

(19)



(11)

**EP 2 143 809 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.01.2010 Patentblatt 2010/02**

(51) Int Cl.:  
**C22C 1/08 (2006.01) B22D 25/00 (2006.01)**  
**B22F 3/11 (2006.01) B22F 7/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09007574.8**

(22) Anmeldetag: **09.06.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**

(72) Erfinder:  
• **Banhart, John**  
**14532 Kleinmachnow (DE)**  
• **Helwig, Hans-Martin**  
**63571 Geinhausen (DE)**

(30) Priorität: **11.06.2008 DE 102008027798**

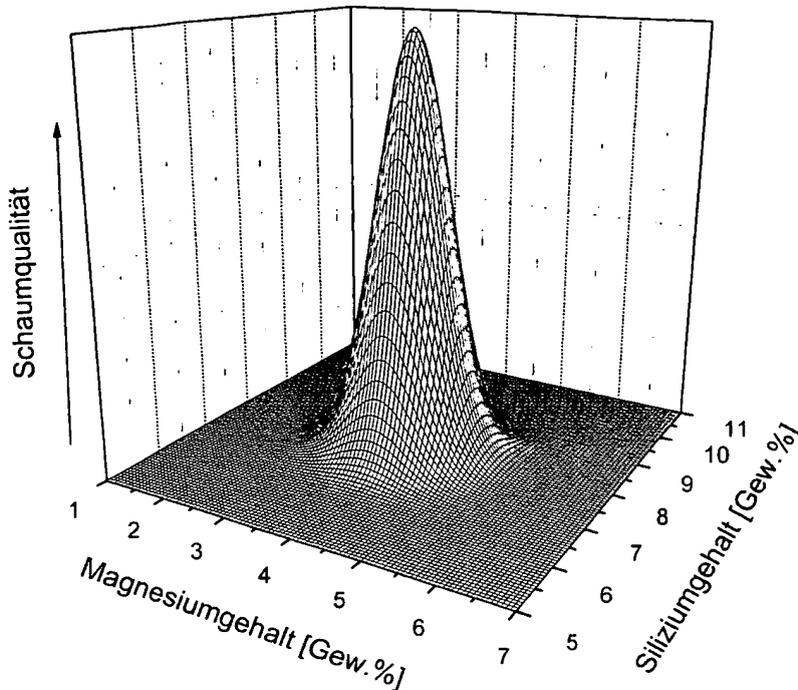
(71) Anmelder: **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH**  
**14109 Berlin (DE)**

(54) **Aluminiumlegierung für Metallschäume, ihre Verwendung und Verfahren zur Herstellung**

(57) Aluminiumlegierung für Metallschäume, ihre Verwendung und Verfahren zur Herstellung

Die vorgeschlagene Legierung für Metallschäume des Typs  $AlMg_4(\pm 1)Si_8(\pm 1)$  - Angabe in Gew.% - ermöglicht die Herstellung eines Metallschaums mit einer

feinen Porenstruktur bei hohem Expansionsvermögen, mit guten mechanischen Eigenschaften und guter Korrosionsbeständigkeit. Die Legierung kann ebenfalls eingesetzt werden als geschäumtes Kernmaterial für die Herstellung von Aluminiumschaum-Sandwichs.



**EP 2 143 809 A1**

**Fig. 5**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung für Metallschäume, ein Produkt daraus und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

**[0002]** Dem Stand der Technik nach allgemein bekannt ist die Herstellung von Metallschäumen auf pulvermetallurgische Weise, indem eine Mischung aus Metallpulver und Treibmittel zunächst verdichtet und dann teilweise oder vollständig aufgeschmolzen und nach erfolgter Porenbildung wieder abgekühlt wird. Im aufgeschmolzenen Zustand bildet das vom Treibmittel freigesetzte Gas die Poren in der Schmelze.

**[0003]** Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise in DE 101 15 230 A1 beschrieben. Als Beispiel wird die Herstellung eines Metallschaumes der Legierung AA6060 (AlMgSi) angeführt.

**[0004]** Auf der Homepage des Fraunhofer Instituts Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (<http://www.iwu.fraunhofer.de/schaumzentrum/produkte.htm>) sind weitere Aluminiumlegierungen, wie beispielsweise AlSi10 und auch eine 6000er Aluminiumlegierung, nämlich AlMg1Si0,5, angegeben.

**[0005]** Die bisher dem Stand der Technik nach bekannten und wissenschaftlich untersuchten 6000er AlMgSi-Legierungen, die in geringen Mengen (bis etwa 2 %) Si und Mg enthalten, lieferten für die Herstellung von Metallschäumen keine befriedigenden Ergebnisse hinsichtlich des Erhalts einer feinen Porenstruktur bei hohem Expansionsvermögen, guten mechanischen Eigenschaften und guter Korrosionsbeständigkeit.

**[0006]** Andere derzeit für Metallschäume verwendete technische Aluminiumlegierungen sind die Gusslegierung AlSi7 oder die Legierung AlSi6Cu6 (s. Homepage der Firma alm GmbH am 03.06.08: <http://www.alm-gmbh.de/html/produkte.html>).

**[0007]** Weitere Anstrengungen wurden unternommen zur Erzielung der gewünschten Eigenschaften von Aluminiumschäumen durch Variation des Si- und/oder Cu-Gehaltes.

**[0008]** Zwar haben sich die letztgenannten AlSi-(beispielsweise AlSi6) und AlSiCu-Gusslegierungen (teilweise mit modifiziertem Cu-Gehalt) etabliert, jedoch wurden auch mit diesen Legierungen die erwünschten und oben erwähnten Eigenschaften bisher nicht erreicht. Hier wird vermutet, dass die genannten Gusslegierungen viel zu geringe Mg- und Si-Gehalte haben, um eine ausreichend große Schmelzmenge zu Beginn des Schmelzvorganges zu erzielen. Zudem ist das Entstehen kleiner Schmelzmengen zu Anfang des Prozesses mit dem Risiko der Kanalbildung im Halbzeug und dem damit verbundenen Treibgasverlust zu Beginn des Aufschmelzens verbunden.

**[0009]** Dem Stand der Technik nach allgemein bekannt sind auch Metallschaum-Sandwichs, bei denen zwischen zwei nach außen abschließenden Decklagen ein Metallschaumkern angeordnet ist.

**[0010]** Derartige Sandwich-Strukturen können durch

Verkleben der Decklage mit der Schaumkernschicht hergestellt werden, aber auch, indem das unaufgeschäumte Kernmaterial mit den Decklagen durch Druckeinwirkung in einem Verfahrensschritt metallisch verbunden (s. beispielsweise EP 0 997 215 A2) und erst anschließend mittels thermisch aktivierbaren Treibmittels aufgeschäumt wird.

**[0011]** Für das letztgenannte Verfahren zur Herstellung von Metallschaum-Sandwichs ist die Wahl der Materialien für den Metallschaumkern und für die Decklagen besonders wichtig, da der Aufschäumprozess besondere Temperaturverhältnisse erfordert. In DE 101 36 370 A1 wird der Verbundwerkstoff-Rohling zu einem Halbzeug umgeformt und durch Erhitzen auf eine Temperatur, die gleichzeitig oberhalb der Ausgastemperatur des Treibmittelpulvers und innerhalb des Solidus-Liquidus-Bereiches des Metallpulvers liegt, zu einem Bauteil aufgeschäumt. Es wird ausgeführt, dass für den Fall, wenn sowohl für die Kernschicht als auch für die Deckschichten das gleiche Material, z. B. Aluminium, verwendet wird, unterschiedliche Schmelztemperaturen durch unterschiedliche Legierungszusätze in Pulver- und Deckschichtmaterialien eingestellt werden können.

**[0012]** Allgemein ist festzustellen, dass der Beginn des Schmelztemperaturbereiches der dem Stand der Technik nach bekannten Metallschaumlegierungen deutlich oberhalb der Zersetzungstemperatur des üblicherweise verwendeten Treibmittels TiH<sub>2</sub> liegt.

**[0013]** Aufgabe der Erfindung ist es nun, eine Aluminiumlegierung für Metallschäume vom Typ AlMgSi und eine Verwendung dieser Legierung anzugeben, wobei der Metallschaum eine feine Porenstruktur bei hohem Expansionsvermögen, gute mechanische Eigenschaften und gute Korrosionsbeständigkeit aufweisen soll. Die Aufgabe besteht weiterhin darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Produktes aus dieser Aluminiumlegierung anzugeben.

**[0014]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Aluminiumlegierung vom Typ AlMgSi die Legierung AlMg4(±1)Si8(±1) - Angabe erfolgt in Gew. % - ist.

**[0015]** Es hat sich gezeigt, dass die bisher technologisch irrelevante AlMg4Si8-Legierung innerhalb der durch die Pulvermischung technisch realisierbaren Toleranz von ± 1 % hervorragende Schäumeigenschaften und der entstehende Metallschaum eine im Vergleich zum Stand der Technik deutlich feinere Porenstruktur aufweist.

**[0016]** Zurückgeführt werden kann dies auf positive Auswirkungen des enthaltenen Mg, wie die Verringerung der Oberflächenspannung der Schmelze und seine starke Oxidationsneigung - da eine schnelle Oxidbildung die Zellwände der entstehenden Poren stabilisiert - und die Erhöhung der Schmelzviskosität, die Drainage verringert wird und ebenfalls zur Stabilität der Porenstruktur im flüssigen Bereich beiträgt.

**[0017]** Die verbesserten Eigenschaften können auch auf das besondere Schmelzverhalten der erfindungsge-

mäßigen Legierung zurückgeführt werden, welches charakterisiert wird durch die Funktion des Flüssigvolumenanteils in Abhängigkeit von der Temperatur der Schmelze. Die Legierung erzeugt während des Aufschäumprozesses bei 560 °C isotherm einen Anteil von etwa 50 % ternär-eutektischer Schmelze und hat eine Liquidustemperatur von ca. 600 °C, wodurch die präzise Einstellung einer für die Schaumexpansion optimalen Zähigkeit der Schmelze ermöglicht wird.

**[0018]** Gegenüber den oben im Stand der Technik erwähnten Cu-haltigen Legierungen besteht zudem der Vorteil höherer Duktilität und besserer Korrosionsbeständigkeit des fertigen Produkts.

**[0019]** Erfindungsgemäß wird die beanspruchte Legierung als geschäumtes Kernmaterial in Aluminiumschaum-Sandwichs verwendet.

**[0020]** Bei dem Verfahren zur Herstellung des Metallschaumes aus der beanspruchten Legierung wird zunächst eine Metallpulvermischung für die Legierung AlMg4(±1)Si8(±1) hergestellt und zu einem schäumbaren Halbzeug verdichtet und anschließend dieses Halbzeug mit bekannten Mitteln aufgeschäumt.

**[0021]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des Kernmaterials aus der beanspruchten Legierung wird zunächst eine Metallpulvermischung für die Legierung AlMg4(±1)Si8(±1) erzeugt und zu einer schäumbaren Kernlage verdichtet, danach wird diese Kernlage zwischen zwei Deckbleche einer 6000er Legierung angeordnet und diese Anordnung in einen festen metallischen Verbund überführt, anschließend wird dieser Verbund bis auf eine Temperatur, die geringfügig niedriger ist als die Solidustemperatur der 6000er Legierung, erhitzt und bei Erreichen der gewünschten Dicke des geschäumten Kernmaterials der Aufschäumprozess durch Kühlen unter die Solidustemperatur des Kernmaterials gestoppt.

**[0022]** Die Metallpulvermischungen bedeuten im Zusammenhang mit der Erfindung Mischungen aus Legierungspulvern, d.h. Pulvern aus solchen Materialien, aus denen die vorgeschlagene Legierung besteht, und in solchen Gewichtsanteilen der einzelnen Komponenten, die zu dieser Legierung führen. Dabei ist es unerheblich, ob Pulver aus den drei Legierungsbestandteilen einzeln oder z. B. auch bereits zwei Legierungskomponenten enthaltende Pulver, denen die fehlenden Bestandteile zugemischt werden, verwendet werden.

**[0023]** In Ausführungsformen der Erfindung ist deshalb beispielhaft vorgesehen, dass als Metallpulvermischung für die Legierung AlMg4(±1)Si8(±1) eine Mischung der einzelnen Legierungsbestandteile verwendet wird, insbesondere in der Zusammensetzung 50 Gew.% AlMg8, 8 Gew.% Si und 41 Gew.% Al bzw. in Elementarzusammensetzung 88 Gew.% Al, 4 Gew.% Mg und 8 Gew.% Si. Eine andere Ausführungsform sieht eine Metallpulvermischung aus 8 Gew.% des zweikomponentigen Legierungspulvers AlMg50, 8 Gew.% Si und 84 Gew.% Al vor.

**[0024]** Die Verwendung einer Legierungspulver-

schung hat den Vorteil, dass der unerwünschte Abbrand des Mg-Anteils im Herstellungs- und im Schäumprozess der erfindungsgemäßen Legierung verhindert wird.

**[0025]** Auch das optional vorgesehene Ausschließen bzw. Entfernen von Fremdgasen (z.B. Sauerstoff) und deren Verbindungen mit den Metallpulvern bei der Herstellung des schäumbaren Halbzeuges oder der schäumbaren Kernlage verhindert den unerwünschten Abbrand des Mg-Anteils.

**[0026]** Es wurde festgestellt, dass der Aufschäumprozess für die erfindungsgemäße Legierung sowohl mit als auch ohne Treibmittel erfolgreich verläuft.

**[0027]** Wird - wie in einer weiteren Ausführungsform - ein Treibmittel verwendet, so ist vorgesehen, die Zersetzungstemperatur des Treibmittels und die Schmelztemperatur der Metallpulvermischung möglichst nahe zueinander, d.h. wenige Grade unterhalb der Zersetzungstemperatur, einzustellen, damit eine hochviskose große Schmelzmenge bei der Zersetzungstemperatur zur Verfügung steht. Der Verwendung eines Treibmittels hat den Vorteil, dass der Schäumprozess insbesondere über die Temperatur gut steuerbar ist und damit sehr sauber abläuft.

**[0028]** Die Erfindung wird in folgenden Ausführungsbeispielen veranschaulicht.

**[0029]** Die Figuren zeigen:

Fig. 1 bis 3: die Porengrößenverteilung der bekannten Legierungen AlMg6Si6 und AlSi6 im Vergleich zur erfindungsgemäßen Legierung AlMg4Si8 entsprechend;

Fig. 4 : die gemessene Expansion bei verschiedenen Heizleistungen für die erfindungsgemäße Legierung und die bekannten Legierungen AlMg6Si6 und AlSi6;

Fig. 5: Schaumqualität der Legierung AlMg4Si8 in Abhängigkeit der Konzentration der Legierungselemente Magnesium und Silizium.

### 1. Beispiel

**[0030]** Für die Herstellung eines zylindrischen Bauteils aus Aluminiumschaum der erfindungsgemäßen Legierung wird zunächst eine Pulvermischung aus 1 Gew.% TiH<sub>2</sub>, 8 Gew.% Si, 4 Gew.% Mg und 87 Gew.% Al hergestellt. Diese wird dann bei einer Temperatur von 400 °C, einem Pressdruck von 195 MPa und 300 s Presszeit uniaxial zu einem tablettenförmigen Halbzeug verdichtet, was anschließend in einer zylindrischen Stahlblechform so lange erhitzt wird, bis die Metallpulvermischung vollständig aufgeschmolzen ist. Während dieses Prozesses bildet sich aus den einzelnen Metallpulvern die Legierung AlMg4Si8. Der Aufschäumprozess erfolgt in bekannter Weise durch die Zersetzung des Treibmittels TiH<sub>2</sub>, wodurch Gasblasen im Halbzeug gebildet werden. Hat der Schaum die zylindrische Stahlblechform ausgefüllt, wird sie dem Ofen entnommen. Der Schäumprozess stoppt

durch das Abkühlen der Form unter die Solidustemperatur der Schmelze.

**[0031]** Das zylindrische Bauteil aus der Legierung AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub> weist neben einer geringen Dichte und einer homogenen Porenstruktur ebenso eine gute Korrosionsbeständigkeit und hohe Duktilität auf.

## 2. Beispiel

**[0032]** Für die Herstellung eines Aluminiumschaum-Sandwichs wird zunächst eine Metallpulvermischung aus 50 Gew.% der Aluminiumlegierung AlMg<sub>8</sub>, 8 Gew.% Si und 41 Gew.% Aluminium hergestellt und anschließend zu einer Kernlage verdichtet. Diese Kernlage wird in einem nächsten Schritt mit Deckblechen einer aushärtbaren Legierung der Serie 6000 in einen festen, metallischen Verbund überführt. Dies kann beispielsweise mittels Walzplattierens oder eines anderen bekannten Verfahrens erfolgen. Dieser Verbund wird nun so lange erhitzt, bis eine minimal niedrigere Temperatur, hier 590 °C, als die Solidustemperatur der Deckbleche, die bei ca. 600 °C liegt, erreicht ist, und dadurch der Aufschäumprozess startet. Während des Aufschäumens bildet sich die Aluminiumlegierung AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub> in der Schaumkernlage.

**[0033]** Bei Erreichen der gewünschten Schaumschichtdicke wird der Aufschäumprozess durch Kühlen unter die Solidustemperatur der Schaumkernlegierung, beispielsweise bis auf eine Temperatur zwischen 555 °C und 560 °C gestoppt. Nun kann bei Bedarf direkt im Anschluss oder zu einem späteren Zeitpunkt eine Wärmebehandlung des erzeugten Aluminiumschaum-Sandwichs erfolgen.

**[0034]** Auch diese Aluminiumschaum-Sandwichs weisen einen hohen Expansionsgrad der Schaumkernlage sowie gute mechanische Eigenschaften und eine gute Korrosionsbeständigkeit auf.

**[0035]** Die gute Qualität des aus der erfindungsgemäßen Legierung erzeugten Metallschaumes soll nun anhand der beiden Parameter Porengrößenverteilung und erreichte Expansionshöhe im Vergleich zu den bekannten Legierungen AlSi<sub>6</sub> und AlMg<sub>6</sub>Si<sub>6</sub> gezeigt werden.

**[0036]** In den Figuren 1 bis 3 sind die Porengrößenverteilungen für die Materialien AlSi<sub>6</sub> und AlMg<sub>6</sub>Si<sub>6</sub> sowie die erfindungsgemäße Legierung AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub> als Ergebnis einer digitalen Bildanalyse in Balkendiagrammen dargestellt. Im Vergleich zu den Magnesiumhaltigen Schaumproben weist die Magnesiumfreie Probe aus der Legierung AlSi<sub>6</sub> eine gröbere Porenstruktur auf. Da der Unterschied mit bloßem Auge schwierig zu beurteilen ist, wurden die einzelnen Porenquerschnitte vermessen und in Größenklassen von 2 mm<sup>2</sup> Breite sortiert. In den Balkendiagrammen der Figuren 1 bis 3 wird nun der Unterschied zwischen den Porenstrukturen deutlich. Während die Magnesiumhaltigen Legierungen bei etwa 20 mm<sup>2</sup> eine Obergrenze für die Porengröße mit relativ scharfer Abgrenzung erkennen lassen, läuft die Porengrößenverteilung der Legierung AlSi<sub>6</sub> eher flach zu höheren Po-

rengrößen um 60 mm<sup>2</sup> aus und es gibt keine scharfe Obergrenze.

**[0037]** In den in Fig. 1 bis 3 dargestellten Balkendiagrammen ist für die Porengrößenverteilung festzustellen, dass diese für AlMg<sub>6</sub>Si<sub>6</sub> nur geringfügig schlechter ist als für AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>, für AlSi<sub>6</sub> jedoch sehr stark abweicht.

**[0038]** Die in Fig. 4 dargestellte Expansion für eine mittlere Aufheizrate von 2,6 K/s bzw. von 1,2 K/s ist für AlSi<sub>6</sub> und die erfindungsgemäße Legierung sehr ähnlich, jedoch ist für AlMg<sub>6</sub>Si<sub>6</sub> eine niedrigere Expansion gemessen worden.

**[0039]** Wie bereits oben erwähnt ist festgestellt worden, dass es für eine gute Qualität - nämlich eine hohe Expansion und eine feinporige Struktur - des Metallschaumes von Vorteil ist, wenn eine zum Einschließen des frei gesetzten Gases ausreichende Schmelzmenge bei konstanter Temperatur erzeugt wird, da die Treibmittelezersetzung ohne gleichzeitigen Temperaturanstieg nur sehr langsam verläuft und somit Gasverluste durch beim Anschmelzen gebildete Kanäle vermieden werden. Diese darf allerdings nicht zu groß sein, da die verbliebenen ungeschmolzenen Bestandteile der Schmelze durch die hohe Viskosität im 2-Phasengebiet der Legierung unerwünschte Effekte (Drainage, Schaumkollaps) vermeiden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass bei binären AlSi-Legierungen die Menge der isotherm entstehenden Schmelze ca. 50 % beträgt.

**[0040]** Bei der erfindungsgemäßen Legierung AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub> ist es nun möglich, diesen Anteil durch das ternäre Eutektikum Schmelze ↔ Al + Mg<sub>2</sub>Si + Si zu erzeugen, was sowohl zu einer feinen Porenstruktur als auch zu einer hohen Expansion - und damit zu einer besseren Schaumqualität im Vergleich zu den dem Stand der Technik nach bekannten Legierungen - führt.

**[0041]** In Figur 5 ist schematisch die Schaumqualität, welche sich aus der Expansion und der Porengrößenverteilung ergibt, in Abhängigkeit der Konzentration der Legierungselemente Magnesium und Silizium dargestellt. Bei Verwendung der Legierung AlMg<sub>4</sub>Si<sub>8</sub> zeigt die Schaumqualität ein Maximum. Bereits geringfügige Abweichungen von der Zusammensetzung der erfindungsgemäßen Legierung führen zu einem merklichen Verlust an Schaumqualität durch Sinken der Expansion und/oder Vergrößerung der Porenstruktur.

## Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung für Metallschäume, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Aluminiumlegierung AlMg<sub>4</sub>(±1)Si<sub>8</sub>(±1), angegeben in Gew.%, ist.
2. Verwendung der Legierung gemäß Anspruch 1 als geschäumtes Kernmaterial für die Herstellung von Aluminiumschaum-Sandwichs.
3. Verfahren zur Herstellung des Metallschaumes aus

- einer Legierung gemäß Anspruch 1, wobei
- zunächst eine Metallpulvermischung für die Legierung  $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$  hergestellt und zu einem schäumbaren Halbzeug verdichtet und
  - anschließend mit bekannten Mitteln aufgeschäumt wird.
- 5
4. Verfahren zur Herstellung des Kernmaterials gemäß Anspruch 1 und 2, wobei
- zunächst eine Metallpulvermischung für die Legierung  $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$  hergestellt und zu einer schäumbaren Kernlage verdichtet wird,
  - diese Kernlage zwischen zwei Deckbleche einer 6000er Legierung angeordnet und diese Struktur in einen festen metallischen Verbund überführt wird,
  - danach dieser Verbund bis auf eine Temperatur geringfügig niedriger als die Solidustemperatur der 6000er Legierung für den Aufschäumprozess erhitzt wird und
  - bei Erreichen der gewünschten Dicke des geschäumten Kernmaterials der Aufschäumprozess durch Absenken der Temperatur unter die Solidustemperatur des Kernmaterials gestoppt wird.
- 10
- 15
- 20
- 25
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Metallpulvermischung eine Mischung der Legierungsbestandteile verwendet wird.
- 30
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallpulvermischung die folgenden Legierungsbestandteile aufweist: 50 Gew.%  $\text{AlMg}_8$ , 8 Gew.% Si und 41 Gew.% Al.
- 35
- 40
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallpulvermischung die Legierungsbestandteile in der Elementarzusammensetzung 88 Gew.% Al, 4 Gew.% Mg und 8 Gew.% Si aufweist.
- 45
8. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallpulvermischung aus 8 Gew.% des zweikomponentigen Legierungspulvers  $\text{AlMg}_{50}$ , 8 Gew.% Si und 84 Gew.% Al gebildet wird.
- 50
9. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Fremdgase und deren Verbindungen mit den Metallpulvern bei der Herstellung des schäumbaren Halbzeuges oder der schäumbaren Kernlage ausgeschlossen oder entfernt werden.
- 55
10. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Aufschäumprozess ein Treibmittel verwendet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schmelztemperatur der Metallpulvermischung wenige Grad unterhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels eingestellt wird.

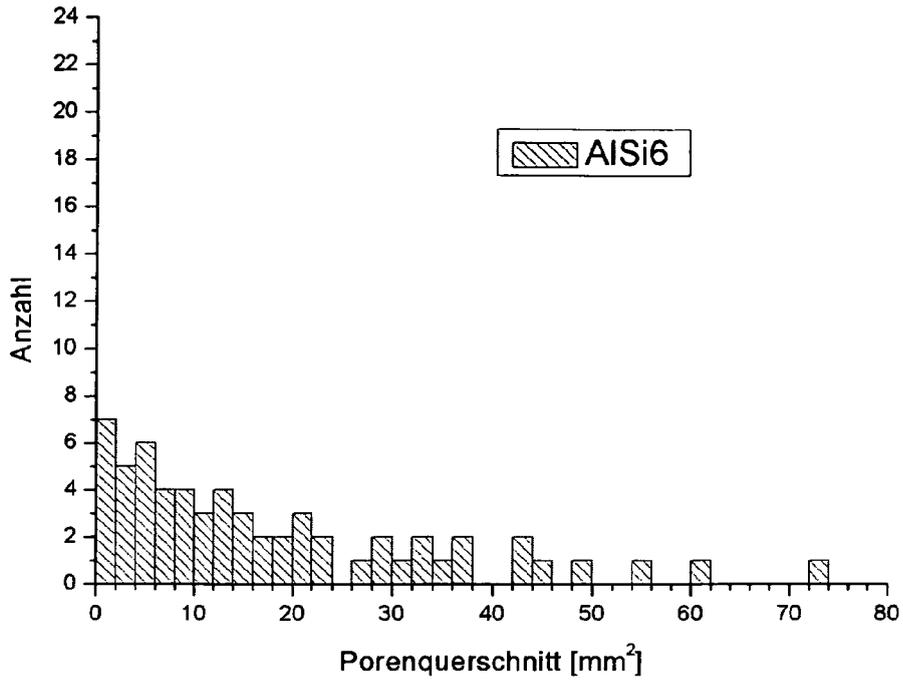


Fig. 1

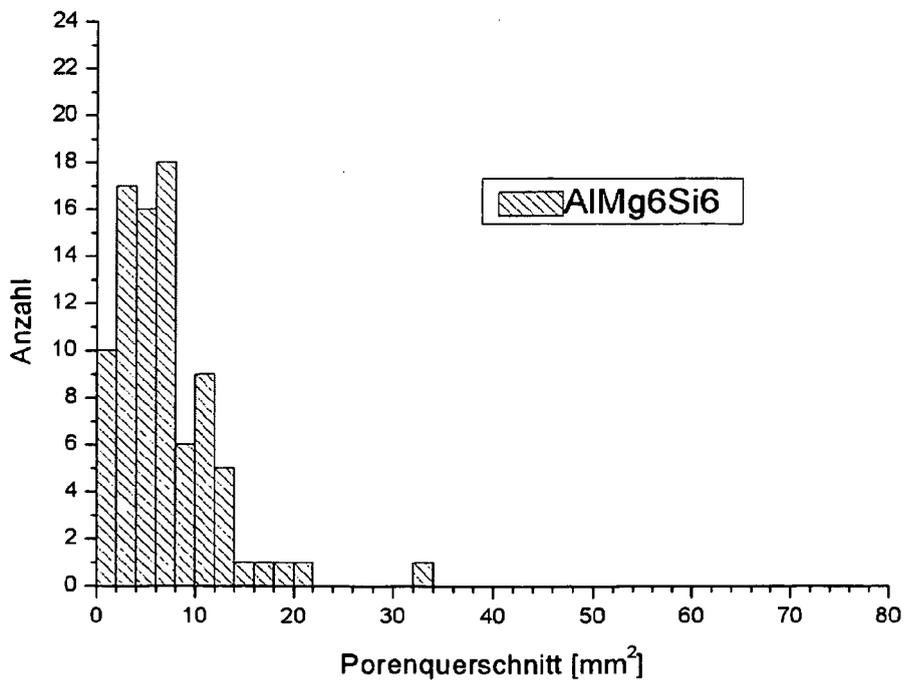


Fig. 2

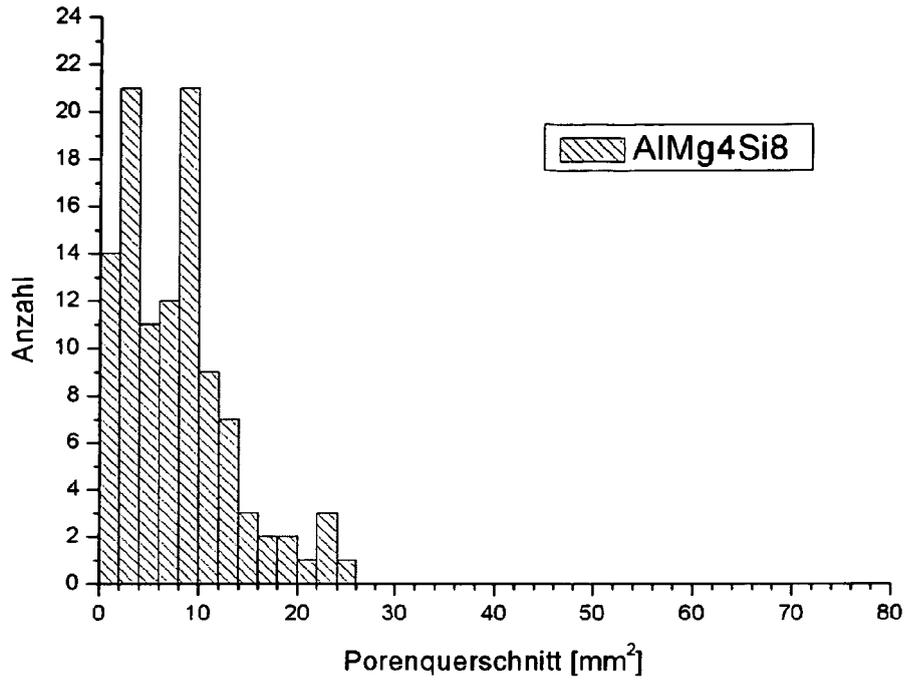


Fig. 3

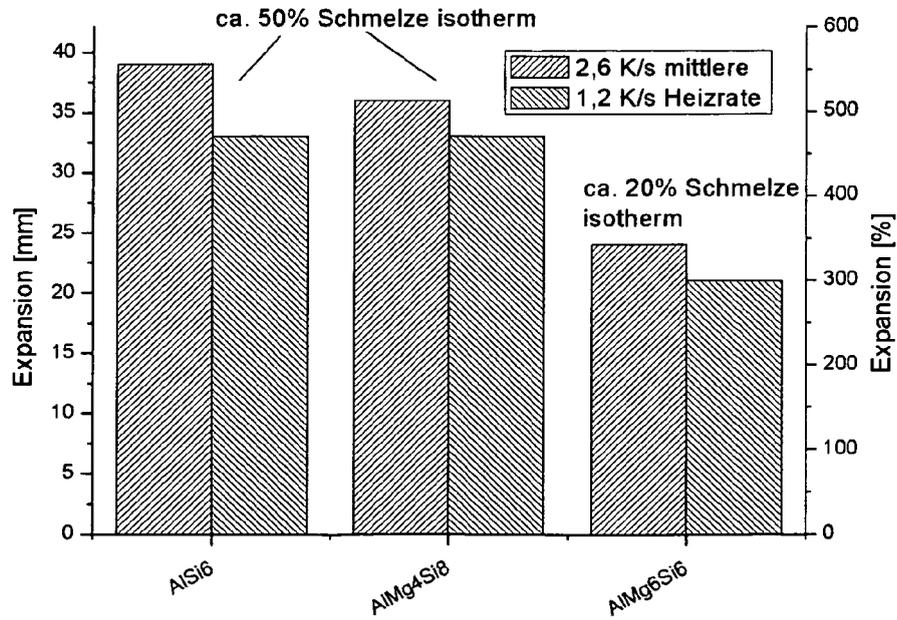


Fig. 4

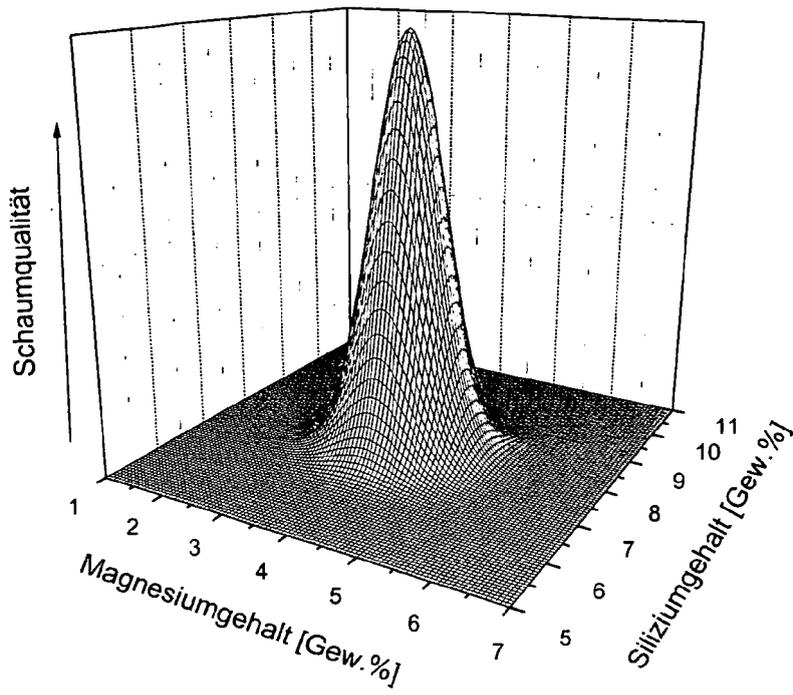


Fig. 5



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 00 7574

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WANG Z ET AL: "Studies on the dynamic compressive properties of open-cell aluminum alloy foams" SCRIPTA MATERIALIA, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 54, Nr. 1, 1. Januar 2006 (2006-01-01), Seiten 83-87, XP025028346 ISSN: 1359-6462 [gefunden am 2006-01-01]	1	INV. C22C1/08 B22D25/00 B22F3/11 B22F7/00
A	* Tabelle 1 *	2-11	
A,D	EP 0 997 215 A2 (SCHUNK SINTERMETALLTECHNIK GMB [DE]) 3. Mai 2000 (2000-05-03) * Abbildung 1; Beispiel 1 *	1-11	
A	EP 0 884 123 A2 (GOLDSCHMIDT AG TH [DE]) 16. Dezember 1998 (1998-12-16) * AA6061 foam by P/M route, foaming agent TiH <sub>2</sub> ; Spalte 6, Zeilen 6-28 *	1-11	
A	SEVOSTIANOV I ET AL: "Elastic and electric properties of closed-cell aluminum foams" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS:PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, Bd. 420, Nr. 1-2, 25. März 2006 (2006-03-25), Seiten 87-99, XP025098269 ISSN: 0921-5093 [gefunden am 2006-03-25] * AlMg1Si0.6 foamed with 0.4% TiH <sub>2</sub> ; Seite 88 *	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C22C B22D B22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
5	Recherchenort München	Abschlussdatum der Recherche 30. November 2009	Prüfer González Junquera, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 00 7574

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-11-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 0997215	A2	03-05-2000	AT 248676 T DE 19849600 C1	15-09-2003 22-02-2001
-----				
EP 0884123	A2	16-12-1998	AT 235336 T ES 2193439 T3 JP 11012605 A US 5972285 A	15-04-2003 01-11-2003 19-01-1999 26-10-1999
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10115230 A1 [0003]
- EP 0997215 A2 [0010]
- DE 10136370 A1 [0011]