

Gut gebaut, Verzug im Griff

Anlagenentwicklung und In-Situ-Eigen Spannungsmessung am PTZ

Das Selektive Laserstrahlschmelzen (SLM) gewinnt als additives Fertigungsverfahren zunehmend an Bedeutung in der Industrie. Die Erzeugung beinahe beliebig komplexer Bauteile sowie gute erzielbare mechanische Festigkeitswerte sind vielversprechende Vorteile dieser noch relativ jungen Technologie. Ihre Anwendung in der Serienfertigung wird jedoch bis heute durch die fehlende Prozesssicherheit eingeschränkt. Diese äußert sich unter anderem in Verzug und Rissbildung in den additiv gefertigten Bauteilen, wodurch nicht nur Defekte im Bauteil selbst, sondern auch in der Maschine entstehen. Wissenschaftler am PTZ wollen deshalb mit der Entwicklung einer eigenen SLM-Versuchsanlage ein tieferes Prozesswissen aufbauen, um die Ursachen für diese Phänomene zu minimieren und die Reproduzierbarkeit des Verfahrens zu verbessern.

Ein Grund für die Entstehung von Verzug und Rissen in additiv gefertigten Bauteilen ist der äußerst dynamische Wärmehaushalt, der sich durch hohe lokale Temperaturgradienten sowie zyklische Aufwärm- und Abkühlphasen während des Fertigungsprozesses ergibt und zu hohen Eigen Spannungen in den Bauteilen führt. Zwar können Eigen Spannungen durch eine geeignete Wahl der Prozessparameter und der Belichtungsstrategie verringert werden. Der Versuchsaufwand zur Parameterfindung kann mitunter jedoch sehr umfangreich sein, da die Fertigungsstrategie mit sich ändernder Bauteilgröße und -geometrie sowie bei Werkstoffwechsel angepasst werden muss. Soll der Versuchsaufwand dauerhaft reduziert werden, ist es unumgänglich den Fertigungsprozess im Detail verstehen und beschreiben zu können und damit schließlich leistungsfähige Simulationstools zu ermöglichen.

► Röntgenographische Untersuchungen

Um die Entstehung von Eigen Spannungen während des Selektiven Laserstrahlschmelzens besser zu verstehen, entwickeln Wissenschaftler am Produktionstechnischen Zentrum eine spezielle SLM-Versuchsanlage, mit der erstmals bereits während der Verfestigung der einzelnen Schichten im Prozess der Eigen Spannungszustand mess-

technisch erfasst werden soll. Möglich wird das durch das physikalische Phänomen der Beugung von Röntgenstrahlen an Metallstrukturen. Röntgenstrahlung, die auf einen metallischen Körper trifft, wird abhängig von dessen Verzerrungszustand abgelenkt. Der Ablenkwinkel kann erfasst werden und liefert Rückschlüsse auf die vorherrschenden Eigen Spannungen im Bauteil. Da Röntgenstrahlung jedoch in hohem Maße von Metallen absorbiert wird, ist eine durchgängige Messung der Schichten nur mit hochenergetischer Röntgenstrahlung, wie

sie an externen Elektronenbeschleunigern realisiert werden kann, möglich. Die PTZ-Forscher führen ihre Versuche deshalb am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg durch, wo solch ein hochenergetischer Röntgenstrahl vorhanden ist.

Die anspruchsvollen Rahmenbedingungen für die röntgenographischen Experimente erfordern die Umsetzung eines neuartigen Maschinenkonzepts für das Selektive Laserstrahlschmelzen. Dafür ist es unerlässlich, dass die Prozesskammer in Messrichtung

möglichst transparent für eine Röntgenstrahlung gestaltet ist, sodass weitestgehend ungefilterte Messungen mit kurzer Erfassungszeit realisiert werden können. Des Weiteren soll ein Messmodus umgesetzt werden, der es erlaubt, äquidistant zum einfallenden Laserstrahl zu messen. Da der hochenergetische Röntgenstrahl am DESY in Hamburg ortsfest ist, muss dementsprechend die Verfahrenskinetik angepasst werden, sodass letztendlich die Bauplattform die benötigte Relativbewegung zwischen Laserstrahl und Pulverbett ausführen kann. Die besonderen Randbedingungen erlauben es, quaderförmige Bauteile zu fertigen und diese in situ Schicht für Schicht zu vermessen.

► Neues Anlagenkonzept

Das am PTZ entworfene Maschinenkonzept basiert auf dem modularen Grundgerüst einer AconityMINI SLM-Anlage, welche durch eine eigens entwickelte Prozesskammer den Anforderungen entsprechend erweitert wird. Die Steuerungstechnik, Medien- und Energieversorgung sowie der Laser befinden sich in einem separaten Maschinenmodul, das gleichzeitig als Bedienpanel fungiert. Ein weiteres Modul sorgt für die Umwälzung und Filtration der Schutzgasatmosphäre in der Prozesskammer. Das dritte und letzte Modul, die Prozesskammer, bildet das Herzstück der Anlage.

Obwohl sie sich optisch von herkömmlichen SLM-Anlagen unterscheidet, ist sie ihnen funktionell sehr ähnlich. Hinzu kommt: Durch eine zusätzlich integrierte Linearachse kann hier das Pulverbett nicht nur in Höhenrichtung, sondern auch in Längsrichtung der Kammer präzise bewegt werden. Ein- und Austrittsöffnungen für die Röntgenstrahlung sowie die erhöht ausgerichtete Bauplattform sorgen für die notwendige Röntgen Transparenz. Durch den dreiteiligen Aufbau ist die geforderte Mobilität und Kompaktheit der Prozesskammer für den Einsatz am DESY gegeben. Ein weiterer Vorteil: Dem PTZ steht damit ein vielseitig einsetzbares System zur Anlagenentwicklung im Bereich des SLM zur Verfügung, das je nach Forschungs- und Anwendungsbedarf nahezu beliebig modifiziert werden kann.

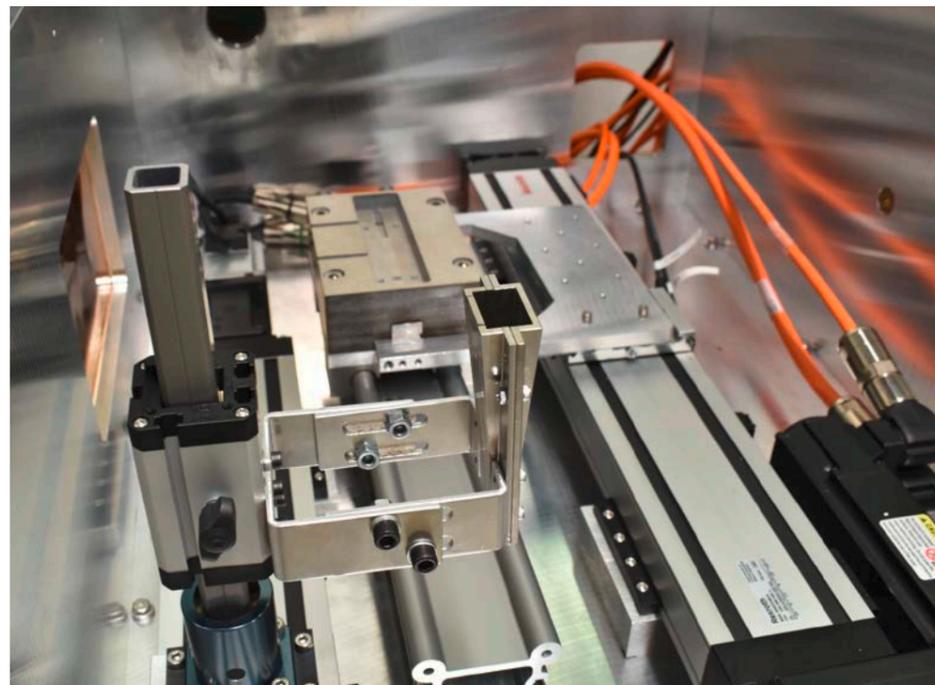
Oberste Maxime der Wissenschaftler ist es, mit der neu entwickelten Versuchsanlage den industriellen SLM-Prozess so nah wie möglich abbilden zu können. Damit soll sichergestellt werden, dass die in Zukunft gewonnenen Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung direkt in den industriellen Einsatz übertragen werden können. In den geplanten Messreihen nach Fertigstellung der SLM-Versuchsanlage sind umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss geometrischer Größen, aber auch werkstofftechnischer



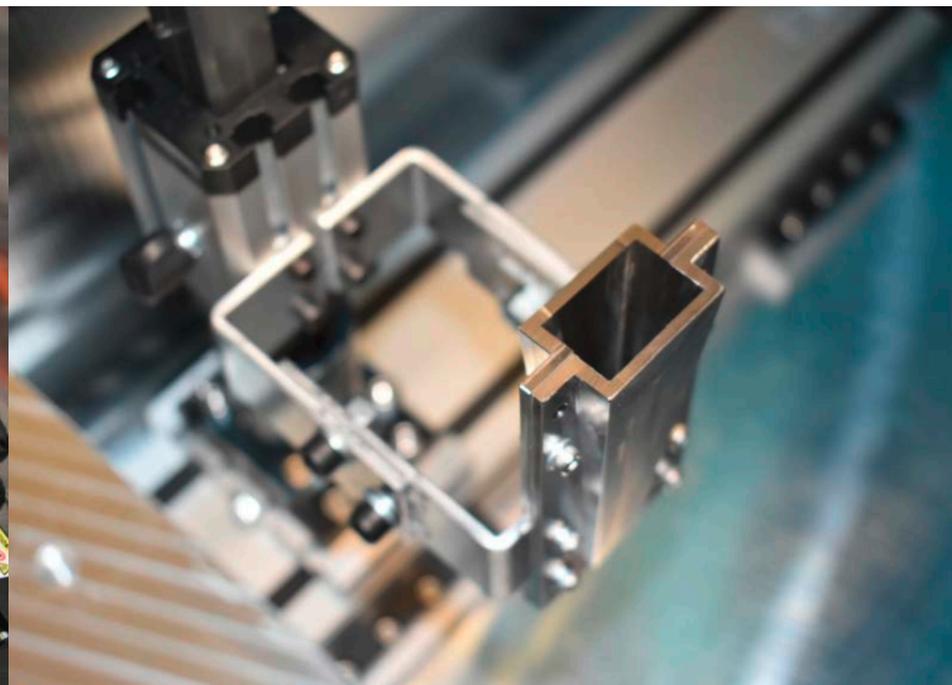
Modulare SLM-Anlage mit Prozesskammereigenbau

Fragstellungen wie Rekristallisationsvorgänge und Phasenumwandlungen im Gefüge auf die Eigen Spannungsentstehung angesetzt. Die Wissenschaftler des PTZ arbeiten dabei eng mit dem Fachgebiet für Metallische Werkstoffe der Technischen Universität Berlin zusammen. Die zu erwartenden Ergebnisse aus den Untersuchungen sollen zur Klärung der funktionalen Zusammenhänge von Prozessparametern und Eigen Spannungszustand beitragen und damit auch eine Grundlage zur Überprüfung und Erweiterung bestehender Ansätze der numerischen Simulation bilden. ■

Blick in die im Aufbau befindliche Prozesskammer zur In-situ-Eigen Spannungsanalyse



Trichter für die Pulverbeschichtung



Ihr Ansprechpartner

Erwin Krohmer

Telefon: +49 30 314-23293

erwin.krohmer@iwf.tu-berlin.de