F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e. V.

IGF-Erfolgsnote

Industrielle Gemeinschaftsforschung

16.11.2020

F.O.M. 013

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Laser-Strahlschmelzen metallischer Gläser – Optimierung von Werkstoff und Herstellungsverfahren (OptMetGlas)

Die Herausforderung

Aufgrund ihrer Amorphität besitzen metallische Gläser einzigartige mechanische Eigenschaften. Je nach Zusammensetzung können sie dadurch elastisch sein bei gleichzeitig hoher Härte und Festigkeit. Sie sind daher als Konstruktionswerkstoff höchst interessant. Die Bauteildimensionen sind jedoch bei der Verarbeitung durch konventionelle gusstechnische Fertigungsverfahren auf wenige Zentimeter begrenzt.

Ein neues alternatives Herstellungsverfahren ist die additive Fertigung (AF) metallischer Gläser. Untersuchungen zur Qualifizierung von Prozessparametern und Charakterisierung thermo-physikalischer sowie mechanisch-technologischer Eigenschaften solch additiv gefertigter Gläser erfordern einen hohen zeitlichen Versuchsaufwand und werden für die industrielle Erschließung benötigt. Gerade KMUs, welche über die Anlagentechnik für die additive Fertigung verfügen, haben in der Regel nicht die Möglichkeit, diese Maschinen für Versuchsreihen aus dem Fertigungsbetrieb zu entnehmen.

Die Innovationsidee

Additive Laser-Strahlschmelzverfahren verfügen über das Potenzial, größere und komplexere Bauteile aus metallischem Glas herzustellen. Ziel des Vorhabens OptMetGlas war die Entwicklung geeigneter Prozessführungen zur additiven Verarbeitung metallischer Gläser im Laser-Strahlschmelzprozess. Durch prozess- und legierungsseitige Optimierungen des Werkstoffes sollten die herausragenden Materialeigenschaften der additiv-gefertigten metallischen Gläser für die breite industrielle Anwendung erschlossen werden.

Die Ergebnisse

Am Beispiel der Zr-basierten Legierung AMZ4 konnte gezeigt werden, dass die herstellbare Größe (im Gussverfahren ca. 12 mm Durchmesser) durch die Verwendung der additiven Fertigungstechnik nahezu beliebig gesteigert werden kann. Innerhalb der Untersuchungen wurden neue Strategien erarbeitet um defektarme Probekörper und endkonturnahe Demonstratorbauteile mit einer geringen

Projektinformationen

IGF-Nr.:	19927 N
Laufzeit:	01/2018 - 03/2020
Fördersumme:	346.660 EUR
Industrieleistungen:	119.288 EUR

Forschungseinrichtungen

- Lehrstuhl Fertigungstechnik, Universität Duisburg-Essen
- Lehrstuhl für Metallische Werkstoffe, Universität des Saarlandes

Projektbegleitender Ausschuss

- 3D MicroPrint GmbH KMU
- Add. Manufact. & Research UG KMU
- Additive Works GmbH KMU
- Citim GmbH
- Electro Optical Systems
- Günter-Köhler-Inst. ifw
- Heraeus Deutschl. GmbH & Co. KG
- LaserTeck GmbH KMU
- Linde AG
- MBFZ-toolcraft GmbH KMU
- Meyer Brillenmanufaktur GmbH KMU
- MK Metallfolien GmbH KMU
- Olympus Surgical Techn. Europe
- SPECTARIS, Dt. Industrieverband

- **Additive Fertigung**
- **Hochtechnologie-Materialien**

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

[Master] Wang (2020); Zeymer (2020); Bäcker (2019); Pieper (2019)
[Bachelor] Henkemeier (2020); Materna (2020); Vrbanic (2019)

Das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMWi** fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projektimpulse.

2 AiF-**Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Die **Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen** (AiF) lässt die Anträge durch **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten.

7 Das **BMWi** finanziert die Forschungskosten bis max. 250/500/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen einen regen Technologietransfer zwischen den **Forschungseinrichtungen** und den 10-15 Unternehmen eines projektbegleitenden **Industrieausschusses** mit mindestens 50 % KMU sicher.

11 Die **Industrie** steuert das Projekt mit, berät während der Forschungsphase, validiert die Ergebnisse, absorbiert sie und verwertet sie.

Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.
Werderscher Markt 15, 10117 Berlin
030 4140 2139,
info@forschung-fom.de
www.forschung-fom.de

Porosität (< 0,5 %) und amorpher Mikrostruktur herzustellen. Darüber hinaus wurden materialseitige Einflüsse auf die Defektausprägung und die resultierenden mechanisch-technologischen Eigenschaften ermittelt. Die hergestellten Probekörper zeigen eine hohe Festigkeit, gepaart mit einer hohen elastischen Dehngrenze oberhalb von 2 %, woraus Potenziale für Applikationen in hochbelastete nachgiebige Systeme und aufgrund der geometrischen Freiheitsgrade im Leichtbau entstehen.

Nachbehandelte Flächen ohne Pulveranhaftungen weisen eine gute Eignung für medizintechnische Anwendungen hinsichtlich ihrer Korrosionsbeständigkeit auf. Anders als die gegossenen AMZ4-Probekörper, zeigen additiv gefertigte metallische Gläser keine plastische Verformung, was auf die gesteigerte Sauerstoffkontamination innerhalb der Prozesskette zurückzuführen ist. Die Sauerstoffkontamination hat entscheidenden Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und ungewollte Kristallisationserscheinungen, eine Minimierung des Sauerstoffgehaltes im Pulver und in der Prozessumgebung ist daher anzustreben. Im Gegensatz zu kristallinen Materialien weisen metallische Gläser keine ausgeprägte Anisotropie nach dem Prozess auf. Anhand der entwickelten Prozessparameter können amorphe Bauteile aus AMZ4 im Laser-Strahlschmelzverfahren hergestellt oder Prozessführungen für andere Anlagensysteme abgeleitet werden.

Die Verwertung

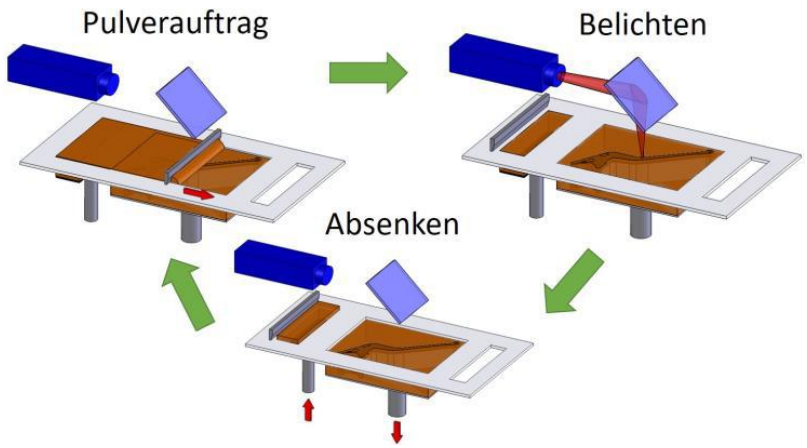
KMU-Nutzen

Die gewonnenen Ergebnisse ermöglichen die Verarbeitung metallischer Gläser auf Zr-Basis insbesondere der Legierung AMZ4 mit Hilfe von Laser-Strahlschmelzanlagen. Auf Basis der entwickelten Parameterfenster, können die Prozessstrategien auch mit verhältnismäßig geringem Versuchsaufwand auf andere Anlagensysteme übertragen werden und verkürzen damit Prozessentwicklungszeiten und die finanzielle Einstiegshürde für AF-Dienstleister. Außerdem werden massive Bauteile aus metallischen Gläsern in Größen herstellbar sein, die schmelzmetallurgisch bisher nicht realisiert werden konnten.

Die Werkstoffe sind somit sehr speziell, sodass sie auf dem Markt nicht durch große Unternehmen oder Konzerne angeboten werden können. Daraus ergibt sich eine hohe wirtschaftliche Relevanz speziell für KMUs, die den Markt der additiven Lohnfertigung dominieren. Neue Anwendungen der metallischen Gläser können entstehen, die vermutlich die Gründung einer Reihe von Start-Up-Unternehmen nach sich ziehen werden.

Umsetzung

Die Ergebnisse wurden direkt von der Wirtschaft aufgegriffen und qualifizierten Firmen, das Material zu verarbeiten oder in ihrem Produktportfolio zu integrieren, z. B. bei der Herstellung geeigneter 3D-Druck-Anlagen. Erste Unternehmen liefern schon das hier verwendete Zr-basierte Pulver für die Herstellung additiver Bauteile sowie die Bauteile selber. Darüber hinaus finden interne Weiterentwicklungen in den Unternehmen statt, z. B. mit Cu-Ti-Legierungen. Anwendungsbeispiele finden sich im Leichtbau, in Federgeometrien, welche die Elastizität der Materialien ausnutzen, in medizintechnischen Bauteilen, welche von der Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität profitieren, sowie in Strukturbauteilen, welche die Festigkeit der Legierung ausnutzen.



Schema des Laser-Strahlschmelz-Prozesses. Eine dünne Pulverschicht wird auf ein Substrat aufgebracht und mittels Laser gezielt lokal aufgeschmolzen und kompaktiert. So können Schicht für Schicht komplex geformte Bauteile erzeugt werden.