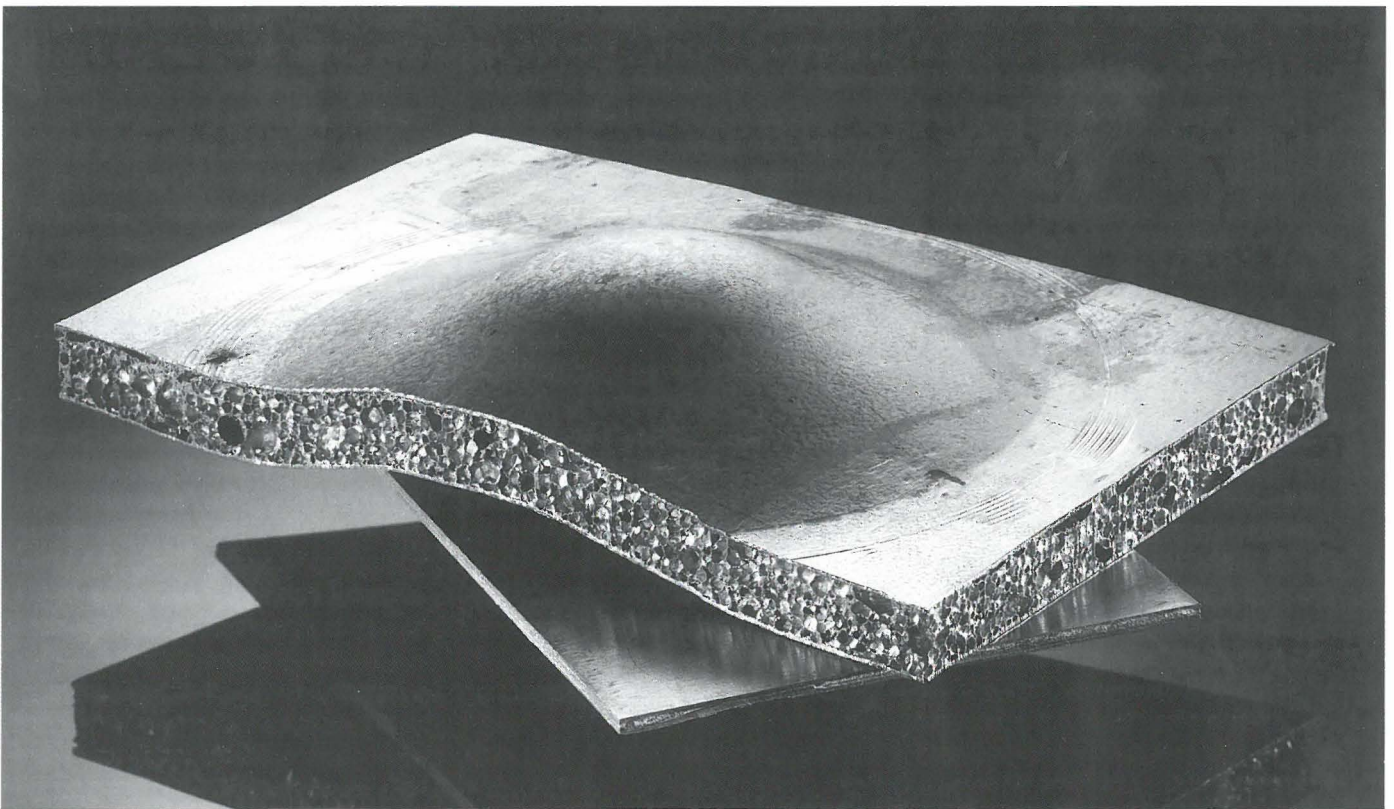


Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten von Bauteilen aus geschäumten Metallen

Von John Banhart,
Joachim Baumeister und
Markus Weber

Ein vom Fraunhofer Institut für Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen, entwickeltes pulvertechnisches Verfahren erlaubt eine einfache Herstellung geschäumter Metallkörper, insbesondere aus Aluminiumschäumen. Aufgrund des günstigen Verhältnisses von Masse zu Steifigkeit erschließt sich Bauteilen aus Aluminiumschäumen ein breites Einsatzfeld: Denkbar sind vor allem großflächige Teile wie zum Beispiel Motorhauben sowie energieabsorbierende Bauteile zur Erhöhung der Crashesicherheit.



1 Einleitung

Gewöhnlich bedeutet die Existenz von Poren im Innern von Festkörpern stets eine Verschlechterung der Gebrauchseigenschaften des jeweiligen Materials, so daß zum Teil erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um das Auftreten von Poren zu vermeiden. Wählt man jedoch bewußt das andere Extrem, also eine sehr hohe Porosität, so ergibt sich die Klasse der geschäumten Werkstoffe, die für ganz neue Anwendungsgebiete von großem Interesse ist.

Es ist seit langem bekannt, daß hochporöse Materialien mit einer zellularen Struktur neben dem geringen spezifischen Gewicht auch eine hohe massenspezifische Steifigkeit aufweisen. Aus diesem Grund werden zelluläre Materialien auch von der Natur als Konstruktionswerkstoffe verwendet; als häufig zitierte Beispiele dienen Holz und Knochen [1]. Auch geschäumte Kunststoffe sind weit verbreitet und tragen zur Lösung technischer Probleme bei.

Weit weniger bekannt ist jedoch die Tatsache, daß auch Metalle und Legierungen

mit zellulärer Struktur hergestellt werden können. Sofern diese Werkstoffe Porositäten von mehr als 50 % aufweisen, werden sie üblicherweise unter den Begriffen geschäumte Metalle oder Metallschäume zusammengefaßt. Ein Grund für den bislang geringen Bekanntheitsgrad der Metallschäume ist sicherlich in der Art der in der Vergangenheit zur Verfügung stehenden Herstellungsverfahren zu sehen, die durchweg schwierig zu kontrollieren waren und somit zu nur mäßig prozeßsicheren Ergebnissen führten.

2 Herstellung

Ein vom IFAM entwickeltes und patentiertes pulvertechnologisches Verfahren erlaubt eine einfachere Herstellung geschäumter Metallkörper [2-5]. Das Verfahren ist in **Bild 1** verdeutlicht: Der pulverförmige metallische Ausgangswerkstoff wird mit einem Treibmittel (zum Beispiel Titanhydrid) homogen vermischt. Die so erhaltene Mischung wird unter kontrollierten Bedingungen zu einem Halbzeug verdichtet und gegebenenfalls durch eine Umformung weiterverarbeitet. Die Verdichtung geschieht typischerweise durch axiales Heißpressen oder durch Strangpressen. Das resultierende Material ist äußerlich nicht von konventionellem Metall zu unterscheiden, birgt aber das Treibmittel in seiner metallischen Matrix: es ist aufschäumbar. Durch Erwärmung des Halbzeugs bis knapp über seinen Schmelzpunkt wird das Metall geschmolzen und die Gasfreisetzung des Treibmittels und somit der eigentliche Aufschäumvorgang ausgelöst.

Richtige Prozeßparameter vorausgesetzt, expandiert die Schmelze und entwickelt eine halbflüssige, schaumige Konsistenz. Nachdem die Expansion bis zum gewünschten Grad erfolgt ist, wird der Schäumvorgang durch Abkühlung unter den Schmelzpunkt beendet und so die Schaumstruktur stabilisiert. Man erhält einen hochporösen Werkstoff mit gleichmäßiger Porenstruktur.

Am IFAM wurde das Verfahren bisher für Aluminium, diverse Aluminiumlegierungen, Zink, Zinn, Bronze, Messing und Blei mit Erfolg erprobt. Die Prozeßparameter wurden jeweils für spezielle Anwendungen optimiert, wobei Aluminium und seine Legierungen jedoch aufgrund des breiteren Anwendungsspektrums auch weiterhin im Vordergrund des Interesses stehen.

Wird das aufschäumbare Halbzeug in einer Hohlform aus Stahl aufgeschäumt, so füllt der expandierende Schaum den Hohlraum völlig aus. Auf diese Weise können Formteile aus Metallschaum hergestellt werden. Die Außenhaut der Schaumteile ist in diesen Fällen weitgehend geschlossen. Aufgrund der geringen Dichten, die bei Aluminiumschäumen meist zwischen 0,4 und 0,8 g/cm³ betragen, schwimmen die Schaumkörper auf Wasser. Trägt man die Außenhaut ab, so erkennt man die poröse Struktur des Aluminiumschaums. In **Bild 2** ist zu sehen, daß es sich dabei um eine geschlossenporige Struktur handelt.

Das aufschäumbare Halbzeug kann auch zu Flachmaterial ausgewalzt und anschließend aufgeschäumt werden. Werden diese Bleche mit konventionellen Aluminiumblechen beklebt, entstehen Sandwich-Verbundstrukturen. Nach einer an-

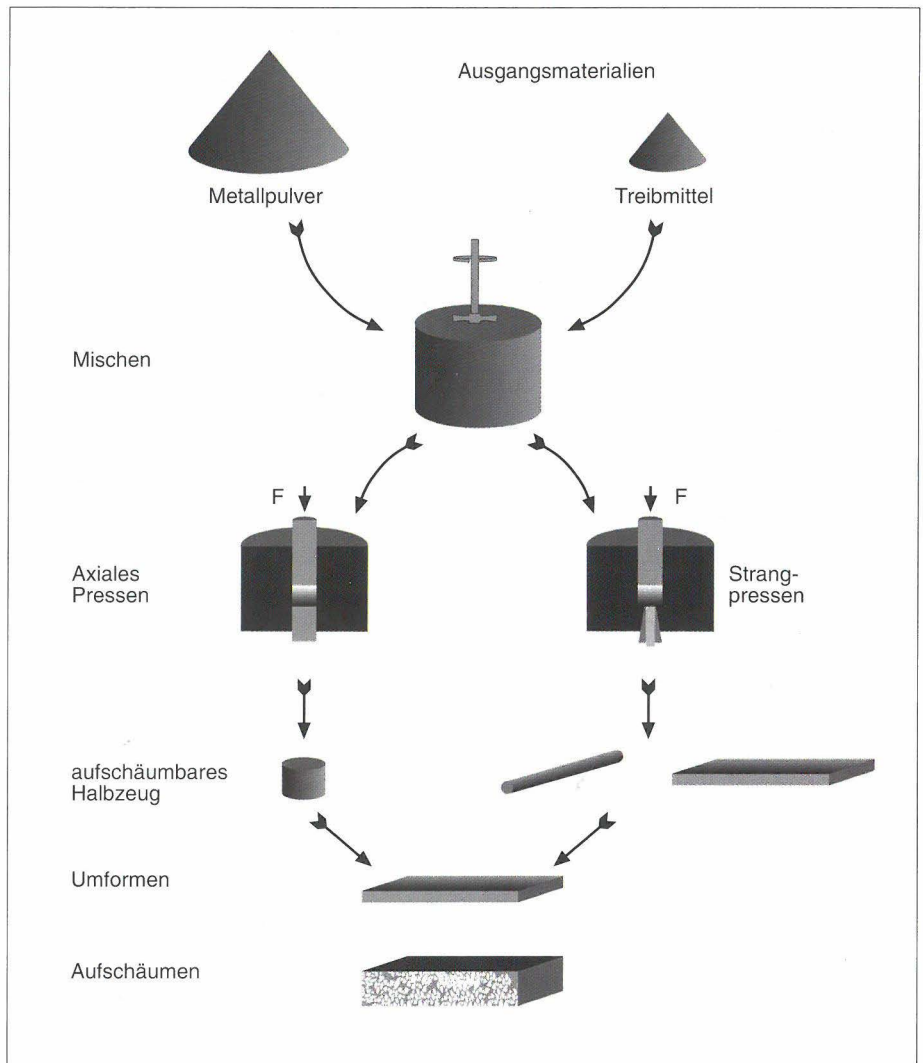


Bild 1: Prozeßschema zur Herstellung von Metallschaum nach dem IFAM-Verfahren

Fig. 1: Process scheme for the production of Metallschaum (IFAM method)

Production and Application of Aluminium Foams

By John Banhart, Joachim Baumeister and Markus Weber

A powder metallurgical method which allows for the production of aluminium foams with porosity up to 90 % is described. For this aluminium powder is mixed with a foaming agent and subsequently compacted, e.g. by extrusion. During a final heat treatment the material expands and develops a highly porous structure.

The foams have closed pores and densities usually ranging from 0.4 to 1 g/cm³ so that this foamed metals float upon water. The unique properties of metal foams are described. The density dependance of metal foam properties is pointed out and typical values for several properties are shown.

The discussion then focuses on potential applications which can be derived from the observed features of this new material.

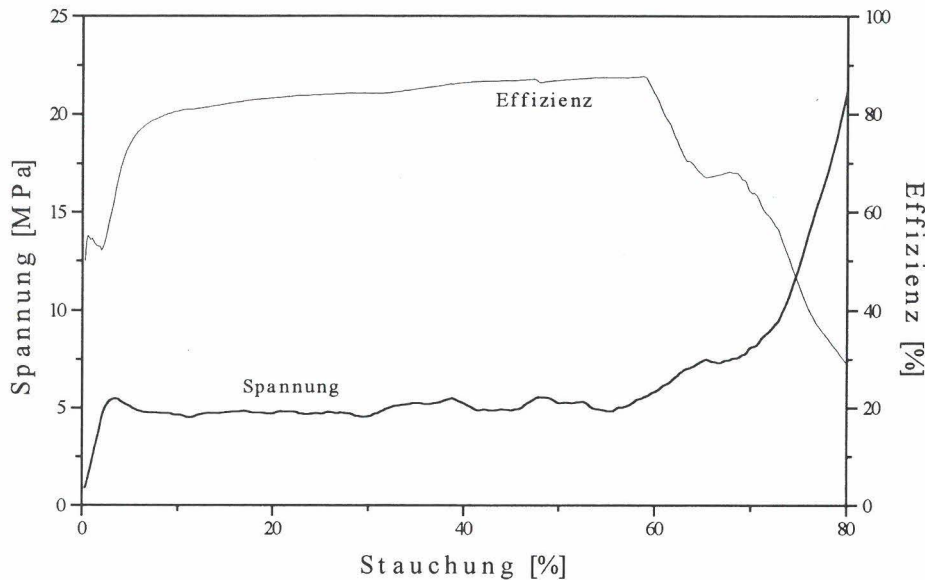


Bild 3: Verlauf der Spannung und der numerisch ermittelten Effizienz der Energieabsorption für einen AlSi12-Schaumes der Dichte $0,36 \text{ g/cm}^3$

Fig. 3: Stress-strain curve and computed efficiency of energy absorption for an AlSi12-foam with a density of 0.36 g/cm^3



Bild 4: Formteile aus Aluminiumschaum der Dichte $0,5 \text{ g/cm}^3$. Länge der Teile 400 mm
(Mit freundlicher Genehmigung der Volkswagen AG)

Fig. 4: Shaped parts of foamed aluminium with a density of 0.5 g/cm^3 , size about 400 mm.
(With friendly permission of Volkswagen AG)

oder anderen knick- oder stauchgefährdeten Hohlteilen an. **Bild 4** zeigt Formteile aus Aluminiumschaum der Dichte $0,5 \text{ g/cm}^3$, die in Stahlblech-Hohlkonstruktionen im Kraftfahrzeug eingebracht werden können, um die Knickgefährdung im Crashfall vermindern.

Die guten Energieabsorptionseigenschaften von Aluminiumschaum könnten beim Einsatz als Front- oder Seitenaufprall-

schutz ausgenutzt werden. Beim Seitenaufprall besteht die Notwendigkeit, Energie effizient in ein leichtes, möglichst in die Tür integrierbares Bauteil einzuleiten.

Das ist auf zweierlei Art möglich: Die vorteilhafte Spannungs-Stauchungskurve von Aluminium gestattet eine gute Energieaufnahme durch irreversible plastische Verformung des Schaums, die oben

erwähnte Ausschäumung von Hohlprofilen gestattet eine Verbesserung konventioneller energie- und stoßabsorbierender Bauteile.

4.2 Dämmstoffe

Die erhöhten mechanischen Dämpfungseigenschaften der Aluminiumschäume und die guten Schallabsorptionseigenschaften von irregulären Strukturen allgemein legen Anwendungen im Bereich der Kapselung von geräusch- und körperschallerzeugenden Aggregaten wie Motor und Getriebe nahe. Aufgrund der schon erwähnten reduzierten Wärmeleitungseigenschaften ist auch eine thermische Dämmung und Kapselung solcher Aggregate bei Temperaturen möglich, die mit Kunststoffen nicht erreichbar sind.

Weitere Anwendungen sind insbesondere für die Luft- und Raumfahrt sowie die Bauindustrie interessant.

5 Ausblick

Das geschilderte Metallschäumverfahren konnte in der Vergangenheit bereits auf andere niedrigschmelzende Metalle wie Blei, Zinn und Zink übertragen werden. Eine Erweiterung der Schäumtechnik auf Schäume mit offener Porosität sowie auf Schäume aus höherschmelzenden Metallen (etwa Stahl) wird eine zusätzliche Palette von Anwendungen im Automobilbereich eröffnen. Offenporige Metallschäume könnten als Dieselrußpartikelfilter, Wärmetauscher oder Luftfilter dienen, falls es gelingt, die offene Porosität entsprechend einzustellen. Schäume aus Stahl kämen für Hochtemperaturanwendungen wie für die Isolation des Auspuffkrümmers oder als Katalysatorträger in Frage, bei denen der Schmelzpunkt von Aluminium zu niedrig liegt.

Literaturhinweise

- [1] Gibson, L. J.; Ashby, M. F.: Cellular solids. Pergamon Press, 1988
- [2] Schutzrechte DE 40 18 360 und DE 41 01 630 (Baumeister, J.)
- [3] Baumeister, J.; Banhart, J.; Weber, M.: Hocheffiziente Energieabsorber aus Aluminiumschaum. In: VDI-Berichte 1235, 293. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1995
- [4] Banhart, J.; Baumeister, J.; Weber, M. In: VDI-Berichte 1021, 277. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993
- [5] Baumeister, J.; Banhart, J.; Weber, M.: Int. Conf. „Materials by Powder Technology“, Dresden, 22.-26. 2. 1993
- [6] Baumeister, J. u. a.: Sandwichkonstruktionen aus Stahlblech mit geschäumtem Aluminium. In: Tagungsband Werkstoffwoche (1996), Stuttgart