



# KAMERABASIERTES PROZESSREGELSYSTEM »E-MAQS« NUN AUCH FÜR DAS LASER- AUFTRAGSCHWEISSEN NUTZBAR

## AUFGABENSTELLUNG

Laserauftragschweißprozesse werden vielfältig z. B. zur Reparatur von Großwerkzeugen und zum Schutz teurer Verschleißteile eingesetzt. Entscheidend für das Erreichen der im Vergleich zu anderen Auftragschweißverfahren besseren Eigenschaften ist das minimale aber sehr konstante Aufschmelzen des Substratwerkstoffes. Dieser Forderung stehen aber die meist lokal unterschiedlichen Wärmeableitungsbedingungen und das generelle Aufheizen kleinerer Bauteile während der Prozessführung entgegen. Wenn die Bedingungen des Materialauftrags konstant gehalten werden sollen, müssen die Prozessparameter daher lokal angepasst werden, damit optimale Schichteigenschaften realisiert werden können. Ziel war daher die Entwicklung eines geeigneten Prozessregelsystems.

## LÖSUNGSWEG

Zur Anwendung kommt ein kamerabasiertes Temperaturerfassungssystem, das ursprünglich zum geregelten Laserstrahlhärten entwickelt wurde. Basis ist eine CCD-Kamera, die eine ausreichende Empfindlichkeit im nahen Infrarotbereich besitzt. Schmalbandfilter ermöglichen die eindeutige Zuordnung eines Grauwertes zu einer Temperatur der betrachteten Oberfläche. Damit ist eine untere Temperaturschwelle von 600 °C zu erreichen.

Für den Einsatz des Systems im industriellen Umfeld wird es in einem robusten und staubsicheren Gehäuse installiert (Abb. 1). Im Gehäuse befindet sich eine pneumatische Linear-einheit, die die Filter vor der Optik bewegt, wenn entsprechende Befehle von einer CNC oder an der Bedienoberfläche der Regelsoftware ausgelöst werden. Die Kamera kann dadurch neben der Messung des Temperaturfeldes auch im sichtbaren Wellenlängenbereich verwendet werden und zum Justieren der Prozesse Anwendung finden. Sie kann über einen Auskoppelwürfel an eine Laseroptik angeflanscht werden und so koaxial zum Laserstrahl den Prozess beobachten oder von der Seite, separat gehalten, die Wärmestrahlung des Prozesses erfassen.

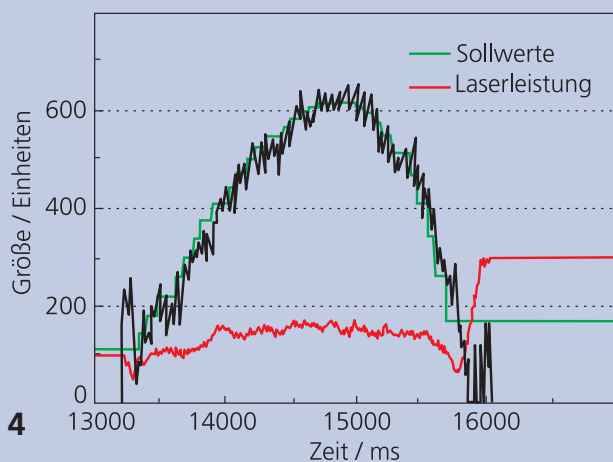
Die Kalibrierung des Systems erfolgt mit einem schwarzen Strahler. In der Software hinterlegte nichtlineare Kennlinien ermöglichen einen sehr großen Gesamtmessbereich ab 600 °C bis zu Schmelztemperaturen von Metallen. Versuche haben ergeben, dass beim Laserauftragschweißen nicht die Temperatur des Schmelzbades konstant gehalten werden muss. Wesentlicher für ein reproduzierbares Prozessergebnis ist die Konstanz der Schmelzbadgröße. Diese Sollgröße ist abhängig von einer ganzen Reihe von Prozessparametern wie z. B. Pulvermassenstrom, Laserfleckgröße, Pulverwerkstoff usw. und muss anwendungsspezifisch ermittelt werden. Im geregelten Betrieb wird dann ein lokal unterschiedlicher Wärmebedarf zum Erreichen der gleichen Schmelzbadgröße durch Regelung der Laserleistung ausgeglichen.



## ANWENDUNGEN

Zum Laserauftragschweißen gibt es bereits mehrere industrielle Anwendungen. Das System ist auch zur Reparatur von Triebwerkskomponenten geeignet. Die besondere Schwierigkeit hierbei sind einerseits die zum Teil sehr filigranen Auftragschweißungen und zum anderen solche, bei denen sich der Sollwert wegen der Bauteilform während des Auftragschweißprozesses ändern muss (Abb. 4). Durch Anpassung der Kameraoptik lässt sich ein kleineres Bildfeld erzeugen, in dem dann selbst filigrane Prozesse als große Objekte im Kamerabild erscheinen. Eine NC-satzweise Änderung des Flächengrößen-Sollwertes wurde in die Regelsoftware integriert. Die Übergabe erfolgt über Profi-Bus von der Maschinensteuerung. Die Sollwerte selbst werden in Abhängigkeit von der Größe einer gemessenen Bauteilkontur in einem offline-Programmiersystem errechnet und in den NC-Code integriert.

Prozessregelverhalten des Systems »LompocPro« während eines zyklischen Laserauftragschweißprozesses mit variablem Sollwert, grün: Sollwert, schwarz: Istwert, rot: Regelwert Laserleistung



Eine weitere Anwendung ist im Bereich Großwerkzeugbau für Karosseriewerkzeuge realisiert. Seit Mitte 2010 setzt die Audi AG am Standort Ingolstadt ein solches System zur Bearbeitung von Umformwerkzeugen ein (Abb. 2, 3).

- 1 System »E-MAqS« mit robustem Aluminium-Gehäuse
- 2 Bedienstand einer Laserauftragschweißanlage mit integrierter Prozessregelung »LompocPro«
- 3 »E-MAqS« integriert in ein Laserauftragschweißmodul im Werkzeugbau der Audi AG Ingolstadt während der Inbetriebnahme

## KONTAKT

Dr. Steffen Bonß  
 Telefon: +49 351 83391-3201  
 steffen.bonss@iws.fraunhofer.de

