© Rosswag

Auf das Pulver kommt es an

Zertifikate geben Sicherheit bei der additiven Fertigung

Alle durch selektives Laserschmelzen hergestellte Bauteile sollten gleiche, definierte Produktmerkmale aufweisen. Dazu muss der Hersteller stets das Pulver und die Prozessparameter auf das spätere Produkt abstimmen. TÜV SÜD und Rosswag Engineering zeigen, welche Qualifizierungen und Zertifizierungen die Auswahl von Lieferanten erleichtern.

Gunther Kuhn und Gregor Graf

Zunehmend werden druckbeaufschlagte und damit sicherheitsrelevante Bauteile wie Rohre, Druckbehälter und Armaturen mit dem selektiven Laserschmelzen (SLM) hergestellt (siehe Textkasten Seite 38). Das Produkt entsteht in einem Pulverbett, wo eine dünne Schicht des Pulvers durch die Hitzeeinwirkung eines Lasers lokal geschmolzen wird und anschließend erstarrt. Schicht für Schicht entsteht so das fertige, feste Bauteil, das rundherum vom losen Pulver umgeben ist und leicht davon getrennt werden kann.

Viele Parameter, die Einfluss auf den Produktionsprozess haben (z. B. die Intensität und Energiedichte des Lasers, den Intertgasstrom über dem Pulverbett), hat der Hersteller des Bauteils selbst unter Kontrolle: Er kann die Maschine kalibrieren, neu konfigurieren und die Prozess-

parameter auf Basis von Erfahrungswerten oder Parameterstudien optimieren.

Beim Pulver muss er sich jedoch auf die Informationen seines Zulieferers verlassen – und ebenso darauf, dass dieser das Pulver korrekt gelagert und transportiert hat. Fehlen wichtige Daten oder sind diese fehlerhaft beziehungsweise ungenau (z. B. chemische Zusammensetzung, Partikelgrößenverteilung, Restfeuchtigkeit), kann der Bauteilhersteller mitunter nicht sicherstellen, dass er einen geeigneten Ausgangsstoff für das geplante Bauteil wählt und verwendet.

Eignung für die Anwendung nachweisen

Rosswag Engineering, eine Division der Rosswag GmbH bei Karlsruhe, stellt ergänzend zur Produktion von Metall-3D-Druck-Bauteilen auch Metallpulver für die additive Fertigung her. Hier ging es darum, die effiziente Produktion von Metallpulvern für Entwicklungsprozesse zu etablieren, verschiedene Legierungen und Werkstoffe zu qualifizieren und die Prozesse zu standardisieren.

Zugleich wurde es schwieriger, bestehende und neue Kunden von der Eignung eines Pulvers für die geplante Anwendung zu überzeugen, wenn diese ihrerseits hohe Qualitätsstandards erfüllen müssen. Das ist beispielsweise bei sicherheitsrelevanten Bauteilen wie Druckgeräten der Fall. Es müssen Standards und Normen im Umfeld der Druckgeräterichtlinie erfüllt werden und sichergestellt sein, dass jedes Bauteil die Mindestanforderungen erfüllt.

Rosswag Engineering hat deshalb TÜV SÜD Industrie Service, München, mit einem Audit beauftragt, um die Produktionsprozesse zu analysieren, das Qualitätsmanagementsystem zu prüfen und etwaige Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren (Bild 1). Das Zertifizierungsprogramm haben die Sachverständigen für Anlagensicherheit von TÜV SÜD Industrie Service entwickelt und im Pilot-Audit bei Rosswag erfolgreich umgesetzt.

Das Programm erfüllt die allgemeinen Sicherheitsanforderungen der europäischen Druckgeräterichtlinie (DGRL) bezogen auf den Werkstoffhersteller. Ebenso trägt es den detaillierteren Anforderungen des AD 2000-Regelwerks Rechnung. Dies konkretisiert die grundlegenden Sicherheitsanforderungen nach DGRL. Es enthält Grundsätze zu Werkstoffen, Fügeverfahren sowie Personal und den erforderlichen Qualifizierungen. Das Programm beinhaltet neben den Themen der Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit auch den Nachweis der Fertigungssicherheit für bestimmte Werkstoffgruppen und der grundsätzlichen Eignung des Metallpulvers für die additive Fertigung.

Woran man ein gutes Pulver erkennt

TÜV SÜD auditiert neben dem Herstellprozess auch die Qualitätssicherungs- und Prüfprozesse. Auf Basis von Stichproben kommen dabei u. a. drei Punkte in den Blick.

Mindestanforderungen zum Erfüllen von Kundenanforderungen

Die chemische Analyse und die Partikelgrößenverteilung muss den Anforderungen entsprechen. Bewertet wird visuell-qualitativ sowohl makroskopisch wie auch mit dem Rasterelektronenmikroskop. TÜV SÜD prüft dabei die Genauigkeit und Konstanz der Prozesse und der Analysemöglichkeiten beim Kunden.

Die Herausforderungen für Labore sind dabei, dass zum Teil eine Rückführbarkeit auf so genannte Prüfnormale nicht immer gewährleistet ist. Diese metrologischen Vergleichsgegenstände dienen zur Kalibrierung der Messgeräte. Entscheidend ist zu klären, wie „groß" Abweichungen maximal sein dürfen, um noch akzeptabel zu sein.

Ziel ist, das richtige Maß an Genauigkeit zu finden, damit daraus weder Qualitätseinbußen noch unnötig hohe Prüf- und Kalibrierungskosten resultieren. Mitunter sind eigene Referenzproben ohne Rückführbarkeit auf Prüfnormale aufzubauen sowie geeignete Verfahren, um Messunsicherheiten zu ermitteln. Diese sind zu verifizieren und Grenzwerte festzulegen.

Für Kunden besteht auf der anderen Seite die Herausforderung, geeignete Entscheidungsregeln für die Akzeptanz der Produkte zu bestimmen – unter Berücksichtigung etwaiger Messunsicherheiten.

Nicht spezifizierte Anforderungen

Bei Hohlräumen und der Morphologie bestehen meist keine genau festgelegten Grenzwerte. Allerdings greift TÜV SÜD Industrie Service bei der Beurteilung auf Erfahrungswerte aus der Praxis zurück, um akzeptable von inakzeptablen Unregelmäßigkeiten zu unterscheiden.

Wenn zum Beispiel der prozentuale Anteil an Hohlräumen gering genug ist, die morphologische Verteilung einem bestimmten Verlauf entspricht und leicht raue, dendritische Strukturen aufweist, sind das noch keine Auffälligkeiten. Das Pulver eignet sich dann für den Einsatz.

Technologische Eigenschaften zur Einsatzfähigkeit des Pulvers

Zum Messen der Feststoffdichte, der Schüttdichte, der Stampfdichte und des Schüttwinkels existieren in der Regel DIN-Normen. Allerdings ist der Einfluss auf die Qualität für das Bauteil vielfach noch nicht genau untersucht.

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangswerkstoff (Pulver), der Prozessparamter und der Bauteilqualität können bei vielen Anwendern aufgrund nicht vorhandener Grenzwerte nicht eindeutig ermittelt werden. Somit wird oft auf individuelle Erfahrungswerte zurückgegriffen, die einbezogen werden müssen. So sind beispielsweise geringe Schüttwinkel in der Regel besser sind als große. Vieles basiert auf der individuellen Erfahrung zwischen „Mensch und Maschine".

Neue Werkstoffe schneller qualifizieren

Auf Basis eines Audits lassen sich die Voraussetzungen für Qualität meist leichter schaffen. Bereits beim Wareneingang wird sorgfältig geprüft und somit gewährleistet, dass die verwendeten Roh- und Ausgangsstoffe in der benötigten Qualität und Zusammensetzung vorliegen. Qualifiziertes Personal mischt die verschiedenen Komponenten zu den benötigten Legierungen und bedient die Anlagen, mit denen das Metallpulver mittels Intertgasverdüsung hergestellt wird.

Auch auf neue Anforderungen, Kundenwünsche und Spezifikationen lässt sich dann schneller reagieren: Neue Chargen, Werkstoffe und Legierungen durchlaufen umfangreiche Qualifizierungsprozesse, wobei die chemische Zusammensetzung im Labor analysiert wird. »»

Bild 1. Pulver für das selektive Laserschmelzen: Beim Qualifizierungsverfahren werden viele Parameter untersucht und validiert, die Einfluss auf die Fertigung und die Bauteilqualität haben. © Rosswag

Rosswag Engineering prüft beispielsweise bereits vorhandene Werkstoffe auf ihre Eignung für neue Anwendungen oder findet bei Bedarf mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung eine Alternative. So kann das Unternehmen ein neues Sonderpulver bereits innerhalb von vier Wochen qualifizieren – etwa siebenmal schneller als viele nicht zertifizierte Unternehmen, die durch die Einbindung unabhängiger Dritter im Qualifizierungsverfahren im Durchschnitt etwa 30 Wochen dafür benötigen. Beim Qualifizierungsverfahren werden viele Parameter untersucht und validiert, die Einfluss auf die Fertigung und die Bauteilqualität haben.

Form der Pulverpartikel

Im Gegensatz zum Mahlen, bei dem vorrangig kantige und eckige Körner ohne definierte, nicht reproduzierbare Morphologie entstehen, werden beim Verdüsen gleichartige, kugelförmige Partikel hergestellt. Dazu wird die Metalllegierung eingeschmolzen und im flüssigen Zustand mittels einer Düse und Inertgas zerstäubt. Die Kugelform der einzelnen Partikel entsteht durch die Oberflächenspannung der Schmelze, die nach dem Verdüsen rasch abkühlt und zu einem Partikel mit etwa 10 bis 100 µm Durchmesser erstarrt.

Größe der Pulverkörner

Unter anderem durch die Zusammensetzung und Temperatur der Schmelze, den Gasdruck und das Düsensystem kann die Partikelgrößenverteilung beeinflusst werden.

Thermisches Verhalten

Sind die Partikel zu klein bzw. ist der Energieeintrag des Lasers zu hoch, dann sublimiert (verdampft) das Metall lokal, was zu Schweißschmauch und zu Fehlstellen im Bauteil führen kann. Sind die Partikel zu groß und der Energieeintrag zu gering, wird das Pulver nicht richtig aufgeschmolzen und haftet weniger gut an der vorher hergestellten Ebene. Das kann zu Spannungen innerhalb des Bauteils führen.

Wassergehalt oder Verunreinigungen

An der Oberfläche der Pulverpartikel angehaftete Wassermoleküle werden durch die Energiezufuhr des Lasers in ihre atomaren Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. So können sich beim Laserschmelzen winzige Gasbläschen bilden, die im Bauteil eingeschlossen werden und so die gesamte Konstruktion schwächen.

Alles im Griff mit einem Managementsystem

Um alle Aspekte im Blick zu behalten, ist ein funktionales Qualitätsmanagementsystem beim Pulverhersteller entscheidend. Deshalb ist das etablierte und gelebte Vorgehen dabei ein Kernaspekt der Audits. So konnten sich die TÜV SÜD-Experten schließlich davon überzeugen, dass Rosswag Engineering höchste Qualitätsstandards bei der Produktion erfüllt. Sie haben hier das bislang erste Zertifikat für einen Metallpulver-Hersteller vergeben. ■

Vorteile des selektiven Laserschmelzen

Das selektive Laserschmelzen (Laser Powder Bed Fusion, LPBF), bietet gegenüber den konventionellen Herstellungsverfahren wie Gießen, Fräsen oder Auftragsschweißen viele Vorteile.

Komplexe, funktionsoptimierte Bauteile lassen sich zeit- und kostensparender herstellen, da beispielsweise ein digitaler Bauplan genügt und nicht erst eine Guss- oder Negativform hergestellt werden muss.

Zudem ist der Prozess äußerst effizient, was den Materialeinsatz betrifft: Das überschüssige, nicht geschmolzene Metallpulver, in das das Bauteil nach Fertigstellung eingebettet ist, wird in der Regel einfach abgesaugt und dem Vorratsbehälter für das Metallpulver wieder zugeführt.

Auch weisen die Bauteile aus dem LPBF-Prozess in der Regel bereits eine hohe Maßgenauigkeit und Fertigungsqualität mit guten mechanisch-technologischen Eigenschaften auf. Die Bauteile lassen sich zudem mit geringeren Einschränkungen konstruieren und formen, sodass das Design nicht länger vom Fertigungsverfahren abhängt.

Die additiven Fertigungsanlagen können leicht in bestehende Produktionsstraßen eingebunden werden, sodass sich benötigte Bauteile direkt vor Ort und nach Bedarf hergestellt lassen. Das senkt auch die Kosten für Lager und Logistik, da die Bauteile „on demand" zur Verfügung stehen.

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Gunther Kuhn, ist Leiter Produktmanagement bei der TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München.
Gregor Graf, ist Leiter Engineering bei der Rosswag GmbH, Pfinztal.

KONTAKT

Gunther Kuhn
T 089 5791–2827
gunther.kuhn@tuev-sued.de
www.tuvsud.com/de-is
Gregor Graf
T 07240 94 10–131
info@rosswag-engineering.de
www.rosswag-engineering.de