

EFFIZIENZSTEIGERUNG BEIM LASER-AUFTRAGSCHWEISSEN DURCH ENERGIEQUELLENKOMBINATION

DIE AUFGABE

Exzellente Präzision, höchste mechanische Festigkeit und maßgeschneiderte Eigenschaften von Oberflächenschichten und generativ erzeugten 3D-Strukturen: diese Merkmale haben dem Auftragschweißen mit Laserstrahlen zum Durchbruch in der industriellen Serienfertigung verholfen. Die niedrigen Auftragsraten und die geringe Energieeffizienz setzen der Technologie jedoch Grenzen - insbesondere wenn es um größere und simpel geformte Teile geht. Beispiele sind lange Hydraulikzylinder im offshore-Bereich, Werkzeuge der Ölförderung und des Bergbaus sowie große Förderschnecken, die hochverschleißfeste Oberflächen erfordern. Überall dort gibt es aus Sicht der Schichteigenschaften keine vernünftige Alternative zum Laser, die langen Fertigungszeiten und die vergleichsweise hohen Beschichtungskosten limitieren aber bisher dessen Anwendung.

Beim Laser-Auftragschweißen treten, wie bei allen anderen Auftragschweißverfahren auch, Energieverluste auf. Sie sind mit dem Schweißprozess notwendigerweise verbunden und beeinflussen gleichermaßen dessen Effizienz. Vor allem die Wärmeleitung in den Grundwerkstoff spielt eine Schlüsselrolle, weil sie einerseits die Erstarrung des laserinduzierten Schmelzbades zur Schweißraupe ermöglicht, andererseits den Hauptverlustanteil der teuer erzeugten und hochpräzise zugeführten Laserenergie ausmacht. So fließen bis zu 90 % der absorbierten Laserenergie in das Bauteil ab. Die schnelle Ableitung der Wärme in kaltes Grundmaterial führt zudem beim Strahlwerkzeug Laser zu besonders hohen Abkühlraten und räumlichen Temperaturgradienten, was für rissempfindliche Schichtwerkstoffe kritisch werden kann.

UNSERE LÖSUNG

Die hier vorgestellte Lösung verwirklicht eine simultane Unterstützung des Laserstrahls durch lokale induktive Erwärmung. Das Grundprinzip dieser einstufigen Hybridtechnologie besteht in der Kombination von zwei Energiequellen mit sehr unterschiedlichen Leistungsdichten. Damit können zwei unabhängig voneinander einstellbare Temperatur-Zeit-Zyklen überlagert werden. So wird ein großer Anteil der Verlustenergie durch die preiswerte induktive Wärmequelle kompensiert. Gleichzeitig können die Temperatur-Zeit-Verläufe in einem Maße verändert werden, wie es beim Laserstrahl-Auftragschweißen allein nicht möglich ist.

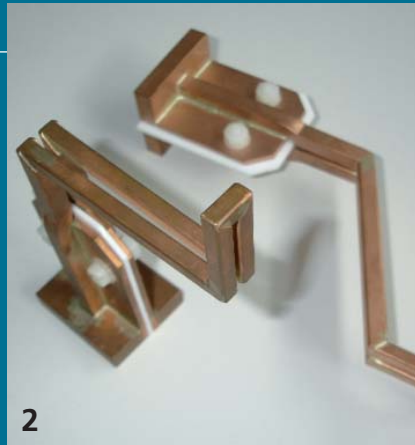
Die technische Umsetzung erfolgt in Form eines modular aufgebauten Koaxial-Laserbeschichtungskopfes neuer Generation mit einem integrierten, lokal wirkenden und richtungsunabhängigen Induktionsmodul (Abb. 1). Der neue Bearbeitungskopf ordnet sich in die IWS-COAXn-Serie ein und trägt die Bezeichnung COAXpowerline.

ERGEBNISSE

Das Prinzip der Pulverzufuhr ist koaxial, alle Medien (Pulver, Gas, Kühlwasser) werden in einer geschützten innen liegenden Medienzufuhr geführt. Die Schweißraupenbreite kann durch eine CNC-gesteuerte z-Achsenverstellung während des laufenden Prozesses variiert werden. Die induktive Erwärmung ist als Modul in den Bearbeitungskopf integriert. Je nach Bearbeitungsaufgabe kann aus einem Sortiment unterschiedlicher Induktoren gewählt werden (Abb. 2). Vorlaufend angeordnete linienförmige Induktoren tragen zur Maximierung der



1



2



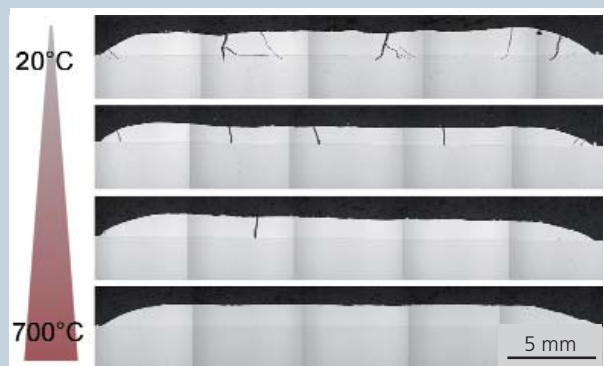
3

Auftragsrate bei, nachlaufend angeordnete Induktoren verringern die Temperaturgradienten und mindern die Rissneigung der Schichten. Des weiteren steht ein koaxial zur Laser- und Pulverstrahlachse angeordneter ringförmiger Induktor zur Verfügung, der eine vollständige Richtungsunabhängigkeit auch des hybriden Prozesses gewährleistet.

Erstmals eingesetzt wurde der neue Bearbeitungskopf bei der Herstellung von Korrosionsschutzschichten aus INCONEL 625 auf großen zylindrischen Bauteilen aus Stahl (Abb. 3). Durch Kombination eines 4 kW-Diodenlasers mit 12 kW Induktionsleistung wurden Auftragsraten von 8 kg / h und Schweißgeschwindigkeiten von 3 m / min erreicht. Für das Laser-Auftragschweißen ergeben sich damit bereits bei kleinen, preiswerten Lasern Abschmelzleistungen, die im Bereich des Plasma-Pulver-Auftragschweißens (PTA) liegen. Als Rekord-Auftragsrate sind mit INCONEL 625 bisher 21,5 kg / h mit 10 kW Diodenlaserleistung und 14 kW Induktion erzielt worden.

Neben der verbesserten Effizienz und Produktivität wird die Energiequellenkombination auch für die Vergrößerung des fehlerfrei verarbeitbaren Werkstoffspektrums eingesetzt. Durch die infolge der lokalen Zusatzwärmerung signifikant verlängerte $t_{8/5}$ -Abkühlzeit und die verringerten räumlichen Temperaturgradienten können auch harte, verschleißfeste Metalllegierungen rissfrei verarbeitet werden. Ein Beispiel sind Schutzschichten aus Stellite 20, bei denen Härtegrade von 62 HRC defektfrei erreicht worden sind (Abb. 4).

Rissvermeidung durch lokale, prozesssimultane induktive Zusatzwärmerung: Querschliffe einer Flächenbeschichtung aus Stellite 20, 62 HRC



4

- 1 COAXpowerline: Koaxial-Laserbearbeitungskopf mit integriertem Induktionsmodul
- 2 Leicht auswechselbare und weitgehend von der Bauteilgeometrie unabhängige Induktoren: mit Simulationsrechnungen optimiert
- 3 Prozess des flächenhaften Auftragschweißens von zylindrischen Bauteilen mit induktiver Vorwärmung

Für die wirtschaftliche Bewertung ist in diesem Zusammenhang maßgeblich, dass sich die Investitionskosten pro Kilowatt Gesamtleistung um etwa 50 % reduzieren und der energetische Gesamtwirkungsgrad um etwa das Doppelte steigt.

KONTAKT

Dr. Steffen Nowotny
 Telefon: +49 351 83391-3241
 steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de

