

Funktionsintegration bei additiv gefertigten Komponenten der Antriebstechnik

In der digitalen, vernetzten Industrieproduktion der Zukunft wird die Additive Fertigung (engl.: Additive Manufacturing, kurz: AM) eine bedeutende Rolle spielen. Entsprechend hoch sind die Erwartungen an weitere industrielle Anwendungen, durch das schichtweise Auftragen von Material aus formlosem Rohstoff (z.B. Metallpulver) Objekte mit äußerst komplexen Formen zu »drucken«. Die Branche verzeichnet seit Jahren enorme Wachstumsraten. Anwender profitieren vor allem von hoher Gestaltungsfreiheit und der kostengünstigen Fertigung kleiner Losgrößen. Dabei wird die Technologie mittlerweile nicht nur branchenübergreifend für die Fertigung von Prototypen oder Werkzeugen eingesetzt, sondern ist auch in der Serienfertigung angekommen.

Um die vielfältigen Potentiale der Additiven Fertigung kurzfristig zu nutzen, bedarf es einem Umdenken über den gesamten Produktentstehungsprozess. Dabei müssen Besonderheiten wie die Möglichkeiten zur Funktionsintegration bereits in der Konzept- und Designphase konsequent umgesetzt werden.

Das Ergebnis des Projektes ist daher ein Selbstlerndokument zur Unterstützung der konzeptionellen und konstruktiven Aufgaben, die mit der Funktionsintegration mittels Additive Fertigung für die Antriebstechnik einhergehen. Der erste Abschnitt schafft für alle Anwender ein einheitliches Verständnis bezüglich der Grundlagen der Additiven Fertigung. Im zweiten Teil des Dokumentes werden Prinzipien und Vorgehen zur Funktionsintegration präsentiert. Im dritten Abschnitt werden Anwendungsbeispiele entwickelt und beschrieben, um das Vorgehensmodell mit Anschauungsobjekten zu verdeutlichen. Wesentliche technische Aspekte im Zusammenhang mit additiven Fertigungsverfahren können über ein fundiertes Verfahrensverständnis verinnerlicht und damit auch auf zukünftige Herausforderungen angewendet werden. Neben allgemeinen Merkmalen und Abläufen werden die im Projektrahmen definierten Verfahren Stereolithografie (SLA), Selektives Lasersintern (SLS), Selektives Laserschmelzen (SLM) und Fused Layer Modelling (FLM) im Einzelnen beschrieben. Ein Beispiel ist in Bild 1 dargestellt.

3
Verfahrenssteckbrief SLM (1/2)

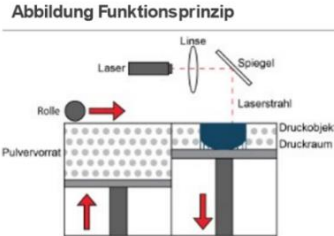
Funktionsprinzip:
Aufschmelzen von Pulver

Beschreibung des Verfahrens

Der Fertigungsprozess des SLM-Verfahrens startet mit der gleichmäßigen Beschichtung einer planaren Bauplattform mit Metallpulver. Eine oder mehrere Laser-einheiten schmelzen das Metallpulver selektiv auf. Die Schmelze erstarrt innerhalb kürzester Zeit zu dem entsprechenden Bauteil und wird mit der unterliegenden Schicht bzw. Bauplattform verschweißt. Das Verfahren benötigt Stützstrukturen, um das Eigengewicht des Bauteils im Pulverbett zu tragen und die entstandene Wärme abzuleiten. Moderne Anlagen beheizen den Bauraum, um die benötigte Leistung, die mit dem Laser eingebracht werden muss, zu reduzieren. Hierdurch können auch Eigenspannungen im Bauteil verringert werden.

Da der Begriff SLM rechtlich geschützt ist, verwenden andere Anlagenanbietern eigene Begriffe. Es wird jedoch dasselbe Funktionsprinzip angewandt.

Abbildung Funktionsprinzip



Serieneignung

Das SLM-Verfahren ist industriell erschlossen, wobei die breite Verwendung in der Serie gerade erst beginnt. Funktionsflächen werden fast immer konventionell nachbearbeitet. Durch die notwendige thermische Behandlung ist die Maßhaltigkeit des gedruckten Bauteils ohne mechanische Nachbearbeitung nicht mit konventionellen Verfahren zu vergleichen.

Bewertung

TRL	7	8	9
Aufbaurrate	1000 cm³/h		
Auflösung (xyz)	90 µm / 25 µm		
Oberflächenbesch.	Rau, ungleichmäßig, spitz		
Isotropie	Anisotrop	Quasisisotrop	
Post-Processing	gering	mittel	hoch
Max. Dimensionen	600 x 600 x 600 mm		

Bild 1: Verfahrenssteckbrief zum Selektiven Laserschmelzen (SLM)


Wie bei allen Fertigungsverfahren, sind spezifische Fertigungsrestriktionen vorhanden. Trotz der großen Gestaltungsfreiheit durch die additiven Fertigungsverfahren, gelten hier dennoch konstruktive Grenzen. Eine Übersicht wesentlicher Konstruktionsrichtlinien werden im Selbstlerndokument in Form von Steckbriefen dargestellt.

Zunächst werden in diesem Zusammenhang einige übliche Funktionen antriebstechnischer Systeme identifiziert und Kombinationsmöglichkeiten beschrieben. Da die konkrete Umsetzung einer Funktion nur anhand der gegebenen Randbedingungen und Anforderungen umgesetzt und bewertet werden kann, werden die Funktionen und mögliche Lösungsansätze anhand von bereits umgesetzten Beispielen dargestellt. Als Beispiel können die Funktionen „Kräfte leiten“ und „Fluid führen“ kombiniert und durch additive Fertigung in Kombination umgesetzt werden. Für einen effizienten Einblick und eine erste Übersicht sind Steckbriefe zu den Beispielen vorhanden, die die wesentlichen Informationen bereitstellen. Über die angegebenen Quellen können bei Bedarf weitere Informationen eingeholt werden (Bild 2).

Krügerklappenscharnier

Beschreibung

Scharnier zwischen Krügerklappen und der Flugzeug-Flügelstruktur



Primärfunktion	Bauteile verbinden/ trennen
Sekundärfunktion	Kräfte / Bewegung leiten
Reifegrad	Prototyp
Verfahren	SLM
Material	Aluminiumlegierungen
Potential	Gewichtsreduktion v on 2050g auf 1416g Bauzeit v on 82h auf 48h reduziert

Konstruktive Merkmale

Strenge räumliche Einschränkung und hohe Schnittstellenlast
Thermische Spannung wird durch SLM erfolgreich begrenzt

[Qui18-ol]

Bild 2: Darstellung der Funktionsbauteile am Beispiel eines Krügerklappenscharniers

Für eine erfolgreiche Funktionsintegration sollte neben dem Funktionsverständnis und der Beherrschung der konstruktiven Limitationen auch ein methodisches Vorgehen bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Ein solches Vorgehen bildet einen Rahmen für die einzelnen Entwicklungsschritte. Im Selbstlerndokument werden dazu bereits vorhandene Methodiken aufgelistet und im nächsten Schritt eine eigene Methodik abgeleitet, die sowohl AM-Neulingen als auch erfahrenen Nutzern als Unterstützung dienen kann. Diese hat damit einen positiven Einfluss auf die Produktqualität, die Entwicklungszeit sowie auf die Produktkosten. Durch die Möglichkeiten von AM sind dabei einige Besonderheiten zu beachten, die hier Berücksichtigung gefunden haben.

Zum besseren Verständnis der erarbeiteten Methodik und dem exemplarischen Vorgehen bei der Entwicklung additiv gefertigter Funktionsbauteile, wurden insgesamt drei konkrete Anwendungsbeispiele speziell für das Selbstlerndokument ausgearbeitet. Betrachtet werden dabei ein Getriebegehäuse, ein Steuerblock und ein Bremsrotor einer Federkraftbremse. Der Entwicklungsprozess wird dafür detailliert beschrieben und an relevanten Stellen durch Hinweise und Erklärungen ergänzt.

Durch den Leitfaden kann eine breite Wissensbasis zu Additiven Fertigungsverfahren im Anwendungsfeld der Antriebstechnik geschaffen, für die strategische Technologie-Planung weiter ausgebaut und ein gemeinsames Verständnis innerhalb der Unternehmensbereiche und Abteilungen geformt werden.

**Autor: M. Sc. Lynn Humpert (IEM),
M. Sc. Sebastian Magerkohl (KAt),
M. Eng. Tobias Seidenberg (IEM)
Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik-Mechatronik (IEM)
Lehrstuhl für Konstruktions- und Antriebstechnik (KAt)
Universität Paderborn**

**Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Dr.-Ing. Stefan Gross
+49(0)69 / 66 03-18 88**

Das Projekt 936I I der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.