



Recycling von Schmiedereststücken für den hybriden Metall-3D-Druck

Die Kombination von Freiformschmieden und Metall-3D-Druck lässt ressourcenschonend ein wirtschaftliches, hochfunktionales Bauteil entstehen, indem das für die additive Fertigung notwendige Metallpulver aus Schmiedereststücken gewonnen wird.

AUTOREN



Gregor Graf , M.Sc

ist Leiter Engineering bei der Rosswag GmbH in Pfinztal



Dr.-Ing. Sven Donisi

ist Geschäftsführer der Rosswag GmbH in Pfinztal

Das Freiformschmieden eignet sich vorrangig für einfache Geometrielemente, welche aus großem Materialvolumen bestehen. Durch das umformende Fertigungsverfahren können die Bauteile endkonturnah hergestellt und anschließend durch das geringe Aufmaß im Bearbeitungszentrum effizient fertigbearbeitet werden. Außerdem werden durch den Schmiedefaserlauf die Bauteileigenschaften verbessert, da eine lastfallgerechte Gefügestruktur im Bauteil erzeugt werden kann. Auf der anderen Seite müssen geschmiedete Bauteile aufgrund des notwendigen Fertigungsaufmaßes oft aufwendig nachbearbeitet werden, um funktionale und komplexe Geometrien zu erhalten. Die Durchlaufzeit im Bearbeitungszentrum ist dabei oft um ein Vielfaches höher als die Dauer des Schmiedeprozesses. Zudem bietet die spanende Bearbeitung nur eingeschränkte Möglichkeiten bei der Erzeugung hochkomplexer Geometrien wie strömungsoptimierte Kanalstrukturen oder Hinterschneidungen.

KOMPLEXE, FUNKTIONALE METALLBAUTEILE DURCH METALL-3D-DRUCK

Eine Möglichkeit für die Erzeugung von funktionalen und mehrwertbehafteten Geometrien stellt der Metall-3D-Druck dar. Bei dem additiven Fertigungsverfahren werden Bauteile schichtweise hergestellt, sodass komplexe Geometrien endkonturnah gefertigt werden können. Das Selektive Laserschmelzen (SLM, selective laser melting) stellt eine mögliche Fertigungsmethode dar, um bei Metallbauteilen den genannten Anforderungen bezüglich geometrischer Komplexität gerecht zu werden. Dabei wird das Bauteil durch eine Vielzahl von Mikroschweißprozessen aus Metallpulver erzeugt. Bei dem sogenannten Pulverbettverfahren trägt ein Beschichter eine Pulverschicht zwischen 20 und 100 µm auf. Ein Laser erzeugt daraufhin selektiv die gewünschte Geometrie durch vollständiges Aufschmelzen der Partikel, welche anschließend rasch abkühlen und zu festen Materialverbänden erstarren. Dadurch wird nur an den Stellen festes Materialvolumen gebildet, an welchen es für die Funktionalität und Stabilität des zu erzeugenden Bauteils notwendig ist. Die Bauplatte wird anschließend abgesenkt und der Beschichtungs- und Belichtungsvorgang wiederholt sich. Je nach Bauteilvolumen entsteht so in mehreren tausend Schichten nach vielen Stunden ein Bauteil mit einer physikalischen Materialdichte von mehr als 99 Prozent und guten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften.

Der entscheidende Nachteil des SLM-Verfahrens ist derzeit noch die lange Fertigungszeit bei großvolumigen, massiven Bauteilen. Da die Mikroschweißbahnen nur 100 bis 150 µm breit sind, ist die Dauer des Schmelzvorgangs in einer Schicht bei großen Belichtungsflächen sehr hoch. Die hohe Laufzeit in Verbindung mit den daraus resultierenden Kosten führt dazu, dass sich die Fertigung von Geometrien mit großem Materialvolumen nach heutigem Stand der Technik teilweise unwirtschaftlich darstellt.

Bei filigranen und komplexen Geometrien hingegen bietet der Metall-3D-Druck viele konstruktive Vorteile. So können beispielsweise konturnahe Kanalstrukturen in Bauteile eingebracht werden, welche zu einer verbesserten Wärmeabfuhr führen oder



Bild 1: Komplexe, hochbelastbare Bauteile bis 4,5 Tonnen Stückgewicht werden aus über 400 verschiedenen Werkstoffen geschmiedet



Bild 2: Seit 2014 finden auch additive Fertigungsprozesse Anwendung



Bild 3: Das feinkörnige Metallpulver für das SLM-Verfahren weist eine Partikelgrößenverteilung zwischen 10 und 60 µm auf

Schmierstoffe an die benötigte Stelle transportieren. Durch innovative Konstruktionskonzepte ergeben sich mittels Metall-3D-Druck zahlreiche Möglichkeiten, um den Mehrwert eines Bauteils durch Funktionsintegration zu erhöhen.

KOMBINATION AUS TRADITION UND INNOVATION

Durch die Kombination der beiden Produktionsprozesse Freiformschmieden und Selektives Laserschmelzen können die Nachteile der einzelnen Verfahren umgangen werden. Dazu wird das jeweilige Fertigungsverfahren nur in dem Geometrieelement genutzt, für das es technisch und wirtschaftlich geeignet ist. Ein Grundkörper wird konventionell geschmiedet und anschließend spanend für den Fügeprozess vorbereitet. Auf eine ebene Fläche wird im nachfolgenden Prozessschritt mittels Selektivem Laserschmelzen die gewünschte Kontur aufgebaut.

Der optimierte Faserverlauf der geschmiedeten Geometrielemente weist ideale mechanisch-technologische Eigenschaften gerade im Hinblick auf die Dauerschwingfestigkeit auf. Bei dem additiven Aufbau entsteht eine stoffschlüssige Verbindung, die ähnliche Festigkeiten wie der Schmiedegrundkörper aufweist.

Der so hergestellte Schmiede-SLM-Hybrid ForgeBrid® bietet die Möglichkeit, auch massive Bauteile mit funktionalen Merkmalen auszustatten, die nur mittels additiven Fertigungstechnologien realisiert werden können. Vor allem in den Bauteilelementen, die hohe Anforderungen an die dynamische Festigkeit aufweisen, können geschmiedete Grundkörper die Belastbarkeit des Bauteils erhöhen. Die eher statisch beanspruchten Teilsegmente werden dann additiv so gefertigt, dass daraus wettbewerbsentscheidende technische Mehrwerte resultieren, welche durch konventionelle Fertigungsverfahren nicht realisierbar sind.

Die beim Sägen und Schmieden entstehenden Reststücke können für die additive Fertigung nutzbar gemacht werden. Dazu werden sie in einer Verdüsungsanlage zu feinkörnigem Metallpulver verarbeitet. Der sogenannte Atomiser verfügt über einen Schmelztiegel, in welchem der Metallschrott bis über den Schmelzpunkt erhitzt wird. Das geschmolzene Material wird in der



Bild 4: Mit dem Schmiede-SLM-Hybrid ForgeBrid® gewann die Rosswag GmbH 2016 den Innovationspreis BW

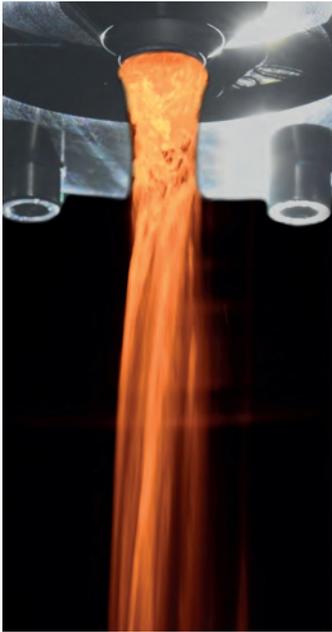


Bild 5: Die Metallschmelze wird im Atomiser zu feinkörnigem Metallpulver

Düse mit einem zielgerichteten Inertgasstrom zerstäubt. Anschließend erstarrt die tropfenförmige Schmelze im Fallturm zu dem sphärischen Metallpulver. In einem nachgelagerten Prozessschritt werden die Partikel so fraktioniert, dass sie in der benötigten Partikelgrößenverteilung zwischen 10 und 60 µm vorliegen.

Mit dieser innovativen Fertigungskette, für welche die Rosswag GmbH mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis 2016, dem EPMA Component Award 2018 und dem Innovationspreis BW 2018 für den ForgeBrid® ausgezeichnet wurde, entsteht ein Bauteil, welches aus einer Materialcharge besteht und auf ressourcenschonende Art und Weise hergestellt wird. Der Materialverlust wird reduziert,

da die komplexen Geometrien mit hohem Nachbearbeitungsaufwand konturnah gefertigt werden können. Dadurch sinkt auch der Zerspanungsaufwand um bis zu 80 Prozent, wobei zusätzlich der Werkzeugverschleiß und der Verbrauch von Kühlschmiermitteln reduziert wird.

Neben der spanenden Bearbeitung können weitere Nachbearbeitungsverfahren genutzt werden, um den Schmiede-SLM-Hybrid weiter die gewünschten Anforderungen anzupassen. Durch zum Beispiel elektrochemische oder abrasive Verfahren besteht die Möglichkeit, die Oberflächenrauheit bei innenliegenden Kanalstrukturen strömungsmechanisch zu optimieren.

NEUE MATERIALIEN FÜR DEN METALL-3D-DRUCK

Das vielfältige Werkstofflager umfasst 6.000 t in 400 unterschiedlichen Werkstoffen. In Verbindung mit der hauseigenen Verdünnungsanlage können schnell und effizient neue Entwicklungsprozesse für die additive Fertigung durchgeführt werden.

Um neue Pulvermaterialien für die additive Fertigung zu qualifizieren, ist ein mehrstufiger, iterativer Entwicklungsprozess notwendig. Im ersten Schritt wird die Konfiguration der Verdünnungsanlage ermittelt, bei der das produzierte Metallpulver die erforderlichen pulvermetallurgischen Eigenschaften aufweist. Im Anschluss daran werden im SLM-Prozess Probekörper mit variierenden Prozessparametern erzeugt, um diejenigen Prozessbedingungen zu ermitteln, mit denen das additiv gefertigte Materialsystem die benötigte Gefügequalität und die mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften aufweist. Diese Untersuchungen können im internen Werkstofflabor durchgeführt werden. Bei erstmalig qualifizierten Werkstoffen ist demnach zunächst ein einmaliger Ressourceneinsatz im Entwicklungsprozess notwendig, um einen stabilen Fertigungsprozess bei den gewünschten Bauteilgeometrien zu gewährleisten.

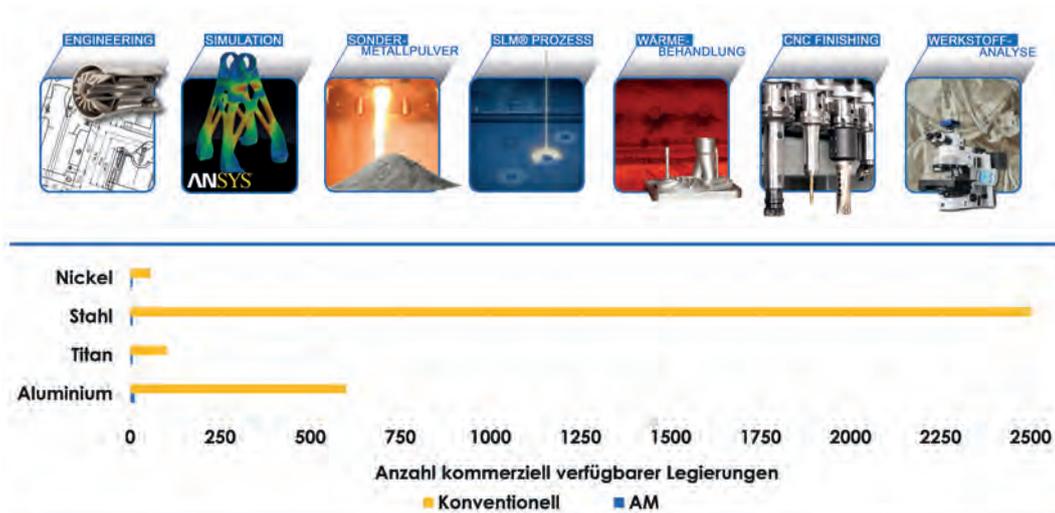


Bild 6: Rosswag qualifiziert neue Werkstoffe für die Verwendung in den additiven Fertigungsprozessen und erhöht damit die Materialvielfalt

Bilder: Autoren



Verfügbarkeit an Werkstoffen

Nur ein Bruchteil an kommerziell nutzbaren Metallwerkstoffen für SLM-Prozess verfügbar
Schnelle Entwicklungs- und Qualifizierungsprozesse gefordert
Optimierung der Werkstoffeigenschaften für den Einsatz im SLM-Prozess notwendig
Mehrwert im Material – nicht nur im Bauteil



Rosswag GmbH | August-Roßwag-Straße 1 | 76327 Pfinztal | Tel. +49 7240 94 10-131 | E-Mail: info@grosswag-engineering.de
Internet: www.edelstahl-rosswag.de