



INDUSTRIELLE LÖSUNGEN FÜR DAS GROSS-FLÄCHIGE LASER-AUFTRAGSCHWEISSEN

DIE AUFGABE

Auftragschweißen von Mikro bis Makro mit ein und demselben Werkzeug ist ein Markenzeichen der Lasertechnik, das keinem anderen Schweißverfahren in vergleichbarem Maße gegeben ist. Mit verschiedenen in der Praxis angewendeten laserbasierten Verfahrensvarianten werden Raupenbreiten zwischen 30 µm und mehr als 30 mm erzeugt. Die Dimensionen überstreichen somit die enorme Spanne von 4 Größenordnungen, woraus branchenübergreifend ein bemerkenswert großes Anwendungsspektrum resultiert.

Während beim Mikro-Laser-Auftragschweißen vor allem die geometrischen Ansprüche hinsichtlich Präzision und Reproduzierbarkeit im Vordergrund stehen, entscheiden im Makro-Bereich die Auslegung der optischen Komponenten und Bearbeitungsköpfe sowie die Standfestigkeit der Systemtechnik über den Erfolg der großflächigen Oberflächenbeschichtung. Durch höchste Laserleistungen und Wärmestrahlung aus den großen Schmelzbädern unterliegen die Pulverdüsen einer enormen thermischen Belastung. Aber auch Einflüsse auf die Schmelzmetallurgie wie Aufheiz- und Abkühlraten sowie die Dynamik der laserinduzierten Schmelzbäder mit großer Breite und vergleichsweise geringer Höhe stellen anspruchsvolle Fragestellungen dar.

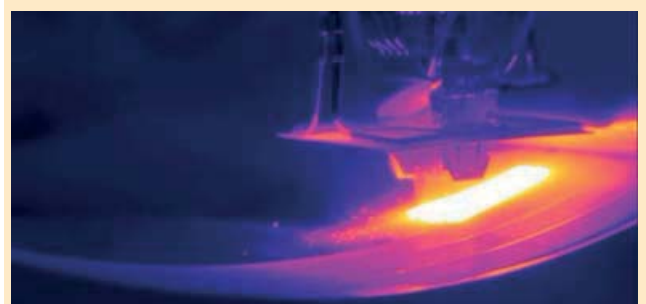
Die wissenschaftlich-technische Herausforderung besteht deshalb in der Entwicklung von modernen Laser-Bearbeitungsköpfen, die ein homogenes, rechteck- oder linienförmiges Pulverstrahlprofil und eine langzeitstabile Pulverzufuhr unter enormer thermischer Belastung gewährleisten. Gleichzeitig sind die prozess- und werkstoffseitigen sowie wirtschaftlichen Erfordernisse von Großflächenbeschichtungen umzusetzen.

UNSERE LÖSUNG

Die systemtechnische Lösung des Fraunhofer IWS Dresden besteht in einer Erweiterung und Qualifizierung des modularen Systems von Bearbeitungsköpfen der Serie COAXn. Für die Weiterentwicklung wurde besonderes Augenmerk auf das Konzept der Breitstrahldüse mit rechteckigem Pulverstrahlquerschnitt gelegt. Im Unterschied zum bisherigen Stand der Technik zeichnet sich der neue, patentierte Breitstrahl-Bearbeitungskopf durch ein überarbeitetes Pulverzuführungskonzept aus, das speziell den Erfordernissen höchster Laserleistungen und hoher Pulverförderraten angepasst ist (siehe Abb. 1).

Die Pulverzuführung erfolgt über speziell geformte austauschbare Kanalplatten, welche an Laserspotform und Pulverdurchsatz angepasst werden. In der Standardkonfiguration ist der Breitstrahl-Bearbeitungskopf für eine Brennfleckdimension von 16 x 6 mm ausgelegt. In weiteren Konfigurationen ist der Bearbeitungskopf auch für Laserspotbreiten bis 45 mm adaptierbar. Der Arbeitsabstand ist entsprechend den Anforderungen des Prozesses und Bauteiles zwischen 20 mm und 30 mm variabel einstellbar.

Wärmebildaufnahme beim Laser-Pulver-Auftragschweißen mit 15 kW Laserleistung und Breitstrahldüse





ERGEBNISSE

Abbildung 4 und 5 zeigen typische Schweißergebnisse auf Flach- und Rundproben, die mit dem 45 mm breiten rechteckigen Pulverstrahlquerschnitt erzielt werden. Durch die spezielle Gestaltung der Pulverkanäle wird eine homogene Pulvermassenstromverteilung auch bei großen Strahlbreiten erreicht. Ein typischer Querschliff einer 45 mm breiten Einzelraupe aus der Ni-Basis-Legierung IN82 ist in Abbildung 6 dargestellt. Selbst bei dieser außergewöhnlich hohen Raupenbreite ist der Raupenquerschnitt gleichmäßig und die Anbindung zum Grundmaterial durchgängig schmelzmetallurgisch und fehlerfrei.

Unter Nutzung der maximal zur Verfügung stehenden Laserleistung eines 20 kW Diodenlasers beträgt die maximale Auftragrate für Ni-Basis-Pulver 14 kg h^{-1} bei einem Pulvernutzungsgrad von etwa 90 Prozent. Das begrenzende Kriterium ist hierbei nicht die Strömungsvorgänge in der Pulverdüse, sondern die verfügbare Laserleistung. Im Unterschied zum Laser-Auftragschweißen mit rundem Laserstrahl wird beim Auftragschweißen

mit breitem Rechteckstrahl mit geringerer Laserleistungsdichte und Schweißgeschwindigkeit gearbeitet, um einen ruhigen Schweißprozess zu erzielen und die Überhitzungsgefahr des Schmelzbades zu mindern. Die korrespondierend geringere Schweißgeschwindigkeit führt zu kleineren Abkühlraten. Diese erweisen sich als vorteilhaft für die Verarbeitung risskritischer Pulverwerkstoffe und aufhärtungsempfindlicher Grundwerkstoffe.

Aufgrund der überragenden Auftragraten und Flächenleistungen besteht ein großes Anwendungsspektrum für die großflächige Beschichtung an korrosions- und verschleißbeanspruchten Bauteilen im Kraftwerks- und Offshore-Bereich. Abbildung 7 zeigt das Beschichten großer Behälterbauteile beim Industriekunden. Im Rahmen eines FuE-Vorhabens wurde hier der speziell für 45 mm Spurbreite entwickelte Breitstrahl-Bearbeitungskopf erstmals erprobt.

Anlage zum großflächigen Laser-Auftragschweißen von Behälterbauteilen mit Breitstrahlbeschichtungsoptik vom Fraunhofer IWS



- 1 Breitstrahl-Bearbeitungskopf mit Rechteck-Pulverdüse
- 2 Prozess des Laser-Pulver-Auftragschweißens mit 20 kW Laserleistung und 45 mm-Breitstrahldüse
- 4/5 Mit 45 mm Spurbreite beschichtete Probeteile
- 6 Querschliff einer Einzel-Schweißraupe aus IN82

KONTAKT

Dipl.-Ing. (FH) Holger Hillig

+49 351 83391-3358

holger.hillig@iws.fraunhofer.de

