



## PROZESSMONITORING FÜR ADDITIVE FERTIGUNGSPROZESSE

### DIE AUFGABE

Geringe Abweichungen einzelner Verfahrensparameter haben erheblichen Einfluss auf das Ergebnis additiver Fertigungsverfahren. Neben der Variation von Hauptparametern, wie z. B. Laserleistung oder Aufbaustrategie, rückt immer mehr die ganzheitliche Überwachung des Fertigungsprozesses in das Blickfeld der Anwender. Ziel ist es, neue Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, welche in-situ Aussagen über die resultierende Bauteilqualität liefern.

Durch den prozesscharakteristischen lagenweisen Aufbau unterliegen Aufbaufekte teilweise einem kumulativen, sich fortführenden Effekt, während die Randbedingungen eine permanente Änderung erfahren. Derartige Schwankungen müssen sicher erkannt und ausgeregelt werden. Insbesondere bei der additiven Fertigung von Bauteilen aus herausfordernden Werkstoffen, wie zum Beispiel Titanaluminiden oder Nickelbasisüberlegierungen, ist das stabile Prozessfenster derartig verengt, dass die Beherrschung nur unter Einsatz von geeigneten Prozessregelungssystemen gelingen kann.

Bedingt durch die speziellen Maßgaben beim laserbasierten Generieren müssen für eine Vielzahl von Prozessparametern angemessene Erfassungsmöglichkeiten anforderungsgerecht adaptiert oder neu entwickelt werden. Insbesondere die Wärmebelastung und Streustrahlung stellen dabei für Messungen in der Nähe der Prozesszone eine besondere Herausforderung dar.

### UNSERE LÖSUNG

Ein breites Feld der Messaufgaben kann durch Temperaturerfassungssysteme abgedeckt werden. Kamerabasierte Systeme sind der Messung mit einem Pyrometer oder Thermofühler überlegen, da sie nicht nur die Temperatur, sondern auch Temperaturgradienten auf der Bauteiloberfläche bestimmen und gleichzeitig geometrische Prozessgrößen erfassen können. Zudem bieten derartige Systeme den Vorteil, indirekt und somit rückkopplungsfrei zum Prozess zu messen.

Darüber hinaus stellt die Integration sensorischer Elemente Funktionen zur Zustandserfassung zur Verfügung (vgl. Abb. 3). Mit der umfänglichen Überwachung wird nicht nur ein Beitrag zur Betriebssicherheit der Anlagentechnik geleistet und der Zustand der Systemtechnik bewertet, sondern auch die Möglichkeit zur Qualitätssicherung gegeben. Ziel ist es einen fehlerhaften Zustand im Prozess zu detektieren ohne diesen direkt beeinflusst zu haben.

### ERGEBNISSE

Mit dem Einsatz von Kameras können in Verbindung mit leistungsfähigen Bildverarbeitungssystemen Prozessgrößen über anwendungsangepasste Softwaretools erfasst werden (Abb. 1). Durch Rückkopplung zum Prozess werden Regelungsfunktionen bereitgestellt, welche wesentlich zur Stabilisierung des Prozesses beitragen.

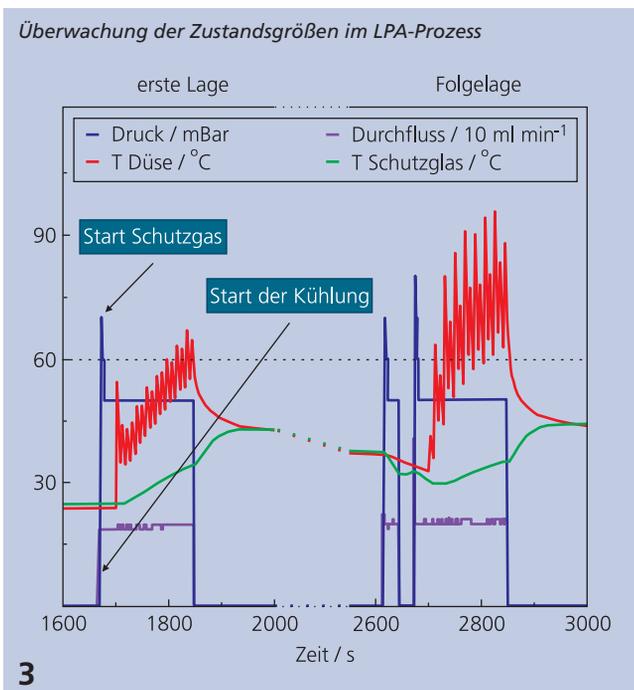


So kann zum Beispiel durch den Einsatz eines auf Kameradaten basierenden Bildverarbeitungssystems die Prozessstabilität beim induktionsgestützten Laser-Pulver-Auftragschweißen entscheidend verbessert werden. Mit den am Fraunhofer IWS entwickelten Systemen werden sowohl die Bauteiltemperatur als auch geometrische Merkmale erfasst und geregelt. Die für die fehlerfreie Verarbeitung notwendige Bauteiltemperatur wird durch eine automatische Anpassung der induktiv eingekoppelten Leistung eingestellt. Mit Hilfe des Bildverarbeitungssystems sind somit auch besonders rissanfällige Legierungen bearbeitbar. Die Messwerte werden direkt in die Bearbeitungsanlage zurückgekoppelt und nachgeregelt. Auf diese Weise stellt sich auch bei wechselnden Umgebungsbedingungen stabile Prozessbedingungen und damit ein gleichmäßiges Bearbeitungsergebnis ein (Abb. 2).

Darüber hinaus werden die Informationen aus der Prozesszone mit den Daten zum Zustand des Prozesskopfes für Dokumentationszwecke ergänzt und in einem standardisierten Datenformat abgelegt. Parallel zur prozesssimultanen Regelung von Parametern erfolgt auf dieser Basis eine in-situ Überwachung des Anlagenzustandes. So wird es möglich, durch die geeignete Auswahl von Prozessgrenzen frühzeitig kritische Zustände zu erkennen und die Systemtechnik durch frühzeitige Abschaltung vor Beschädigungen zu schützen.

Letztlich dient die eingesetzte Messtechnik auch der Validierung der am Fraunhofer IWS entwickelten Prozessmodelle und somit dem Ausbau des Prozessverständnisses.

- 1 Vergleich einer ohne (links) und mit Prozessregelung (rechts) aufgebauten Turbinenschaufelgeometrie aus Titanaluminiden
- 2 Bildverarbeitungstool zur Prozessregelung für das hybride Laser-Pulver-Auftragschweißen



#### KONTAKT

Prof. Dr. Frank Brückner

+49 351 83391-3452

frank.brueckner@iws.fraunhofer.de

