

Physikalische Eigenschaften von Metall-Schäumen

Friedhelm Richter

Winkhauser Talweg 180, 45473 Mülheim/Ruhr

In dem Bestreben, Werkstoffe mit verbesserten Eigenschaften zu entwickeln, hat man sich zunehmend mit einer neuen Werkstoffgruppe befasst, den so genannten „metallischen Schäumen“. Bei dieser Entwicklung achtet man darauf, dass bestimmte Eigenschaften beachtet werden sollen. Das sind vorrangig die Temperaturbeständigkeit, die Zähigkeit, die Verschleißfestigkeit, der Korrosionswiderstand und die Schweißbeignung. Hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften stehen an erster Stelle einmal die stark verringerte Dichte, dazu der z. T. drastisch erhöhte thermische Widerstand.

Weitere günstige Eigenschaften bestehen in der Nicht-Brennbarkeit, der Rezyklierfähigkeit und der elektrischen Leitfähigkeit. Dazu kommen die hohe mechanische Dämpfung und die Abschirmung gegen elektro-magnetische Felder.

Im Anfang der Entwicklung verwendete man zunächst niedrig schmelzende Metalle, wie Magnesium und Aluminium. Das Herstellungsverfahren geht zumeist vom schmelz-flüssigen Zustand aus. Nach Einbringen eines geeigneten Treibmittels expandiert die Schmelze, die bei der Erstarrung zu einem metallischen Schaum führt. Bei anderen Verfahren werden Inertgas oder auch Wasserstoff - über eine chemischen Reaktion - in die Schmelze eingegeben. Auch aus der festen Phase lassen sich über die Sinterung von Pulvern Metall-Schäume erzeugen. Der Durchmesser der Poren umfasst den Bereich von etwa 0,01 bis 20 mm.

Folgende physikalische Eigenschaften bleiben bei Metall-Schäumen im Vergleich zum kompakten Material nahezu unverändert. Das sind die Wärmeausdehnung, die spezifische Wärmekapazität und die Schmelztemperatur.

Um das Hundertfache, ja bis zum Fünfhundertfachen, lässt sich die Wärmeleitfähigkeit von Aluminium-Schäumen im Vergleich zum Ausgangsmaterial verringern. Die Wärmeleitfähigkeit von Schäumen mit offenen und geschlossenen Poren wird um einen Faktor von etwa $Q^{1,6}$ bis $Q^{1,8}$ herabgesetzt (Q ist das Verhältnis der Dichte des Schaums zu der Dichte des kompakten Materials). Da der Elastizitätsmodul stark von der jeweiligen Dichte beeinflusst wird, muss ein zusätzlicher Faktor zwischen 0,1 und 4 berücksichtigt werden. Parallel zum thermischen

Widerstand wird auch der elektrische Widerstand deutlich angehoben. Bei offenen und geschlossenen Proben findet man eine Proportionalität zwischen $Q^{-1,85}$ und $Q^{-1,6}$.

Neben den Schäumen aus den niedrig schmelzenden Metallen sind inzwischen auch Schäume aus Nickel-Basis-Legierungen erstellt worden. Bei einer Porosität von 0,6 bis 0,9 hat man bei HASTELLOY B eine Wärmeleitfähigkeit von 0,3...0,5 W/m·K gemessen gegenüber 10 W/m·K beim Kompaktmaterial. Die nicht unwesentliche Herabsetzung der Wärmeleitfähigkeit beruht darauf, dass in Schäumen, vornehmlich mit geschlossenen Poren, Konvektion und Strahlung weitgehend unterdrückt werden.

Der elektrische Widerstand wird bei einem Aluminium-Schaum von 0,03 $\mu\Omega\cdot m$ im Ausgangsmaterial auf 0,2 bis 2,0 $\mu\Omega\cdot m$ angehoben. Am reinen Aluminium wird ein Elastizitätsmodul von 70 GPa gemessen. Er sinkt ab im Schaum auf 0,02 bis 2 GPa.

Bei der Anwendung von Schäumen ist von großem Vorteil die geringe Dichte, die es erlaubt, leichtere Konstruktionen zu erstellen. Man findet weiterhin eine Erhöhung der mechanischen Dämpfung um mehr als den Faktor 10. Dieser Vorteil wird bei der Abschirmung gegen Schwingungen oder Schall genutzt. Wegen der niedrigen Wärmeleitfähigkeit können Wärmeverluste weitgehend reduziert werden. Die niedrige Wärmeleitfähigkeit, wie auch die Nicht-Brennbarkeit wird bei der Fertigung von Hitzeschilden genutzt. Die gute elektrische Leitfähigkeit gibt die Möglichkeit, Abschirmungen gegen elektromagnetische Felder zu erstellen.

Auf die Machbarkeit von Schäumen auf Eisen-Basis ist bereits vor etlichen Jahren hingewiesen worden. Als mögliches Herstellungsverfahren sollte die pulvermetallurgische Methode eingesetzt werden. Aber auch aus der Schmelze sollen sich Eisen-Schäume mit rd. 3 % C und 0,1 % $CaCO_3$ als Treibmittel herstellen lassen. Beim Eisen-Schaum mit einer Dichte von 1,5 ...5 g/cm³ wird ein Elastizitätsmodul von 20 100

Pa erwartet gegenüber 210 GPa im kompakten
1ddZustand.

Literaturhinweise:

- [1] Banhart, J.; Metallschäume; Verlag MIT
Bremen, 1997
- [2] Ashby, M. F. et al.: Metal Foams;
Butterworth-Heinemann, Boston, 2000
- [3] Gibson, L. J., M. F. Ashby: Cellular Solids;
Pergamon Press, 1988