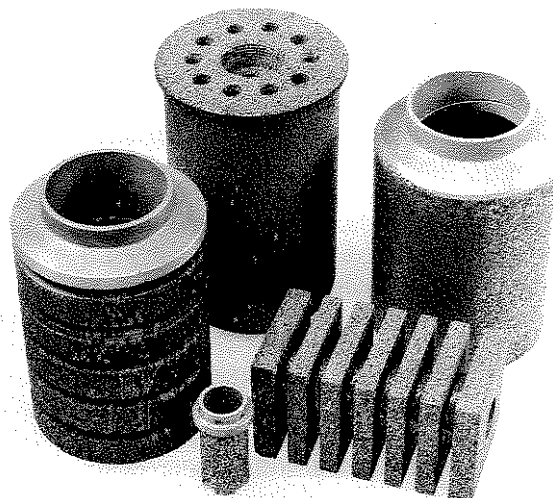


# ALUMINIUM

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](mailto: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

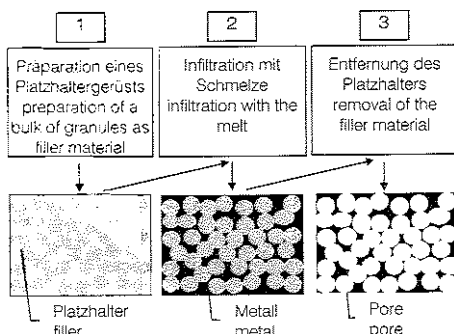
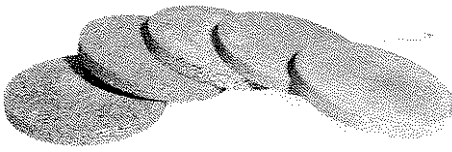


Bild 1: Verfahren zur Herstellung offenporiger metallischer Strukturen: Prinzipdarstellung

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





grob coarse → fein 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**

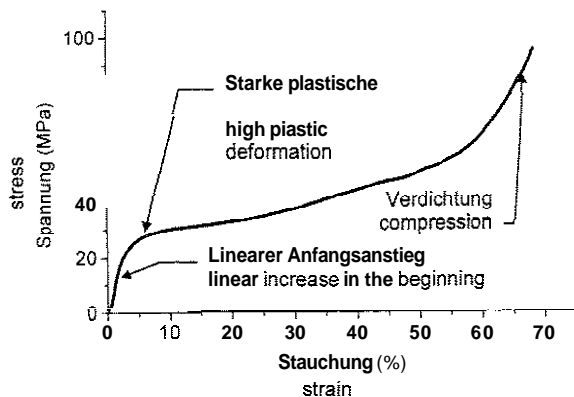
stoffes kann in bestimmten Grenzen durch die Auswahl des Platzhaltergerüsts variiert werden. Einige Beispiele sind in Bild 4 gezeigt.

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/cm<sup>3</sup>, was einem Porenanteil von 55 bis 67% entspricht. Für andere Metal-



**Bild 5: Druckversuch an einem offenporigen Aluminiumschaum der Dichte 1.18 g/cm<sup>3</sup>**

**Fig. 5: Compression test on an open-pored aluminium foam of density 1.18 g/cm<sup>3</sup>**

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  $\Delta p$  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/cm<sup>3</sup>, corresponding to





