

Effiziente Turbomaschinen für die Flugzeugtechnik durch laserbasierte Verfahren

Ressourcenschonende Produktion und Instandsetzung im Turbinenbau: Mit laserbasierten Verfahren wie dem Laserauftragschweißen oder dem Laser Powder Bed Fusion (LPBF) lassen sich hochqualitative Turbomaschinenbauteile ressourcenschonend reparieren, modifizieren oder additiv fertigen.

- 1 Pulverbasiertes Laserauftragschweißen
- 2 Laser-Powder-Bed-Fusion-Prozess bei der Fertigung eines Gasturbinenbauteils bei MAN Diesel & Turbo SE
- 3 Reparatur des Frontrotors einer Flugzeugturbine



ANWENDUNGSBEREICH

Mit der zunehmend mobileren Gesellschaft steigt die Anzahl der Flugpassagiere rasant an, gleichzeitig gilt es, in der Flugzeugtechnik Gewicht, Treibstoff und umweltschädliche Emissionen signifikant zu reduzieren. Damit ergeben sich direkte Konsequenzen für die Produktion, Wartung und Instandsetzung von Triebwerken, die durch den Einsatz der Lasertechnik ressourcenschonender und effizienter gefertigt oder repariert werden können.

Flugzeugturbinen unterliegen hohen mechanischen und thermischen Belastungen. Die Instandsetzung der Bauteile erfordert häufig die Wiederherstellung von verschlissenen Bereichen. Hier sind angepasste Prozessketten erforderlich, in denen Bauteile vorbereitet, digitalisiert, zerspannt, auftragsgeschweißt, wärmebehandelt und final bearbeitet werden. Konventionelle Schweiß- oder thermische Spritzverfahren bringen häufig Nachteile mit sich, wie zu hohe Energieeinträge und Verzüge in den Bauteilen oder mangelnde Schichthaftung.

Durch die hervorragende Steuerbarkeit des Energieeintrages eignen sich Laser besonders für das Auftragen von Material auf hochempfindlichen Komponenten. Die Zusatzwerkstoffe werden beim Laserauftragschweißen draht- oder pulverförmig zugeführt, mit dem Laser aufgeschmolzen und schmelzmetallurgisch mit dem Grundwerkstoff verbunden. Für die additive Fertigung funktionsintegrierter Turbomaschinen-Komponenten eignet sich insbesondere das Laser-Powder-Bed-Fusion-Verfahren. Unterschiedliche Geometrieklassen lassen sich damit in konstanter Qualität und reproduzierbar herstellen.

Das „International Center for Turbomachinery Manufacturing – ICTM“ in Aachen widmet sich aktuellen Herausforderungen im Bereich des Turbomaschinenbaus. Die Fraunhofer-Institute für Produktionstechnologie IPT und für Lasertechnik ILT sowie das Werkzeugmaschinenlabor WZL und der Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP der RWTH Aachen bündeln dabei ihr Know-how für nachhaltige Lösungen und arbeiten mit renommierten Industriepartnern zusammen.

i Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
Dr. Sebastian Bremen | sebastian.bremen@ilt.fraunhofer.de
Dr. Andres Gasser | andres.gasser@ilt.fraunhofer.de
Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum
johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de

TECHNOLOGIE

Bei der Produktion und Instandsetzung von Turbomaschinen stehen Prozesse im Vordergrund, die speziell an die Bauteilgeometrien und Werkstoffe angepasst sind. Das Laserauftragschweißen ermöglicht es, materialschonend und mit hoher Präzision Material auf hochwertige Komponenten aufzutragen. Zum Einsatz kommen modulare Pulver- und Schutzgaszufuhrdüsen für eine effiziente Pulverzufuhr sowie weitere Komponenten wie eine koaxiale Drahtzufuhr, die ein richtungsunabhängiges Laserauftragschweißen ermöglichen.

Bei der Herstellung von Turbinenkomponenten erlaubt das Laser Powder Bed Fusion eine nahezu unbegrenzte Geometriefreiheit sowie die Herstellung von monolithischen Komponenten, die bisher aus mehreren Teilen gefertigt wurden. Verschiedene Geometrien führen dabei zu unterschiedlichen Wärmeableitungsbedingungen, woraus sich Herausforderungen für die Herstellung einer konstanten Bauteilqualität ergeben. Sechs Fraunhofer-Institute entwickeln im Leitprojekt „futureAM“ unter anderem Systemtechniken und Prozessführungsstrategien, die eine zeitliche und örtliche Steuerbarkeit des Energieeintrages im LPBF-Prozess ermöglichen. Dadurch können unterschiedliche Geometrieklassen in konstanter Qualität und reproduzierbar gefertigt werden.

Die Erfassung der Betriebszustände einer Turbine ist ein kritischer Erfolgsfaktor für die optimale Parameter-Konfiguration und die Nutzung der maximalen Lebensdauer hoch belasteter Komponenten. Mit dem Laser Powder Bed Fusion lassen sich dafür sowohl eingebettete als auch applizierte Sensorik-Elemente in Komponenten integrieren.

NACHHALTIGKEIT

Als flexibles und präzises Werkzeug eignet sich der Laser für die Reparatur und Instandsetzung hochwertiger Turbomaschinenkomponenten, beispielsweise um deren Lebensdauer signifikant zu verlängern oder Materialien vor Verschleiß und Korrosion zu schützen. Mit additiven Verfahren wie dem Laserauftragschweißen und dem Laser Powder Bed Fusion lassen sich Turbinenbauteile ressourcenschonend und wirtschaftlich reparieren und fertigen. Laserverfahren tragen hier zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Einsparung von Gewicht, Kraftstoff und Emissionen bei.