Zusammenfassung:

Dissertation: Development of the PBF-LB Workflow for Ti-Al through Improvement of Thermal Management by Multi-Laser Scan Strategy

von Anzhelika Gordei

Das pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen von Metallen (PBF-LB/M) gehört heute zu den wichtigsten Verfahren für die Herstellung komplexer Leichtbaustrukturen. Für den vorliegenden Anwendungsfall sind Hochtemperaturlegierungen, wie beispielsweise Ti-48Al-2Cr-2Nb, von besonderem Interesse. Allerdings treten im Prozess signifikante Rissbildung ω, Porosität Φ und Verzug auf. Dies ist auf hohe Temperaturunterschiede im Bauteil, daraus resultierende Eigenspannungen σ_{res} sowie die thermischen Eigenschaften der Legierung zurückzuführen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Hochtemperaturprozess entwickelt, welcher eine erhöhte Vorwärmung der Bauplattform mit abgestimmten Mehrlaser-Belichtungsstrategien verbindet. Experimentelle Parameterstudien und eine numerische Temperaturfeldsimulation werden kombiniert, um den Einfluss von Laserleistung P_L, Belichtungszeit t_e, Punktabstand p_d und Spurabstand h_s sowie der zeitlichen Versetzung t_d der Laser auf Dichte ρ, Porosität Φ, Rissbildung ω und Aluminiumverlust R_{evap} zu untersuchen. Aus dem Abgleich von Simulation und Versuch werden Betriebsfenster für einen stabilen Aufbau definiert. Darauf aufbauend entstehen Zwei- und Drei-Laser-Strategien, die Temperaturgradienten ΔT senken und die Schmelzbadsicherheit erhöhen. Abschließend wird ein praxisnaher Fertigungsablauf vorgestellt und anhand einer Turbinenschaufel aus Ti-48Al-2Cr-2Nb demonstriert. Die Ergebnisse liefern Richtlinien für den Einsatz von Titanaluminiden in industriellen PBF-LB/M Prozessen und unterstützen die Einführung von Multi-Laser-Anlagen für schwer schweißbare Werkstoffe.

Abstract:

Dissertation: Development of the PBF-LB Workflow for Ti-Al through Improvement of Thermal Management by Multi-Laser Scan Strategy

from Anzhelika Gordei

Laser powder bed fusion of metals (PBF-LB/M) is one of the most important processes for the production of complex lightweight structures. For the industrial application, high temperature alloys such as Ti-48Al-2Cr-2Nb are of particular interest. During processing, significant crack formation ω, porosity Φ and distortion occur. The reasons are high temperature differences in the part, the resulting residual stresses σ_{res} and the thermal properties of the alloy. Within this work, a high temperature process is developed that combines elevated pre-heating of the build platform with tailored multi-laser strategies. Experimental parameter studies and a numerical temperature field simulation are used together to analyse the influence of laser power P_L, exposure time t_e, point distance p_d and hatch distance h_s as well as the delay time t_d between the lasers on density ρ, porosity Φ, cracking formation ω and aluminium evaporation R_{evap}. By comparing simulation and experiment, process windows for stable building are defined. Based on these results, two and three laser multi-strategies are derived that reduce temperature gradients ΔT and increase melt pool stability. Finally, an application-oriented manufacturing workflow is presented and demonstrated using a Ti-48Al-2Cr-2Nb turbine blade. The results provide guidelines for the use of titanium aluminides in industrial PBF-LB/M processes and support the introduction of multi-laser systems for difficult-to-weld materials.