

Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel, Fraunhofer IGCV: Metallische Multimaterialbauteile

Mit Werkstoffkombinationen fortschrittliche Produkte designen

Die Möglichkeiten der additiven Fertigung sind zwischenzeitlich wohlbekannt. Dies gilt im Speziellen für den Einsatz kostengünstiger 3D-Drucker zur schnellen Herstellung von Prototypen und Fertigungshilfsmitteln. Was allerdings noch weitgehend unbekannt ist, sind die Möglichkeiten, mittels Laser-Strahlschmelzen funktionsoptimierte Bauteile aus mehreren Metalllegierungen zu erzeugen. Am Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV in Augsburg wird die Multimaterialverarbeitung im Rahmen von Großprojekten wie dem „MULTIMATERIAL-Zentrum Augsburg“ seit etwa 10 Jahren mit Nachdruck vorangetrieben. Der vorliegende Artikel gibt Einblicke in den Stand der Technik und in Anwendungsideen.

Metallbasierte additive Fertigung

Konstrukteure schätzen die Möglichkeiten additiver Fertigungsverfahren, da diese eine hohe Gestaltungsfreiheit bieten. So kann beispielsweise die Topologie von Bauteilen im Kraftfluss entsprechend der auftretenden Lasten optimiert und das Resultat, mehr oder minder direkt, „gedruckt“ werden. Auch die Möglichkeiten zur Funktionsintegration sind zwischenzeitlich in zahlreichen Industrien verinnerlicht. So lassen sich beispielsweise Festkörpergelenke aufbauen, gezielt poröse Strukturen fertigen und vieles mehr. **Bild 1** zeigt exemplarisch ein „gedrucktes“ Getriebe, das mittels Laser-Strahlschmelzen (LBM) aus dem Werkstoff 1.2344 (H13, 0,4 % C) im Smart Manufacturing Lab der Hochschule München hergestellt wurde und sich direkt nach dem Aufbau wie vorgesehen drehen ließ. Beim LBM werden mithilfe eines Laserstrahls dünne Schichten aus Metallpulver selektiv aufgeschmolzen und verfestigt. Derzeit können mit diesem Verfahren Bauteile aus einem Werkstoff, sogenannte Monomaterialbauteile, hergestellt werden.

Mehrwert durch Multimaterialverarbeitung

Da Schichtbauverfahren, wie LBM, durch Ihre Kostenstruktur und die relativ geringe Aufbauraten ohnehin überwiegend für High-Tech-Anwendungen infrage kommen, wächst der Wunsch, möglichst zwei oder drei verschiedene Werkstoffe in einem Bauteil zu verarbeiten. Diese sogenannten Multimaterialbauteile zeichnen sich durch mindestens zwei unterschiedliche Werkstoffe aus, die fest miteinander verbunden sind. Die Fertigung von 2D-Multimaterialbauteilen, bei welchen ein Materialwechsel zwischen aufeinanderfolgenden Schichten erfolgt, kann bereits heute bei vielen marktüblichen LBM-Anlagen durch einen vergleichsweise zeitaufwendigen manuellen Materialwechsel erfolgen. Dies ist bei einem 3D-Multimaterialbauteil heute typischerweise nicht möglich, da hier innerhalb einer Schicht beide Werkstoffe vorliegen müssen. Zur Fertigung dieser Bauteile ist es notwendig, kommerziell verfügbare Laser-Strahlschmelzmaschinen soft- und hardwareseitig zu erweitern, um die Ablage eines zweiten

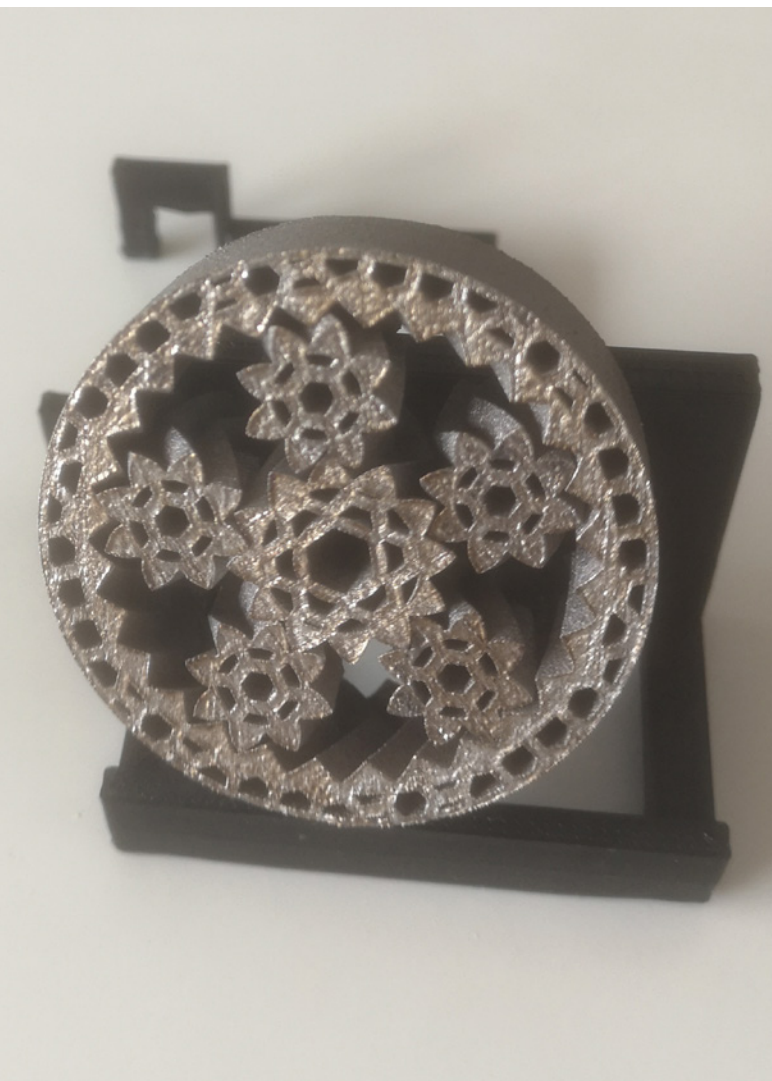


Bild 1: Gedrucktes Getriebe als Demonstrator für Funktionsintegration, Werkstoff H13 (1.2344), gefertigt auf Alpha Laser AL3D 250 im Smart Manufacturing Lab der Hochschule München, Außendurchmesser: 45 mm

(Quelle: Hochschule München)

Werkstoffes in der Pulverschicht zu ermöglichen. Auf diese Art der Multimaterialverarbeitung hat sich das Fraunhofer IGCV spezialisiert und zahlreiche Konzepte erarbeitet.

Stahl-Stahl-Multimaterialbeispiel

Multimaterialbauteile ermöglichen es, werkstoffspezifische Vorteile den Bauteilanforderungen entsprechend ideal zu nutzen. So kann zum Beispiel für einen Spritzgusseinsatz ein abriebfester Werkzeugstahl mit einer gut wärmeleitfähigen Kupferlegierung kombiniert werden, wodurch sich Zykluszeiten bei der Fertigung von Kunststoffbauteilen mit hohen Aspektverhältnissen deutlich reduzieren lassen. Die Kombination aus Aluminium- und Kupferlegierungen bieten Möglichkeiten für Kosteneinsparungen im Elektromotorenbau. Aber auch die Verarbeitung von zwei Stahlwerkstoffen in einem Bauprozess kann sinnvoll sein, um Einsatzhärtetiefen bei Zahnrädern zu steuern (**Bild 2**).

In **Bild 2** ist ein Ausschnitt eines Zahnrades gezeigt, das aus zwei Stählen besteht. Für den Aufbau kam der im Rahmen des MULTIMATERIAL-Zentrum Augsburg entwickelte Pulverauftragsmechanismus zum Einsatz. Eine zweite Stahlpulvermischung wurde schichtweise im Randbereich des Zahnrades abgelegt. In diesem Pulver wurde vorab mittels einer Graphitbeimischung der Kohlenstoffgehalt (C-Gehalt) erhöht. Dadurch ergibt sich im Inneren des Bauteils ein C-Gehalt von ca. 0,2 Ma-Prozent und im Rand von 0,8 Ma-Prozent. Durch die Diffusion des Kohlenstoffs beim Aufschmelzen und Erwärmen während des Belichtens ergibt sich ein gradierter Übergang zwischen den zwei Bereichen. Durch das eingesetzte Verfahren kann die Dicke der Randschicht selektiv eingestellt und angepasst werden. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, einen optimalen Härteverlauf an der Zahnflanke und gleichzeitig einen für die Tragfähigkeit optimierten Härteverlauf im Zahnfuß zu erzeugen. Zusätzlich lassen sich mit dem hier gezeigten Vorgehen noch Verstrebungen im Inneren des Bauteils erzeugen (**Bild (b) in Bild 2**). Eine Einsatzhärtung ist im Anschluss nicht notwendig. Lediglich ein Erwärmen und Abschrecken ist durchzuführen, um eine vollständige martensitische Randschicht zu erzeugen. Das hier gezeigte Ergebnis besitzt somit Potenzial für den Getriebebau.

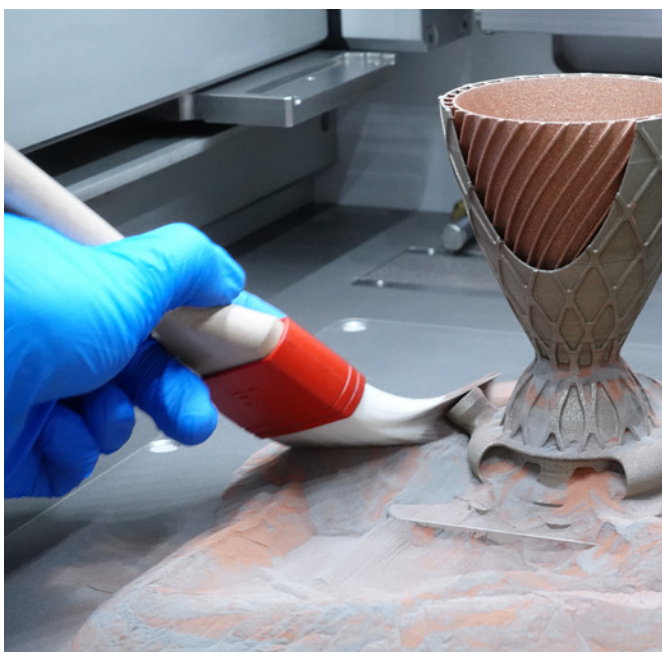


Bild 3: Modell einer Nickel-Kupfer-Brennkammer für die Weltraumanwendung (Quelle: Timo Schröder, Fraunhofer IGCV)

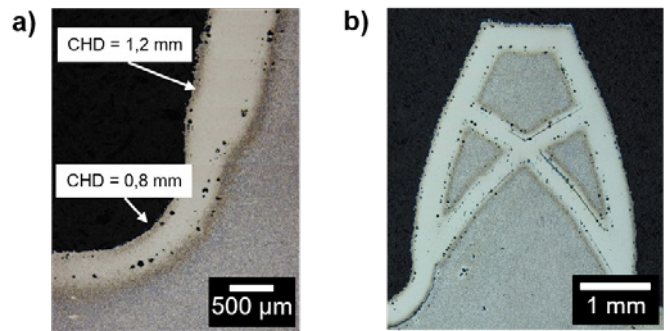


Bild 2: Ausschnitt eines Zahnrades, das aus zwei Stählen mittels Laser-Strahlschmelzen aufgebaut wurde. CHD = Case Hardening Depth, Einsatzhärtetiefe (Quelle: Matthias Schmitt, Fraunhofer IGCV)

gen (**Bild (b) in Bild 2**). Eine Einsatzhärtung ist im Anschluss nicht notwendig. Lediglich ein Erwärmen und Abschrecken ist durchzuführen, um eine vollständige martensitische Randschicht zu erzeugen. Das hier gezeigte Ergebnis besitzt somit Potenzial für den Getriebebau.

Zukünftiges Anwendungspotenzial der Multimaterialverarbeitung

Bild 3 zeigt ein Beispiel aus der Raumfahrtindustrie. Brennkammern sind hohen thermischen Belastungen ausgesetzt und müssen gleichzeitig so leicht wie möglich sein. Je leistungsfähiger eine Kammer gebaut werden kann, desto besser für die Rakete. Je weniger Masse für die benötigte Triebwerkskammer benötigt wird, desto mehr Nutzlast kann an Kunden für den Transport ins All verkauft werden. Daher können die höheren Herstellungskosten durch mehr Ladung, die in den Weltraum gebracht werden kann, überkompensiert werden. Aus den genannten Gründen ist die Raumfahrt eine der Kernindustrien für die additive Fertigung im Allgemeinen und die additive Fertigung aus mehreren Werkstoffen im Besonderen. In dem gezeigten Beispiel würde eine Nickelbasislegierung als hitzebeständiger Grundkörper der Kammer dienen, und Bereiche auf Kupferbasis sind vorgesehen, um die Wärmeübertragung zu erhöhen.

Fazit

Mit den in diesem Beitrag gezeigten Bauteilen ist das Potenzial für Multi-Material-Bauteile noch lange nicht ausgeschöpft. So kann beispielsweise für eine Spritzgussanwendung ein abriebfester Werkzeugstahl mit einer gut wärmeleitenden Kupferlegierung kombiniert werden, wodurch sich die Zykluszeiten bei der Herstellung von Kunststoffbauteilen mit hohem Aspektverhältnis deutlich verringern. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der derzeitige Stand der Multimaterialverarbeitung ausgereift genug ist, um industrielle Anwendungen zu untersuchen. Man weiß heute, was funktionieren kann und was nicht.



Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel

Professor für Fertigungstechnik und Additive Fertigungsverfahren sowie Leiter Smart Manufacturing Lab an der Hochschule München und Leiter Additive Fertigung beim Fraunhofer IGCV in Augsburg