



Prozeß- und Systemtechnik für das Laserstrahl-Auftragschweißen in der Triebwerksinstandsetzung

Aufgabenstellung

Das Laser-Pulver-Auftragschweißen hat sich als Fertigungsverfahren zur schnellen und effizienten Reparatur von beschädigten Flugzeugtriebwerksteilen etabliert. In vergangenen Projekten, wie z. B. AWFORS und FLEXILAS konnte die Möglichkeit der Verarbeitung von Titan-Luftfahrtlegierungen nachgewiesen werden.

Das Ziel der hier vorgestellten Arbeiten bestand darin, eine für die ersten Verdichtungsstufen eines Flugzeugtriebwerkes bestimmte Blik zu reparieren. Deren Schaufeln unterliegen der höchsten Schadensgefahr durch angesaugte Fremdkörper und werden aufgrund ihrer Größe nicht vollständig regeneriert sondern nur teilweise aufgetragen. Der besondere Anspruch ergab sich aus der Tatsache, dass keine Möglichkeit der Kühlung und der Maskierung der Bearbeitungsstelle bestand. Zudem herrschte eine eingeschränkte Zugänglichkeit der zu bearbeitenden Regionen.

Lösungsweg

In Zusammenarbeit mit der MTU Aero Engines GmbH wurden als Erweiterung des BMBF-Projekts FLEXILAS zunächst umfangreiche Untersuchungen zum Aufbau der gewünschten Geometrie durchgeführt.

Insbesondere bei der Fertigung der ersten Schweißlagen entsteht ein Wärmestau, der zum Anschmelzen der Schaufel und damit zur Zerstörung des Bauteils führen kann. Durch eine Reihe von Schweißversuchen konnte ein Wärmeregime erstellt werden, das den Auftrag der gewünschten Geometrie reproduzierbar ermöglichte (Abb. 2).

Der Prozess wurde in einer Argon-Atmosphäre durchgeführt, um Oxidation der reparierten Schaufeln weitestgehend zu vermeiden. Als Laserquelle kam ein 4,4 kW-Festkörperlaser zum Einsatz.

Ergebnisse

Erwartungsgemäß bildete sich ein fehlerstellenfreies, für den Werkstoff charakteristisches, Gefüge in den übereinander geschweißten Einzellagen aus. Die Struktur ist dicht und feinkristallin. Durch epitaktisches Kristallwachstum von Schweißblage zu Schweißblage ergibt sich eine grobe Überstruktur (Abb. 3).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zugänglichkeit der zu reparierenden Regionen an diesen komplizierten Blik-Geometrien deutlich eingeschränkt ist. Aus diesem Grunde wurde während des Projekts die Pulverdüsenfamilie COAXn um die neue COAX13, eine sehr schlanke Ausführung, erweitert (Abb. 1). Mit einer Länge von 300 mm und einem Durchmesser von 31 mm lassen sich mit dieser Düse Reparaturen an Bliks mit Schaufelabständen von weniger als 20 mm durchführen. Das Pulver wird nicht über einen Ringspalt, sondern über speziell geformte und symmetrisch angeordnete Pulver/Gas-Kanäle zur Bearbeitungsstelle gefördert.

Derzeit werden die regenerierten Schaufeln beim Auftraggeber auf ihr Schwingverhalten untersucht.



Abb. 1: COAX13-Pulverdüse



Abb. 2: Reparierte Kantengeometrien an beschädigter Blik vor der Endbearbeitung



Abb. 3: Querschliff durch die aufgetragene Struktur, zu erkennen sind die Einzellagen und die lagenübergreifende Gefügestruktur

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Robert Münster
Tel.: 0351 / 2583 188
robert.muenster@iws.fraunhofer.de

