



# KOAXIALES LASER-DRAHT-AUFTRAGSCHWEISSEN MIT ERWEITERTEM WERKSTOFFSPEKTRUM

## DIE AUFGABE

Neben den klassischen draht- und pulverbasierten Spritztechnologien und Lichtbogenschweißverfahren findet im Bereich der thermischen Oberflächentechnik das Verfahren des Laser-Draht-Auftragschweißens als materialeffiziente und saubere Prozesslösung zunehmend Anwendung. Abbildung 1 zeigt die Roboteradaption die dafür am IWS erarbeitete Drahtoptik COAXwire, die sich durch eine koaxiale Aufteilung eines über ein Lichtleitkabel eingekoppelten Strahles in drei Teilstrahlen auszeichnet. Deren symmetrische Anordnung um eine zentrische Drahtzufuhr ermöglicht vielseitige Freiheitsgrade in der Prozessführung sowie ideale Möglichkeiten zur Automatisierbarkeit des Prozesses.

Insbesondere die Verarbeitung von anspruchsvollen Drahtwerkstoffen für Anwendungen im Bereich der Luft- und Raumfahrt erfordern reproduzierbare und stabile Prozessbedingungen. Um dies umzusetzen, waren neben der Laserbearbeitungsoptik selbst Peripheriesysteme wie die Laserstrahlquelle, die Prozessüberwachung, der Drahtförderer und die CAM-Software weiter zu qualifizieren.

Für reaktive Materialien wie Aluminium und Titan ist außerdem eine inerte Umgebung obligatorisch, wobei der Restsauerstoffgehalt 50 ppm nicht übersteigen soll. Üblicherweise eingesetzte Ringspalt- und Schleppdüsen zur lokalen Schmelzbadabschirmung können dies nicht gewährleisten. Die weiterführende Aufgabe bestand daher darin, ein neues Konzept zur Schutzgasabschirmung zu erarbeiten, welches eine schnelle und einfach durchführbare Adaption an die Optik, eine hohe Gasqualität und auch die Bearbeitung von Freiformflächen im 5-Achs-Modus sowie den Aufbau großer Bauteile ermöglicht.

## UNSERE LÖSUNG

Das COAX-Verfahrensprinzip ist für die Verarbeitung von nahezu allen handelsüblichen gespulten Massiv- und Fülldrähten geeignet. Das Legierungsspektrum erstreckt sich dabei von Leichtmetallen über Eisen- und Nickellegierungen bis hin zu Hartstoff-Binder-Schweißzusätzen. Anwendungen betreffen das Beschichten von tribologisch beanspruchten Oberflächen, Formänderungen oder Reparaturen an Umform- und Schneidwerkzeugen sowie den Aufbau komplexer Bauteile.

Die COAXwire-Bearbeitungsoptik wurde für die Verwendung von Diodenlasern neuester Generation weiterentwickelt. Diese verfügen heutzutage über einen Steckdosenwirkungsgrad von über 30 Prozent und arbeiten in einem Wellenlängenbereich von 940 nm bis 1060 nm.

Es wurde der Einsatz wiederholgenauer, hochdynamischer Drahtzufuhreinheiten untersucht. Reibungsarme Führungen, Sensorik zur Istwert-Erfassung, ein Puffersystem zur Entkopplung von Primär- und Sekundärantrieb und die Verwendung von 4-Rollen-Antrieben leisten ihren Beitrag zur Erhöhung der Prozessstabilität.

Die Neuentwicklung einer flexiblen Schutzgaskammer ermöglicht die Prozessführung unter hochreiner Schutzgasatmosphäre. Die Kammer ist so gestaltet, dass sie in kurzer Zeit auf den Maschinentisch einer CNC-Anlage oder die Dreh-Kipp-Achse eines Robotersystems montiert werden kann. Der Aufbau besteht im Wesentlichen aus einem stabilen Grundgestell und einer flexiblen Folienhaube. Im Inneren kann eine definierte Werkstückaufnahme über Spannmittel erfolgen. Zur schnellen und dichten Montage an die Optik wurde ein neuer Kopfadapter realisiert.



2

## ERGEBNISSE

Für den Einsatz eines Diodenlasers mit einem Strahlparameterprodukt von 30 mm mrad gelingt die optimale Ausleuchtung der optischen Elemente auf dem gesamten Weg der Laserstrahlung durch die Bearbeitungsoptik. Bei einem Faserdurchmesser von 600  $\mu\text{m}$  beträgt der resultierende Fokusbereich 2 mm. Mit der Anpassung an diesen Lasertyp ist die koaxiale Laser-Draht-Bearbeitungsoptik nunmehr kompatibel zu allen in der Materialbearbeitung üblichen Laserstrahlquellen.

Für alle Laser kann die Schutzgaskammer eingesetzt werden, die sich innerhalb von 30 Minuten auf einen Restsauerstoffgehalt von 20 ppm befüllen lässt, indem sie bodenseitig mit reinem Argon oder einer an die Schweißanwendung angepasste Mischgaszufuhr beaufschlagt wird. Diese inerte Atmosphäre hält die Kammer auch unter Bewegung der adaptierten Optik konstant, wodurch besonders stabile Prozessbedingungen vorliegen (Abb. 3). Während des Schweißens genügt dabei aufgrund der hohen Dichtigkeit des Systems bereits ein Gasstrom von nur 10 l  $\text{min}^{-1}$ .

Prozess des koaxialen Laser-Draht-Auftragschweißens



3

Die Weiterentwicklung der systemtechnischen Komponenten ermöglicht die Umsetzung neuer Schweißstrategien und die Erweiterung der Fertigungsmöglichkeiten für Aluminium-, Titan- und Nickel-Legierungen als Massivdraht sowie für weitere Legierungszusammensetzungen in Form von Fülldrähten.

Beispielhaft zeigt Abbildung 2 ein schweißtechnisch aufgebautes Musterbauteil mit äußerer zylindrischer Hülle, konisch zulaufendem Innenteil und Verbindungsstegen aus dem Werkstoff Inconel 718. Bei einer Lagenhöhe von 0,8 mm und einer Laserleistung von 2,2 kW beträgt die Baurate 120  $\text{cm}^3 \text{h}^{-1}$ . Die Fertigung des 1,9 kg schweren Bauteils benötigt eine Prozesszeit von 2,5 Stunden, wobei nach Abzug von Positionier- und Wartezeiten die reine Schweißzeit nur 2 Stunden beträgt.

- 1 *Laser-Draht-Bearbeitungsoptik COAXwire mit flexibler Schutzgaskammer*
- 2 *Geschweißtes Musterbauteil aus Inconel 718*

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Sebastian Thieme

+49 351 83391-3076

sebastian.thieme@iws.fraunhofer.de

