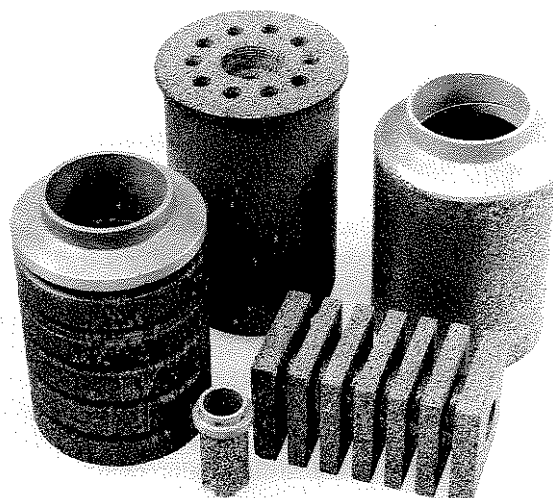


ALUMINIUM

Originally published in...
Sonderdruck aus...
ALUMINIUM . 75 (1999) 12

Offenporige Aluminiumschäume - Eigenschaften und Anwendungen



Properties and applications of
open-pored metallic materials



Fraunhofer Institut
Fertigungstechnik
Materialforschung

Wiener Straße 12 ▪ D-28359 Bremen
Tel.: 0421/2246-133 ▪ Telefax: 0421/2246-300
E-mail: ban@ifam.fhg.de

Offenporige Aluminiumschäume - Eigenschaften und Anwendungen

Properties and applications of open-pored metallic materials

J. Banhart, Bremen

Eine gießtechnische Methode zur Herstellung offenporöser metallischer Werkstoffe wird vorgestellt, und einige nach dieser Methode hergestellte Proben und Bauteile werden gezeigt. Anhand der Eigenschaften dieser Werkstoffe werden potentielle Anwendungen diskutiert.

In den letzten Jahren hat das Interesse an Metallschäumen insbesondere aus Aluminium und Aluminiumlegierungen deutlich zugenommen. Durch Weiter- bzw. Neuentwicklung von Herstellungsverfahren in den letzten 10 Jahren stehen heute schmelz- und pulvermetallurgische Methoden zur Herstellung von Metallschäumen zur Verfügung, die viele Anforderungen erfüllen [1].

Die meisten der in den letzten Jahren entwickelten Verfahren liefern geschlossenporige oder nahezu geschlossenporige Schäume. Eine solche Morphologie ist für die mechanischen Eigenschaften und damit für strukturelle Anwendungen wie z.B. für Leichtbauelemente im Fahrzeugbau [2,3] von Interesse. Funktionelle Anwendungen (z.B. als Wärmetauscher, Filter oder

Schalldämpfer) erfordern jedoch eine überwiegend offenporige Struktur, damit ein Medium (Luft, Wasser etc.) in den Schaum eindringen oder durch ihn durchtreten kann.

Offenporige Metallschäume können auf einem Umweg über offenporige Kunststoffschäume durch galvanische Beschichtung [4] oder Feinguß [5] erzeugt werden. Solche Verfahren sind jedoch aufwendig und teuer. Für die durch Feinguß hergestellten Schäume wird gegenwärtig ein Preis nach der Faustregel "10 Dollar pro cubic inch angegeben (650 Euro pro Liter). Dagegen werden die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Werkstoffe zu weniger als einem Zwanzigstel dieses Preises erhältlich sein.

Ein seit langem bekanntes Verfahren ist das Umgießen von Füllstoffen mit metallischen Schmelzen [6]. Nach der Entfernung der Füllstoffe liegt ein schwammartiger, offenporiger Körper mit miteinander verbundenen Poren vor. Durch Auswahl der Füllstoffe kann die Dichte und Porenmorphologie in weiten Grenzen variiert werden. In der Vergangenheit wiesen die nach diesem Verfahren hergestellten Materialien Mängel auf (z.B. Reste von Füllstoffen, unvollständige Füllung der Interstien zwischen den Füllstoffpartikeln etc.), oder sie waren nicht umweltfreundlich in ihrer Herstellung. Nach einer neueren Variante des Verfahrens können diese Nachteile jedoch weitgehend vermieden werden.

Im vorliegenden Beitrag soll ein nach diesem Gießverfahren hergestellter Werkstoff vorgestellt werden. Einige seiner Eigenschaften und möglichen Anwendungsbereiche werden skizziert.

A casting-technological method for preparing open-pored metallic materials is presented and some test pieces and components prepared by the method are shown. A selection of the properties of porous materials are considered, as a basis for the discussion of potential applications of the material.

In recent years interest in metallic foams, especially those made from aluminium and its alloys, has increased considerably. Different boundary conditions in regard to the use of materials and different user requirements are creating a steady demand for materials with particular combinations of properties, especially in the context of lightweight construction. Thanks to the further or new development of production methods over the past 10 years, nowadays melt and powder metallurgical techniques for the production of metal foams are available, which satisfy many of the new requirements [1].

Most of the processes developed in recent years give foams with closed or nearly closed pores. Such a morphology is of interest for its mechanical properties and therefore in structural applications, such as lightweight components in vehicles [2, 3]. However, functional applications such as heat exchangers, filters or noise insulation require a mainly open-pored structure so that a medium (air, water, etc.) can penetrate into the foam or pass through it. Open-pored metallic foams can be produced indirectly from plastic foams by electrodeposition [4] or precision casting [5]. Such processes, however are very laborious among other things, and therefore expensive. For example, the current price of foams prepared by precision casting is given by the

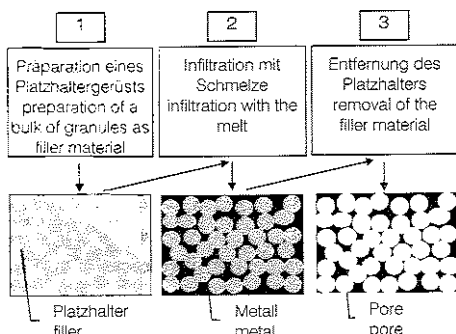


Bild 1: Verfahren zur Herstellung offenporiger metallischer Strukturen: Prinzipdarstellung

Fig. 1: Principle of a process for the production of open-pored metallic structures

rule of thumb "10 dollars per cubic inch" (650 euros per litre). In contrast, the materials described in this work can be obtained for less than 1/20 of that price. The processes mentioned earlier also produce only a particular cell morphology predetermined by the plastic foam, which is not ideal for some applications.

A method known for some time is to cast metallic melts around filler materials [6]. When the filler has been removed, a sponge-like, open-poured body with interconnected pores is obtained. By choosing the filler appropriately, the density and pore morphology can be varied between wide limits. In the past, materials made in this way have shown defects (e.g. filler residues, incomplete filling of the interstices between the filler particles, etc.) or could not be made in an environment-friendly way. However, a more recent variant of this method [2] has made it possible largely to avoid these problems. This contribution presents a material prepared by the casting method concerned, and outlines some of its properties and possible applications.

Process and material

Open-pored metal foams are prepared by casting an aluminium casting alloy (and in principle any other castable alloy) around a space-filling structure. After casting, the space-filler is removed almost completely by a special process. The basic principle of the method is illustrated schematically in fig. 1, according to which the following three steps are involved:

1. Preparation of the space-filler network: for this it is best to use inorganic granules, though organic materials can also be used.
2. Infiltration of the space-filler network with metal; to ensure the most complete possible filling of the interstices between the granules, infiltration is carried out at elevated pressure - in a pressure-diecasting machine in this case.
3. Removal of the space-filler ma-

Verfahren und Werkstoff

Offenporige Metallschäume werden durch Umgießen einer Platzhalterstruktur mit einer Aluminium-Gußlegierung (im Prinzip auch mit jeder anderen gießbaren Legierung) hergestellt. Der Platzhalter wird nach dem Gießen durch ein spezielles Verfahren nahezu rückstandsfrei entfernt. Das Grundprinzip des Verfahrens ist in Bild 1 in schematischer Form dargestellt. Demnach sind folgende drei Schritte zu vollziehen:

1. Präparation des Platzhaltergerüsts: Hierbei werden bevorzugt anorganische Granulen verwendet, organische Materialien können aber auch zum Einsatz kommen.
2. Infiltration des Platzhaltergerüsts mit Metall: Um eine weitgehende Füllung auch der Interstitionen zwischen den Granulen zu sichern, ist die Infiltration bei erhöhtem Druck vorzunehmen - im vorliegenden Fall in einer Druckgußmaschine.
3. Entfernung des Platzhaltermaterials durch Lösung oder Austreibung.

Das Verfahren ist..

- preiswert: Sowohl Platzhalter als auch metallischer Ausgangswerkstoff sind billig,
 - umweltfreundlich: Bei sorgfältiger Auswahl der Platzhalter keine umweltbedenklichen Crack- bzw. Lösungsprodukte. Bei Verwendung organischer Platzhalter ist allerdings eine Aufbereitung der ausgetriebenen Platzhalter vorzunehmen. Als weitere Vorteile kommen hinzu:

- Rezyklierbarkeit: Das Material kann wie herkömmliche Gußteile recycelt werden,
- Herstellung von Verbundstrukturen: Beim Gießen können poröser Werkstoff und porenfreie Teile in einem Schritt und mit stoffschlüssigem Verbund hergestellt werden [siehe auch Bild 8],
- Eine endformnahe Formgebung ist möglich.

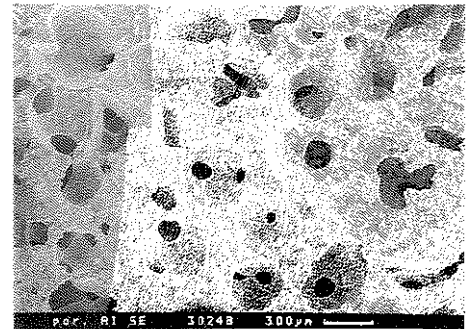
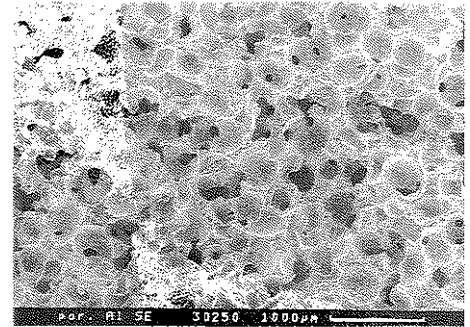


Bild 2: Porenstruktur der offenporigen Aluminiumschäume; oben: Bruchfläche, unten: Schnittfläche

Fig. 2: Pore structure of open-pored aluminium foam; above: fracture surface, below: section surface

Die Porenstruktur einiger der nach dem beschriebenen Verfahren hergestellten Schäume ist in Bild 2 zu sehen. Daß die Materialien in der Tat offenporig sind, zeigt Bild 3. Zur Vervollständigung der Vision der Durchgängigkeit ist allerdings berücksichtigen, daß nur eine Schnittebene zu sehen ist, es sich in Wirklichkeit aber um ein dreidimensionales Netzwerk von Kanälen handelt.

Die Porengrößenverteilung eines offenporigen Aluminiumwerk-

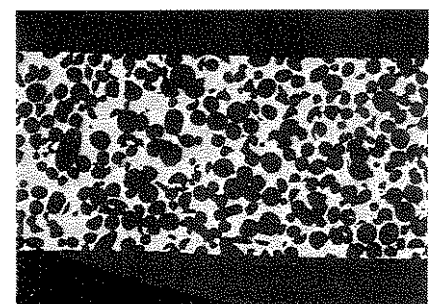
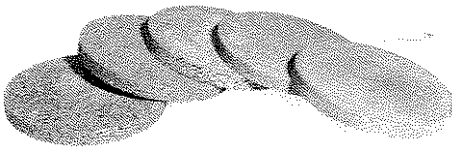


Bild 3: Porenstruktur eines feinporigen Aluminiumschäumens. Queransicht einer 5 mm dicken Platte.

Fig. 3: Pore structure of a fine-pored aluminium foam; transverse view of a plate 5 mm thick



grob → fein
coarse → fine

Bild 4: Offenporige Aluminiumschäume mit verschiedenen Porenfeinheiten. Durchmesser der gezeigten Scheiben: 100 mm, Dicke: 10 mm

Fig. 4: Open-pored aluminium foams with various pore sizes; diameter of the discs shown: 100 mm. thickness: 10 mm

stoffes kann in bestimmten Grenzen durch die Auswahl des Platzhaltergerüsts variiert werden. Einige Beispiele sind in Bild 4 gezeigt.

Im strengen Sinne sind die gezeigten Werkstoffe keine Schäume bzw. Schaumstoffe, da sie nicht aus einer feinen Verteilung von Gasblasen in einer Flüssigkeit entstanden sind. Der Begriff "Schwamm" wäre eigentlich exakter, jedoch hat sich der etwas unscharfe Gebrauch des Wortes "Schaum" auch für die in der vorliegenden Arbeit behandelten Strukturen eingebürgert.

Eigenschaften offenporigen Werkstoffe

Dichte

Die Dichte der offenporigen Aluminiumschäume liegt gewöhnlich im Bereich von 0,9 bis 1,2 g/cm³, was einem Porenanteil von 55 bis 67% entspricht. Für andere Metal-

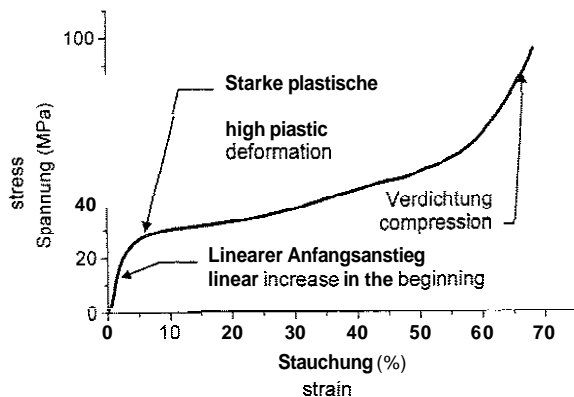


Bild 5: Druckversuch an einem offenporigen Aluminiumschaum der Dichte 1.18 g/cm³

Fig. 5: Compression test on an open-pored aluminium foam of density 1.18 g/cm³

le ist mit ähnlichen Porositäten zu rechnen

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften der offenporigen Aluminiumwerkstoffe sind bislang nicht so intensiv untersucht worden, wie die der geschlossenenporigen Schäume [3,7]. Eine erste Vorstellung vom mechanischen Verhalten vermittelt der in Bild 5 dargestellte uniaxiale Druckversuch. Zu erkennen ist ein Verhalten, das den der geschlossenenporigen Schäume sehr nahe kommt: ein anfänglicher, fast linearer Anstieg der Spannung wird von einem Bereich starker plastischer Verformung abgelöst und mündet bei sehr starken Verformungen in eine Verdichtung der gesamten Struktur bei entsprechend hohen Kräften. Deutlich wird, daß relativ hohe Kräfte benötigt werden, um den Schaum zu verformen. Es handelt sich also um eine sehr harte Struktur. Die Druckfestigkeiten entsprechen etwa denen von geschlossenenporigen Schäumen gleicher Dichte.

Durchströmbarkeit

Für viele Anwendungen ist eine kontrollierte und einstellbare Durchströmbarkeit des offenporigen Werkstoffs durch Gase oder Flüssigkeiten gewünscht. Die Durchströmbarkeit wird so charakterisiert, daß der Druckabfall Δp an einer Probe vorgegebenen konstanten Querschnitts und Län-

terial by dissolution or expulsion.

The characteristics of the process are as follows:

- cost-effective: both the filler and the metallic starting material are cheap;
- environment-friendly: careful selection of the filler avoids any environmentally harmful cracking or dissolution products; if an organic filler is used, however, the filler has to be processed after expulsion;
- recycling: the material can be recycled like conventional castings;
- composite structures: on casting, the porous material and pore-free portions can be made in one step and with an interlocked structure (see also fig. 8);
- near-net-shape production is possible.

The pore structure of some foams prepared by the method described is shown in fig. 2. Fig. 3 confirms that these materials are in fact open-pored. To clarify the picture, however, it should be borne in mind that fig. 3 shows only the plane of one section whereas in reality there is a three-dimensional network of channels.

The pore size distribution of an open-pored aluminium material can be varied within certain limits by an appropriate choice of the space-filler. Some examples are shown in fig. 4.

Strictly speaking, the materials shown are not foams or foam materials since they were not formed by a fine distribution of gas bubbles in a fluid. The term "sponge" would actually be more accurate, though the rather imprecise use of the word "foam" has also become customary for the structures described in this work.

Certain properties of open-pored materials

Density

The density of open-pored aluminium foams is usually in the range 0.9 to 1.2 g/cm³, corresponding to

n pore fraction of 55 to 67%. A similar porosity is found with other metals.

Mechanical properties

The mechanical properties of open-pored aluminium materials have until now not been as thoroughly investigated as those of closed-pore foams [3, 7]. A first presentation of the mechanical behaviour is given by the uniaxial compression test represented in fig. 5. The behaviour is recognisably very similar to that of closed-pore foams: an initial almost linear increase of the stress is followed by a range of more wrinkled plastic deformation, and at very high deformation this develops into a compaction of the entire structure at correspondingly high forces. It is clear that relatively high forces are needed to deform the foam. Thus, foam is a very hard structure and its compressive strength is approximately the same as that of closed-pore foams with the same density.

Permeability

For many applications it is desirable for the open-pored material to have a controlled and adjustable permeability to gases or liquids. The permeability is characterised in that the pressure drop Δp is measured across a specimen of predetermined and constant cross-section and length L as a function of the volume flow of gas or liquid passing through the specimen, which is proportional to the flow rate v . Under ideal conditions of laminar flow this relationship is linear, i.e. Darcy's law. The curves in fig. 6, determined from four specimens with different pore sizes (corresponding to four of the specimens pictured) illustrate this relationship very clearly. It is also evident however, that selecting the mean cell size provides a possibility for influencing the permeability and that the throughput quantities are quite large (fig. 6).

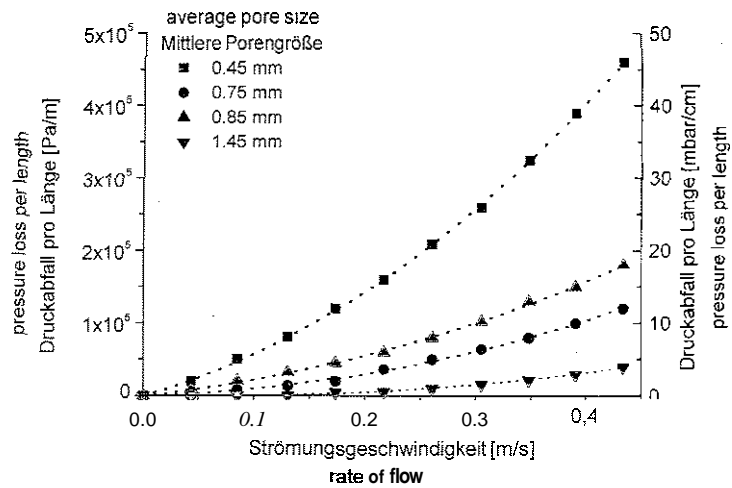


Bild 6: Durchströmungskurven einiger Aluminiumschäume. Aufgetragen ist der Druckabfall Δp bezogen auf die Probenlänge L gegen die Strömungsgeschwindigkeit v

Fig. 6: Through-flow curves of some aluminium foams: pressure-drop Δp related to specimen length L plotted against flow rate v

ge L als Funktion des durch die Probe hindurchtretenden Volumensstroms des Gases oder der Flüssigkeit gemessen wird, der proportional zur Strömungsgeschwindigkeit v ist. Unter idealen Bedingungen laminarer Strömung ist dieser Zusammenhang linear, d.h. es gilt Darcy's Gesetz. Die in Bild 6 gezeigten, an vier Proben mit verschiedenen Porengrößen gemessenen Kurven stellen diesen Zusammenhang sehr deutlich dar. Zu sehen ist aber auch, daß über die Wahl der mittleren Zellgröße eine Einflußmöglichkeit auf die Durchströmbarkeit gegeben ist und daß die Durchsatzmengen recht groß sind.

Innere Oberfläche

Die innere Oberfläche einiger Alu-

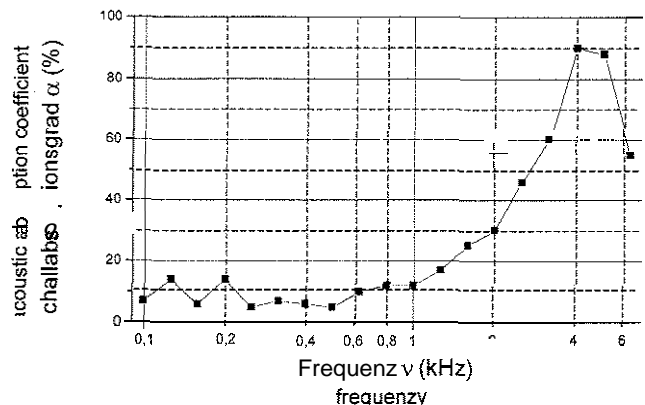
miniumproben wurde mittels der volumetrischen Mehrpunkt-BET nach DIN 66131 bestimmt. Es ergaben sich bei Dichten um 1.1 g/cm^3 Werte von 1 bis $2 \text{ m}^2/\text{g}$.

Akustische Eigenschaften

Für Schallabsorber werden häufig poröse Materialien eingesetzt. Deshalb lag es nahe, die offenporigen Aluminiumwerkstoffe auf diese Eigenschaft hin zu untersuchen. Der Schallabsorptionsgrad verschiedener offenporiger Aluminiumschäume wurde im Knndr'schen Rohr gemessen. Dabei kamen für die niedrigen Frequenzen Scheiben mit 10 mm Dicke und 100 mm Durchmesser, für Frequenzen ab 1 kHz gleich dicke Scheiben mit 30 mm Durchmesser zum Einsatz (siehe Bild 4).

Bild 7: Schallabsorptionsgrad eines offenporigen Aluminiumschäumens

Fig. 7: Sound absorption level of an open-pored aluminium foam



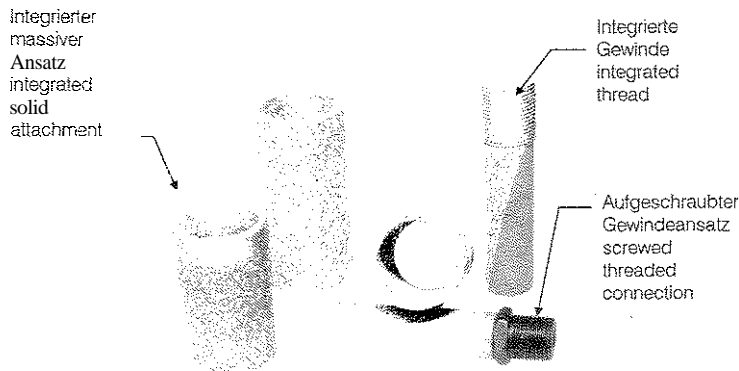


Bild 8: Komponenten eines Schalldämpfers aus offenporigem Aluminiumschaum. Bis auf das liegende Rohr sind alle Elemente einreihig geschlossen.

Fig. 8: Components of a noise damper made from open-pored aluminium foam; as far as the horizontal tube all elements are enclosed on one side

Ein Beispiel für eine Messung ist in Bild 7 dargestellt. Es zeigt sich eine ausgeprägte Schallabsorption bis 95% im Bereich von 4 kHz, niedrigere Werte für andere Frequenzen. Diese Werte sind deutlich niedriger als die spezieller Schallabsorptionsmaterialien, es ist aber nicht vergessen, daß es sich um eine Metallstruktur mit anderen nützlichen Eigenschaften handelt, die auch andere Funktionen übernehmen könnte.

Anwendungsmöglichkeiten

Poröse Metalle, z.B. Sinterbronzen, werden seit langem angewandt. Das Studium der Anwendungsgebiete dieser Materialien [8-10] sowie auch nichtmetallischer poröser Werkstoffe liefert Hinweise auf eine Anwendbarkeit offenerporöser Metallschäume. Im folgenden sollen einige dieser Anwendungsgebiete skizzenhaft vorgestellt werden:

Schalldämpfer. Das offenerporige Aluminiummaterial kann zur Konstruktion von Schalldämpfern verwendet werden, bei denen die durch die Dekompression von Gas entstehenden Geräusche (z.B. in pneumatischen Anlagen oder Kompressoren) reduziert werden. Herkömmliche Schalldämpferelemente werden oft aus lose gesinterten Bronze- oder Stahlpulvern gefertigt, die recht kostenintensiv sind. Bild 8 zeigt, wie aus Aluminiumschaum gefertigte Elemente

aufgebaut sein können. Hier sind Aluminiumschäumen mit integriertem oder aufgeschraubtem Gewinde zu sehen, die auf den Gasauslaß aufgeschraubt werden können. Als Vorteil des Gießverfahrens erweist sich, daß ein Verbund zwischen massivem Metall und Schaum problemlos realisiert werden kann. Erste technische Prüfungen haben ergeben, daß die mit herkömmlichen Sinterbronzen erreichbaren Schalldämpfungswerte mindestens erreicht werden.

Filter. Das Feld der Anwendungen für Filterwerkstoffe ist weit. Offenerporige Metalle können Flüssigkeiten trennen, feste Partikel aus einer Flüssigkeit abscheiden oder feste Partikel wie z.B. Ruß aus Gasen herausfiltrieren. Die offenen Poreninnerräume wirken im Fall von Feststoffen als Depot.

Katalysatorträger. Aufgrund der hohen inneren Oberfläche in Kombination mit der guten Durchströmbarkeit könnten sich offenerporige Metallschäume als Trägergerüst für Katalysatoren eignen. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Materials wäre bei stark exothermen Reaktionen, z.B. bei der Oxidation von Ethylen zu Ethylenoxid von Bedeutung.

Wärmetauscher. Bei Verwendung von Aluminium oder Kupfer als Grundmaterial offenerporiger Metallwerkstoffe ermöglicht die hohe Wärmeleitfähigkeit einen Einsatz solcher Schäume zum Heizen oder

Internal surface area

The internal surface areas of some aluminium specimens were determined in accordance with the volumetric multiple-point BET of DIN 66131. At densities of around 1.1 g/cm³ the values obtained were from 1 to 2 m²/g.

Acoustic properties

Porous materials are often used to absorb sound. It was therefore clearly of interest to investigate the performance of open-pored aluminium materials in this respect. The sound absorption level of various open-pored aluminium foams was determined by the Kundt's tube method, using discs 10 mm thick and 100 mm in diameter for low frequencies and discs of the same thickness and 30 mm diameter for frequencies above 1 kHz (fig. 4). An example of a measurement is shown in fig. 7, which shows that marked sound absorption up to 95% occurs at around 4 kHz, with lower values at other frequencies. The values are much lower than those given by special sound-absorbing materials, but it should not be forgotten that the metal structure concerned has other useful properties as well, which could be used for other functions too.

Potential applications

Porous metals, for example sintered bronzes, have been used for a long time. A study of the range of applications for such materials [8-10] and for non-metallic porous materials provides indications regarding the possible uses of open-pored metallic foams. Some of these ideas will be outlined below.

Noise insulation. Open-pored aluminium could be used to make noise insulation materials, by which the noise produced by gas decompression (e.g. in pneumatic equipment or compressors) is reduced. Conventional noise insula-

tion elements are often made from loosely sintered bronze or steel powders, which are quite cost-intensive. Fig. 8 shows how elements made from aluminium foam could be structured. Here, aluminium foam elements are provided with integral or screwed-on threaded connectors which can be screwed onto the gas outlet. An advantage of the casting process is that a joint between solid metal and foam can be produced without difficulty. Initial technical tests have indicated that noise damping values at least as good as those obtained with conventional sintered bronzes can be achieved.

Filters. The scope for utilisation as filter materials is broad. Open-pored metals can separate fluids, remove solid particles from a liquid, or filter out solid particles such as soot from gases. In the case of solids the open interior space of the pores acts as a deposition volume.

Catalyst supports. Thanks to the large internal surface area in combination with the good permeability, open-pored metal foams could be suitable as supports for catalysts. In strongly exothermic reactions such as the oxidation of ethylene to ethylene oxide, the high thermal conductivity of the material would be an important advantage.

Heat exchangers. When aluminium or copper are used as the basis material of an open-pored metallic foam, the high thermal conductivity of such foams can be used for the heating or cooling of gaseous or liquid media, or for heat exchange between two liquids, two gases, or a liquid and a gas. The medium flowing through the foam gives up heat to or takes it up from the metal matrix. From the metal, the heat is then transferred to the second medium or conducted into a heat sink. Porous metals can also be used effectively for transpiration cooling.

Other fields of application. Open-pored materials are used for pres-

sure reduction. If the pores are filled with a lubricant, slide bearings are obtained. The pores can also be used as a reservoir volume to give up measured quantities of liquids, for example through a porous roll. If gas is blown through a porous material, it can be diffused in fine bubbles into a liquid or even serve to produce a sliding surface with an air cushion (air bearing). Finally, open-pored metallic materials can be used as flame retarders because of their thermal conductivity.

Summary

New types of open-pored aluminium foams offer interesting prospects for many fields of application not completely covered by the closed-pore foams that have already been available for some time. They also offer economically and technically interesting alternatives to conventional sintered products.

Schrifttum/References

- [1] Banhart, J.; Baumeister, J.: Production methods for metallic foams, MRS Conf. Proc. Vol. 521, Hng.: D. Schwanz et al. (1998), S. 121
- [2] Banhart, J.; Baumeister, J. Weber, M.: Metallschaum - Werkstoff mit Perspektiven, ALUMINIUM 70, (1994), S. 209
- [3] Banhart, J. (Hrsg.): Metallschäume. Tagungsband des Symposiums Metallschäume, MIT-Verlag Bremen (1997). ISBN 3-980574806
- [4] Anon.: SEAC B.V. Krimpen (NL), Produktdatenblatt und <http://www.seac.nl> 1195191
- [5] Anon.: ERG Inc., Oakland (USA), Produktdatenblatt und <http://www.ergaerospace.com> (1999)
- [6] Thiele, W.: Metals and Materials 6 (1972), S. 349
- [7] Banhart, J.; Baumeister, J.: Das Verformungsverhalten geschäumter Metalle. Metall 51, (1997), S. 19
- [8] Johnson, W.R.; Shenuski, M.: Controlling fluids with porous metals, Machine Design, Jan. 1987, S. 89
- [9] Eisenmann, M.: in "ASM Handbook Vol. 7, Metal Powder Technologies and Applications", ASM International, Materials Park (USA), S. 1031
- [10] Tracey, V.A.: Porous Materials: Current and Future Trends, Int. J. Powder Met. And Powder Technol., 12, 35 (1976)

Kühlen gasförmiger oder flüssiger Medien oder zum Wärmetausch zwischen zwei Flüssigkeiten, zwei Gasen oder zwischen einer Flüssigkeit und einem Gas. Das den Schaum durchströmende Medium gibt Wärme an die Metallmatrix ab oder nimmt sie auf. Vom Metall wird die Wärme dann auf das zweite Medium übertragen oder in ein Reservoir abgeleitet. Poröse Metalle können auch gut zur Transpirationskühlung eingesetzt werden.

Weitere Anwendungsgebiete. Offenporige Werkstoffe werden zur Druckreduktion eingesetzt. Werden die Poren mit Schmierstoffgefüllt, werden Gleitlager erhalten. Die Poren können auch als Depotvolumen benutzt werden, um dosiert Flüssigkeiten abzugeben. z.B. über eine poröse Walze. Bei Beaufschlagung poröser Werkstoffe mit Gas läßt sich dieses feinverteilt in Flüssigkeiten einperlen oder auch mit einem Luftkissen eine Gleitoberfläche erzeugen (Luftlager). Schließlich können metallische, offenporöse Werkstoffe aufgrund ihrer Wärmeleitfähigkeit auch als Flammensperren benutzt werden.

Zusammenfassung

Neuartige offenporige Aluminiumschäume bieten interessante Perspektiven für viele Anwendungsfelder, die von den schon länger verfügbaren geschlossenenporigen Schäumen nicht vollständig abgedeckt werden. Sie bieten auch interessante wirtschaftliche und technologische Alternativen zu konventionellen Sinterprodukten.

Autoren

D. John Banhart, Studium der Physik in München; Promotion in Physikalischer Chemie in München und Wien (1989); seit 1991 am Fraunhofer-Institut in Bremen, Arbeitsgebiete: Zelluläre Metalle, Sprühkompaktieren, Magnetismus; Habilitation an der Universität Bremen (1998)