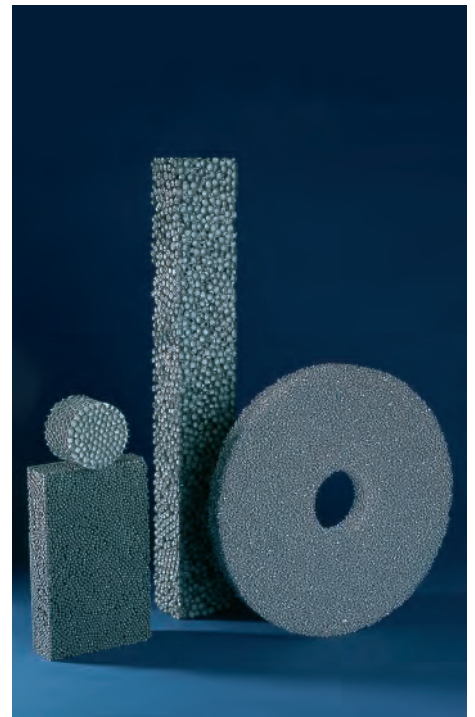
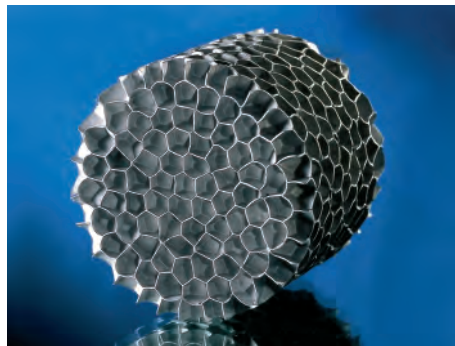


Zellulare Metallische Werkstoffe



Zellulare Metallische Werkstoffe

Multifunktionaler Werkstoff

Die Reduzierung des Materialeinsatzes in Fahrzeugen, Maschinen und Geräten ist eine ständige Forderung aus der Industrie, da damit Ressourcenschonung sowie Energie-, und Kostensenkungen erzielt werden können. Mit diesem Fokus sind in den letzten Jahren neuartige Leichtbauwerkstoffe entwickelt worden, die sich teilweise schon in der industriellen Erprobungsphase befinden. Eine vielversprechende Werkstoffklasse stellen zellulare metallische Werkstoffe (ZMW) dar, wobei die Masseinsparung durch den definierten Einbau von Poren erreicht wird.

Neben einer drastischen Masse- und damit Materialeinsparung können durch ZMW weitere anwendungsspezifische Eigenschaften, die insbesondere durch den Werkstoff und die Zellstruktur bestimmt werden, wie Schallabsorption, Wärmeisolation, Energieabsorption, mechanische Dämpfung, Stoff- und Energietransport oder katalytische Effekte, realisiert werden.

Herstellung

ZMW können aus der flüssigen, festen oder gasförmigen Phase hergestellt werden. Am weitesten entwickelt sind derzeit die schmelzmetallurgischen und pulvermetallurgischen Verfahren, wobei sich jedoch viele dieser Technologien noch im Entwicklungsstadium befinden.

Am Fraunhofer IFAM Dresden werden zurzeit folgende Verfahren zur Herstellung von ZMW forschungsseitig bearbeitet:

- Faserstrukturen
- Hohlkugelstrukturen
- offenzellige Schäume
- 3D-Siebdruckstrukturen
- 3D-Drahtstrukturen

Metallische Faserstrukturen

Das Fraunhofer IFAM Dresden verfügt über langjähriges Know-how in der Entwicklung von ZMW aus versinterten metallischen Kurzfasern für die verschiedensten Anwendungen. Unter anderem werden hierfür unikale Metallfasern eingesetzt, die durch das hauseigene Schmelzextraktionsverfahren hergestellt werden. Mittels dieser Technologie entstehen Metallfasern mit hoher Effizienz direkt aus der Schmelze.

Verfahrensbedingt können positive Effekte der Schnellerstarrung genutzt werden, um Eigenschaften gezielt zu optimieren und völlig neue Werkstoffe in Faserform darzustellen. Die hergestellten Fasern werden durch eine spezielle Verfahrenstechnik zu Formkörpern aufbereitet und zu hochporösen Strukturen versintert.

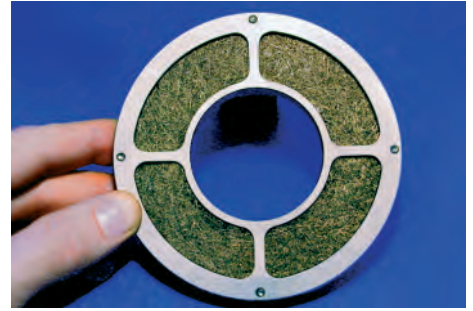


Schmelzextraktion von Metallfasern

Anwendungsgebiete

Hochporöse Faserstrukturen haben vielfältige Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise

- Filterelemente, Heißgasfiltration, Dieselrußfilter
- Katalysatoren und Katalysatorträgerwerkstoffe
- Schall- und Wärmeisolierung bei hohen Temperaturen
- Wärmetauscher und Wärmeregeneratoren
- abrasive Dichtungen
- Elektrodenwerkstoffe
- Porenbrenner



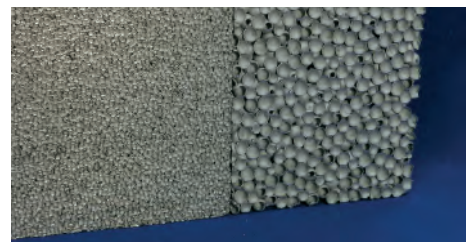
Flame-Stop: Komponente im Explosionsschutz (Kooperation mit KEK GmbH)

Angebot

- Entwicklung und Fertigung hochporöser Faserstrukturen und prototypischer Komponenten einschließlich Simulation der Durchströmungs- und Wärmeleitungseigenschaften
- Entwicklung / Bereitstellung metallischer Fasern, die mit konventionellen Methoden nicht herstellbar sind, z. B. Fasern aus intermetallischen Werkstoffen

Metallische Hohlkugelstrukturen

Aus definiert herstellbaren Einzelzellen, den metallischen Hohlkugeln, werden zellulare Strukturen aufgebaut, die sich im Vergleich zu anderen ZMW durch eine hohe Reproduzierbarkeit der Struktureigenschaften auszeichnen.



Metallische Hohlkugelstrukturen

Eigenschaften

Hohlkugelstrukturen besitzen eine hohe Flexibilität in der Geometrie und Werkstoffauswahl. Damit können sowohl strukturelle als auch funktionelle

Zellulare Metallische Werkstoffe

Eigenschaften je nach Bedürfnis eingestellt werden. Hohlkugelstrukturen zeichnen sich aus durch

- extrem niedrige Strukturdichte (bis zu 97 % Porosität)
- sehr hohes und gut kontrollierbares Energieabsorptionsvermögen
- geringe Wärmeleitfähigkeit (etwa 1 % vom Grundwerkstoff)
- hohes mechanisches Dämpfungsvermögen
- exzellente Schallabsorption

Hohlkugelstrukturen weisen typischerweise Zelldurchmesser von 1,5 – 10 mm und Zellwandstärken von 20 – 500 µm auf. Platten, Rohre, Zylinder, Net-Shape-Bauteile und Hohlkugel-Sandwichstrukturen können aus metallischen Hohlkugeln hergestellt werden.

Anwendungspotenzial

Hohlkugelstrukturen zeichnen sich durch komplexe Einsatzmöglichkeiten im Fahrzeugbau (Energieabsorption, Schalldämpfung), im Maschinen- und Anlagenbau (Gewichtsreduzierung, Dämpfung, Schallabsorption), in der Chemie- und Umwelttechnik (Katalysatoren) und im Biowerkstoffbereich (angepasste mechanische Eigenschaften) in Kombination mit konsequentem Leichtbau aus.

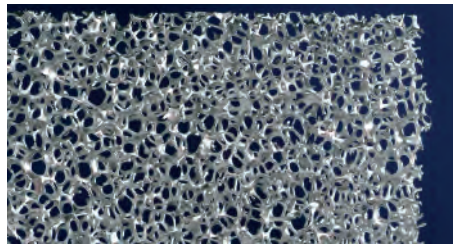
Herstellung

Metallische Hohlkugeln werden durch Beschichtung von organischen Trägern, z. B. Styroporkugeln, und anschließendes Entbindern und Sintern hergestellt. Mit dem am IFAM entwickelten Verfahren können nahezu alle pulverförmigen Werkstoffe zu dieser neuen zellularen Struktur verarbeitet werden.

Stabile Hohlkugelstrukturen entstehen durch Versintern, Verkleben oder Verlöten von Einzelhohlkugeln. Der Aufbau gradiert zellulärer Strukturen ist ebenfalls realisierbar.

Offenzellige PM-Schäume

Offenzellige Metallschäume sind sehr leichte, duktile und durchströmbare Werkstoffe mit einem enormen Anwendungspotenzial. Mittels einer pulvermetallurgischen Verfahrensvariante können aus nahezu allen sinterfähigen Metallpulvern offenzellige Schäume hergestellt werden.



Offenzelliger PM-Stahlschaum

Eigenschaften

Offenzellige Metalle zeichnen sich durch eine hohe Permeabilität, große spezifische Oberfläche sowie gute Verformbarkeit aus. Bei entsprechendem Werkstoffeinsatz können extrem korrosions- und oxidationsbeständige Schäume hergestellt werden. Offenzellige Metalle begünstigen aufgrund ihrer bioanalogen Struktur das Einwachsen von Knochenzellen.

Einsatzgebiete

Bedingt durch die offenzellige Struktur stehen funktionelle Anwendungen im Vordergrund, wie z. B. Filter, Schalldämpfer, Katalysatorträger, Wärmetauscher, Flammensperren, Porenbrenner sowie Elektroden. Darüber hinaus wird der Werkstoff im medizinischen Bereich als Knochenersatz entwickelt.

Herstellung

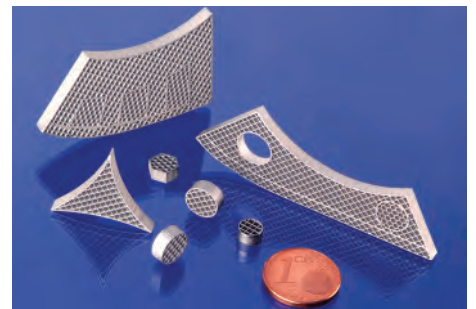
Beschichtung eines organischen Schaums mit einer Metallpulver-Binder-Suspension und anschließendes Entbindern und Sintern.

Angebot

- Entwicklung von offenzelligen Metallschaumstrukturen aus unikalenen Legierungssystemen
- Entwicklung von komplexen Bauteilen
- Herstellung von Prototypen und Kleinserien
- Charakterisierung und Optimierung des Eigenschaftsbildes

3D-Siebdruckstrukturen

Zellulare Siebdruckstrukturen vereinen die Vorteile eines massentauglichen Druckverfahrens mit den Strukturierungsmöglichkeiten klassischer Rapid Prototyping-Verfahren. Dies ermöglicht die preisgünstige Herstellung kleiner präziser Mikrostrukturteile in hohen Stückzahlen.



Mikrostrukturierte Siebdruckbauteile aus Edelstahl 316 L

Herstellung

Mittels des am Fraunhofer IFAM Dresden verfügbaren Siebdruckverfahrens wird eine Metallpulver-Binder-Suspension Schicht für Schicht bis zur gewünschten Höhe gedruckt, so dass ein dreidimensionales Bauteil entsteht. Durch optionalen Siebwechsel können die einzelnen Lagen in ihrer Struktur variiert werden. Das Verfahren gestattet die gleichzeitige Herstellung vieler unterschiedlicher Teile.

Eigenschaften

Gesinterte Siebdruckstrukturen können bei einer Stegbreite von ca. 100 µm mit Kanalweiten von etwa 50 - 80 µm hergestellt werden. Die maximale Bauteilhöhe liegt bei einigen Zentimetern. Die erreichbare Konturengenauigkeit beträgt ca. 3 µm. Das Verfahren ermöglicht die Herstellung geschlossener Hohlräume als Bestandteil kompletter Bauteile ohne zusätzlichen Fügeschritt. Dank der pulvermetallurgischen Prozessroute können Strukturen aus nahezu allen sinterbaren Metallen entwickelt werden.

Einsatzgebiete

Mit dem dreidimensionalen metallischen Siebdruck lassen sich neuartige Bauteile fertigen, die durch konventionelle Verfahren bisher nicht herstellbar sind. Zellulare Siebdruckstrukturen haben vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, wie

- Wärmetauscher und Wärmeregeneratoren
- Mikroverfahrenstechnik
- mechanisch optimierte Strukturen
- Katalysatoren und Katalysatorträgerwerkstoffe
- Brennstoffzellentechnik
- abrasive Dichtungen
- Schmuck
- Dämmungs- und Dämpfungselemente
- Medizintechnik
- Bioimplantate

Angebot

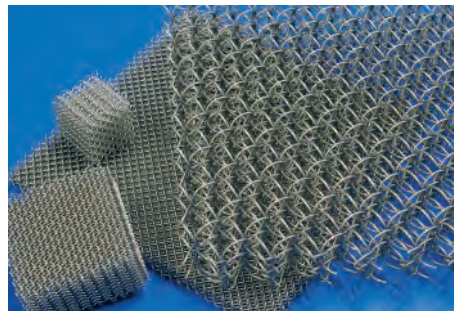
- Entwicklung von zellularen Siebdruckstrukturen aus unikaligen Legierungssystemen
- Charakterisierung und Optimierung des Eigenschaftsbildes
- Entwicklung von komplexen Bauteilen
- Herstellung von Prototypen und Kleinserien

3D-Drahtstrukturen

Eine völlig neue Variante für den Extremleichtbau stellen aus dreidimensionalen Drahtstrukturen aufgebaute zellulare metallische Werkstoffe dar. Es handelt sich hierbei um periodische räumliche Stabstrukturen.

Eigenschaften

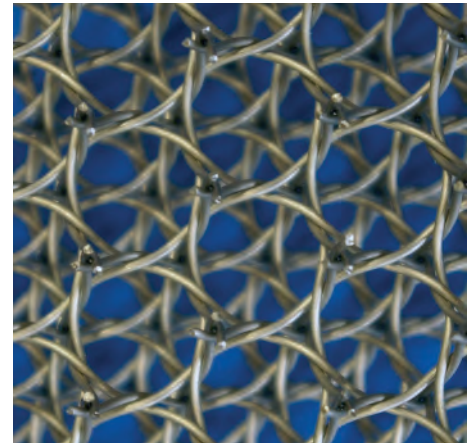
3D-Drahtstrukturen haben, bezogen auf ihre geringe Dichte, eine sehr hohe mechanische Festigkeit, eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit und ein hohes Vermögen zur Aufnahme von Verformungsenergie. Die hohe Flexibilität in der Werkstoffauswahl (z. B. Fe-, Ni-, Cu-, Al-, Ti-Basis) sowie in der Wahl des Drahtdurchmessers und der Zellgröße (ca. 1 - 25 mm) ermöglicht definierte Strukturdichten in einem weiten Bereich bis herab auf 0,05 g/cm³. Ein weiteres Charakteristikum und ein wesentlicher Vorteil ist die Berechenbarkeit des spezifischen Eigenschaftsprofils.



3D-Drahtstrukturen aus verschiedenen Stählen

Einsatzgebiete

3D-Drahtstrukturen können als Verstärkungskomponenten, z. B. für den Extremleichtbau oder für hochbelastete Gussteile, eingesetzt werden. Weitere potenzielle Anwendungsgebiete sind Wärmetauscher, der Explosionsschutz und Biowerkstoffe, sowie der Einsatz im Containerbau oder als multifunktionelles Leichtbauelement im Bauwesen.



Drahtstruktur aus Stahl

Herstellung

Drahtstrukturen werden durch spezielle, der Textiltechnik entlehnte Technologien hergestellt, wobei an den Draht-Tripelpunkten ein stoffliches Fügen z. B. durch Löten, Kleben oder Schweißen notwendig ist. Mittels weiterer Verarbeitungsschritte können aus Drahtstrukturen Sandwichverbunde hergestellt werden. Außerdem sind 3D-Drahtstrukturen mit anisotropem oder gradiertem Aufbau darstellbar.

Kontakt

Fraunhofer Institut für
Fertigungstechnik und Angewandte
Materialforschung IFAM

Institutsteil Pulvermetallurgie und
Verbundwerkstoffe Dresden
Leitung: Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback
Winterbergstr. 28
01277 Dresden

Zellulare Metallische Werkstoffe
Dr.-Ing. Olaf Andersen
Telefon: +49 (0) 351 / 25 37 -3 19
Telefax: +49 (0) 351 / 25 37 -399
olaf.andersen@ifam-dd.fraunhofer.de
www.ifam-dd.fraunhofer.de