



HOCHLEISTUNGSKERAMIKEN ADDITIV GEFERTIGT
SELEKTIVES LASERSINTERN - NEUE MATERIALIEN
INNERE STRUKTUREN
KONTI-3D-DRUCKER

euromold.

Konzepte für die generative Fertigung der Zukunft

Mit den gebündelten Kompetenzen aus der generativen Fertigung und dem breit gefächerten Wissen über die zu verarbeitenden Materialien sichern wir unseren Kunden und Partnern einen entscheidenden Vorteil in der Nutzung der generativen Fertigungstechnologien.

Auf der EuroMold 2014 vom 25. bis 28. November stellen wir unser breites Dienstleistungsangebot und unsere Kernkompetenzen vor. Der intensive Wissenstransfer zwischen den elf Instituten ermöglicht es uns, umfassendes Know-how in Engineering, Qualität, Technologien und Werkstoffen weiterzuentwickeln und im Sinne unserer Kunden anzuwenden – ausgewählte Beispiele aus unserem breiten Angebot präsentieren wir auf der EuroMold.

HALLE 11 STAND C66
FRANKFURT AM MAIN
25. BIS 28. NOVEMBER

NEUE GESCHÄFTSSTELLE ALLIANZ GENERATIV

Dr. Bernhard Müller neuer Sprecher der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

Dr.-Ing. Bernhard Müller ist seit März diesen Jahres zum neuen Sprecher der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung berufen worden. Mit dem Gruppenleiter für Generative Verfahren am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU übernimmt ein Fraunhofer-Kollege mit über 20-jähriger, verfahrensübergreifender Berufserfahrung im Bereich der generativen Fertigung die Geschäftsstelle der Fraunhofer-Allianz.

Die Geschäftsstelle wechselt ab sofort von ihrem vorherigen Standort in Aachen mit dem bisherigen Allianz-Sprecher Axel Demmer an den IWU-Standort Dresden.



Kontakt:

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung
c/o Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Nöthnitzer Str. 44
01187 Dresden
Tel.: +49 (0) 351 / 4772 2136
Geschäftsstellenbetreuung:
Dr.-Ing. Bernhard Müller
Dipl.-Wirtsch.-Hisp. Andrea Richter

Homepage: www.generativ.fraunhofer.de

E-Mail: info@generativ.fraunhofer.de

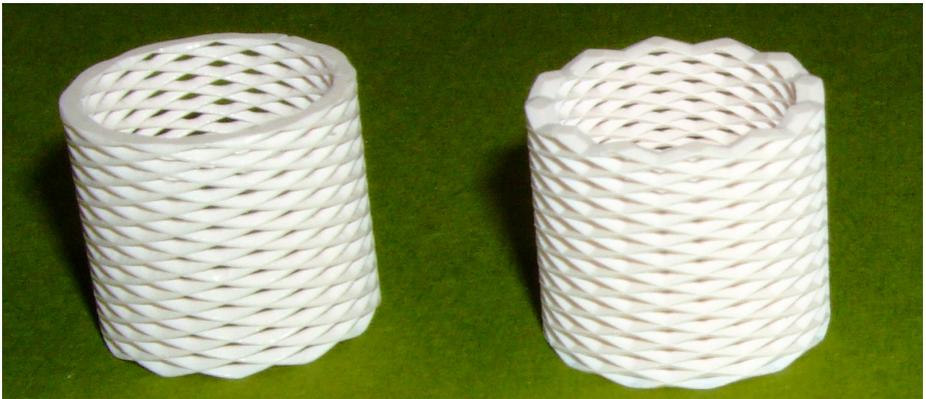
ADDITIVE FERTIGUNG

Komplexe Keramikbauteile mit dichtem Werkstoffgefüge

Das Fraunhofer IKTS hat in diesem Jahr seine Anlagentechnik zur additiven Fertigung von Keramiken erweitert. Mit der Anlage CeraFab 7500 von der Lithoz GmbH können geometrisch komplexe Keramikkomponenten additiv gefertigt werden, die nach der Sinterung ein dichtes, homogenes Werkstoffgefüge und damit herausragende Werkstoffeigenschaften aufweisen.

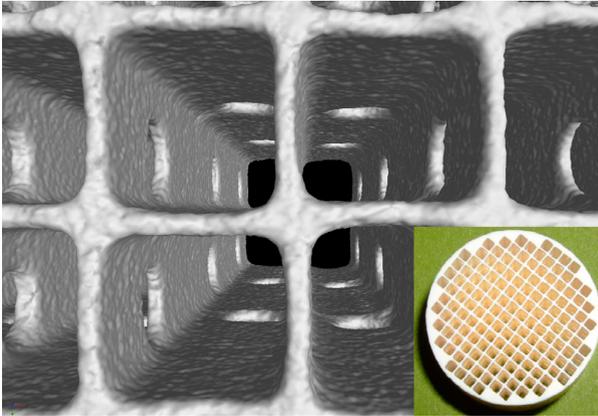
Die Anlage verwirklicht die DLP-Technologie (direct light processing), im konkreten Fall auch als LCM (Lithography-based Ceramic Manufacturing) bezeichnet. Das Keramikpulver ist in einem photo-polymerisierbaren organischen Bindersystem homogen dispergiert. Durch selektive Maskenbelichtung dieser Suspension entsteht der Keramik-Grünkörper entsprechend des CAD-

Datenmodells, der dann nach der additiven Formgebung in Wärmebehandlungsprozessen entbindert und dicht gesintert wird. Die mittels LCM hergestellten Keramikbauteile weisen Werkstoffeigenschaften auf, die auf demselben Niveau liegen, wie bei konventionell hergestellten Keramiken. Für die Keramikhersteller und -anwender öffnen sich damit völlig neue Möglichkeiten in der Konstruktion, Produktion und Anwendung von Hochleistungskeramik. Die Herstellung der Bauteile erfolgt direkt aus den CAD-Daten, wodurch auch schnell und einfach Designänderungen vorgenommen werden können. Eine Schlüsselstellung nehmen neben der LCM-Anlagentechnik die Entwicklung der jeweiligen Suspension mit den photo-sensitiven Komponenten sowie die angepasste Wärmebehandlung der additiv gefertigten Grünkörper ein. Für technische Keramikbauteile aus Aluminiumoxid und Zir-



Offenzellige Strukturen aus Aluminiumoxid [Foto: Fraunhofer IKTS]

VON HOCHLEISTUNGSKERAMIKEN



*Wabenförmige Mischerstruktur aus Oxidkeramik mit Bohrungen in den Kanalwänden
[Foto: Fraunhofer IKTS]*

koniumoxid können wir Standard-Suspensionen nutzen, womit eine schnelle, kostengünstige Fertigung von Prototypen oder Kleinserien komplexer Bauteilgeometrie möglich ist.

Darüber hinaus entwickeln wir neue Suspensionen für die LCM-Technologie um die Werkstoffpalette zu erweitern. Ein FuE-Kooperationsvertrag zwischen dem Fraunhofer IKTS und der Lithoz GmbH ist die Basis dafür, dass schnell auf Kundenanforderungen reagiert werden kann, die LCM-Technologie für ein breites Werkstoff und Bauteilspektrum zugänglich wird und bestmöglich den Qualitätsanforderungen der Kunden anpasst werden kann.

Unser Leistungsangebot umfasst die gesamte Prozesskette von der fertigungsgerechten Bauteilkonstruktion über die additive Herstellung bis zur eventuellen Nachbearbeitung des gesinterten Keramikbauteils. Die Abbildungen zeigen beispielhaft dünnwandige, komplexe Bauteile aus Aluminiumoxid mit dichtem Werkstoffgefüge, die momentan nur mit dem LCM-Verfahren herstellbar sind – wabenförmige Mischerstrukturen mit Bohrungen in den Kanalwänden, offene Zellstrukturen.

Kontakt:

Uwe Scheithauer, Fraunhofer IKTS

Tel.: +49 (0) 351 / 2553 7671

E-Mail: uwe.scheithauer@ikts.fraunhofer.de

Dr. Hans-Jürgen Richter, Fraunhofer IKTS

Tel.: +49 (0) 351 / 2553 7557

E-Mail: hans-juergen.richter@ikts.fraunhofer.de

SELEKTIVES LASERSINTERN

Entwicklung neuer Materialien für das Selektive Lasersintern - Maximale Bau- raumtemperatur des Materialprüfstands auf 250°C erhöht

Die Entwicklung und Erprobung neuer Werkstoffe für das Selektive Lasersintern ist sehr aufwändig: Häufig stehen am Anfang einer Entwicklung nur kleine, teure Probenmengen zur Verfügung, darüber hinaus wird das Lasersintern von vielen Einstellgrößen beeinflusst, so dass viele Parametersätze mit entsprechend hohem Zeitaufwand getestet werden müssen. Aus diesem Grund hat Fraunhofer UMSICHT einen Materialprüfstand für Lasersinterpulver entwickelt: Die Maschine bietet vergleichbare Prozessbedingungen wie kommerzielle Lasersintermaschinen: (CO₂ Laser 30W, Scangeschwindigkeit 4 m/s, Stickstoffatmosphäre). Durch die kleine Bauform (Durchmesser 100mm) sind aber 1000 ml eines Pulvers für erste Screening-Versuche ausreichend. Hiermit

können bereits 10 verschiedene Einstellungen getestet werden. Ein weiterer Vorteil der Maschine ist die schnelle Reaktionszeit bei Temperaturänderungen, so dass etliche Parametersätze pro Tag getestet werden können. Auch der Aufwand für das Reinigen der Maschine ist durch die offene Bauweise wesentlich geringer, so dass Materialien schnell gewechselt werden können. Bisher war die Temperatur des Pulverbetts auf 190°C begrenzt. Durch eine verbesserte Isolierung der Baukammer und Erhöhung der Leistung der Infrarotstrahler können nun Bauraumtemperaturen bis 250°C erreicht werden und das Einsatzgebiet somit auf höherschmelzende Thermoplaste erweitert werden. Abgerundet wird das Leistungsangebot von Fraunhofer UMSICHT durch die Möglichkeit Pulver vor Ort durch Compoundierung (Ausrüstung des Basispolymers mit Additiven), kryogene Zerkleinerung, Luftstrahlsiebung, Trocknungs- und Mischtechnik herstellen zu können.



Mini-SLS-Bauraum [Foto: Fraunhofer UMSICHT]

Kontakt:

Jan Blömer

Fraunhofer UMSICHT

Tel.: +49 (0) 208 / 8598 1406

E-Mail: jan.bloemer@umsicht.fraunhofer.de

EINE RUNDE SACHE - PULVER FÜR AM

Pulver mit guten Fließigenschaften:

das ist eine Voraussetzung für eine sichere und störungsfreie Verarbeitung von Materialien in additiven Fertigungsverfahren, die einen homogenen Pulverauftrag oder eine kontinuierliche Pulverzufuhr erfordern. Idealerweise sind die dafür eingesetzten Pulverpartikel daher sphärisch. Unter bestimmten Voraussetzungen gelingt die Herstellung von Pulvern mit hoher Partikelsphärizität durch die Zerstäubung von Flüssigkeiten.

Am Institutsteil Sulzbach-Rosenberg von Fraunhofer UMSICHT werden Verfahren zur Zerstäubung von Schmelzen eingesetzt, materialspezifisch optimiert und grundlegend weiterentwickelt, um Pulverwerkstoffe zu erzeugen und zu optimieren. Für die additive Fertigung werden diese Schmelzen mittels inerten Gasen, wie Stickstoff oder Argon, zerstäubt, um Oberflächenreaktionen und dadurch bedingte Abweichungen von der Kugelform zu vermeiden. Mit diesen Techniken können am Institut speziell konfektionierte, sphärische Pulver hergestellt werden, die nahezu die gesamte Bandbreite an technisch interessanten Werkstoffen umfassen: Sn-, Ag-, Au-, Cu-Legierungen, Al-, Mg-, Ti-Legierungen, Selten-Erd-Legierungen, Stähle und Nickelbasislegierungen in fast beliebiger Zusammensetzung.

Die in mehr als 20 Jahren Entwicklungsarbeit aufgebaute Anlagentechnik und Erfahrung kann sich sehen lassen:

- Rotationszerstäubungsanlage mit Schmelzvolumen von 250 kg pro Schmelzyklus
- Laborverdüsungsanlage mit bis zu 25 kg Schmelzkapazität
- Pilotanlage mit bis zu 100 kg Fassungsvermögen der Schmelzvorrichtung

Die Anlagentechnik enthält eine Vielzahl einzigartiger Konzepte und Konstruktionen. Sie wurde über den Stand der Technik hinausgehend mit speziellen Eigenentwicklungen versehen, die es ermöglichen, die Vielfalt an Pulver im Produktportfolio zu erweitern und deren Eigenschaften gezielt einzustellen. Speziell für die additive Fertigung ist es möglich, hoch rieselfähige (sphärische) Pulver auch im Feinstbereich wirtschaftlich herzustellen. Für Partner aus Industrie und Forschung werden neuartige Legierungspulver gefertigt und anwendungsspezifisch klassiert. Aktuell erforschen die Wissenschaftler bei UMSICHT in einem vom Bayerischen Freistaat (StmWI) geförderten Vorhaben, wie sich Thermoplaste über die in Sulzbach-Rosenberg entwickelte Heißgasverdüsungstechnik zu sphärischen Pulvern im benötigten Partikelgrößenbereich $< 90 \mu\text{m}$ verarbeiten lassen.

Kontakt:

Gerhard Wolf

Fraunhofer UMSICHT

Tel.: +49 (0) 9661 / 908 473

E-Mail: gerhard.wolf@umsicht.fraunhofer.de

OPTIMALE EIGENSCHAFTEN



*Cellularloop
[Foto: Anke
Bernotat, Folkwang
Universität]*

Material nur dort verwenden, wo es für das zuverlässige Funktionieren des Bauteils auch wirklich benötigt wird

- so kann man die komplexen Strukturen erklären, die in der Natur gefunden werden. Beispielsweise erreicht so die Struktur eines Knochens, die sich aus der Kortikalis und den Trabekeln der Spongiosa ergibt, den bestmöglichen Kompromiss aus Gewichtsersparnis und Festigkeit.

Die generative Fertigung ermöglicht es, einige dieser Konstruktionsprinzipien der Natur zu übernehmen und auf technische Fragestellungen anzuwenden. In dem vom BMBF geförderten Projekt »Bionic Manufacturing« wurden von einem Konsortium aus industriellen Partnern, der Folkwang-Universität der Künste und den Fraunhofer-Instituten UMSICHT und IWM untersucht, wie bionische Konstruktionsprinzipien in generativen Fertigungsprozessen praktisch umgesetzt werden können.

In der Natur gilt die Aussage »form is function« - die äußere Gestalt eines Bauteils, z.B. einer Krallen, einer Dornen oder eines Reißzahns, ist optimal auf dessen Belastung abgestimmt. Hingegen unterliegen Gegenstände des täglichen Gebrauchs in der Regel weiteren Randbedingungen. Ein Designerstuhl soll ästhetisch ansprechend sein, die Einlegesohle eines Schuhs soll der individuellen Fußform entsprechen. Gleichzeitig müssen diese Gegenstände auch mechanische Anforderungen erfüllen.

Am Fraunhofer-IWM wurde ein Verfahren entwickelt, welches eine vorgegebene äußere Form eines Produkts mit einer Zellenstruktur füllt und es ermöglicht, durch Variation dieser Struktur die mechanischen Eigenschaften des Bauteils zu berechnen, gezielt anzupassen und zu optimieren. Durch die Optimierung der Zellenstruktur wurde die Festigkeit des von Prof. Anke Bernotat entworfenen Freischwingers »Cellular Loop« ohne erhöhten Materialeinsatz mehr

DURCH INNERE STRUKTUREN

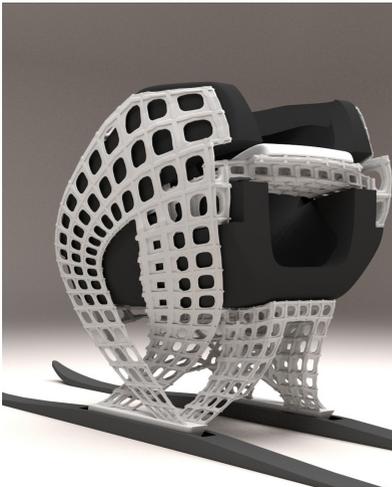
als verdoppelt. Das gleiche Verfahren kam bei der Optimierung der mechanischen Zuverlässigkeit eines Schlittens für den Behindertensport zum Einsatz, der von Edgar Grendatsch (im Rahmen einer Abschlussarbeit an der Folkwang Universität) für die Paralympics 2014 in Sotschi entworfen wurde.

Wegen der wachsenden Anzahl von Werkstoffen, die für generative Verfahren zur Verfügung stehen, finden sich weitere Anwendungen, für die eine interne Zellenstruktur eine Möglichkeit zur Anpassung und Optimierung der mechanischen Eigenschaften von Bauteilen bietet. Fraunhofer-UMSICHT hat Pulver aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) entwickelt, mit denen Bauteile aus Elastomeren im selektiven Lasersinterverfahren hergestellt werden können. Somit können zum Beispiel Einlege- oder Laufsohlen generativ gefertigt werden.

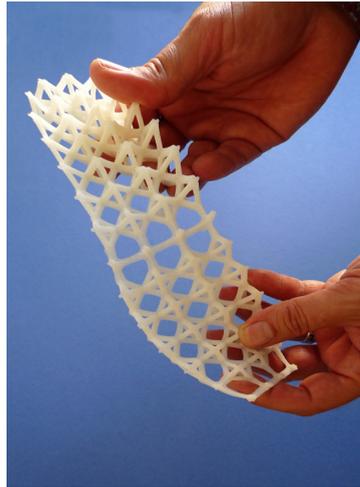
Daher plant ein Konsortium aus Industriepartnern, Fraunhofer-IWM und Fraunhofer-UMSICHT ein gemeinsames Forschungsprojekt, in dem der Einsatz von generativen Verfahren zur Verarbeitung von thermoplastischem Polyurethan in der Orthopädieschuhtechnik untersucht werden soll.

Kontakt: Dr. Raimund Jaeger, Fraunhofer IWM

Tel.: +49 (0) 761 / 5142 284; E-Mail: raimund.jaeger@iwm.fraunhofer.de



Generativ gefertigter Schlitten
[Foto: Fraunhofer UMSICHT]



Generativ gefertigte Sohle
[Foto: Fraunhofer IWM]

PHOTOPOLYMERISATION

“Die dritte industrielle Revolution ist im Gange. Fertigung wird digital. [...] Die Fabrik der Vergangenheit wurde auf Basis der Herstellung von Millionen von identischen Produkten geschaffen: Ford sagte einst, dass Autokäufer sich jede beliebige Farbe wünschen könnten, solange es Schwarz sei. Aber die Kosten für die Herstellung vieler kleiner Chargen mit größerer Vielfalt, jedes einzelne Produkt genau auf jeden Kunden zugeschnitten, werden niedriger. Die Fabrik der Zukunft wird sich auf „Mass Customization“ konzentrieren - und könnte eher wie Weber am Handwebstuhl als wie die Ford-Montagelinie aussehen.“

[Aus “The Economist” vom 21. April 2012]

Die Industrie entwickelt laufend Ideen für neue Fertigungsverfahren und neue Ansätze für die Produktionstechnik, welche die Art und Weise und die Geschwindigkeit der Produktentwicklung verändern, wie z.B. der Einsatz von Rechnern und Computer Aided Design (CAD) in den frühen 80ern. Dreidimensionales Drucken von Polymer-, Metall- oder Keramikteilen ist längst kein Traum mehr: Rapid Prototyping für die Entwicklung von Haushaltsgeräten [1], individuelle Produktion von Zahnimplantaten [2] und Herstellung von Schalen für Hinterohr- und Im-Ohr-Hörgeräte [3] sind einige Beispiele für Anwendungen von Additive Manufacturing. Der Ursprung dieser Technologie liegt 25 Jahre zurück, als Charles (Chuck) W. Hull die Stereolithografie (SLA) [4] als ein Verfahren

und eine Vorrichtung zur Herstellung von festen Objekten durch das aufeinanderfolgende »Drucken« dünner Schichten patentieren ließ. Obwohl seitdem neue Additive Manufacturing (AM) Produktionssysteme mit neuen Materialien auf den Markt gebracht wurden und die Technologie bemerkenswerte Fortschritte gemacht hat, ist der Produktionszyklus in vielen Fällen nicht mit Standard-Fertigungslinien vergleichbar.

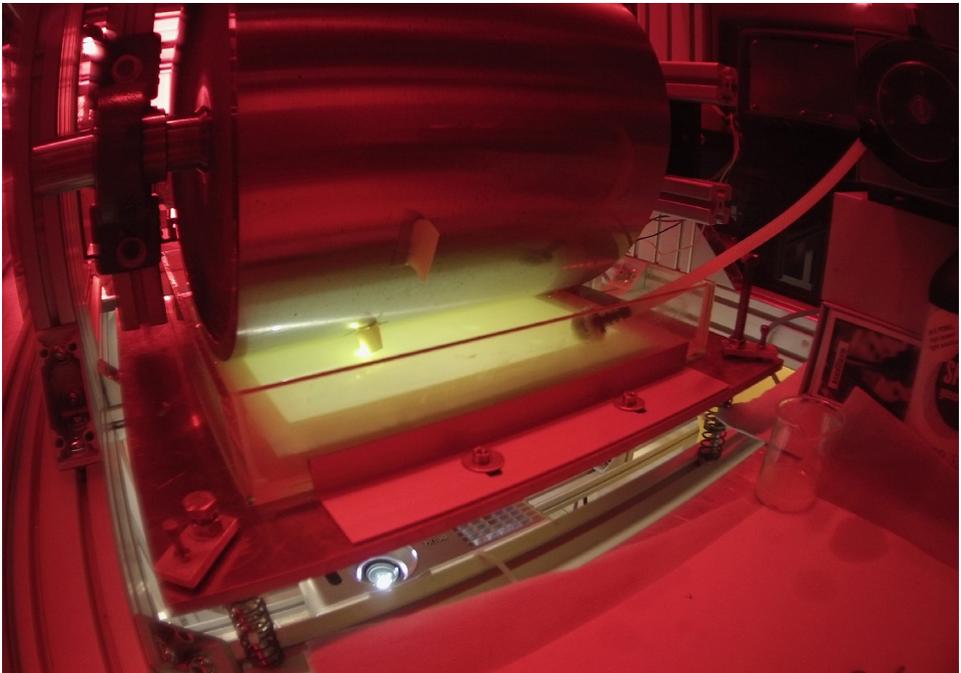
Der nächste Schritt in Richtung einer kundenspezifischen Massenproduktion, nämlich die Entwicklung einer hochwirksamen Fertigungsanlage nach dem Fließbandprinzip, steht noch aus. Daher ist es unsere Idee, die generative Fertigung erheblich zu verändern, indem wir eine Anlage für eine kontinuierliche Fertigung nach dem Schichtbauprinzip vorstellen.

Additive Fertigungssysteme basieren auf einem orthogonalen System-Layout, in dem eine Bauebene und eine Bauhöhe definiert werden. Je nach Verfahren wird flüssiges, pulver- oder drahtförmiges Material verwendet. Die meisten bekannten generativen Fertigungsverfahren verwenden eine eindimensionale Energie- bzw. Materialquelle in Form eines Lasers, einer beheizten Extrusionsdüse oder eines Druckkopfs. Mit Hilfe einer Scannereinheit können ausgewählte Bereiche in der jeweiligen Schicht verfestigt oder ausgehärtet werden. Schicht für Schicht wird die Verfestigung wiederholt, bis die entsprechende Anzahl von Schichten für den Aufbau der Bauteile abgeschlossen ist [5].

KONTI-3D-DRUCKER

Die Herstellung von Bauteilen mit generativen Fertigungsverfahren ist in der Regel ein diskontinuierlicher Prozess (Batch-Verfahren). Herkömmliche AM-Verfahren sind in der Lage, eine Charge nach der anderen herzustellen, wobei zwischen den Chargen die Bauteile aus der Maschine entnommen werden müssen und die Maschine für den nächsten Zyklus aufgerüstet wird. Bei der gleichzeitigen Herstellung einer großen Anzahl von Produkten in einer Charge werden die Personal- und Geräteauslastung für die Vor- und Nachbereitung der Bauteile nicht optimal verteilt, da solche Schwankungen in der Produktion schwieriger zu verwalten sind.

Die Beschleunigung der Produktionszeit von Standardsystemen ist mithilfe von austauschbaren Baukammern möglich. Diese werden nach jeder Charge entnommen und durch neue ersetzt, wodurch die Zeit zwischen zwei Produktionszyklen verkürzt wird. Für pulverbett-basierte Prozesse sind bereits erste kontinuierliche Fertigungssysteme auf dem Markt erhältlich [6], dennoch basieren diese Verfahren auf einem Arbeitsprinzip, welches nicht auf Prozesse für die Verarbeitung von flüssigen Werkstoffen übertragbar ist. Andere Ansätze für eine Beschleunigung der Rüstzeit [7] bieten ebenfalls keine ganzheitliche Lösung für die Nachteile einer chargenweisen Fertigung.



Konti-3D-Drucker [Foto: Fraunhofer IFAM]

PHOTOPOLYMERISATION

Unser Ansatz der Einführung eines Verfahrens zur kontinuierlichen Fertigung kann den Einsatz von AM-Verfahren für die individualisierte Massenfertigung grundlegend verändern. Die entwickelte Vorrichtung nutzt die Technik der kontinuierlichen Photopolymerisation nach dem Digital Light Processing Prinzip [8] zur schichtweisen Herstellung von Komponenten und Bauteilen. Kundenspezifische Bauteile, die mittels Photopolymerisation hergestellt werden, sind bereits auf dem Markt erhältlich und werden von verschiedenen medizinischen Firmen eingesetzt [9].

Der wesentliche Unterschied zu den üblichen Batch-Systemen ist, dass bei unserem Ansatz eine als Substrat dienende drehbare Walze anstelle einer flachen Bauplatte verwendet wird. Diese Walze wird in ein Polymer-Bad eingetaucht, wobei ein Teil davon noch auf der Oberseite herausragt. Mehrere Lichtquellen, in genau definierter, zunehmender Entfernung um die Walze herum positioniert, sind erforderlich, um das Polymer an verschiedenen Stellen in verschiedenen Stufen auf der Oberfläche der Walze mittels Licht selektiv aushärten zu lassen.

Bei der schrittweisen Drehung der Walze wird Schicht für Schicht ein dreidimensionales Bauteil auf dem eingetauchten Teil des Zylinders aufgebaut. Die Bauteile sind je nach Größe nach mehreren Schritten fertig und können auf der Oberseite der Walze von der Oberfläche getrennt werden.

Damit ist die Substrat-Fläche wieder bereit und der Prozess kann kontinuierlich weiterlaufen. Bis jetzt ist die Produktionszykluszeit eines herkömmlichen AM-Verfahrens nicht vergleichbar mit industriellen Fertigungslinien. Unser Ansatz in Richtung einer kostengünstigen individuellen Massenfertigung wird die Wirtschaftlichkeit der AM-Technologien entscheidend verbessern. Eine kontinuierliche Produktion stellt insbesondere im Hinblick auf die Verwendung der Ressourcen einen großen Vorteil dar, weil fertige Bauteile laufend die Produktionsstraße verlassen und dadurch die Arbeitsabläufe verstetigt und somit verbessert werden.

Eine interessante zukünftige Prozessvariante könnte die Verwendung von Keramik- oder Metall-Polymer-Suspensionen sein, welche die Verarbeitung einer Vielzahl von Materialien auf technisch identisch aufgebauten Anlagen ermöglichen würde. Letztendlich bleibt dabei das Hauptprinzip, die Verwendung von Licht zur Verfestigung von Polymeren, unverändert.

Kontakt:

Fraunhofer IFAM

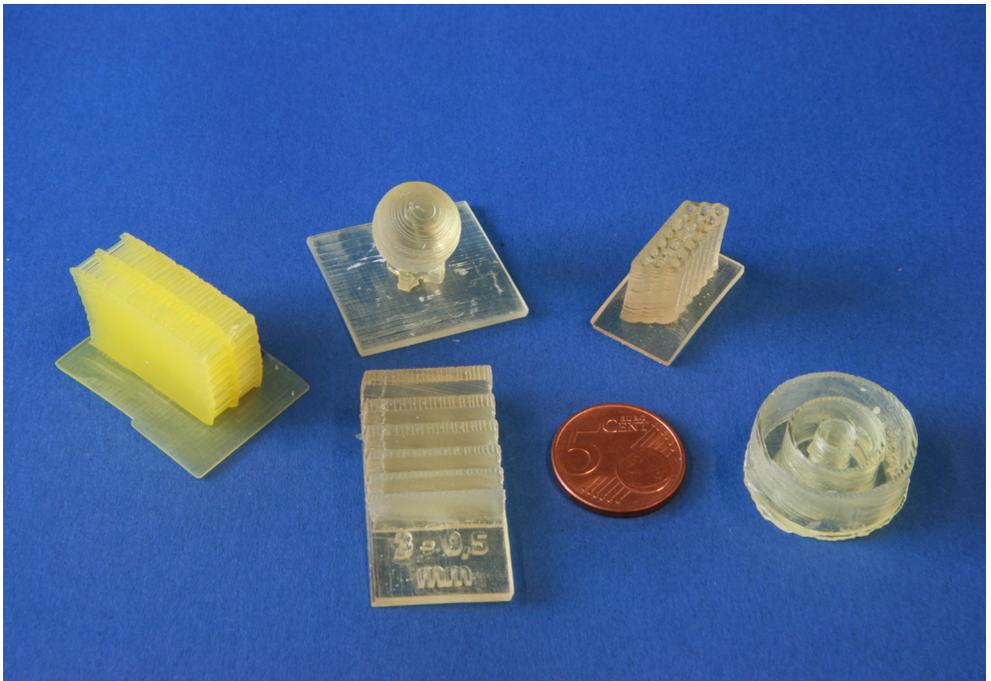
Juan Isaza Paz

Tel.: +49 (0) 421 / 2246 180

E-Mail: juan.isaza.paz@ifam.fraunhofer.de

Referenzen

- [1] www.voxeljet.de/en/services/case-studies/projector/ (Stand Feb. 2013)
- [2] www.eos.info/fileadmin/user_upload/downloads_presse/pdf_files/EOS_Kundenreferenz_BEGO_d.pdf
- [3] Klare M., Reiner A.: Rapid Manufacturing in der Hörgerätindustrie. RTEjournal, Vol. 2 (2005)
- [4] Grimm, T.: User's Guide to Rapid Prototyping, S. 11, Society of Manufacturing Engineers, 2004
- [5] Wohlers, T. (ed.): Wohlers Report 2009.
- [6] www.3druck.com/drucker-und-produkte/voxeljet-vxc800-weltweit-erster-kontinuierlich-arbeitenden-3d-drucker-497151/ (Stand Feb. 2013)
- [7] www.exone.com/materialization/systems/S-Max (Stand Feb. 2013)
- [8] Gebhardt, A.: Generative Fertigungsverfahren, 3. Auflage, S. 33, Carl Hanser Verlag, 2007
- [9] otoplastik.dreve.de/ Wohlers Associates, Fort Collins, 2009. ISBN: 0-9754429-5-3



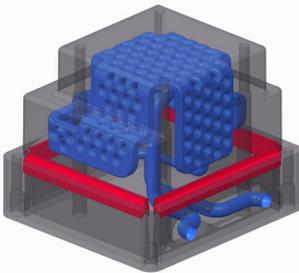
Generativ gefertigte Bauteile aus dem Konti-3D-Drucker [Foto: Fraunhofer IFAM]

KUNSTSTOFFSPRITZGUSS

Innovative Spritzgusswerkzeuge

Ziel des FuE-Vorhabens mit den Firmen KMS Kunststoff-Metall-Schubert und KDS Radeberger Präzisions- Formen- und Werkzeugbau GmbH (Großröhrsdorf, Sachsen) bestand darin, die Basis für die Herstellung innovativer Spritzgusswerkzeuge auf generativem Wege zu schaffen, um kürzere Zykluszeiten und höhere Bauteilqualitäten zu realisieren. Im Fokus der Untersuchungen stand dabei die Entwicklung, Fertigung und Qualifizierung neuartiger Werkzeugsysteme für den Kunststoffspritzguss, um projektübergreifend zukünftig eine effizientere Produktion zu ermöglichen und Kunden neue Lösungen anbieten zu können.

Ein Kunststoffspritzgießwerkzeug sollte mittels großflächig vernetzter Werkzeugtemperierung je nach Bedarf beheizt und/oder gekühlt werden können und zusätzlich durch eine gezielte Beeinflussung der



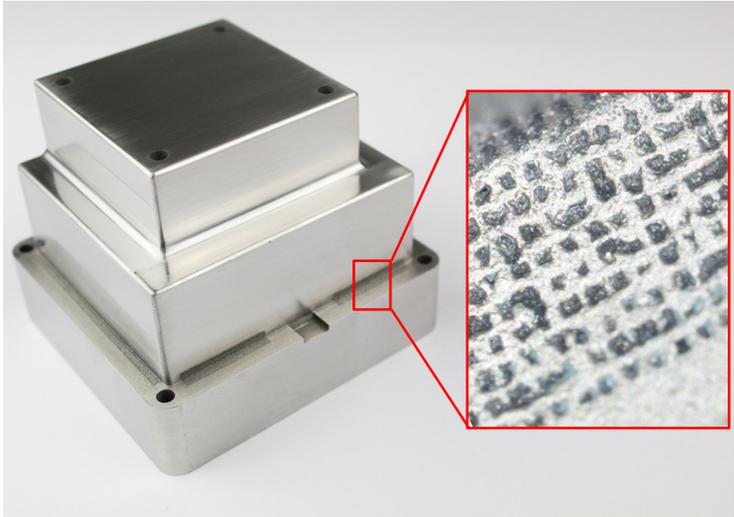
CAD-Modell generativ gefertigter Werkzeugeinsatz mit konturnaher Temperierung (blau) und mit definierter Position und Größe der Entlüftung (rot) [Foto: Fraunhofer IWU]

Werkstoffdichte eine optimale Werkzeugentlüftung und somit eine schnelle Formfüllung ermöglichen. Durch den Einsatz der generativen Laserstrahlschmelztechnologie sollte in vorher definierten Bereichen die Werkzeugentlüftung in einem Schritt mit der Werkzeugfertigung entstehen. Eine Entlüftung soll dadurch zukünftig auch an konventionell nicht zu entlüftenden Werkzeugkavitäten ermöglicht werden.

Im Vorhaben wurde mit Hilfe von Simulationen eine innovative Werkzeugtemperierung entwickelt und die optimale Position der Werkzeugentlüftung bestimmt. Die Temperatursteuerung erfolgt dabei über eine netzartige Flächenkühlung mit sehr geringem Abstand zu Werkzeugkontur. Für die gezielte Beeinflussung der Werkstoffdichte (Werkzeugentlüftung) wurden im Vorhaben eigens Anlagenparameter und eine entsprechende Belichtungsstrategie entwickelt. Entwicklungsziele waren dabei eine möglichst geringe Porengröße, eine gleichmäßige Porenverteilung und eine möglichst große Porenanzahl. Anzahl und Größe der Poren sollte dabei eine ausreichende Entlüftung bei gleichzeitig guter Bauteiloberfläche ermöglichen. Hauptaugenmerk während der gesamten Untersuchung wurde auf eine exakte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse (Poren) gerichtet.

Zur Verifizierung der Optimierungsmaßnahmen (Werkzeugtemperierung, Entlüftung)

INNOVATIVE WERKZEUGENTLÜFTUNG



*Werkzeugeinsatz mit generativ gefertigter poröser Werkzeugentlüftung
[Foto: Fraunhofer IWU]*

wurde das Werkzeug unter serienähnlichen Bedingungen auf einer Standard-Spritzgussmaschine bei der Firma KMS getestet. Die Prozessparameter wurden überwacht, entsprechend den Ergebnissen angepasst und ausführlich dokumentiert. In einer ersten Versuchsreihe wurden mit dem konventionellem Werkzeug die Referenzparameter und -einstellungen ermittelt. In einer zweiten Versuchsreihe wurden dann mit dem generativ gefertigten Werkzeug die Prozessparameter schrittweise in Richtung Zykluszeitoptimierung verändert. Die erreichten Verbesserungen konnten genau dem jeweiligen innovativen Werkzeugelement zugeordnet werden.

Die entwickelte Werkzeugtemperierung erlaubte eine deutliche Reduzierung der Kühlzeit um 33 % und somit eine Reduzierung der Gesamtzykluszeit um 19 %. Der

notwendigen Kühlzeit von 18 Sekunden beim konventionellen Vergleichswerkzeug stehen 12 Sekunden und eine deutlich geringe Bauteilentnahmetemperatur beim generativ gefertigten Werkzeug gegenüber. Die Funktion der Entlüftung über die porösen, generativ gefertigten Entlüftungen konnten ebenfalls im Realversuch nachgewiesen werden. So konnte der spezifische Spritzdruck und die Spritzzeit jeweils um mehr als 5 % reduziert werden.

Kontakt:

Mathias Gebauer, Fraunhofer IWU
Tel.: +49 (0) 351 / 4772 2151
mathias.gebauer@iwu.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Bernhard Müller, Fraunhofer IWU
Tel.: +49 (0) 351 / 4772 2136
bernhard.mueller@iwu.fraunhofer.de

ADDITIV-GENERATIVE FERTIGUNG

Am Fraunhofer IFAM in Dresden sind seit neuestem zwei der größten Anlagen ihrer Art in Deutschland für die additiv-generative Fertigung von Bauteilen in Betrieb.

Neben der am Institut installierten größten Anlage Deutschlands zur generativen Fertigung dreidimensionaler Bauteile mittels Elektronenstrahlschmelzen wurde nun auch eine neue innovative Anlage für das 3D Metal Printing in Betrieb genommen.

Damit wurde ein weiterer Meilenstein beim Aufbau der Kompetenz im Bereich der additiv-generativen Fertigung am Fraunhofer IFAM Dresden gesetzt.

Dreidimensionaler Siebdruck/3D Metal Printing

Im Gegensatz zu den etablierten Pulverbettverfahren ist das pastenbasierte 3D Metal Printing eine noch junge generative Technologie, die auf dem klassischen industriellen Siebdruck aufbaut. Der 3D-Siebdruck erlaubt eine hohe Produktivität, die der des metallischen Spritzguss MIM entspricht. Erweiterte Baumöglichkeiten wie geschlossene Kanäle, Strukturen ab 60 µm und Werkstofffreiheit bis hin zu Werkstoffkombinationen sind ebenfalls Kennzeichen dieses Verfahrens, in dem das Fraunhofer IFAM Dresden die Spitzenposition weltweit einnimmt. Die Anwendungsbreite spiegelt dabei den gesamten Wirtschaftsstandort Deutschland wider. Beispielhaft seien dabei Bauteile für die Me-



Demonstratorbauteile für generative Fertigung durch 3D Metal Printing [Foto: Fraunhofer IFAM]

dizintechnik aus Titan und Refraktärmetallen, Entwicklungen im Automotive für neue elektrische Antriebskonzepte, neuartigen Strukturen aus Stahl für die Chemie- und Verfahrenstechnik, Kühlerentwicklungen aus Kupfer in der Energietechnik sowie Magnetwerkstoffe aus seltenen Erden genannt.

Der erfolgreichen Entwicklung der letzten Jahre wurde jetzt mit einer komplett neu-entwickelten Forschungsanlage Rechnung getragen, die gemeinsam mit dem Kooperationspartner EKRA Automatisierungssysteme GmbH, einem Mitglied der ASYS GROUP, entwickelt wurde. Die auf den 3D-Siebdruckprozess zugeschnittene Anlage setzt in der Prozesstechnik neue Maßstäbe und enthält für den Anwender bereits Komponenten für eine spätere kommerzielle Umsetzung.

Dabei erlaubt die Anlage mit ihren zwei wechselseitig ansteuerbaren Drucktischen mit bis zu je 300 x 300 mm² nutzbarer

ERWEITERUNG DES TECHNOLOGIEPORTFOLIOS

Fläche vielfältige Variationsmöglichkeiten. Da die Tische bei einer parallelen Nutzung mit unterschiedlichen Parametern gefahren werden können, kann damit die Geschwindigkeit bei der Prozess- und Bauteilentwicklung erheblich gesteigert werden. Weiterhin erlauben die beiden Drucktische die Verdopplung der Produktivität und bieten Kunden damit bereits Anhaltspunkte für eine potentielle Siebdrucklinie.

Zusätzlich sind für Qualitätssicherung und Prozessüberwachung Konzepte integriert, wie sie in klassischen Siebdruckfertigungslinien von EKRA/ASYS für die Automotiv- und Photovoltaikindustrie bereits Standard sind.

Zusätzliche Features wie eine klimatisierte Prozesskammer, die Möglichkeiten zur Nutzung von sowohl wasser- als auch lösemitelbasierten Systemen und eine optionale IR oder UV-Härtung stellen sicher, dass diese 3D-Siebdruckanlage den zukünftigen Entwicklungsanforderungen des Fraunhofer IFAM Dresden und seiner Kunden auch weiterhin Rechnung trägt.

Mit dieser revolutionär neuen Anlagentechnik können weitere Anwendungsfelder erschlossen werden, wobei neben der reinen Bauteil- und Prozessentwicklung der Schwerpunkt auf weitere Produktivitätssteigerung und Qualitätssicherung gelegt werden soll, um mit potentiellen Anwendern die industrielle Umsetzung zu begleiten.



3D-Siebdruckanlage
[Foto: Fraunhofer IFAM Dresden]

ADDITIV-GENERATIVE FERTIGUNG

Elektronenstrahlschmelzen/Electron Beam Melting (EBM)

Electron Beam Melting (EBM) ist ein pulverbettbasiertes Strahlschmelzverfahren, mit Hilfe dessen Bauteile durch das schichtweise Aufschmelzen des Pulvers mittels eines Elektronenstrahls generiert werden. Der Prozess unterscheidet sich neben der Strahlquelle von anderen generativen Verfahren wie folgt:

- Das Pulverbett wird während des Aufbauprozesses auf erhöhter Temperatur gehalten (z.B. bei TiAl6V4 bei ca. 700°C). Dies führt zu einer beginnenden Versinterung der Pulverpartikel. Dadurch wird einerseits eine Stützwirkung im Pulverbett erzeugt. Andererseits hilft die Versinterung dabei, die Entstehung von Pulverstaub beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf das Pulverbett zu vermeiden.
- Der Prozess läuft unter Hochvakuum. Dadurch werden die Verunreinigungsgehalte im Prozess sehr niedrig gehalten, wodurch insbesondere sehr reaktive Materialien verarbeitbar werden.
- Der Elektronenstrahl wird trägheitsfrei abgelenkt, wodurch sehr hohe Scanraten ($\gg 1000\text{m/s}$) möglich sind. Daraus ergeben sich vergleichsweise hohe Bauraten (z.B. TiAl6V4: 55 – 80 $\text{cm}^3/\text{Stunde}$).

Am Fraunhofer IFAM Dresden ist seit Oktober 2013 die Anlage A2X der Firma Arcam und damit die größte Anlage Deutschlands zur generativen Fertigung dreidimensionaler Bauteile mittels Elektronenstrahlschmelzen installiert. Diese Maschine hat die folgende Spezifikation: eine maximale Strahlleistung von 50 - 3500 W, einen Bauraum von (200 x 200 x 380) mm^3 sowie eine spezielle Baukammer, die auf die Verarbeitung hochschmelzender Werkstoffe (z.B. intermetallische Verbindungen, Superlegierungen und Refraktärwerkstoffe) ausgelegt ist.

Einsatzgebiete für EBM sind beispielsweise in der Luftfahrt, der Automobilindustrie und in der Medizintechnik zu finden. So kann in der innovativen Anlage z.B. eine komplette Turbinenschaufel in einem einzigen Arbeitsgang gefertigt werden.

Kontakt:

3D Metal Printing

Dr. Thomas Studnitzky

Fraunhofer IFAM Dresden

Tel.: +49 (0)351 / 2537 339

thomas.studnitzky@ifam-dd.fraunhofer.de

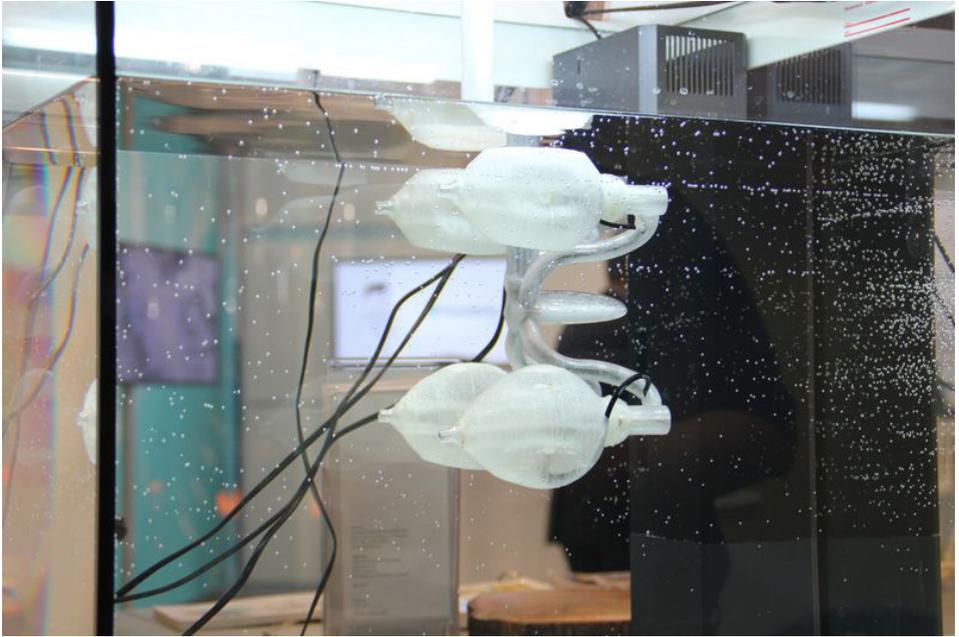
Electron Beam Melting

Dr. Burghardt Klöden

Fraunhofer IFAM Dresden

Tel.: +49 (0)351 / 2537 384

burghardt.kloeden@ifam-dd.fraunhofer.de



Bionik: 3D Printed Octopus Siphon Actuator (OSA)

Analysiert man einen Oktopus hinsichtlich der Art der Fortbewegung, so stellt man fest, dass er sich ohne Bodenkontakt durch eine körpereigene muskuläre Kontraktion fortbewegt, indem er Meerwasser gezielt in eine Richtung ausstoßen kann und so über das Rückstoßprinzip vorwärts schwimmt. Seine Fangarme schwimmen dabei regungs- und einflusslos mit.

Das Vorschubmedium Wasser wird mittels Muskeln in der Mantelhöhle über den Trichter in einer gezielt steuerbaren Ausstoßrichtung verdrängt. Zusätzlich können Oktopoden mit einem weiteren Muskel den Trichter beliebig öffnen und schließen. Diese Art der Fortbewegung nutzen Oktopoden hauptsächlich für schnelle plötzliche Fluchtbewegungen. Die Anwendung dieses Fortbewegungsprinzips auf schnelle Fluchtbewegungen lässt auf eine gewisse Beschleunigungs- und Antriebseffektivität schließen. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass dieses Antriebsprinzip für hohe Druckgrenzbereiche am Meeresboden geeignet ist.

DER OKTOPUS ALS VORBILD

Zielsetzung des OSA Projektes war es, nach dem Vorbild des Oktopus einen Unterwasseraktor zu entwickeln. Die Herstellung der Aktoren waren erst durch die Entwicklung von nachgiebigen, flexiblen Materialien und und der prozessseitigen Weiterentwicklung des generativen Fertigungsverfahrens Fused Deposition Modeling (FDM) möglich. FDM bietet sich auch aufgrund der Möglichkeiten der Materialkombination sowie die Gewährleistung möglichst viele Freiheitsgrade für die Konstruktion des Aktors an. Somit kommt man dem biologischen Vorbild sehr nahe.

Im Projekt wurde mittels eines bionischen Top-Down-Prozesses das Antriebsprinzip von Oktopoden analysiert und abtrahiert. Wie beim biologischen Vorbild wird angesaugtes Wasser mittels "Kontraktion" gezielt in eine Richtung durch eine entsprechende Öffnung ausgestoßen und somit die Fortbewegung ermöglicht.

Entscheidend bei der Entwicklung war auch die Auswahl des Materials hinsichtlich der Rückstellkraft der künstlich gebauten "Mantelhöhle", so dass ein erneutes Befüllen ohne aktives Zutun möglich ist. Daneben ist das Ziel die Grundlagen für ein neues nautisches Antriebssystem ohne Verletzungspotential für die Tierwelt sowie ein weitgehend druckunempfindliches System zu entwickeln, welches auch in großen Meerestiefen einsetzbar wäre.



*Ocotopus-Montage
[Foto: Fraunhofer IPA]*

Kontakt:

Andreas Fischer
Fraunhofer IPA

Tel.: +49 (0)711 / 970 1280

E-Mail: andreas.fischer@ipa.fraunhofer.de

Steve Rommel
Fraunhofer IPA

Tel.: +49 (0)711 / 970 1821

E-Mail: steve.rommel@ipa.fraunhofer.de

WORKSHOP PROZESSKETTEN

Gemeinsam mit der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung lädt das Fraunhofer IPK zum Workshop »Prozessketten in der additiven Fertigung« ein. Um die Einsetzbarkeit additiver Verfahren zu erhöhen, ist eine Prozesskette mit lückenloser Qualitätssicherung notwendig. Dies ist Voraussetzung für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Gebieten und die Zertifizierung von additiven Prozessen für die Luft- und Raumfahrt.

Neben pulverbett-basierten Verfahren wie Selective Laser Melting wird im Workshop der additive Einsatz von Laser-Pulver-Auftragsschweißen betrachtet. Besondere Beachtung finden dabei die Möglichkeiten zur Qualitätssicherung in den genannten Prozessen.

Aktuell entstehen Normen zur Maschinenabnahme oder Richtlinien zum Umgang mit Pulverwerkstoffen, die eine Zertifizierung von Prozessen unterstützen. Weiterentwicklungen in der Anlagentechnik werden vorgestellt. Dazu gehören Sensorik und Prozessregelung, die im Qualitätsmanagement zum Nachweis einer störungsfreien Fertigung dienen können. Die Themen werden anhand von Beispielen aus der industriellen Praxis und Forschungsprojekten vorgestellt.

Dieser Workshop wendet sich an Experten aus Industrie und Wissenschaft, die bereits in der additiven Fertigung tätig sind oder einen Einstieg in dieses Themengebiet erwägen. Behandelt werden Anwendungen aus der Turbomaschinenindustrie, dem Werkzeug- und Formenbau und der Luft- und

Raumfahrt. Basierend auf Impulsvorträgen aus Forschung und Industrie wollen wir die Möglichkeiten additiver Fertigung vorstellen und diskutieren.

Der Workshop soll zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit in der Industrie und der Anwendungsforschung beitragen. Fragen können gemeinsam mit Experten aus Wissenschaft und Industrie diskutiert werden. Eine Demonstration additiver Technologien im Versuchsfeld des Fraunhofer IPK sowie der Austausch über praktische Erfahrungen im Umgang mit den Verfahren runden den Workshop ab

Zielgruppe

Der Workshop wurde speziell konzipiert für Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer bzw. für Entwicklungsleiterinnen und Entwicklungsleiter von Unternehmen der Turbomaschinenindustrie, Luft- und Raumfahrt und des Werkzeug- und Formenbaus.

Datum: 25. Februar 2015

Ort: Produktionstechnisches Zentrum Berlin
Pascalstr. 8-9, 10587 Berlin

Beitrag: 320 Euro

Kontakt:

Benjamin Graf

Fraunhofer IPK

Tel.: +49 (0) 30 / 3900 6374

E-Mail: benjamin.graf@ipk.fraunhofer.de

NEUIGKEITEN DER FRAUNHOFER ALLIANZ

Special Keynote Paper Award für Juan Isaza vom Fraunhofer IFAM

Im Rahmen der diesjährigen Euro PM2014 - der jährlichen Konferenz der European Powder Metallurgy Association (EPMA) – vom 21. bis 24. September in Salzburg, Österreich, erhielt Juan Isaza vom Fraunhofer IFAM in Bremen einen von sechs Special Keynote Paper Awards für seinen Beitrag: „RFID Transponder Integration in Metal Surgical Instruments Produced by Additive Manufacturing“. Insgesamt steigt auch im Rahmen der Europäischen PM-Industrie das Interesse an AM. Deutliches Zeichen dafür war unter anderem ein Besucherrekord des so genannten Special Interest Seminars AM im Rahmen der Konferenz, das die neugegründete European Additive Manufacturing Group (EAMG) der EPMA organisiert hatte. Mitglied der vierköpfigen Steuerungsgruppe der EAMG ist u. a. Claus Aumund-Kopp vom Fraunhofer IFAM in Bremen.

Kontakt:

Juan Isaza Paz, Tel.: +49 (0) 421 - 2246 180
E-Mail: juan.isaza.paz@ifam.fraunhofer.de

Studie Laserstrahlschmelzen 2013: Trends und Herausforderungen

Unternehmen suchen stetig nach neuen innovativen Technologien, die zur Stärkung ihrer Marktstellung im internationalen Wettbewerb dienen. Aufgrund der heutigen kurzen Innovationszyklen gewinnt die Integration neuer Technologien ins Unter-

nehmensportfolio zunehmend an Bedeutung. Gerade additive Technologien bieten die Chance in verschiedenen Branchen in Kleinserie individuelle, hoch funktionsintergierte und komplexe Produkte herzustellen. Für die Einordnung von Grenzen und Möglichkeiten additiver Technologien zeigt die vom Fraunhofer IPK erstellte Studie einen branchenübergreifenden Überblick des Marktzustandes. Es wurden Herausforderungen identifiziert und Erfolgspotenziale aufgedeckt. Die vorliegende Marktstudie erfasst den heutigen Zustand, die Entwicklungen, Herausforderungen und Trends des deutschsprachigen Marktes für das Laserstrahlschmelzen. Dazu wurden Anwender, Dienstleister, Pulver- und Anlagenhersteller sowie Forschungseinrichtungen aus dem Bereich Laserstrahlschmelzen befragt. Um die Veränderungen des Marktes aufzuzeigen wird Bezug auf die Ergebnisse der vorangegangenen Umfrage von 2010 genommen.

Autoren:

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Dipl.-Ing. André Bergmann
ISBN 978-3-945406-00-7

Kontakt:

André Bergmann, Fraunhofer IPK
Tel.: +49 (0) 30 / 3900 6107
E-Mail: andre.bergmann@ipk.fraunhofer.de

VERANSTALTUNGSHINWEISE

INNOVATIVE CITIZEN 2014

Vom 27. September bis 02. Oktober 2014 fand im Dortmunder U das Festival Innovative-Citizen 2014 statt. Das Festival adressierte neue Technologien an der Schnittstelle zwischen avanciertem Bürgertum und etablierter Wissenschaft. 3D-Druck, Laserschneiden, Mikrocontroller, Self-Logging, Reparaturkultur, Upcycling, Crowd Funding und Citizen Science und viele weitere Themen, die für den Wandel heutiger Produktions- und Konsumstile Relevanz besitzen wurden thematisiert und diskutiert. Über 7.000 Besucher kamen, um die Ausstellung zu besuchen, über 650 nahmen an den zahlreichen Workshops und Vortragsveranstaltungen teil. Das Festival wurde konzipiert und durchgeführt von Fraunhofer UMSICHT. Heimatdesign und die Folkwang Universität der Künste waren Kooperationspartner, das Dortmunder U fungierte als Gastgeber. Gefördert wurden Festival und Begleitprojekt vom Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes NRW. Eine Wiederholung in 2015 ist geplant.

Kontakt:

Jürgen Bertling, Fraunhofer UMSICHT
Tel.: +49 (0) 208 / 859 8116
juergen.bertling@umsicht.fraunhofer.de

20. Anwenderforum

Rapid Product Development

Am 6.10.2015 jährt sich das Anwenderforum Rapid Product Development zum 20. Mal. Das Anwenderforum ist eines der wichtigsten und innovativsten Foren im süddeutschen Raum zum Thema Rapid Product Development und 3D-Druck. Die Verknüpfung von Fachmesse, Vortragsprogramm in zwei parallelen Sessions und Get-together der Branchenexperten ermöglicht den Teilnehmern, aktuellen Trends, Entwicklungen und Forschungsergebnissen auf den Puls zu fühlen. Auf der Ausstellung kommunizieren sie direkt mit führenden Herstellern und Entwicklern, die Vorträge führen anwendungsorientierte Fallbeispiele vor. Somit erfahren Sie den Stand der Forschung aus erster Hand. 2015 wird vor allem unter dem Thema „looking back - looking forward“ stehen, um auch aus den Erfahrungen der Vergangenheit einen Blick in die Zukunft zu wagen.

Veranstaltungsort

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Kontakt:

Steve Rommel, Fraunhofer IPA
Tel.: +49 (0) 711 / 970 1821
E-Mail: steve.rommel@ipa.fraunhofer.de

EIN THEMA – ELF INSTITUTE – EINE ALLIANZ

Fraunhofer IFAM | www.ifam.fraunhofer.de

Fraunhofer IFF | www.iff.fraunhofer.de

Fraunhofer IKTS | www.ikts.fraunhofer.de

Fraunhofer ILT | www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer IPA | www.ipa.fraunhofer.de

Fraunhofer IPK | www.ipk.fraunhofer.de

Fraunhofer IPT | www.ipt.fraunhofer.de

Fraunhofer IWM | www.iwm.fraunhofer.de

Fraunhofer IWU | www.iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer IZM | www.izm.fraunhofer.de

Fraunhofer UMSICHT | www.umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

www.generativ.fraunhofer.de

info@generativ.fraunhofer.de

Sprecher der Allianz

Dr.-Ing. Bernhard Müller

Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

c/o Fraunhofer IWU

Nöthnitzer Str. 44

01187 Dresden

Telefon +49 (0) 351 / 4772 2136

Titelbild: Schuhsohle hergestellt aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) im selektiven Lasersinterverfahren [Fraunhofer UMSICHT]