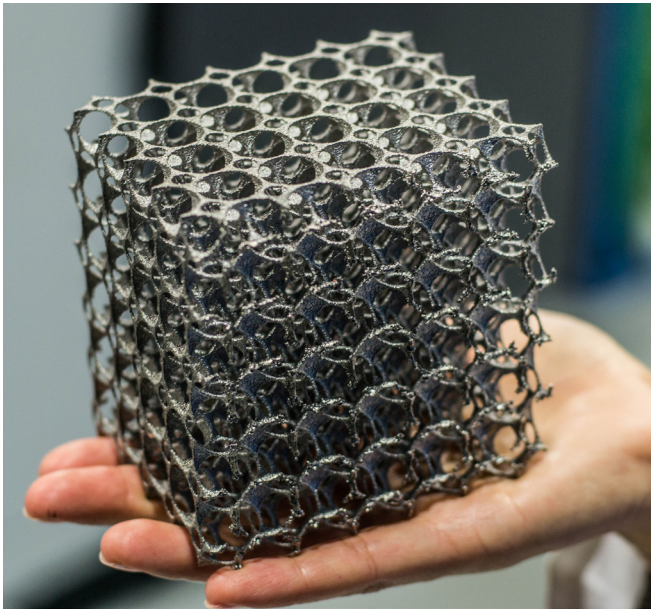


Die Auswirkung von Partikelgröße und – form auf Additive Fertigung Materialien



Additive Fertigung (AF), Direct Digital Manufacturing, Herstellung von Freiformflächen oder 3D-Druck ist eine sich rasch entwickelnde revolutionäre Technologie für die Herstellung von qualitativ hochwertigen Bauteilen. Diese Technologie ermöglicht die agile Fertigung von mehrteiligen Komponenten, wobei merklich weniger Material als beim Einsatz von Computer-Numerical-Control-Techniken (CNC-Techniken) verbraucht wird.

Hersteller investieren bereits in additive Fertigung als die Methode der Zukunft. Für die US Marine birgt die additive Fertigung großes Potenzial, da sie die Herstellung von wichtigen qualitativ hochwertigen Flugzeugbauteilen vor Ort oder auf See in kürzester Zeit ermöglicht. So können ihre Flugzeuge schnell und präzise gewartet werden.

Additive Fertigung mit Metallpulver

Die American Society for Testing and Materials (ASTM) definiert additive Fertigung (AF) als "einen Prozess zum in der Regel schichtweisen Zusammenfügen von Materialien zur Herstellung von Objekten aus 3D-Modelldaten, im Gegensatz zu mechanischen Herstellungsmethoden". Diese Definition lässt sich auf die meisten Materialien anwenden, einschließlich Metalle, Keramik, Polymere, Verbundstoffe und biologische Systeme.

Obwohl es AF bereits seit zwei Jahrzehnten gibt, hat sie sich erst in jüngster Zeit zu einer maßgeblichen Technologie für die gewerbliche Fertigung entwickelt. AF ermöglicht dezentrale Fertigung und die Herstellung von Teilen auf Abruf und ist gleichzeitig in der Lage, die Kosten, den Energieverbrauch und die CO₂-Bilanz zu reduzieren.

Additive Fertigung hat das Potenzial, die weltweite Teilefertigung und die Logistiklandschaft zu revolutionieren. Dennoch stellt der qualitativ hochwertige Fertigungsprozess hohe Anforderungen an Build Management und Rückverfolgbarkeit des Pulvers. Um AF Materialien, insbesondere Metallpulver, im vollen Umfang zu nutzen, ist eine konstant hohe Qualität erforderlich und Micromeritics verfügt über die hierfür nötigen Instrumente und Standards.

Die Branche hat bisher noch keine ausgereiften geeigneten Normen für Metallpulver zur Verwendung in der additiven Fertigung entwickelt. Das heißt, für die Qualitätssicherheit der bei der Herstellung verwendeten Metallpulver ist eine hochwertige Analysetechnologie unbedingt erforderlich.

Wichtige Partikelparameter für die Additive Fertigung

Metallpartikel weisen mehrere wichtige Parameter auf, die sowohl den additiven Herstellungsprozess als auch die Eigenschaften des fertigen Bauteils beeinflussen. Dazu gehören die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Rohmaterials, die bekannt und beschrieben sein müssen, um den Herstellungsprozess und das Ergebnis zu optimieren.

Zu den Pulvereigenschaften gehören die Partikelgrößenverteilung und die entsprechende Pulverdichte (Schüttgutdichte und Stampfdichte) sowie das Fließverhalten, welche die Fähigkeit, während des „Druckprozesses“ Schichten zu erzeugen, direkt beeinflussen können. Zusätzlich haben diese Parameter Einfluss auf die optischen und thermischen Eigenschaften der Partikel. Die Eigenschaften der Pulverschicht hängen stark von der Pulverdichte und dem Fließverhalten ab.

Bei der derzeitigen Entwicklung additiver Fertigungsverfahren, insbesondere wenn sehr dünne Pulverschichten mit ausgezeichneten Schichteigenschaften benötigt werden, neigt man dazu, feine Pulver zu verwenden, um die Scangeschwindigkeit und letztendlich die Mikrostruktur, die Dichte des Bauteils und die Oberflächenbeschaffenheit zu verbessern. Das erhöht jedoch das Risiko der Verarbeitung von Metallpulvern mit ungenügendem Fließverhalten und kann zu einer schlechten Qualität der Schichten führen. Kräfte zwischen den Partikeln wie z. B. van-der-Waals-Kräfte und Feuchtigkeit können das Verhalten der Pulver beeinflussen, die, je feiner sie sind, zu einer Ballung neigen, was wiederum zu einem schlechten Fließverhalten des Pulvers führt.

Beschreibung der Größe und Verteilung von AF-Partikeln

Im Allgemeinen ist es erforderlich, Pulver möglichst nah am Herstellungsprozess zu beschreiben. Diesbezüglich sollte ein Pulver ein gutes Fließverhalten aufweisen, aber darüber hinaus müssen auch die Partikelgrößen und ihre Verteilung optimal für die additive Fertigung sein.

Die Partikelgrößenverteilung hat direkte Auswirkungen auf das Fließverhalten und die Fähigkeit, für eine gleichförmige Pulverbettichte zu sorgen. Laserbeugung ist die anerkannte Analysetechnik zur Bestimmung der Partikelgröße und -verteilung. Dabei wird der Winkel und die Intensität von Streulicht (gebeugt und gebrochen) genutzt, um Daten zur Partikelgröße und -Verteilung zu liefern.

Der Micromeritics Saturn DigiSizer II nutzt Digitaltechnologie einschließlich eines hochauflösenden CCD-Sensors, um Laserstreulicht zu erkennen und verfügt über hochauflösende, reproduzierbare Streulichttechnologien zur Bestimmung der Partikelgröße.

Beschreibung der Form von AF-Partikeln

Die Form der Pulverpartikel kann sowohl die Schüttgutdichte als auch die Fließeigenschaften des als Ausgangsstoff bei der additiven Fertigung verwendeten Metallpulvers beeinflussen. Kugelförmige Partikel ordnen sich mit höherer Wahrscheinlichkeit und Effizienz dicht aneinander an als entsprechende nicht symmetrische Partikel. Die Kugelform erleichtert zudem das Fließverhalten des Metallpulvers und garantiert die Festigkeit der Pulverschichten in dem AF-Pulverbettssystem.

Die Partikelform hat darüber hinaus großen Einfluss auf die Packungsdichte des Pulverbetts und letztendlich auf die scheinbare Dichte der fertigen Teile. Unregelmäßig geformte Partikel verringern die Dichte des fertigen Bauteils und führen zu erhöhter Porosität und möglichem mechanischem Versagen während der Lebensdauer des Teils. Das Particle-Insight-Gerät von Micromeritics/Particulate Systems ist ein dynamisches Bildanalysegerät, das projizierte Bilder der sich bewegenden Partikel erfasst und beschreibt, um wichtige Informationen zur Form sowie weitere Daten zur Größe der Partikel zu liefern.

Bei der Erfassung der Bilder werden statistische Daten für alle Messparameter berechnet und erfasst. So können bis zu 28 verschiedene Formparameter in Echtzeit analysiert und berichtet werden.

Die Entwicklung von Normen für AF-Pulver

Die Definition der geforderten Eigenschaften von als Ausgangsstoff bei der additiven Fertigung verwendetem Metallpulver ist für die Industrie von entscheidender Bedeutung, um bei der Wahl des geeigneten Pulvers an Sicherheit zu gewinnen und in der Lage zu sein, einheitliche Bauteile mit bekannten und vorhersehbaren Eigenschaften zu produzieren. Das ASTM hat unermüdlich an der Entwicklung dieser Normen gearbeitet und einen Leitfaden für die Kennzeichnung (ASTM F3049 – 14 Standard Guide for Characterizing Properties of Metal Powders Used for Additive Manufacturing Processes) entwickelt.

Dieser Übergangsfaden beschreibt die bisher entwickelten Normen für Partikelgröße und -form sowie die verwendete Analysetechnologie im Detail. Dieser Leitfaden ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Reihe von speziellen standardisierten Testmethoden, die auf die einzelnen, für die Leistung von metallbasierten AF-Systemen wichtigen Eigenschaften ausgerichtet sind.

Schlussfolgerung

Verarbeitungsfehler wie beispielsweise Mikroporosität oder Probleme mit der Oberflächenbeschaffenheit beherrschen nach geltender Meinung die Dauerfestigkeit von additiv gefertigten Metalllegierungen. Die Qualifizierung und Zertifizierung wurden fortgesetzt als Herausforderung für die allgemeine Akzeptanz bautechnisch schwieriger AF-Teile erkannt, da das aktuelle Verfahren zu kosten- und zeitintensiv ist.

Die additive Fertigung eignet sich derzeit perfekt für kleine Produktionsmengen, bei denen die hohen Kosten der AF-Rohstoffe durch die Reduzierung der mit der konventionellen Herstellung assoziierten Fixkosten ausgeglichen werden. Die Geschwindigkeit und die Flexibilität der additiven Fertigung sind von Wert, da diese sich so perfekt für die Just-in-Time-Fertigung eignen und das US-Militär hat bereits großes Interesse bekundet. Dennoch ist die wirtschaftliche Machbarkeit großer AF-Produktionen letztendlich in großem Maße von der Reduzierung der wiederkehrenden Kosten abhängig, d. h. von den Kosten und der Qualität der bei der additiven Fertigung verwendeten Ausgangsstoffe.

Referenzen

1. Frazier, W.E., Metal Additive Manufacturing: A Review, *J. of Materi Eng and Perform* (2014) 23: 1917. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>
2. Spierings, A.B., Voegtlin, M., Bauer, T. et al., Powder flowability characterisation methodology for powder-bed-based metal additive manufacturing, *Prog Addit Manuf* (2016) 1: 9. <https://doi.org/10.1007/s40964-015-0001-4>
3. Mellin, P., Lyckfeldt, O., Harlin, P., Brodin, H., Blom, H., Strondl, A. Evaluating flowability of additive manufacturing powders, using the Gustavsson flow meter, *Metal Powder Report*, Volume 72, Issue 5, September 2017
4. E. Dan Hirlleman, V. Oechsle, N. A. Chigier, "Response Characteristics of Laser Diffraction Particle Size Analyzers: Optical Sample Volume Extent And Lens Effects," *Optical Engineering* 23(5), 235610 (1 October 1984)
5. <https://ifpri.net/publications/shape-powder-particles-and-its-influence-powder-handling>
6. <https://www.astm.org/Standards/F3049.htm>