser
Leistung	bis 4 kW
Strahlparameterprodukt BPP	≤ 30 mm·mrad
Faserstecker	LLK-D, LLK-B, QBH (andere auf Anfrage)
Zusatzdraht	
Werkstoffe	alle handelsüblichen Massiv- und Fülldrähte
Durchmesser	0,4 - 1,6 mm
Fördergeschwindigkeit	0,5 - 20 m/min
Kollisions- und Sicherheitsabschaltung	
Prinzip	elektromechanisch
XY-Auslenkung	7°
Z-Auslenkung	3 mm
Auslösemoment	35 Nm
Integrierte Funktionen	
Schutzgaszufuhr	Abschirmung der Prozesszone
Schutzglaskassetten	Schutz der optischen Elemente
Querstromdüsen	Spritzerablenkung
Rauchgasabschirmung	Schutz vor Metaldampfniederschlag
Kühlkreislauf	Kühlung von Optik- und Drahtzufuhr
Zusatzausstattung	
E-MAqS-Kamera	Online-Prozessregelung
Off-Axis-Kamera	seitliche Prozessbeobachtung

## Anwendungen

Beschichten, Reparieren und Generieren umfassen das weitreichende Einsatzfeld der COAXwire-Optik. Dabei kann eine spezielle Funktionalisierung von bestehenden Oberflächen eines Bauteiles oder aber auch eine Änderung der Bauteilform selbst realisiert werden.

Beispielanwendungen sind in folgenden Bereichen zu finden:

- Auftragen von Verschleißschutzschichten mit Fe-, Co- und Cu-Legierungen
- Regenerierung von Schneid- und Umformwerkzeugen zur Blechbearbeitung
- Reparatur von hochwertigen verschleißbeanspruchten Funktionsbauteilen aus Ti- und Ni-Luftfahrtlegierungen
- Generative Fertigung von dünnwandigen bis großvolumigen Strukturen aus Al-, Ni- und Ti-Legierungen

## Leistungsangebot

- schweiß- und werkstofftechnische Beratung
- Machbarkeitsuntersuchungen und bauteilspezifische Prozessentwicklung
- Systemtechnik zum Laser-Draht-Auftragschweißen mit kundenspezifischen Anpassungen
- Technologietransfer, Prozessinstallation und Anwendertraining

7 Wellenbeschichtung

8 Geometrieänderung gewölbter Oberflächen

9 Generiertes Turbinenschaufelmodell

Bildnachweis:

Titelbild, Abb. 2, 3, 7-9: Jürgen Jeibmann;

Abb. 1, 6: Frank Höhler