

SONDERAUSGABE FORMNEXT 2019

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

die druckfrische Sonderausgabe der Allianz NEWS 2.19 liegt vor Ihnen und es freut mich ausdrücklich, dass wir in dieser Ausgabe zur formnext 2019 die Highlights aller Aussteller auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand präsentieren.

Die Artikelreihenfolge korrespondiert mit der Anordnung der Aussteller bzw. Exponate auf dem Messestand, sodass Sie sich einen schnellen Überblick verschaffen können.

Seien Sie herzlich eingeladen, sich den einzelnen Exponaten auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand zu widmen und mit Fraunhofer-Kollegen vor Ort über Ihre Forschungsbedarfe oder Problemstellungen zu diskutieren. Neueste Innovationen aus der Fraunhofer-Forschung im 3D-Druck sind z.B. eine topologioptimierte KFZ-Dämpfergabel (Fraunhofer EMI), die additive Fertigung von Sinterglas (Fraunhofer IKTS), textile Verbundwerkstoffe (Fraunhofer UMSICHT) oder eine additiv gefertigte Turbine (Fraunhofer IFAM).

Ich wünsche Ihnen einen informativen Messebesuch und eine spannende Lektüre.

Dr. Bernhard Müller

Sprecher der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Impressum

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27c
80686 München
www.fraunhofer.de

Projektleitung

Susanne Pichotta
susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de

Ann-Kathrin Bernard
ann-kathrin.bernard@ipt.fraunhofer.de

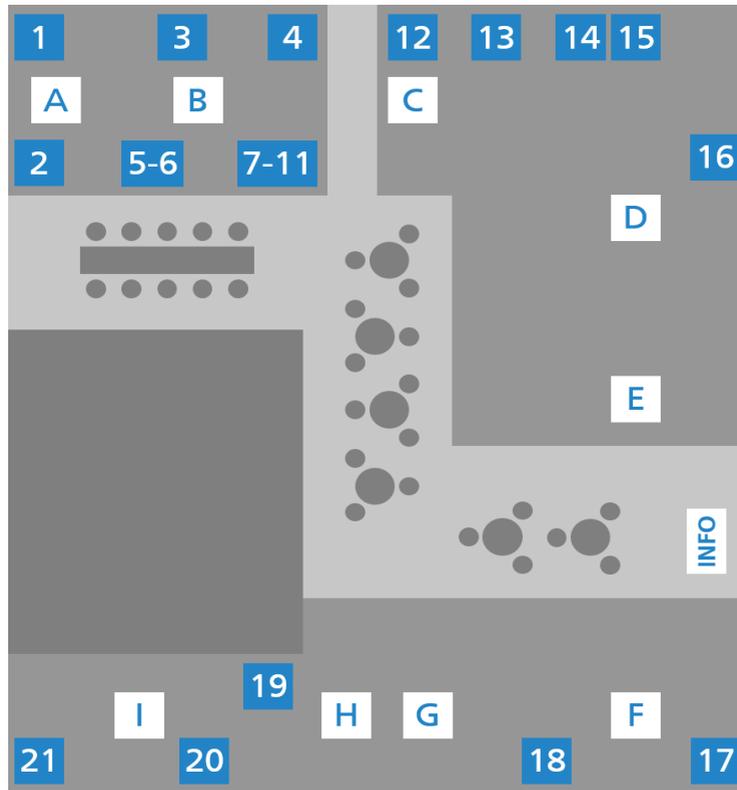
Redaktion und Satz

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung
www.generativ.fraunhofer.de
info@generativ.fraunhofer.de

Bildnachweis

Titelbild: Fraunhofer EMI
Seite 10: Fraunhofer IGCV, Fotograf: Bernd Müller
Seite 30: Technische Universität Dresden, Institut
für Luft- und Raumfahrttechnik /
Fraunhofer IWS Dresden
Seite 31: coaxworks GmbH
alle anderen Bilder: © Fraunhofer

Standplan/ Inhaltsverzeichnis



Unsere Aussteller

A. Fraunhofer IGCV	Seite 6
B. Fraunhofer GENERATIV	Seite 9
C. Fraunhofer IGD	Seite 19
D. Fraunhofer ILT	Seite 21
E. futureAM	Seite 26
F. Fraunhofer IPT	Seite 27
G. Fraunhofer IWS	Seite 30
H. coaxworks	Seite 31
I. Fraunhofer IFAM	Seite 32
Über die Fraunhofer-Gesellschaft	Seite 36

Unsere Themen

1	Sensor-Integration	Seite 7
2	Kaltgasspritzen	Seite 8
3	Getriebebau	Seite 10
4	Gitterstrukturen	Seite 11
5	Funktionsintegration	Seite 12
6	Verzugssimulation	Seite 13
7	Topologieoptimierung	Seite 14
8	Partikelbeschichtung	Seite 15
9	Metallisierung	Seite 16
10	Sinterglas	Seite 17
11	3D-Druck auf Textilien	Seite 18
12	Gradierte Materialien	Seite 20
13	Powder Jet Monitor	Seite 22
14	Draht-Laserauftragsschweißen	Seite 23
15	Verzugsverminderung	Seite 24
16	Kupfer LBPF	Seite 25
17	Weiterbearbeitung	Seite 28
18	Internet of Production	Seite 29
19	Metal Binder Jetting	Seite 33
20	Elektronenstrahlschmelzen	Seite 34
21	Gelcasting	Seite 35

Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Das Fraunhofer IGCV betreibt produktionstechnische Forschung und Entwicklung mit direktem Anwendungsbezug und bündelt Know-how in den Bereichen Leichtbau-Gusstechnologien, Faserverbundwerkstoffe und automatisierter Fertigung.

Die über 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Augsburger Einrichtung generieren Innovationen für die deutsche Industrie. Ihre Kompetenzen erstrecken sich von Materialwissenschaften über Strukturmechanik bis hin zur Fertigungstechnik und Produktion.

Ein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Additiven Fertigung. In diesem Umfeld hat das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie das erhebliche Potenzial der additiven Multimaterialverarbeitung frühzeitig erkannt. Zum 1. Juli 2017 startete das MULTIMATERIALZENTRUM Augsburg am Fraunhofer IGCV. In zehn Technologieprojekten wird die Multimaterialverarbeitung in den Bereichen der Produktentwicklung, der Prozesstechnik und der Prozesskette erforscht. Betrachtet werden dabei das Laserstrahlschmelzen, das Kaltgasspritzen und DED-Verfahren (Directed Energy Deposition). Ziel ist es mechatronische Komponenten herzustellen, welche die notwendige Sensorik direkt im Bauteil integriert haben. Dies kann

beispielsweise über eingelegte Komponenten während des Fertigungsprozesses erfolgen oder durch die direkte Herstellung im Fertigungsprozess.

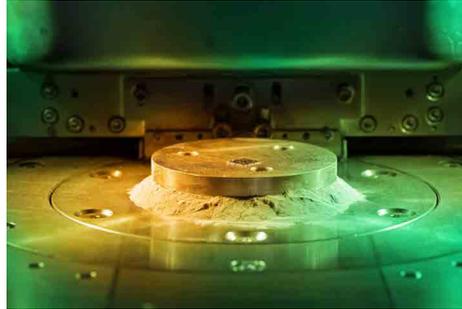


Abb. 1: Post-Process in einer Laserstrahlschmelzanlage am Fraunhofer IGCV

Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Prof. Dr. Klaus Drechsler

☎: +49 821 90678-0

✉: info@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

Automatisierte Integration elektrischer Komponenten

Die Herstellung gekapselter mechatronischer Baugruppen mithilfe additiver Fertigungsverfahren stellt den nächsten Schritt im Bereich der Funktionsintegration dar. Dies kann beispielsweise für Branchen wie die Luft- und Raumfahrtindustrie sowie die Automobilindustrie interessant sein, da auf diese Weise detailliertere und belastbarere, auslegungsrelevante Daten erhoben werden können. Die Integration von Sensoren zur Überwachung von Lebensdauer und möglichen Zwischenfällen in medizinische Implantate stellt ein weiteres zukünftiges Anwendungsgebiet dar.

Die Realisierung solcher Baugruppen kann durch Einlegen und Kontaktieren mechatronischer Komponenten während des Fertigungsprozesses realisiert werden. Um diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen, wird der additive Fertigungsprozess Laserstrahlschmelzen (LBM) um eine Pick-and-Place-Kinematik erweitert, welche die Integration mechatronischer Komponenten während des Fertigungsprozesses erlaubt. Zudem wird eine Methode entwickelt, mit der die entsprechenden Komponenten kontaktiert werden können, so dass ein vollwertiges mechatronisches System im Inneren eines lasttragenden, metallischen Bauteils realisiert werden kann. Somit muss die Bauprozesskammer nicht geöffnet werden, die Schutzgasatmosphäre bleibt erhalten

und der Einfluss einer Prozessunterbrechung kann auf ein Minimum reduziert werden.



Abb. 1: Multimaterialbauteil aus dem Laserstrahlschmelzprozess aus Werkzeugstahl und Kupfer-Chrom-Zirkonium



Abb. 2: Kinematik zur Integration von Komponenten in Bauteile während des Laserstrahlschmelzprozesses, eingebaut in eine Laserstrahlschmelzanlage

Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Christine Anstätt

☎: +49 821 90678-150

✉: christine.anstaett@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

Additive Fertigung mittels Hochdruck-Kaltgasspritzen

Das Kaltgasspritzen (engl. Cold Spraying) erhält im Bereich der additiven Fertigung in den letzten Jahren zunehmend Beachtung. Das Verfahren stammt aus der Beschichtungstechnik.

Beim Kaltgasspritzen werden Pulverpartikel mittels eines Gasstroms durch eine DeLaval-Düse beschleunigt, verformen sich beim Auftreffen auf dem Substrat plastisch ohne aufzuschmelzen, und bilden so eine dichte Schicht. Das Kaltgasspritzen zählt zu den auftragsbasierten additiven Fertigungsverfahren und erlaubt eine endkonturnahe Fertigung von Bauteilen.

Zum Fertigen von mehreren Schichten eignen sich aktuell verfahrensbedingt nur Werkstoffe mit duktilen Eigenschaften im Temperaturbereich bis etwa 1100 °C. Besteht der Wunsch nach filigranen Strukturen, ist eine Nachbearbeitung erforderlich. Die Vorteile des Kaltgasspritzen sind, im Vergleich zum Laserstrahlschmelzen, die sehr hohen Aufbauraten (ca. 4 bis 14 kg/Stunde), die geringe thermische Belastung und die Möglichkeit diskrete Materialübergänge zu fertigen. Weitere Eigenschaften sind die hohe Dauerfestigkeit durch Druckeigenstressungen, die geringe Oxidation und der aufgrund der geringen Temperatur ausbleibende Phasenübergang des Werkstoffs.

Das Fraunhofer IGCV wird in Zukunft mit dieser Technologie großvolumige Bauteile additiv fertigen. Anwendungsfälle können unter anderem Gussformen oder Turbinenschaufeln sein. Ebenfalls lassen sich mittels Kaltgasspritzen einfach beschädigte Bauteile reparieren, indem auf den vorhandenen Grundkörper neue Schichten aufgetragen werden.

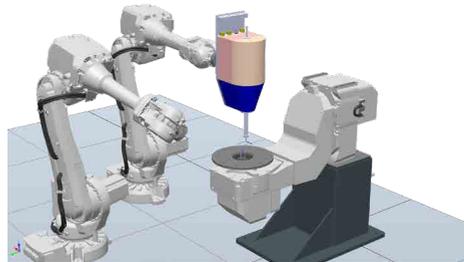


Abb. 1: Kaltgasspritzen am Fraunhofer IGCV: Roboter mit Spritzpistole (mitte) vor dem Rotations-tisch (rechts). Zweiter Roboter zum Integrieren von Komponenten oder anderen Funktionen (links)

Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Simone Dietrich

☎: +49 821 90678-158

✉: simone.dietrich@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung integriert deutschlandweit zwanzig Institute und bildet damit die gesamte Prozesskette der additiven Fertigung ab. Dies umfasst die Entwicklung, Anwendung und Umsetzung additiver Fertigungsverfahren und Prozesse. Die langjährige Erfahrung aus nationalen und internationalen Industrienaufträgen und Forschungsprojekten bildet die Grundlage, kundenindividuelle Konzepte zu entwickeln und komplexe Aufgaben zu bewältigen.

Forschungsschwerpunkte

Die Aktivitäten konzentrieren sich auf die fünf Leitthemen:

- Engineering (Anwendung u. Entwicklung),
- Werkstoffe (Polymere, Metalle, Keramik),
- Technologien (z.B. pulverbett-, extrusions-, druckbasiert),
- Qualität (Reproduzierbarkeit, Zuverlässigkeit) sowie
- Software und Simulation (Algorithmen zur Prozesssteuerung, Prozess- und Produktsimulation).

Ziel der Allianz ist es, angewandte Forschung und Entwicklung in der additiven Fertigung voranzubringen und neue Trends zu setzen. Sie richtet sich an Branchen wie Automobilbau und Luftfahrt, Bio-Medizin- und Mikrosystemtechnik, aber auch Werkzeugbau sowie Maschinen- und Anlagenbau.

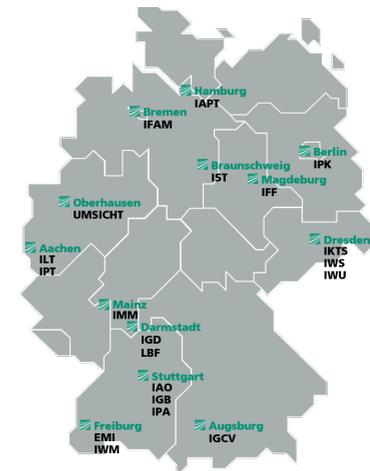


Abb. 1: Die 20 Institute der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

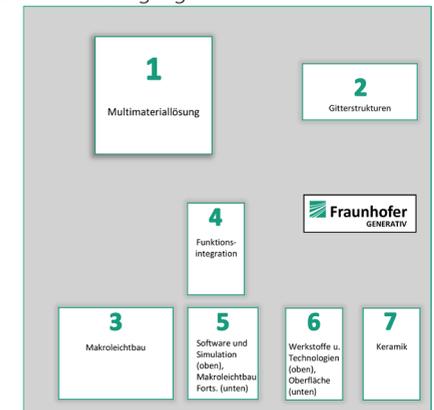


Abb. 2: Vitrinenpositionierung im Messebereich der Fraunhofer-Allianz GENERATIV

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Dr. Bernhard Müller

☎: +49 351 4772-2136

✉: geschaeftsstelle@generativ.fraunhofer.de

www.generativ.fraunhofer.de

Leichtbau und Funktionsintegration durch die Additive Fertigung im Getriebebau

Im abgebildeten Getriebe werden Multi-materiallösungen und die Möglichkeiten verschiedener Additiver Fertigungsverfahren miteinander verbunden. Die Antriebswelle ist kraftflussgerecht ausgelegt und das Zahnrad direkt auf die Welle integriert (Bauteilintegration). Dadurch konnte auf eine Welle-Nabe-Verbindung verzichtet und 70 % Masseinsparung erzielt werden. Gefertigt wurden die Welle und das Abtriebszahnrad aus dem Einsatzstahl 16MnCr5 durch das Laserstrahlschmelzen. Die Abtriebswelle besteht aus einem CFK-Geflecht, welches durch Blasumformung eine Verbindung zum Abtriebszahnrad erhält. Die entstehende formschlüssige Verbindung ist in der Lage mehr als 600 Nm Drehmoment zu übertragen. Die Gehäuseteile wurden durch indirekte Additive Fertigung erzeugt. Es wurden Sandformen und Kerne durch den Einsatz des Binder-Jetting-Verfahrens erstellt und die endgültigen Bauteile durch Aluminium-Guss gefertigt. Die Formfreiheit additiver Verfahren wird durch die Implementierung einer Ölsumpf-Kühlung ausgenutzt, welche in konventionellen Gussformen nicht darstellbar ist. Über integrierte Sensoren, angebunden an die Cloudplattform Virtual Fort Knox (VFK), ist eine Zustandsüberwachung möglich.



Abb. 1: Abbildung Multimaterial-Getriebe; Einzelteile hergestellt mittels Additiver Fertigung

Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Matthias Schmitt

☎: +49 821 90678-147

✉: matthias.schmitt@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

Fertigung filigraner Gitterstrukturen auf kommerziell verbreiteter Anlagentechnik

Die Verwendung des Laserstrahlschmelzens (LBM) ermöglicht die Fertigung filigraner Strukturen. Aufgrund der Kostenstruktur des Verfahrens kann sogar in vielen Fällen eine wirtschaftlich sinnvolle Abbildung erfolgen.

Ausgehend vom Stand der Technik wurden im Rahmen des Vorhabens Strategien entwickelt um auf weit verbreiteter LBM-Anlagentechnik die minimal fertigmöglichen Strukturgrößen zu verkleinern, die Zuverlässigkeit und Qualität der gefertigten filigranen Gitterstrukturen signifikant zu erhöhen und die Produktivität bei ihrer Fertigung zu steigern.

Hierzu wurden der übliche Workflow softwareseitig modifiziert und angepasste Belichtungsstrategien für die Fertigung der filigranen Gitterstrukturen entwickelt und qualifiziert. Über die Entwicklung einer eigenen Slicing-Software mit direkter Integration in eine gängige CAD-Umgebung besteht die Möglichkeit nahezu beliebig, auch unregelmäßig, im Raum angeordnete filigranste Stabgeometrien mit Stabdurchmessern von ca. 150 µm in massive Bauteile zu integrieren und unter Verwendung der angepassten Belichtungsstrategie auf kommerziell verbreiteter LBM-Anlagentechnik zu fertigen.

Die bisher filigransten unter Anwendung dieses Workflows auf konventioneller LBM-

Anlagentechnik gefertigten Regel-Gitterstrukturen weisen Stabstärken von nur ca. 100 µm und Durchmesser der Querschnitte der Kavitäten von nur ca. 150 µm auf und sind dennoch für Medien durchlässig.

Die gezeigten technologischen Entwicklungen sollen zukünftig die einfache Integration von Gitterstrukturen und die kosteneffiziente additive Fertigung von hochgradig funktionsintegrierten Bauteilen ermöglichen.

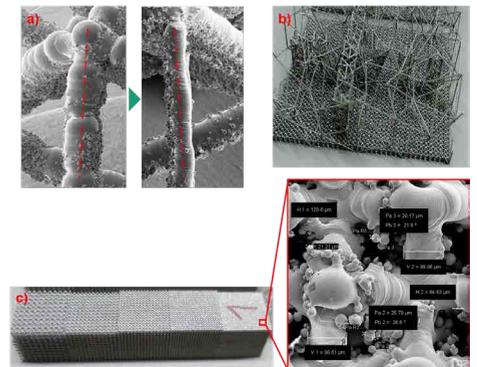


Abb. 1: a) Qualitätsverbesserungen der Gitterstrukturen durch den angepassten Workflow. b) Demonstrator mit frei im Raum angeordneten Gitterstäben. c) filigranste auf konventioneller Anlagentechnik hergestellte Gitterstrukturen.

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Hannes Korn

☎: +49 351 4772-2119

✉: Hannes.Korn@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de

Topologieoptimiertes und funktionsintegriertes Werkzeug für das Spritzgießen

Ziel des Projekts war die Entwicklung neuartiger Prozessketten zur additiven Fertigung von funktionsintegrierten und strukturoptimierten Formwerkzeugen für das Spritzgießen, um zum einen die Fertigungszeit/-kosten zu minimieren und zum anderen den Mehrwert zu maximieren. Ausgehend vom Stand der Technik wurde die Werkzeugtemperierung als großflächiges, konturnahes Netz gestaltet, um eine möglichst effiziente Temperierung zu ermöglichen und so Zykluszeit im Spritzgießen signifikant zu verringern und die Bauteilqualität (bspw. die Formgenauigkeit) zu verbessern.

Zusätzlich wurde erprobt, inwieweit die Effizienz der Temperierung über integrierte Kupferstrukturen noch weiter gesteigert werden kann. Ziel war eine verbesserte Wärmeabfuhr auch in den Bereichen, in denen eine Wasserkühlung nicht möglich ist. Hierzu wurden Kupferstifte während der additiven Fertigung eingebracht und untersucht, ob eine stoffschlüssige Verbindung mit dem Werkzeugwerkstoff realisierbar ist.

Die Kosten in der additiven Fertigung hängen zum größten Teil vom aufzubauenden Volumen ab. Deshalb wurde im Projekt eine lastgerechte Innenstruktur zur Reduzierung des Werkzeugvolums entwickelt und berechnet. Zusammen mit einem reduzierten Materialeinsatz und der dadurch signifikant

verkürzten Fertigungszeit ermöglicht dies zusätzlich eine geringere thermische Trägheit des Werkzeuges und damit eine höhere Dynamik der Temperierung.

Diese Dynamik soll zukünftig ein äußerst genaues Temperaturmanagement mit sehr kurzer Reaktionszeit ermöglichen (aktive Regelung). Die Regelung von Prozess- und Anlagenparametern kann allerdings nur durch genaue Messwernerfassung erfolgen. Im Projekt wurden daher eine Prozesskette zur konturnahen Integration von Temperatursensoren im additiven Fertigungsprozess entwickelt und erprobt.

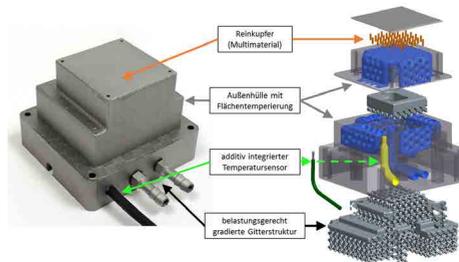


Abb. 1: funktionsintegriertes Spritzgießwerkzeug, Fertigteil (links) und Explosionsdarstellung (rechts)

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Mathias Gebauer

☎: +49 351 4772-2151

✉: Mathias.Gebauer@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de

Simulation von Verzug im additiven Auftragsschweißen

Das Fraunhofer IPK in Berlin hat eine Methode entwickelt, um das additive Auftragschweißen (DED) zu simulieren. Es lässt sich nicht nur der Temperaturfluss durch den schichtweisen Aufbau vorhersagen, sondern auch die Ausprägung von Eigenspannungen, Verzug und Phasenbildung. Mit den numerischen Simulationsansätzen können personen- und materialintensive Experimente virtuell am Computer durchgeführt und vor dem ersten Aufbau optimale Parameter entwickelt werden. Es ist sogar möglich, verzugskompensierte Bauteile zu berechnen: Das bedeutet, die Simulation gibt ein „falsches“ Bauteil vor, dass sich während des Aufbaus in die gewollte Maßhaltigkeit verzieht. Auf der Grafik ist ein Validierungsbauteil gezeigt. Im Vergleich zum experimentellen Ergebnis aus dem 3D-Scan bildet die Simulation den Verzug exzellent ab.

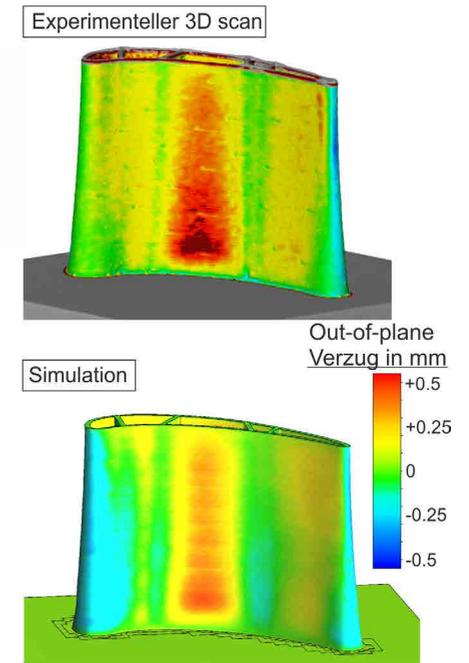


Abb. 1: Der Vergleich von 3D-Scan und Simulation zeigt die gute Vorhersagequalität der Simulation.

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK

Max Biegler

☎: +49 30 39006-404

✉: max.biegler@ipk.fraunhofer.de

www.ipk.fraunhofer.de

Topologieoptimierte Dämpfergabel eines Kraftfahrzeugs

Im Rahmen einer vergleichenden Studie zur ökologischen und ökonomischen Bewertung eines additiv sowie eines konventionell hergestellten Bauteils wurde eine Dämpfergabel gewählt. Am konventionellen Design wurde eine Topologieoptimierung für die additive Fertigung durchgeführt, um eine Massensparnis zu erzielen. Das optimierte Design der Dämpfergabel wurde anschließend mittels Laserstrahlschmelzen hergestellt.

Insgesamt konnte aus den Ergebnissen der vergleichenden Analyse abgeleitet werden, dass insbesondere die Art und Herstellungs- menge des Produktes entscheidet, ob der Einsatz additiver Fertigungsverfahren sinnvoll ist. Weiterhin hat die Werkstoffauswahl einen wesentlichen Einfluss auf die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen. Es konnte abgeleitet werden, dass eine dauerhafte Auslastung und die technische Optimierung additiver Fertigungsanlagen positive Auswirkungen auf die ökologische und ökonomische Bilanz haben und auf diese Weise neue Anwendungsfelder erschlossen werden können.

Zusammenfassend ist die additive Fertigung metallischer Bauteile als Ergänzung zur konventionellen Fertigung zu sehen. Sie steht an der Schwelle zur Klein- und Mittelserienfertigung und spielt eine zunehmend wichtigere Rolle in verschiedensten Branchen.



Abb. 1: Ressourcenoptimiertes Design einer KFZ-Dämpfergabel

Die Studie stellt Bewertungsmechanismen dar, die zur Entscheidungsfindung bezüglich Investitionen in additive Fertigungsverfahren genutzt werden können.

Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Marius Bierdel

☎: +49 761 2714-440

✉: marius.bierdel@emi.fraunhofer.de

www.emi.fraunhofer.de

Maßgeschneiderte Pulvermaterialien

Metallische, keramische und polymere Pulver dienen direkt oder eingebunden in Filamenten als Ausgangsmaterial für einen Großteil der additiven Fertigungsverfahren. Ihre Morphologie und stoffliche Zusammensetzung beeinflussen nicht nur die Verarbeitbarkeit während des Fertigungsprozesses, sondern maßgeblich die erzielbaren Bauteileigenschaften. Als Grundstein für neue innovative Produkte als auch zur Optimierung von additiven Fertigungsprozessen nutzt das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Technologien zur Anpassung der Pulvermaterialien an die Fertigungsprozesse und Produkteigenschaften.

Die Pulvermaterialien werden hierzu mit Hilfe der physikalischen Gasphasenabscheidung (PVD) oder der Atomlagenabscheidung (ALD) mit einer dünnen Schicht belegt.

Je nach verwendetem Schichtmaterial lassen sich hierdurch unterschiedliche Funktionen adressieren. So dient das Schichtmaterial beispielsweise zum Mikrolegieren von Metallpulvern, um kritische Materialeigenschaften (Rissneigung, Duktilität, etc.) gezielt zu optimieren. Ebenfalls lässt sich die Fließfähigkeit signifikant erhöhen, sodass sich auch stark agglomerierende Pulvermaterialien verarbeiten lassen. Darüber hinaus kann die elektrische Leitfähigkeit der Pulver – ergo des Endbauteils – eingestellt sowie deren Korrosionsbeständigkeit verbessert werden. Zukünftige Entwicklungen zielen z.B. auf die

Abscheidung von dünnen Hartstoffschichten ab, welche neue Möglichkeiten für die Materialentwicklung eröffnen. Auch steht die Skalierung auf höhere Produktionsvolumen im Fokus, um eine industrielle Umsetzung zu ermöglichen.

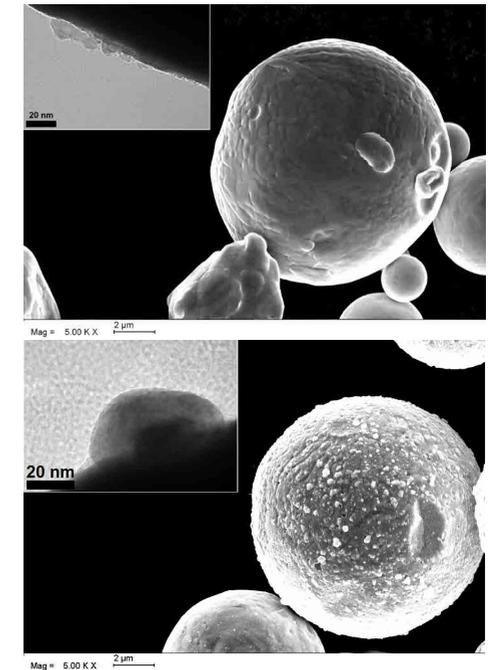


Abb. 1: PVD-Beschichtung von Edelpulver (oben) – Einstellung der elektr. Leitfähigkeit durch eine Silberbeschichtung (unten)

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Dr. Tim Abraham

☎: +49 531 2155-655

✉: tim.abraham@ist.fraunhofer.de

www.ist.fraunhofer.de

Galvanische Metallisierung von additiv gefertigten Bauteilen aus Kunststoffen

Die additive Fertigung von Bauteilen aus Polymeren ist eine perfekte Ergänzung zu dem traditionellen Kunststoff-Spritzgießen, insbesondere für kleine Fertigungslose oder komplex geformte Bauteile. Die Designfreiheit der additiven Fertigung erlaubt neben optimierten Formen auch eine erhebliche Gewichtseinsparung. Dadurch sind diese Komponenten auch interessant für Technologiemarkte mit hoher Wertschöpfung, wie z. B. Medizintechnik oder Luft- und Raumfahrt.

Polymere haben allerdings auch eine Reihe von Nachteilen, wie z. B. ihre mangelnde mechanische Stabilität, fehlende elektrische Leitfähigkeit sowie ihr Ausgasungsverhalten. Ein weiterer Nachteil ist oft die unzureichende Oberflächenqualität, die zu Problemen beim Einsatz des Bauteils führen kann. Insbesondere bei Polymerkomponenten kann die galvanische Metallisierung die oben aufgeführten Nachteile beseitigen.

In einem vom DLR geförderten Projekt wurden im Fraunhofer IST gemeinsam mit OHB System AG und der Fa. Rauch CNC Manufaktur GmbH additiv gefertigte Bauteile aus Polyetheretherketon (PEEK) und Polyamid mittels Lasersinter-Verfahren hergestellt und galvanisch metallisiert. Dabei zeigte sich, dass abhängig von der Dicke der aufgebrachtten Metallschicht die mechanische Festigkeit der Polymere deutlich verbessert werden konnte. So stieg der E-Modul zum

Beispiel bei unbeschichtetem PEEK von ca. 5 GPa auf 20 GPa bei einer Schichtdicke von ca. 150 µm Nickel. Der Kunststoff Polyamid zeigte ein ähnliches Verhalten. Die Schichthaftung, immer ein kritisches Thema bei der Kunststoffmetallisierung, erfüllte die ESA-Norm ECSS-Q-ST-70-17C (Thermoshock-Test).

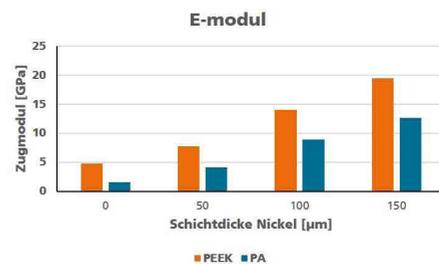


Abb. 1: E-Modul von PEEK und Polyamid



Abb. 2: Nickelbeschichtetes Bauteil aus PEEK, additiv gefertigt

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
 Dr. Andreas Dietz
 ☎: +49 531 2155-646
 ✉: andreas.dietz@ist.fraunhofer.de
 www.ist.fraunhofer.de

Additive Fertigung von Sinterglas

Die AM-Technologien Vat Photo Polymerization (CerAM VPP) und Thermoplastic 3D-Printing (CerAM T3DP) eignen sich nicht nur für die Herstellung von Keramikbauteilen, sondern wurden ebenso erfolgreich für die Entwicklung von 2-Komponenten-Sinterglasbauteilen genutzt. Die hergestellten Sinterglas-Demonstratoren bestehen aus unterschiedlich leuchtenden, phosphoreszierenden Materialzusammensetzungen oder einer leuchtenden Zusammensetzung kombiniert mit reinem Sinterglas.

CerAM VPP, auch bekannt als Lithography-based Ceramic Manufacturing (LCM), ermöglicht die Herstellung von Keramik- und Sinterglasbauteilen mit sehr hoher Enddichte ($\geq 99\%$). Die 2K-Glasbauteile sind durch sequentielle additive Fertigung und stoffschlüssiges Fügen beim Sinterprozess hergestellt worden. Sie zeichnen sich durch eine hohe Auflösung und Kantenschärfe aus.

Die CerAM T3DP Technologie hingegen erlaubt eine additive Herstellung von zwei- oder mehrkomponentigen Bauteilen in einem Fertigungsschritt. Dieses am Fraunhofer IKTS entwickelte Verfahren basiert auf der tropfenweisen Ablage partikelgefüllter thermoplastischer Feedstocks. Die Tropfenkennwerte sind durch Variation der Prozessparameter einstellbar. So können beispielsweise charakteristische Tropfendurchmesser von

200 µm bis 2000 µm realisiert werden. Im Unterschied zu Lithographie-basierten Verfahren haben die physikalischen, insbesondere optischen Eigenschaften der verwendeten Pulver nahezu keinen Einfluss auf den Prozess. Somit können Keramik-, Metall-, Hartmetall- und Glas-Feedstocks hergestellt und verarbeitet werden.

Die entwickelten Sinterglas-Demonstratoren zeigen die Leistungsfähigkeit des Thermoplastic 3D-Printing zur Herstellung komplexer, mehrkomponentiger Bauteile.

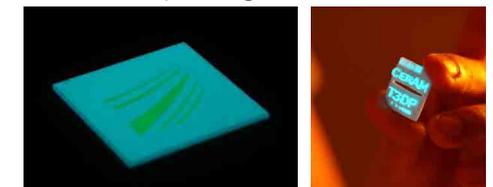


Abb. 1: Additiv hergestellte, monolithische 2K-Sinterglasbauteile mit phosphoreszierender Komponente

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
 Steven Weingarten
 ☎: +49 351 2553-7540
 ✉: steven.weingarten@ikts.fraunhofer.de
 www.ikts.fraunhofer.de

AddiTex – textile Verbundwerkstoffe aus dem 3D-Drucker

Um Textilien mit Hilfe des 3D-Drucks funktionale Eigenschaften zu verleihen, werden Kunststoffe schichtweise auf das Textil aufgetragen (Fused Deposition Modeling, FDM). Das Druckverfahren ermöglicht ein hohes Maß an Designfreiheit sowie Funktionsoptimierung und -integration. Dies ist mit konventionellen Fertigungsverfahren bisher nicht möglich. Anwendungen finden sich besonders im Bereich der Sport- und Sicherheitsbekleidung sowie bei flächigen Textilien, die zum Beispiel zur Optimierung der Akustik eingesetzt werden.

Allerdings führten die durch die Anwendung vorgegebenen Werkstoffeigenschaften zu Problemen bei der Verarbeitung mittels FDM. Als weitere Herausforderung erwies sich die permanente Haftung auf dem Textil: Der aufgedruckte Kunststoff soll mit dem Textil eine feste Verbindung eingehen und gleichzeitig ausreichend flexibel sein, um die Bewegung und Dehnung der Unterlage mitmachen zu können. Dafür wurde ein flexibles, flammgeschütztes Compound entwickelt, das eine Shore Härte von 70A hat. Dies eignet sich besonders für Anwendungen im Bereich des textilen Sonnen- und Schallschutzes und wurde bereits durch branchenübliche Tests erfolgreich auf seine Eignung hin geprüft. Werkstoffe in diesem Shore-Härte-Bereich sind zurzeit als FDM-Filament nicht auf dem Markt verfügbar.

Außerdem konnte ein steifes, glasfaserver-

stärktes Compound entwickelt werden, das sich besonders für den direkten Aufdruck von Steckverbindungen oder Formverstärkungen für Schutz- und Funktionsbekleidung eignet. Dadurch sollen Produktionsschritte eingespart und Kosten gesenkt werden. Zukünftig sollen auch biobasierte Kunststoffe für den 3D-Druck auf Textilien getestet und weitere Anwendungen erschlossen werden.

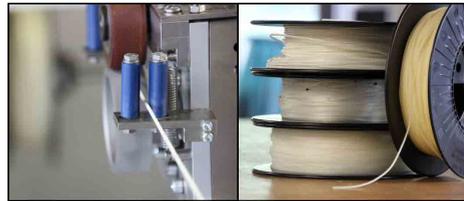


Abb. 1: Aus entwickelten Werkstoffen werden Filamente für den 3D-Druck.



Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Dr. Inna Bretz

☎: +49 208 8598-1313

✉: inna.bretz@umsicht.fraunhofer.de

www.umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD

Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD ist die international führende Einrichtung für angewandte Forschung im Visual Computing. Unsere Mission ist es, Menschen im Zeitalter der Digitalisierung kontinuierlich darin zu befähigen, immer komplexere Computersysteme und steigende Datenmengen zu beherrschen. Hierfür nutzen wir unseren Technologievorsprung im Visual Computing und bauen diesen zum Nutzen von Mensch, Gesellschaft und Wirtschaft stetig aus.

Abteilung Interaktive Engineering Technologien

Unser Team hochmotivierter Wissenschaftler aus Informatik, Mathematik und Industriedesign entwickelt individualisierte/-bare Lösungen für komplexe Problemstellungen der Industrie. Ziel dabei ist es, Prozesse im Engineering neu zu denken und mit Software-Werkzeugen effizient zu unterstützen.

Unsere effizienten Algorithmen und Datenstrukturen verkürzen Minuten von Simulationszeit zu Sekunden und erlauben eine Exploration von Designräumen/-alternativen mittels interaktiver Simulation.

Unsere Modellierungsverfahren für Bauteile mit funktional gradierten Eigenschaften eröffnen das volle Potenzial von 3D-Druck, insbesondere für Multimaterial, und

revolutionieren die heutigen Möglichkeiten von CAD und AM-Prozessen mittels neuer Repräsentationsformen.

Beide Methoden integrieren wir zu visuell-interaktiven Systemen, die intuitiv zu bedienen sind. Alle unsere Software-Entwicklungen zeichnen sich durch Laufzeit- und Speichereffizienz aus.

Auf neue Kundenanforderungen reagieren wir agil und flexibel. So konnten wir in der Vergangenheit sowohl Anbietern von CAE-Software als auch Anwendern von CAD-Werkzeugen neuartige Lösungen für ihre Produktentwicklung/Prozessketten anbieten.

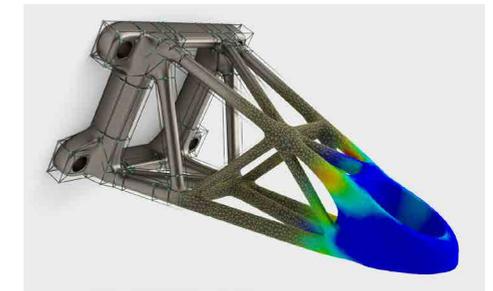


Abb. 1: Interaktive Engineering Technologien - Applikation

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD

Prof. Dr. André Stork

☎: +49 6151 155-469

✉: andre.stork@igd.fraunhofer.de

www.igd.fraunhofer.de

CAD-Modelle einfach mit Funktional Gradierten Materialien (FGM) für den 3D-Druck versehen

CAD-Modelle mit lokal variierenden Eigenschaften zu versehen ist für Designer, Konstrukteure und 3D-Druck-Dienstleister heute schwierig und aufwendig.

Gängige Praxis ist, entweder das Modell in Teilmodelle zu unterteilen, denen dann verschiedene Materialien zugewiesen werden, oder die Materialzuweisung anhand von Bildern (Texturen) in einem Vorbereitungsschritt für den 3D-Druck vorzunehmen.

Ersteres erlaubt in der Regel nur diskrete Materialübergänge, während bei dem zweiten Verfahren die Gradierung als Variation der Texturinformation erzeugt werden muss. Herausforderungen bestehen darin, einfach und schnell kontinuierliche, der Geometrie folgende Materialgradienten zu generieren, wie sie mit modernen Multimaterialdruckern hergestellt werden können.

Mit unserer Software stellen wir dem Benutzer ein Werkzeug zur Verfügung, das intuitive und flexible Interaktionsmethoden zur Definition von Materialverteilung auf beliebiger CAD-Geometrie bietet. Er kann CAD-Oberflächen verwenden oder nutzt Hilfsgeometrien. Hilfsgeometrien können Materialverläufe in die CAD-Geometrie einfügen. Auch Kombinationen aus CAD-Oberflächen und Hilfsgeometrien werden möglich sein. Vom Benutzer kann der Materialverlauf angepasst werden, d.h. der Bereich, über den sich der Materialgradient erstreckt, kann

beeinflusst werden.

Damit ist es uns gelungen, eine interaktive, digitale Technologie zur Definition von Materialverläufen innerhalb von virtuellen Bauteilen zu realisieren, wobei die Ausrichtung und die Ausprägung der Gradierung einstellbar ist, um funktionale Gradierungen am CAD-Modell – unabhängig vom CAD-System – zu beschreiben.

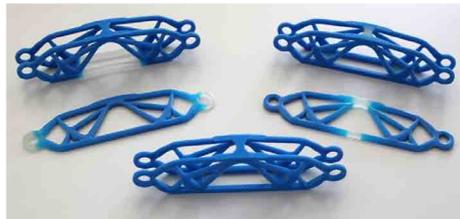


Abb. 1: Gedruckte Bauteilbeispiele mit gradierten Materialeigenschaften

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD
Prof. Dr. André Stork
☎: +49 6151 155-469
✉: andre.stork@igd.fraunhofer.de
www.igd.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

ILT – dieses Kürzel steht seit mehr als 30 Jahren für gebündeltes Know-how im Bereich Lasertechnik. Innovative Lösungen von Fertigungs- und Produktionsaufgaben, Entwicklung neuer technischer Komponenten, kompetente Beratung und Ausbildung, hochspezialisiertes Personal, neuester Stand der Technik sowie internationale Referenzen: Dies sind die Garantien für langfristige Partnerschaften. Die zahlreichen Kunden des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT stammen aus Branchen wie dem Automobil- und Maschinenbau, der Chemie und der Elektrotechnik, dem Flugzeugbau, der Feinmechanik, der Medizintechnik und der Optik. Mit über 540 Mitarbeitern und mehr als 19 500 m² Nettogrundfläche zählt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten seines Fachgebietes.

Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählt beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfah-

rensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie.

Zur Bearbeitung der Forschungs- und Entwicklungsaufträge stehen zahlreiche industrielle Lasersysteme verschiedener Hersteller sowie eine umfangreiche Infrastruktur zur Verfügung. Im angrenzenden Forschungscampus »Digital Photonic Production DPP« arbeiten mit dem Fraunhofer ILT kooperierende Unternehmen in eigenen Labors und Büroräumen.



Abb. 1: Das Fraunhofer ILT in Aachen zählt mit seinen über 540 Mitarbeitern zu den weltweit bedeutendsten Zentren für Auftragsforschung in der Laserentwicklung und Anwendung.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Prof. Dr. Johannes Henrich Schleifenbaum
☎: +49 241 8906-0
✉: johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Powder Jet Monitor: Verbesserte Prozessqualität beim Laserauftragschweißen

Für die Reparatur und Herstellung metallischer Bauteile beim Additive Manufacturing (AM) und dem Auftragen von Schutzschichten hat sich das Laserauftragschweißen (Laser Material Deposition – LMD) etabliert: Ein pulverförmiger Zusatzwerkstoff wird über eine Düse in die vom Laserstrahl erzeugte Schmelze eingebracht. Dabei entsteht eine Schicht, die schmelzmetallurgisch mit dem Werkstück verbunden ist.

Die Pulverzufuhr in das Schmelzbad ist dabei von entscheidender Bedeutung: Sie beeinflusst maßgeblich den Pulvernutzungsgrad, die Schichtqualität und Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Parameter wie Partikelgröße, Pulvermassenstrom, Träger- und Schutzgasströme sowie Einstellung und Verschleiß der Pulverdüse selbst bestimmen die Ausformung des Pulvergasstrahls. Um eine konstant hohe Prozessqualität zu gewährleisten, ist es notwendig, das Werkzeug »Pulvergasstrahl« zu charakterisieren und zu dokumentieren. Bisher war dies nicht möglich.

Nun wurde am Fraunhofer ILT der »Powder Jet Monitor (PJM)« entwickelt. Das PJM-System setzt einen Laser ein, der den Pulvergasstrom in einer Ebene beleuchtet, und eine Kamera, die Pulverpartikel und ihre Position erfasst. Es entstehen digital aufbereitete Bilder, die dann zu einem 2D-Bild der Verteilung der Partikeldichte in einer Ebene

überlagert werden. Dieser Vorgang wiederholt sich automatisch für mehrere, vorher frei wählbare Ebenen. Somit erhält der Anwender ein industrietaugliches System zur Vermessung des Werkzeugs »Pulvergasstrahl«.



Abb 1: Werkzeug »Pulvergasstrahl«: Mit dem Powder Jet Monitor kann erstmals dokumentiert werden, wie Düsen den Pulvergasstrom, die Verteilung der Partikeldichte und andere Parameter beeinflussen.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Stefan Mann

☎: +49 241 8906-321

✉: stefan.mann@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Draht-Laserauftragschweißen in hybriden Prozessen

Bei der Herstellung von komplexen, individuellen Bauteilen aus Metall stoßen konventionelle Fertigungsverfahren zunehmend an ihre Grenzen. Laseradditive Fertigungsverfahren sind zumeist in der Auftragsrate begrenzt. Hier bietet es sich an, konventionelle und additive Fertigungsverfahren zu kombinieren. Zudem lassen sich die Herstellkosten metallischer Bauteile durch den Einsatz von Robotertechnik signifikant senken.

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts ProLMD entstehen daher neue Systemtechnik und Prozesse, mit denen sich beispielsweise Verstärkungen und andere Geometrielemente auf Guss- oder Schmiedeteile mit Hilfe von Laserauftragschweißen (Laser Material Deposition, LMD) aufbringen lassen.

Eine wichtige Rolle spielt hierbei eine Bearbeitungsoptik zum koaxialen LMD mit Draht und einem Ringstrahl, die am Fraunhofer ILT entwickelt wurde und nun innerhalb des ProLMD-Verbundprojektes weiterentwickelt und genutzt wird.

Dieser Draht-LMD-Prozess bietet echte Richtungsunabhängigkeit und sorgt für gleichmäßige Intensitätsverteilung über den Laserstrahlring. Dabei gestaltet die Kombination mit einem 6-Achs-Industrieroboter den Bearbeitungsprozess sehr flexibel. Es lassen sich außerdem hohe Leistungen bis 4 kW

dank des Einsatzes von reflektiven Optiken (Kupfer) für einen großen Wellenlängenbereich nutzen.

Für den Draht LMD-Prozess spricht die annähernd 100-prozentige Materialausnutzung des Zusatzwerkstoffes und die Möglichkeit der Nutzung kostengünstiger drahtförmiger Zusatzwerkstoffe. Der Verzicht auf Metallpulver als Zusatzwerkstoff bietet zudem weitere Vorteile für die Arbeitssicherheit und reduzierte Kontamination der Bearbeitungsanlage.

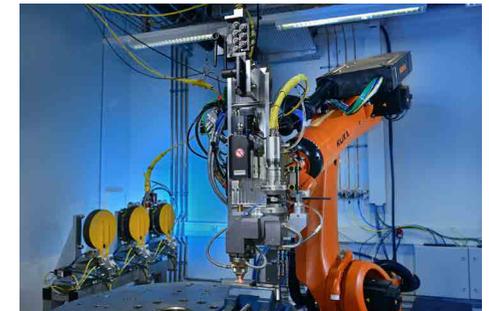


Abb 1: Die im Projekt ProLMD (BMBF-Fördermaßnahme ProMat3D) entwickelte Anlagentechnik für Draht-LMD ermöglicht Aufbau und Bearbeitung von Großbauteilen in hoher Qualität bei optimaler Materialausnutzung und senkt so die Prozesskosten.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Max Fabian Steiner

☎: +49 241 8906-267

✉: max.fabian.steiner@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Weniger Verzug durch Nah-Infrarot (NIR) Vorwärmung

Beim Laser Powder Bed Fusion (LPBF) werden Bauteile Schicht für Schicht mit dem Laser aus dem Pulverbett aufgebaut. Durch Temperaturunterschiede im Bauteil entstehen dabei innere Spannungen. Je nach Geometrie und Werkstoff kann das sogar zur Rissbildung führen.

Mit Partnern aus der Industrie haben Experten des Fraunhofer ILT deshalb Ideen umgesetzt, bei denen das Bauteil von oben erwärmt wird. Schon 2018 wurden dafür im Rahmen des Forschungscampus Digital Photonic Production DPP an der RWTH Aachen University vertikal emittierende Laserbarren (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL) präsentiert, die mit bis zu 2,4 kW Leistung bereichsaufgelöst von oben in die Kammer strahlen.

Jetzt hat das ILT-Team mit dem Partner adphos GmbH eine Lösung entwickelt, bei der ein Nahinfrarot (NIR)-Strahler an der Rakel befestigt ist und mit seiner breitbandigen Strahlung das Material in der Prozessebene flächig erwärmt.

Mit bis zu 12 kW Leistung schafft der NIR-Strahler Temperaturen von 500 bis über 800 Grad im Bauteil. Die NIR-Beleuchtung ist räumlich sehr homogen und lässt sich einfach skalieren. Dadurch kann der Verzug beispielsweise in Bauteilen aus Titan deutlich

reduziert werden, auch gegenüber einer konventionellen Basisplattenheizung.

Im Projekt AddSchneid soll der Temperaturbereich auf 1000°C erweitert werden. Mit 18 Industrie- und Forschungspartnern sowie Förderung von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) sollen so besonders harte Materialien wie Wolframkarbid-Kobalt (WC-Co) für Schneidwerkstoffe im Werkzeugbau bearbeitet werden.

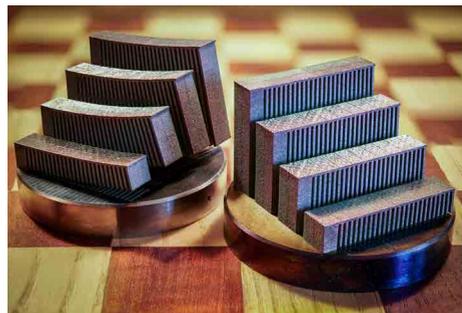


Abb. 1: Mit einem NIR-Strahler an der Beschichtereinheit lässt sich der Verzug im Bauteil signifikant reduzieren.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Andreas Vogelpoth

☎: +49 241 8906-365

✉: andreas.vogelpoth@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

3D-Druck von hochreinem Kupfer mit grünem und blauem Licht

Der metallische 3D-Druck mit hochreinem Kupfer mittels Laser Powder Bed Fusion (LPBF) und infrarotem Licht (Wellenlänge: 1070 nm) ist bislang nur schwer umzusetzen. Geringe Aufbauraten und eine inhomogene Bauteilqualität durch einen instabilen Umschmelzprozess sind für die Endanwender nicht zufriedenstellend. Hochreines Kupfer, also ein Werkstoff mit einem Kupferanteil von mehr als 99,9 %, weist im Vergleich zu anderen Materialien und Kupferlegierungen ein deutlich geringeres Absorptionsvermögen im infraroten Spektralbereich auf. Das heißt, dieser Werkstoff reflektiert einen Großteil der eingestrahelten Laserleistung, die benötigt wird, um ein ausreichend großes Schmelzbad auszubilden.

Anders sieht der Einsatz einer neuen Laserstrahlquelle im »grünen« Spektralbereich aus: Dank dieser neuen Laserstrahlquelle gelang es erstmals, Bauteile aus hochreinem Kupfer mit einer relativen Dichte von mehr als 99,8 % und einer hohen spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von 58 MS/m aufzubauen. Darüber hinaus wird der Einsatz einer »blau« emittierenden Laserstrahlquelle in der Additiven Fertigung untersucht.

Experten des Fraunhofer ILT erforschen mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft gemeinsam neue anwendungsnahe Einsätze für grüne und blaue Strahlquellen. Im Labor des Fraunhofer ILT wurden LPBF-Anlagen für

die grüne sowie blaue Wellenlänge aufgebaut. Anwendern wird Unterstützung von der ersten Machbarkeitsuntersuchung bis hin zum Entwicklungsprojekt geboten.

Erste Bauteile demonstrieren, wie sich mit grünem Licht funktionsoptimierte Bauteile für elektrotechnische Anwendungen herstellen lassen. Infrage kommt das Verfahren neben der elektrisch leitenden Funktion auch für das Wärmemanagement, zum Beispiel zur Fertigung von Mikrokühlern oder anderen Bauteilen aus Kupfer mit gesteigerten Anforderungen hinsichtlich einer hohen Funktionsdichte.



Abb 1: Grünes und blaues Laserlicht eröffnet neue Möglichkeiten in der additiven Fertigung, insbesondere für Materialien, die bislang schwer zu bearbeiten sind, wie z.B. reines Kupfer.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Daniel Heußen

☎: +49 241 8906-8362

✉: daniel.heussen@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

futureAM – Next Generation Additive Manufacturing

In vielen Branchen herrscht in Sachen Additive Manufacturing mit metallischen Werkstoffen (Metall AM) weltweit Aufbruchstimmung: Handelte es sich bisher nur um Nischenanwendungen, scheint nun der Durchbruch in der Serie bevorzustehen. Im November 2017 startete dazu das Fraunhofer-Leitprojekt futureAM mit dem Ziel, das Metall AM mindestens um den Faktor 10 zu beschleunigen, die Herstellungskosten gleichzeitig zu reduzieren und mit neuartigen Anlagenkonzepten zudem derzeitige Beschränkungen der Baugröße aufzuheben. Im Mittelpunkt der Aktivitäten steht die ganzheitliche Sicht auf die digitale und physische Wertschöpfung vom Auftragseingang bis zum fertigen metallischen 3D-Druck-Bauteil.

An diesem Projekt beteiligen sich unter der Führung des Fraunhofer ILT fünf weitere Fraunhofer-Institute: IWS, IWU, IAPT sowie IGD und IFAM. Für den Sprung in eine neue Technologie-Generation der additiven Fertigung definierten die Projektpartner vier Handlungsfelder:

1. Industrie 4.0 und digitale Prozesskette
2. Skalierbare und robuste AM-Prozesse
3. Werkstoffe
4. Systemtechnik und Automatisierung

Ergänzend zu den Handlungsfeldern wird ein »Virtual Lab« aufgebaut. Ziel ist die

geschlossene digitale Abbildung der Kompetenzen und Ausstattung der beteiligten Institute. Dazu wird jeder Entität – ob Maschine oder Produkt – ein »Digital Twin« zugeordnet und beschrieben. Auf der Grundlage dieser Digital Twins können mittels Modellierung und Simulation reale Systeme optimiert werden.



Abb. 1: Fraunhofer-Experten zeigen auf der formnext, wie der Sprung in eine neue Technologie-Generation der additiven Fertigung gelingen kann - mit ganzheitlicher Sicht auf die digitale und physische Wertschöpfung vom Auftragseingang bis zum fertigen metallischen 3D-Druck-Bauteil.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Christian Tenbrock

☎: +49 241 8906-8350

✉: christian.tenbrock@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Das Fraunhofer IPT erarbeitet Systemlösungen für die vernetzte, adaptive Produktion. Unsere Auftraggeber und Kooperationspartner kommen aus der gesamten produzierenden Industrie – aus der Luft- und Raumfahrttechnik, dem Automobilbau und seinen Zulieferern, dabei vor allem aus dem Werkzeug- und Formenbau, der feinmechanischen und optischen Industrie, aber auch aus den Life Sciences und vielen anderen Branchen.

Wir vereinen in unserem Haus Know-how in allen Feldern der Produktionstechnik und bieten unseren Projektpartnern und Auftraggebern individuelle Speziallösungen und unmittelbar umsetzbare Ergebnisse für die Fertigung anspruchsvoller Komponenten und High-Tech-Produkte, die wir in unseren Laborräumen und unserer Maschinenhalle entwickeln und erproben.

Additive Manufacturing wird als eine der Schlüsseltechnologien der digitalisierten Produktion im Sinne von Industrie 4.0 bestehende Wertschöpfungsketten verändern und neue Geschäftsmodelle hervorbringen. Wir verstehen additive Fertigungsverfahren nicht als Ersatz für die klassische Produktion, sondern vielmehr als eine Bereicherung bestehender Prozesse und Prozessketten: Der intelligenten Kombination von Produktionsverfahren und ihrer Integration in übergreifende Wertschöpfungsketten gehört die Zukunft. Vernetzung und Anpassungsfähig-

keit der Verfahren versprechen individuellere Produkte in bisher ungekannter Vielfalt. Unsere Kooperationen versetzen uns in die Lage, interdisziplinäre Aufgaben auch über die Grenzen unseres Instituts hinaus zu lösen. In Aachen kooperieren wir eng mit Instituten und Unternehmen wie dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen und dem ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing. So nutzen wir unseren Standort, eines der wichtigsten Zentren der Produktionstechnik, um Unternehmen unterschiedlicher Branchen in allen Fragen der Forschung, Entwicklung und Weiterbildung zu unterstützen.



Abb. 1: Auf ca. 9.000 m² Labor- und Hallenfläche erarbeitet das Fraunhofer IPT in Aachen Systemlösungen für die vernetzte, adaptive Produktion.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Dr. Kristian Arntz

☎: +49 241 8904-121

✉: kristian.arntz@ipt.fraunhofer.de

www.ipt.fraunhofer.de

Vom Rohteil zum Bauteil: Weiterbearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen

Additiv gefertigte Bauteile müssen meist weiterbearbeitet werden, um Stützstrukturen zu entfernen oder Oberflächen zu optimieren. Das Fraunhofer IPT verfügt über umfassendes Know-how zu verschiedenen Fertigungstechnologien, die sich hierfür besonders eignen. Für die Endkonturbearbeitung additiv gefertigter Bauteile kommen oft spanende Verfahren wie das Fräsen und Schleifen zum Einsatz. Bei dünnwandigen Bauteilen wie Verdichterschaufeln für moderne Flugzeugtriebwerke können im Fräsprozess jedoch Schwingungen auftreten, die die Oberflächenqualität der Bauteile verringern. Um solche Schwingungen zu vermeiden, werden gezielt Stützstrukturen additiv aufgebaut, die die Steifigkeit der labilen Bauteile während der Fräsbearbeitung erhöhen. Diese Stützstrukturen lassen sich nach der Bearbeitung im Vergleich zu Vollmaterial deutlich einfacher entfernen. Dazu müssen die Strukturen so ausgelegt werden, dass ihre Stützfunktion nach der additiven Fertigung auch im anschließenden Fräsprozess bestehen bleibt.

Die Oberfläche von Bauteilen spielt für ihre Funktion oft eine entscheidende Rolle. Ein besonders zeit- und arbeitsintensiver Schritt ist die Feinbearbeitung durch Schleifen und Polieren, mit der die Welligkeit und Rauheit der Flächen reduziert werden. Mithilfe von roboterbasierten und maschinenintegrierten Bearbeitungstechnologien können

hochglänzende Oberflächen für technische Anwendungen gefertigt werden. Alternativ lassen sich durch den Einsatz von gepulster Laserstrahlung nahezu beliebige Design- und Funktionsstrukturen auch auf komplexen Freiformflächen erzeugen.



Abb. 1: Additiv hergestellte und anschließend spanend bearbeitete BLISK

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Moritz Wollbrink

☎: +49 241 8904-231

✉: moritz.wollbrink@ipt.fraunhofer.de

www.ipt.fraunhofer.de

Digitale Prozessketten für die vernetzte, adaptive Produktion

In Branchen wie dem Werkzeug- und Formenbau werden Bauteile in kleinen Stückzahlen bei hohen Qualitätsanforderungen gefertigt. Dabei kommen verschiedene Fertigungsverfahren wie das Fräsen, Erodieren und Laserauftragschweißen zum Einsatz. Die Vielzahl an Fertigungstechnologien macht die Prozesskette anfällig gegenüber Produktionsstörungen und erfordert einen hohen Planungsaufwand in der Arbeitsvorbereitung. Additive Fertigungsverfahren erhöhen die Planungskomplexität, da als Rohmaterial kein herkömmliches Halbzeug, sondern meist Werkstoffe wie ein formloses Pulver verwendet wird.

Werden Fertigungsprozesse im Sinne der Industrie 4.0 digitalisiert, indem Maschinen und Anlagen miteinander vernetzt und die gewonnenen Daten mithilfe intelligenter Algorithmen analysiert werden, entstehen hochflexible Prozessketten. Das Fraunhofer IPT verfügt über ein umfassendes Verständnis darüber, wie Unternehmen ihre Maschinen- und Produktionsdaten verfügbar und verwertbar machen können. Die Aachener Ingenieure speichern diese Maschinendaten samt dem Know-how der Fertigungsplanung in einer Datenbank. So entsteht eine hilfreiche Technologiedatenbank, die eine grundlegende Vergleichbarkeit konkurrierender Fertigungstechnologien ermöglicht. Über solche Datenbanken können intelligente

Algorithmen lernen, passende Bearbeitungsszenarien für das Bauteil in Echtzeit zu ermitteln, sie unter Berücksichtigung der relevanten Zielgrößen zu bewerten und die Prozesskette anhand der verfügbaren Maschinenkapazitäten zu planen und adaptiv anzupassen.



Abb. 1: Basierend auf umfassenden Prozessdaten kann der Planungsprozess zeit-, qualitäts- und kostenoptimiert stattfinden.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Mario Pothen

☎: +49 241 8904-144

✉: mario.pothen@ipt.fraunhofer.de

www.ipt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS steht für Innovationen in der Laser- und Oberflächentechnik. Die Dresdner Forscher bieten Lösungen aus einer Hand – von der Entwicklung neuer Verfahren über die Integration in die Fertigung bis hin zur anwendungsorientierten Unterstützung. Die Felder Systemtechnik und Prozesssimulation ergänzen die Kernkompetenzen.

Lage für Lage formt das Geschäftsfeld Generieren und Drucken Werkstoffe für verschiedenste Anwendungszwecke. Aus Ausgangswerkstoffen wie Pulver, Draht, Pasten oder Bändern entstehen komplette Bauteile. Hauptsächlich werden Metalle und Kunststoffe verarbeitet. Ein besonderes Merkmal bildet die ausgeprägte Verfahrens-, Systemtechnik- und Werkstoffkompetenz. Zum Einsatz kommen vielfältige Verfahren wie das Laserauftragschweißen mit Pulver und Draht, selektives Elektronen- und Laserstrahlschmelzen oder Hybridlösungen, die subtraktive mit additiven Methoden kombinieren.

Die Thermische Oberflächentechnik hat die gesamte Wertschöpfungskette der Systemtechnik- und Prozessentwicklung rund um Beschichtungsaufbau und Wärmebehandlung im Blick. Das Angebotsspektrum umfasst die Prozess- und Systemtechnikentwicklung für lasergestützte Beschichtungs- und Aufbauverfahren, sowie die Wärmebehandlung mit besonderem Fokus auf hochpräzise Randschichthärtungsverfahren. Unter dem Schlagwort »Industrie 4.0« arbeitet das

Fraunhofer IWS beständig daran, immer höhere Automatisierungsgrade zu erzielen. Die auf der Formnext 2019 präsentierten Produkte, wie die Laserauftragschweißköpfe der »Coaxn«-Familie, das Pulverdüsendiagnosesystem »Lsec« sowie das Modul »Lassy« zum Laserstrahlhärten, unterstreichen die Kompetenzen des Fraunhofer IWS auf dem Gebiet anwendungsbereiter Systemtechnik.



Abb. 1: Raketentriebwerk mit Aerospike, hergestellt durch Laser Powder Bed Fusion

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Tobias Naumann

☎: +49 351 83391-3338

✉: tobias.naumann@iws.fraunhofer.de

www.iws.fraunhofer.de

coaxworks GmbH

Die 2018 gegründete coaxworks GmbH ist Ihr innovativer Partner für Systemtechnik und Dienstleistungen der Technologie des richtungsunabhängigen Laser-Draht-Auftragschweißens. Wir bieten sowohl standard- als auch kundenspezifische Mehrstrahl-Laserköpfe mit zentrischer Drahtzufuhr zum Beschichten, Reparieren und Generieren. Als Nachrüstung für Ihre Laserzelle, als Upgrade für Ihren Schweißroboter oder als Montage-set für Ihre Serienmaschinen – es gibt zahlreiche Möglichkeiten der Integration.

Sie suchen auch nach Lösungen für die Drahtzuführung, die Prozessüberwachung oder das Arbeiten unter inerter Gasatmosphäre? Als Spin-off am Fraunhofer IWS Dresden kennen wir die neuesten Entwicklungen für die Verarbeitung einer Vielzahl moderner Drahtlegierungen. Um den Einstieg in die Technologie für Sie zu erleichtern, bieten wir Machbarkeitsstudien, Vor-Ort-Installation und Schulungen an.

Gehen Sie mit uns den nächsten Schritt in Richtung Produktion von morgen.



Abb. 1: Kompakter Laserkopf der coaxworks GmbH für die automatisierte additive Fertigung mittels Laser-Draht-Auftragschweißen

coaxworks GmbH

✉: email@coaxworks.de

www.coaxworks.de

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Das Fraunhofer IFAM bietet umfassenden Zugang zu einer großen Bandbreite an metallpulverbasierten additiven Fertigungsverfahren.

- Laser Beam Melting (LBM)
- Selective Electron Beam Melting (SEBM)
- Metal Binder Jetting (MBJ)
- 3D-Siebdruck
- Fused Filament Fabrication (FFF) von Metallen
- Prozesskontrolle bei der Wärmebehandlung – inkl. Entbinderungs- und Sinterprozesse
- Pulveranalyse
- Außerdem neue Technologien wie Kontinuierliche Photopolymerisation, Gelcasting oder 3D-Dispensdruck.

Das Fraunhofer IFAM in Bremen verfügt in seinem umfassend ausgestatteten Additive Manufacturing-Technikum über die kompletten Prozessketten des LBM und MBJ.

Am Fraunhofer IFAM in Dresden vereint das Innovation Center Additive Manufacturing ICAM® die Technologien SEBM, 3D-Siebdruck und FFF unter einem Dach.

Unser Angebot:

- Abdeckung der kompletten Wertschöpfungskette – von der Erzeugung der 3D-Datenmodelle über die Fertigung bis zur Endbearbeitung und -kontrolle der Bauteile.
- Technologische Benchmarks von Werkstoff bis Bauteil – sowohl im Vergleich

zu konventioneller Fertigung als auch zwischen den additiven Verfahren.

- Werkstoffentwicklung bei gleichzeitiger Prozessanpassung – Materialpalette von Leichtmetallen wie Aluminium und Titan bis zu Hartmetallen und hoch schmelzenden Legierungen.
- Unterstützung bei der Prozessintegration – Durchführung von Technologiestudien und Marktanalysen.
- Umfassende Analytik vom Pulver bis zum Bauteil zur Sicherstellung robuster Prozessabläufe.
- Durchführung kundenspezifischer Schulungen und Workshops



Abb. 1: Demonstratorbauteil für generative Fertigung durch 3D-Siebdruck

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Claus Aumund-Kopp

☎: +49 421 2246-226

✉: claus.aumund-kopp@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de /additiv

Metal Binder Jetting (MBJ) als Alternative zu strahlbasierten AM-Prozessen

Beim Metal Binder Jetting handelt es sich um ein pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren. Das Fraunhofer IFAM beschäftigt sich mit Material- und Prozessentwicklung entlang der gesamten Prozesskette: Drucken – Entpulvern – Entbindern – Sintern. Mittels Pulveranalytik werden dazu Sinteraktivität und Packungsverhalten des Ausgangspulvers charakterisiert, welche das Verdichtungs- und Schwindungsverhalten beim Sintern beeinflussen. Bei der Ermittlung geeigneter Sinterparameter greifen wir auf unsere Analysemöglichkeiten und langjährige Erfahrung aus dem Metallpulverspritzguss zurück. Versuche erfolgen auf Anlagen vom Typ ExOne Innovent und in kommerziellen Sinteröfen.

Prozessbeschreibung

Beim Metal Binder Jetting wird eine Pulverschicht aufgezogen, in die ein Binder mittels Inkjet-Druckkopf gedruckt wird. Der Binder wird durch eine Wärmelampe getrocknet. Diese Prozessschritte werden wiederholt, bis die gewünschten Geometrien aufgebaut sind. Nach dem Aushärten des Binders wird das entstandene Grünteil vom losen Metallpulver befreit und in einem Ofen entbindert und gesintert. Dabei wird das Bauteil verdichtet und schwindet auf das Endmaß (Abb. 1).

Vorteile:

- "Kaltes" Druckverfahren sowie die Verdichtung durch Sintern ohne Tem-

peraturgradienten führen zu geringen Eigenspannungen.

- Bauteile sind nicht mit der Bauplatte verbunden und benötigen beim Drucken keine Stützstrukturen, was die Nachbearbeitung reduziert.
- Das umgebende Pulver haftet nicht am Bauteil; geringere Rauigkeit ist die Folge.
- MBJ verwendet eine Druckkopfleiste anstelle eines Einzel- oder Mehrfachlasers zur Pulverkonsolidierung; eine sehr hohe Baugeschwindigkeit ist möglich.

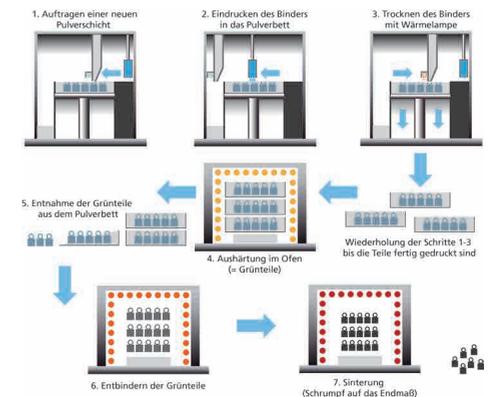


Abb. 1: Schematische Darstellung der einzelnen Verfahrensschritte des Metal Binder Jettings

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Claus Aumund-Kopp

☎: +49 421 2246-226

✉: claus.aumund-kopp@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de

Turbine aus dem 3D-Drucker

Gemeinsam mit der H+E-Produktentwicklung GmbH im sächsischen Moritzburg hat das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Dresden den Technolgie Demonstrator „Siemens SGT6-8000 H“ entwickelt. Dabei handelt es sich um ein skaliertes Modell einer Gasturbine zur Stromerzeugung im Maßstab 1:25, das bis auf die Welle komplett mit additiven Verfahren hergestellt wurde.

Die Komponentenbaugruppe besteht aus 68 Teilen aus Aluminium, Stahl und Titan, die durch Bauteiloptimierung und die Möglichkeiten der Technologien Elektronen- und Laserstrahlschmelzen die knapp 3000 Einzelteile ersetzen, aus denen das Originalbauteil besteht. Die Turbine ist dabei voll funktionsfähig. Sie zeigt eindrucksvoll die derzeitigen Potentiale und Grenzen pulverbettbasierter additiver Verfahren.

Die Fertigungsplanung war besonders wichtig und entsprechend aufwendig, um die richtige Technologie für jedes Bauteil festzulegen, da z. B. Genauigkeit und Rauigkeiten der Oberflächen zu beachten waren und die Funktionsfähigkeit des Demonstrators Grundvoraussetzung war. So müssen sich bspw. Welle und Turbinenstufen frei zwischen den Stator-Stufen drehen können und die Einzelbauteile des Demonstrators sollten mit minimalem Aufwand – durch Verschraubung und Aufstecken – miteinander

verbunden werden.

Das Fraunhofer IFAM war an der Fertigung des Bauteils sowie der Datenmodifizierung für die technologieangepasste Fertigung beteiligt. Die Gehäusebauteile mit Statorstufen wurden direkt vor Ort im Innovation Center Additive Manufacturing ICAM® am Standort Dresden gefertigt. Sie entstanden mittels Electron Beam Melting (EBM) aus dem Werkstoff Ti-6Al-4V in der Anlage Arcam Q20+. Die Turbinenstufen und die übrigen Gehäusebauteile wurden mittels Laserstrahlschmelzen bei H+E gefertigt.



Abb. 1: Skaliertes Modell einer Gasturbine zur Stromerzeugung; komplett mit additiven Verfahren hergestellt.

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und Angewandte
Materialforschung IFAM**

Dr. Burghardt Klöden

☎: +49 351 2537-384

✉: burghardt.kloeden@ifam-dd.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de

Hybrides additives Fertigungsverfahren mit Gelcasting für metallische Bauteile

Mit dem Gelcasting hat das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Dresden nun eine Technologie zur Herstellung von Bauteilen mit metallischen Werkstoffen neu erschlossen. Dabei werden additive Fertigungsverfahren eingesetzt, um die Gießformen herzustellen. Die eigentliche Formgebung erfolgt über das Ausgießen dieser Formen mit einer metallpulverhaltigen Suspension bei Raumtemperatur. Durch die besonderen Eigenschaften der Suspension tritt keine Sedimentation des Pulvers auf. Hier sind verschiedene Ansätze denkbar. So können sowohl ein einfacher Guss, Niederdruckguss, Vakuumguss oder auch Spritzguss etc. zum Einsatz kommen.

Eine eventuell notwendige Bearbeitung des Grünteils ist aufgrund der hohen Grünteilfestigkeit mit klassischen Methoden wie CNC-Fräsen oder Drehen einfach umsetzbar. Nach dem Erstarren und Trocknen des Grünteils sowie dessen Entformen wird es im Ofen thermisch entbindert und gesintert. Typische Sinterdichten liegen perspektivisch bei 99 %. Die Schwindung ist dabei sehr homogen und isotrop. Je nach Form sind Bauteile mit schmalen Wänden von 1 mm bis hin zu Wandstärken von über 10 mm machbar. Gleichzeitig lassen sich Bauteilgrößen von wenigen Gramm bis über 200 g realisieren.

Das Verfahren ist besonders kostengünstig und zeichnet sich durch seine Materialfreiheit aus. Auch sind verschiedene Materialkombinationen möglich.

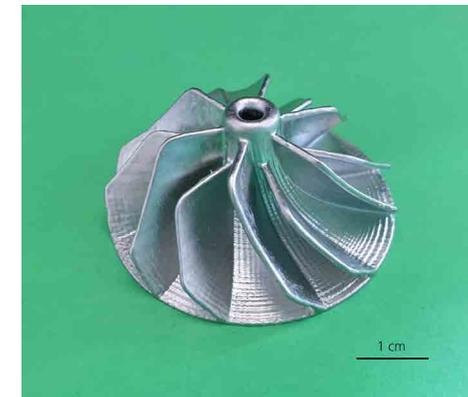


Abb. 1: Propellerrad, hergestellt über AM-Formgebung und Gelcasting

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und Angewandte
Materialforschung IFAM**

Sebastian Riecker

☎: +49 351 2537-429

✉: sebastian.riecker@ifam-dd.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den

direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Als Forschende, Unternehmer und Visionäre verstehen sich unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als Taktgeber und Innovationsmotor der Wirtschaft. Sie meistern wie unser Namenspatron den Spagat zwischen Forschung und unternehmerischem Denken, sie übernehmen Verantwortung für die Zukunft, erarbeiten Lösungen für die Herausforderungen von morgen. Auf der Formnext 2019 zeigen sie, was die Zukunft der industriellen 3D-Bearbeitung prägen wird und finden Antworten auf die Frage: What's next?

