

Metallschaum – Neuer Werkstoff mit Potential

Dipl.-Ing. Markus Weber, Dipl.-Phys. Joachim Baumeister, Dr. rer. nat. John Banhart

Neue Werkstoffe haben in den letzten Jahren immer wieder spektakuläre Erfolge gefeiert. Bis sie sich dann ein größeres Einsatzgebiet erobert hatten, verging in der Regel noch eine geraume Zeit. Eine ähnliche Zukunft dürfte den Metallschäumen beschieden sein. Ihre neuartige Eigenschaftskombination eröffnet ihnen fast unbegrenzte Möglichkeiten. Nun kommt es nur auf die Phantasie der Anwender an.

Hochporöse metallische Schäume besitzen beste Voraussetzungen als Funktions- und Konstruktionswerkstoffe. Sie kombinieren ein geringes spezifisches Gewicht mit hoher Steifigkeit sowie Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit und anderer für hochporöse Materialien typischer Eigenschaften. Diese z. B. aus der Natur bekannten, günstigen Eigenschaften (Holz, Knochen etc.) sind am Fraunhofer-Institut für Angewandte

Materialforschung (IFAM) in Bremen auf metallische Werkstoffe übertragen worden. Ein dort entwickeltes, pulvermetallurgisches Verfahren erlaubt die einfache Herstellung geschäumter Metalle auf der Basis von Aluminium und Aluminiumlegierungen **Bild 1**. Auch eine Reihe weiterer gebräuchlicher Metalle kann auf diese Weise „geschäumt“ werden.

Einfache Herstellung

Das patentierte Herstellungsverfahren ist in **Bild 2** verdeutlicht: Handelsübliches Metallpulver wird mit einem Treibmittel (z. B. Titanhydrid) vermischt. Die so erhaltene Mischung wird unter kontrollierten Bedingungen zu einem Halbzeug verdichtet und durch Walzen, Schmieden o. ä. weiterverarbeitet. Die Verdichtung erfolgt durch axiales Heißpressen oder durch Strangpressen. Das entstandene Material ist äußerlich nicht von konventionellem Metall zu unterscheiden, enthält aber das Treibmittel in seiner metallischen Matrix: es ist daher aufschäumbar. Durch Erwärmung dieses Halbzeugs bis über seinen Schmelzpunkt wird das Metall geschmolzen und gleichzeitig das Gas des Treibmittels freigesetzt.

Damit schäumt das Material auf. Richtige Prozeßparameter vorausgesetzt, expandiert die Schmelze und wird schaumig. Nachdem sich das Metall bis zu einem gewünschten Grad ausgedehnt hat, wird das Schäumen durch Abkühlung unter den Schmelzpunkt beendet. So wird die Schaumstruktur stabilisiert. Man erhält einen hochporösen Werkstoff mit gleichmäßiger Porenstruktur.

Im IFAM wurde das Verfahren bisher für Aluminium, diverse Aluminiumlegierungen, Zink, Zinn, Bronze, Messing und Blei mit Erfolg erprobt und die Prozeßparameter für spezielle Anwendungen optimiert. Aluminium und seine Legierungen standen jedoch aufgrund des breiten Anwendungsspektrums für Konstruktionszwecke bisher im Vordergrund des Interesses.



Bild 1 Schnitt durch einen Aluminiumschaum der Dichte $0,5 \text{ g/cm}^3$

■ Dipl.-Ing. Markus Weber (1966) studierte Metallurgie und Werkstofftechnik an der RWTH Aachen und am INSA in Lyon. Seit 1991 ist er am Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung (IFAM) in Bremen tätig.

■ Dipl.-Phys. Joachim Baumeister (1959) studierte Physik in Bonn. Seit 1985 ist er am IFAM in Bremen beschäftigt. Er erfand das Verfahren zum Aufschäumen von Metallen und ist Leiter der Arbeitsrichtung „Metallschäume“.

■ Dr. rer. nat. John Banhart (1958) studierte Physik an der Universität München und an der TU Wien. Die Promotion erfolgte in Physikalischer Chemie in München. Seit 1991 ist er am IFAM in Bremen beschäftigt.

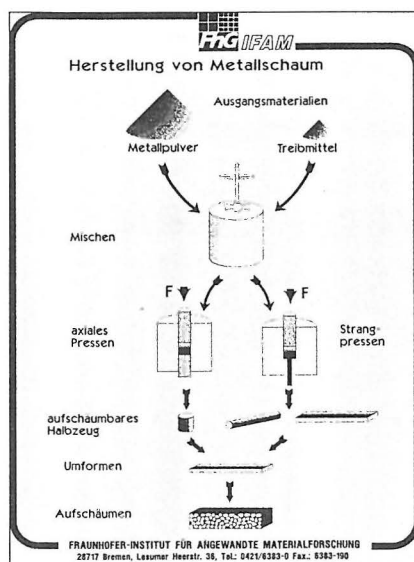


Bild 2 Prozeschema zur Herstellung von Metallschäumen

		A199.5 Schaum	AlCu4 Schaum	A199.5 massiv
verwendetes Treibmittel	–	TiH ₂	TiH ₂	–
Wärmebehandlung des Schaumes	–	keine	ausgehärtet	–
Dichte	g/cm ³	0,4	0,7	2,7
mittlerer Porendurchmesser	mm	4	3	–
Druckfestigkeit	MPa	3	21	–
Energieabsorption bei 30 % Stauchung	MJ/m ³	0,72	5,2	–
	kJ/kg	1,8	7,4	–
Elastizitätsmodul	GPa	2,4	7	67
dyn. Verlustfaktor (1 kHz)	dimensionslos	25×10 ⁻⁴	–	<5×10 ⁻⁴
elektrische Leitfähigkeit	m/(Ω×mm ²)	2,1	3,5	34
spezif. elektrischer Widerstand	μΩ×cm	48	29	2,9
thermische Leitfähigkeit	W/(m×K)	12	–	235
thermischer Ausdehnungskoeffizient	1/K	23×10 ⁻⁶	24×10 ⁻⁶	23,6×10 ⁻⁶

Tabelle 1 Technische Daten für Aluminiumschäume

Eigenschaften von Metallschäumen

Die Eigenschaften solcher Metallschäume sind sehr vielversprechend und können durch verschiedene Ausgangsmaterialien und Herstellungsparameter in einem weiten Bereich für den jeweiligen Anwendungsfall angepaßt werden: Die Dichte kann z. B. bei einigen Aluminiumschäumen bis auf etwa 10 % der Massivmetall-dichte reduziert werden, während Festigkeit und Steifigkeit solcher Materialien für viele Anwendungsfälle trotzdem noch ausreichen.

Insbesondere dort, wo hohe spezifische Steifigkeiten gefordert werden, sind die Schäume hervorragend einsetzbar. Aufgrund der überwiegend geschlossenporigen Struktur schwimmt das Material auf Wasser. Daraus ergeben sich Anwendungen als Schwimmermaterialien, z. B. als Füllstandsanzeiger. **Tabelle 1** zeigt anhand zweier Beispiele das Potential, das im Metallschaum steckt. Es handelt sich dabei um häufig untersuchte Aluminiumbasis-Schäume. Zur Orientierung sind einige Eigenschaften des konventionellen massiven Aluminiums mit aufgeführt.

Ähnlich wie von Kunststoff-

schäumen bekannt, besitzen auch Metallschäume ein ausgezeichnetes Energieaufnahmevermögen. Der Grund dafür ist, daß bei plastischer Verformung der Schaum über einen großen Bereich hinweg auf einem nahezu konstanten Spannungsniveau bleibt. Die Spannung, bei der die Verformung des Schaumes stattfindet, kann über die Parameter Schaumdichte und Materialzusammensetzung genau auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt werden.

Metallische Schäume haben durch ihren hohen Gasanteil eine ex-

trem niedrige elektrische und thermische Leitfähigkeit. Sie liegt bei etwa $\frac{1}{20}$ der Leitfähigkeit des Matrixmetalls. Der große Bereich der möglichen Einsatztemperatur und die Nichtbrennbarkeit des Materials sind weitere wichtige Vorzüge. Vor allem ist jedoch die gute Umweltverträglichkeit des Materials bemerkenswert:

Bei der Herstellung der Aluminiumschäume müssen neben sehr geringen Mengen des Treibmittels Titanhydrid (etwa 0,4 Gew.-%) keinerlei artfremde Zuschlagstoffe verwendet werden, so daß die Schaumprodukte wiederverwertbar sind. Darüber hinaus treten auch bei der Herstellung keine umweltbelastenden Stoffe, wie z. B. FCKW, auf.

Möglichkeiten zur Bauteilherstellung

Das zweistufige Herstellungsverfahren hat verschiedene Vorteile, die sich vor allem bei der Bauteilherstellung zeigen: Es können sehr einfach Formteile hergestellt werden, die nah an die erforderlichen Endabmessungen kommen **Bild 3**.

Dazu werden z. B. dünnwandige Negativformen aus Stahlblech mit dem aufschäumbaren Material gefüllt und auf Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes erwärmt. Der expandierende Schaum füllt den Hohlraum völlig aus. Von der Menge des aufschäumbaren Halbzeugs und der Formgröße hängt die Porosität des Schaumes ab. Die Außenhaut der Schaumteile ist in allen diesen Fällen geschlossen.

Es ist auch möglich, nur be-

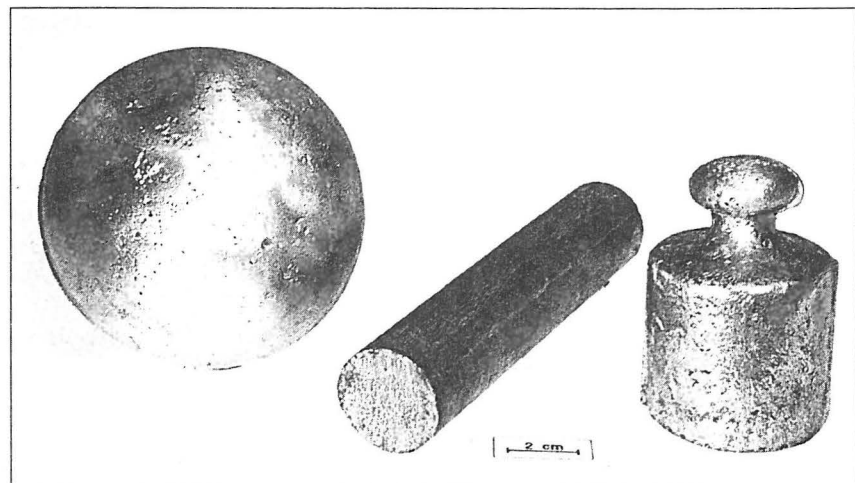


Bild 3 Formteile aus Aluminiumschaum

(Werkbilder: IFAM)

stimmte Teile des Halbzeugs zu schäumen. In diesen Fällen behalten bestimmte Teilbereiche ihre hohe Dichte. Das kann z. B. für die Krafteinleitung in die geschäumten Bereiche genutzt werden. Struktur- oder Integralschäume – wie sie schon von den Kunststoffschäumen bekannt sind – können auch mit Aluminium hergestellt werden. Diese Schaumkörper bestehen aus einem hochporösen Kern, der von einer äußeren Schicht höherer Dichte von bis zu mehreren Millimetern Dicke umgeben ist. Solche Schäume sind z. B. durch eine gezielte Temperaturführung des Schäumvorgangs herzustellen.

Sandwichartige Strukturen sind aber auch durch andere Verfahren herstellbar. Die einfachste Methode ist, Bleche aus konventionellen Materialien auf eine Kernlage aus geschäumtem Metall zu kleben. Wenn höhere Anforderungen an die thermische Belastbarkeit gestellt werden, ist eine metallische Bindung der Deckbleche mit dem Schaumkern günstiger.

Dies kann z. B. durch einen Walzplattivorgang erreicht werden. Hierbei werden artgleiche oder artfremde Deckbleche mit dem aufschäumbaren Material gemeinsam gewalzt, so daß sich zwischen ihnen eine metallische Bindung einstellt. Beim späteren Erwärmen kann nur die aufschäumbare Kernlage expandieren, die Deckbleche „schwimmen“ auf, bleiben aber massiv.

Eine gleiche Fertigungsmöglichkeit ergibt sich auch für schaumgefüllte Profile. Hier kann der Schaumkern entweder nachträglich eingeklebt werden, oder er geht beim Aufschäumen direkt eine metallische Bindung mit dem Profilwerkstoff ein.

Anwendungen von Metallschäumen

Aus den beschriebenen Eigenschaften und verfahrenstechnischen Möglichkeiten ergeben sich eine ganze Reihe von Einsatzgebieten. Ein

wichtiger Bereich ergibt sich z. B. aus dem Energieaufnahmevermögen.

Durch den Einsatz von „energieverzehrenden“ Elementen aus Aluminiumschaum können z. B. Knautschzonen in Automobilen optimiert werden. Dasselbe gilt auch für den Seitenaufprallschutz.

So weisen mit Aluminiumschaum ausgefüllte Hohlprofile ein deutlich besseres Deformationsverhalten auf. Außerdem ist es möglich, Karosserie- oder Fahrwerksteile mit Aluminiumschaum zu verstärken und so neben einer besseren Energieaufnahme auch eine höhere Steifigkeit zu erreichen. **Bild 4** zeigt ein solches Einlege teil.

Aufgrund des geringen spezifischen Gewichts sind Aluminiumschäume für Anwendungen im Bereich des Leichtbaus geradezu prädestiniert. Zum Beispiel würde eine Substitution von Honigwaben-Strukturen durch Platten aus Aluminiumschaum

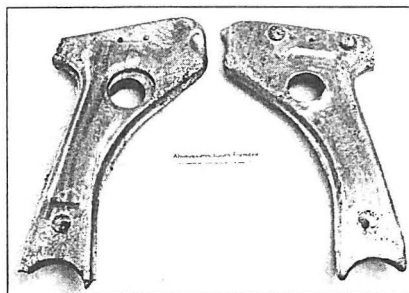


Bild 4 Formteile aus Aluminiumschaum für den Automobilbau der Dichte $0,5 \text{ g/cm}^3$
(Werkbild: IFAM, mit freundlicher Genehmigung der Volkswagen AG)

zu besseren Isotropie-Eigenschaften führen. Für die Luftfahrt ist z. B. die Nichtbrennbarkeit der Metallschäume vorteilhaft.

Da der Elastizitätsmodul der geschäumten Werkstoffe über die Veränderung der Dichte in weiten Bereichen variiert werden kann, ergibt sich so die Möglichkeit, die Resonanzfrequenz von Schaumbauteilen zu beeinflussen. Damit können unerwünschte Schwingungen vermieden werden. Für die Einhausung hitze- oder schallabstrahlender Bauteile bieten sich Formteile aus Schaumaluminium an.

Hier ist vor allem die im Vergleich zu Kunststoffschäumen höhere Temperaturbelastbarkeit günstig. Wegen der Nichtbrennbarkeit sind Metallschäume auch für den Brandschutz geeignet. Da das aufschäumbare Vor-

material erst bei Wärmeeinwirkung expandiert, könnte auch seine Anwendung denkbar sein.

Geschlossenporige Schäume sind, wie oben schon kurz erwähnt, als Schwimmermaterial geeignet. Günstig ist dabei, daß sie ihre Auftriebskraft auch nach lokaler Zerstörung behalten. Hier sind die Aluminiumschäume vor allem bei höheren Drücken oder Temperaturen vorteilhaft.

Einige Anwendungen ergeben sich auch aus den physikalischen Eigenschaften der Metallschäume. Für Abschirmungen gegen elektromagnetische Strahlungen ist z. B. die geringe elektrische Leitfähigkeit eine Voraussetzung, während bei Impedanzwandlern für die Ultraschall-Meßtechnik die akustische Impedanz der Aluminiumschäume eine wichtige Rolle spielt.

Weitere mögliche Einsatzgebiete für Metallschäume ergeben sich fast zwangsläufig aus ihren neuartigen Eigenschaftskombinationen. Ihre Anzahl ist praktisch nur begrenzt durch die Phantasie der Anwender.

MT

Zusammenfassung

Aluminium hat sich als Konstruktionswerkstoff für den Leichtbau ein großes Anwendungsgebiet erobert. Durch ein neuartiges Herstellungsverfahren, bei dem Aluminiumpulver mit einem Treibmittel versetzt wird und anschließend unter Wärmeeinwirkung aufgeschäumt wird, sind nun auch Aluminiumschäume verfügbar. Vor allem die hohe spezifische Steifigkeit bei geringer Dichte, die geringe thermische und elektrische Leitfähigkeit und das hohe Energieaufnahmevermögen eröffnen dem neuen Werkstoff dabei völlig neue Einsatzgebiete. Die Eigenschaften sind durch Variation von Ausgangsmaterial und Herstellungsprozeß in einem weiten Bereich einstellbar. Schäume lassen sich auch mit anderen Metallen herstellen.