

High-Speed-Imaging in der additiven Fertigung

Eine optimierte Prozessüberwachung und -Kontrolle an der Stelle des Aufschmelzens kann beim 3D-Metalldruck die Qualität des Prozesses und des Produktes verbessern. Aus diesem Grunde widmen Wissenschaftler am Lehrstuhl für Photonische Technologien der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ihre Aufmerksamkeit diesen Vorgängen, die in schneller Folge auf kleinstem Raum ablaufenden.

DIE HERSTELLUNG eines Werkstücks durch Additive Fertigung, zum Beispiel durch industriellen 3D-Druck, erlaubt völlig neue Produktdesigns. In einem einzigen Arbeitsgang entstehen mit hoher Geometriefreiheit Strukturen, die sonst aus mehreren Einzelwerkstücken zusammengefügt werden müssten. Oft sind es komplexe Strukturen mit geringem Gewicht und hoher Festigkeit, wie sie zunehmend von der Luft- und Raumfahrtindustrie, der Medizintechnik oder im Rennsport benötigt werden.

Funktionsweise des 3D-Metalldrucks

Für den 3D-Druckprozess wird ein Bauteil mittels CAD am Computer generiert und für den Druck optimiert. Anhand der erzeugten Druckdaten wird dann das Teil im Bauraum des Druckers schichtweise durch Laserschmelzen aus einem pulverförmigen

Werkstoff aufgebaut (Bild 1). Das Pulver wird dafür in dünnen Schichten eingebracht, die mit einer Art Rakel auf die eingestellte Schichtdicke zwischen 10 bis ca. 100 Mikrometern glatt gezogen werden. Nach dem Druck wird das Bauteil gereinigt, von der Bauplattform getrennt und gegebenenfalls nachbearbeitet.

Als pulverförmige Druckmedien dienen meist Metalle oder Metalllegierungen, vom Edelstahl über Aluminium und Titan bis hin zu Edelmetallen wie Gold. Sie bestimmen die Eigenschaften des Produktes und sind eine kostenintensive Komponente des Fertigungsverfahrens.

Für das ortsgenaue Aufschmelzen des Pulvers werden industriübliche CW-Laser (Continuous-Wave-Laser) verwendet. Ihr Laserstrahl wird über leistungsstarke Galvanometer-Scanner kontrolliert. Die Art

und Qualität der Belichtung durch den Laserstrahl und das dadurch induzierte Aufschmelzen des Pulvers haben großen Einfluss auf die Eigenschaften des Werkstücks, etwa auf dessen Dichte und Oberflächenbeschaffenheit.

Die Steuerungsparameter des Lasers wirken sich auch auf die Aufbaugeschwindigkeit während des 3D-Drucks aus. Eine optimierte Prozessüberwachung und -Kontrolle an der Stelle des Aufschmelzens kann somit die Qualität des Prozesses und des Produktes positiv beeinflussen.

Mit Highspeed-Kameras Prozess im Blick

Aus diesem Grunde widmen Wissenschaftler wie Tobias Kolb am Lehrstuhl für Photonische Technologien der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, ihre Aufmerksamkeit diesen Vorgängen, die in schneller Folge auf kleinstem Raum ablaufen. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens untersuchen sie mittels koaxialer Prozessüberwachung die thermische Strahlung, die beim Aufschmelzen des Pulvers entsteht.

Was einfach klingt, ist in der Realität ein aufwendiges Unterfangen, denn neben der Komplexität ist auch der instrumentelle Einsatz im Labor erheblich. Dort zeichnen koaxial integrierte Hochgeschwindigkeitskameras unter Nutzung der Laseroptik die thermische Strahlung auf, die während des Aufschmelzens des Pulvers emittiert wird. So erhalten die Forscher eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung und können Rückschlüsse auf Prozessschwankungen, Oberflächenrauheit im Prozess oder im Pulverbett liegende Spritzer ziehen.

Für die Untersuchungen werden CMOS-Kameras des Typs EoSens CL von Mikrotron, Unterschleißheim, verwendet. Mit ihrer Hil-

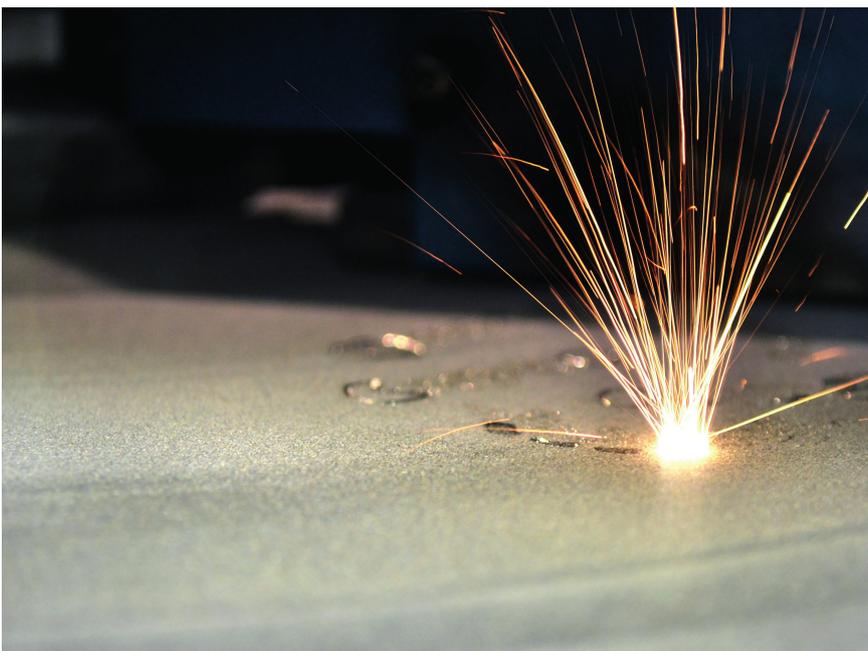


Bild 1. Leistung, Fokussierung und Geschwindigkeit des Laserstrahls beeinflussen die Qualität des Werkstücks. © Mikrotron

fe lassen sich Informationen über die Größe und Form des Schmelzbades und über die Intensitätsverteilung der thermischen Strahlung gewinnen. Im optischen System befindet sich ferner ein dichroitischer Spiegel, der die thermische Strahlung im Wellenlängenbereich von 700 bis 950 Nanometer zum Kamerasensor transmittiert.

Wenn hohe Geschwindigkeit zählt

Da der Prozess mit Scan-Geschwindigkeiten von mindestens 500 mm/sec bis über 1000 mm/sec abläuft, muss mit einer Aufnahme­frequenz von mehr als 10 kHz gearbeitet werden. Nur so ist die erforderliche hohe räumliche Auflösung zu erreichen.

Um eine Auflösung zu erhalten, die in der Größenordnung des Schmelzbades von etwa 100 Mikrometern liegt, wird eine Aufnahme­frequenz von 1015 kHz benötigt. Die Forscher fokussieren das Schmelzbad mit einer Makrooptik und beobachten den Prozess mit einem auf 100 x 100 Pixeln reduzierten Aufnahmebereich des Sensors, um diese hohe Aufnahme­frequenz zu erreichen.

Es entsteht ein enormes Datenvolumen

mit Informationen über das Schmelzbad, das innerhalb von kürzester Zeit verarbeitet werden muss. Daher werden die vom Bildsensor gelieferten Signale mittels FPGA-Chips vorausgewertet. Aus jedem Kamerabild wird ein Vektor erzeugt, der Eigenschaften des Bildes beschreibt. Diese Informationen werden anhand der Daten des Scanner-Systems einer genauen räumlichen Position zugeordnet und daraus Schicht für Schicht Abbilder der thermischen Strahlung erzeugt. Diese Bilder werden dann analysiert.

Die Forscher arbeiten an der Weiterentwicklung von Bildverarbeitungssoftware, um diese Daten auszuwerten. Ziel für die Zukunft ist ein geregelter Prozess, mit dem sich während des Drucks Fehlstellen erkennen lassen, die dann in den folgenden Schichten durch Laser-Polieren oder andere Methoden ausgeglichen werden können.

High-Speed-Kameras als Prozess-Turbo

Mit Hochgeschwindigkeitskameras will die Mikrotron die optimierte Prozessanalyse in Produktionsverfahren wie dem Selective Laser Melting (SLM) unterstützen, ferner

dem Direct Metal Laser Sintering (DMLS) oder dem Selective Laser Sintering (SLS). Auch weitere Laseranwendungen, wie etwa das Laser-Schweißen oder das Löt­en und Bohren mit Lasern, würden sich nach Angaben des Unternehmens durch die schnelle Prozessanalyse in vergleichbarer Weise verbessern lassen.

In den schnellen und weiter verfeinerten Produktionsverfahren werden noch schnellere Hochgeschwindigkeitskameras, wie beispielsweise die neue EoSens 1.1 CXP oder die EoSens 1.1 CXP2 die Prozessüberwachung und Prozessregelung unterstützen. Beide Kameras verfügen über eine Auflösung von 1,1 Megapixeln und eine Empfindlichkeit von 20 V/lux*s bei einer Lichtwellenlänge von 550 nm verfügen.

Bei reduziertem ROI erreicht die EoSens 1.1 CXP eine Bildrate von bis zu 80 000 fps. Die EoSens 1.1 CXP2, die mit einer CoaX-Press V2.0 Schnittstelle ausgestattet ist, liefert bei reduziertem ROI sogar Bildfrequenzen bis 224 600 fps. ■

Mikrotron GmbH

www.mikrotron.de

Mitutoyo
www.mitutoyo.de

MiSTAR und MeasurLink: stark unter harten Bedingungen

In rauer Fertigungsumgebung automatisiert agieren, Systeme intelligent überwachen; Daten in Echtzeit sammeln; Abläufe optimal steuern: das ist Messen mit MiSTAR und MeasurLink von Mitutoyo – der Kombination aus kompaktem CNC 3-Koordinatenmessgerät und umfassendem Daten-Netzwerk­system. Für schnelle, präzise Messzyklen und höchste Effizienz im rauen Umfeld der Fertigung.

WEITERE INFOS
ZU UNSEREN
PRODUKTEN!