



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 936/2001
(22) Anmeldetag: 15.06.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.06.2002
(45) Ausgabetag: 25.02.2003

(51) Int. Cl.⁷: **C22C 1/08**

(73) Patentinhaber:
HÜTTE KLEIN-REICHENBACH GESELLSCHAFT
M.B.H.
A-3900 SCHWARZENAU, NIEDERÖSTERREICH
(AT).
(72) Erfinder:
DOBESBERGER FRANZ
SCHWARZENAU, NIEDERÖSTERREICH (AT).
FLANKL HERBERT
PERG, OBERÖSTERREICH (AT).
LEITLMEIER DIETMAR
SCHLEISSHEIM/WELS, OBERÖSTERREICH (AT).
BIRGMANN ALOIS
MOOSDORF, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON METALLSCHAUM

AT 410 104 B

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Einbringen von Gas in eine Schmelze aus schäumbarem Metall mittels mindestens eines Rohres zur Herstellung von Metallschaum.

Weiters umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mindestens ein Gaseintragsrohr (1) vorspringend in die Schmelze (S) einragt und am einragenden Ende einen Gasaustrittsquerschnitt (2) mit einer Fläche von 0,006 bis 0,2 mm² sowie eine Rohrstirnfläche von kleiner als 4,0 mm² besitzt und dass eine Gleichmäßigkeit des Durchmessers bzw. der Größe der jeweiligen Einzelblasen vorliegt und die Größe der Gasblasen durch eine Einstellung der Einstromparameter des Gases gesteuert wird.

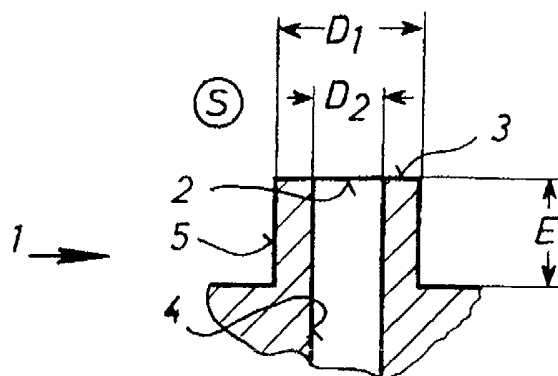


Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einbringen von Gas in eine Schmelze aus schäumbarem Metall mittels mindestens eines Rohres zur Herstellung von Metallschaum.

Weiters umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum durch Einblasen von Gas in eine schäumbare Metallschmelze.

In der innovativen Technologie sind zunehmend Werkstoffe mit neuem Eigenschaftsprofil gefordert. Einen derartiger Werkstoff stellt ein Metallschaum dar, der einerseits, im Vergleich mit einem Vollmaterial, ein wesentlich geringeres spezifisches Gewicht besitzt und andererseits unterschiedliche mechanische Eigenschaften und ein völlig anderes Werkstoffverhalten aufweist.

Für eine Herstellung von Metallschaum-Werkstoffen sind verschiedene Verfahren bekannt. Beispielsweise können einer Metallschmelze Substanzen zugesetzt und in dieser verteilt werden, welche Substanzen sich bei der gegebenen Schmelztemperatur der Metallphase unter Gasentwicklung zersetzen. In der Schmelze werden dabei die sich bildenden bzw. die gebildeten Gasblasen eingefroren und derart ein Schaumkörper erstellt.

Weiters bekannt sind Schäumverfahren, bei welchen Gas unter die Oberfläche eines geschmolzenen schäumbaren Metalles, eines sogenannten flüssigen Verbundstoffmaterials, eingebracht und derart ein Metallschaum erstellt wird.

Aus der WO 91/01387 A1 bzw. EP- 483184 B1 ist beispielsweise ein derartiges kontinuierliches Schäumverfahren bekannt geworden.

Ein Einbringen von Gas in das flüssige Metall kann auch gemäß EP-545957 B1 mittels eines Wirbels erfolgen, wobei im derart gebildeten und erstarrten Schaumwerkstoff Poren mit unterschiedlichem Durchmesser vorliegen, woraus ein wenig reproduzierbares Werkstoffverhalten resultiert. Ein Einstellen der Porengröße oder Größenverteilung im Schaumkörper ist dabei nicht in einem ausreichenden Maß möglich.

Gemäß US 5 281 251 A erfolgt ein Einbringen von Gas in die Schmelze mittels einer Eintragsvorrichtung, die quirlförmig ausgebildet und an den außenseitigen Flügelförmigen Gasaustrittsöffnungen aufweist. Eine ähnliche Ausführungsform des Gaseinführungsmittels oder eine vibrierende oder oszillierende Düse offenbart die US 5 334 236 A.

Um eine effiziente Schaumbildung zu erreichen, wurde auch vorgeschlagen (EP-544291 A1), dem Flüssigmetall Gas über eine Vielzahl von Düsen in der Art eines oszillierenden Düsenkammes oder mittels einer vertikalen Düse mit darüber rotierendem propellerartigen Rührer zur Verwirbelung der Gasblasen zuzusetzen.

Allen bekannten Vorrichtungen zur Herstellung von Metallschaum durch ein Einblasen von Gas in eine Schmelze sind die Nachteile gemeinsam, dass Poren oder Gasblasen mit großen Abmessungsunterschieden gebildet werden und deren Größe und Größenverteilung nicht in gewünschtem Maße einstellbar sind. Daraus ergeben sich vielfach unerwünscht vergleichsweise hohe spezifische Gewichte und ungenügend reproduzierbares Materialverhalten des Metallschaum-Werkstoffes.

Hier will die Erfindung Abhilfe bieten und setzt sich zum Ziel, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welcher Gas in der Form von annähernd gleiches Volumen aufweisenden, in der Größe einstellbaren Poren oder Blasen in die Schmelze einbringbar ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung stellt die Angabe eines Verfahrens zur Erstellung eines gewünschten Metallschaumes dar.

Das Ziel wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass das Gaseintragsrohr vorspringend in die Schmelze einragt und am einragenden Ende einen Gasaustrittsquerschnitt mit einer Fläche von 0,006 bis 0,2 mm² sowie eine Rohrstirfläche von kleiner als 4,0 mm² besitzt.

Die mit der Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, dass am Gaseintragsrohr bei der Bildung der Poren für deren bestimmte Größe stabile Blasenablöskriterien geschaffen werden.

Wird in ein schäumbares Metall gemäß dem Stand der Technik Gas durch eine Bohrung in einer Düsenplatte eingebracht, so entsteht, wie Untersuchungen zeigten, eine Blase, wobei in der Folge rund um die Bohrung eine Erweiterung des Blasenhaftungsbereiches eintritt. Der Zeitpunkt der Ablösung und die dabei in der Praxis gebildete Größe der Blase an der Düsenplatte unterliegen keiner strengen und engen Gesetzmäßigkeit, so dass derart gebildeter Metallschaum mit Blasen, welche verschiedenste Durchmesser aufweisen, gebildet ist. Sind in der Düsenplatte beispiels-

weise zwei oder mehrere Bohrungen für einen Gaseintritt in das flüssige Metall vorgesehen, kann die Erweiterung des jeweiligen Blasenhaftungsbereiches an der Plattenoberfläche so weit fortschreiten, dass die Einzelblasen sich unter Bildung einer übergroßen Blase vereinigen, was einer gewünschten Schaumbildung entgegengerichtet ist. Wie eingangs angeführt, wurde schon versucht, eine gezielte Gasblasenablösung von der Düse oder eine Zerteilung großer Gasblasen durch eine Relativbewegung der Gaseintrittsöffnung im Metall oder durch Verwirbelung zu erreichen, was jedoch nicht in ausreichendem Maße eine gewünschte Wirkung erbrachte.

Durch die erfindungsgemäße geometrische Gestaltung des Gaseintragsrohres können erstmals gewünschte und stabile Gasblasenablösekriterien in der Schmelze geschaffen werden, welche im wesentlichen gleich hohes Einzelblasenvolumen und demgemäß gebildeten Metallschaum ergeben.

Die Ausbildung der Vorrichtung kann mit Vorteil so getroffen werden, dass die Austrittsöffnung des Gaseintragsrohres in einem Ausmaß von mindestens dem 5-fachen, vorzugsweise von mindestens dem 10-fachen, des Wertes der größten Innenabmessung der Austrittsöffnung in die Schmelze einragend ausgebildet ist. Damit sind besonders wirkungsvoll stabile Abreißkriterien der Blasen in der Schmelze erreichbar.

Wenn in günstiger Weise das Gaseintragsrohr eine kreisrunde Gasaustrittsöffnung und eine Rohrstirnkante oder kreisringförmige Rohrstirnfläche besitzt, sind besonders wirtschaftlich Rohrstirnausbildungen zur Steuerung der Gasblasengröße erstellbar.

Um eine große Stabilität bei einer geringen Stirnfläche des Gaseintragsrohres und auch eine hohe Haltbarkeit der Vorrichtung im Schäubetrieb zu erreichen, kann es vorteilhaft sein, wenn das in die Schmelze einragende Gaseintragsrohr zumindest im Bereich des Gasaustrittsendes eine kugelsegment-, kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmige Außenkontur aufweist. Dabei ist von Vorteil, die Außenkontur des Gaseintragsrohres so auszuführen, dass der Winkel, den die Erzeugende der Stumpfoberfläche mit der Achse des Gaseintrittskanals einschließt, einen Wert von kleiner als 60° , vorzugsweise von kleiner als 45° , aufweist.

Anlagentechnisch, aber auch im Hinblick auf die Leistung der Anlage und die Produktgüte kann es weiters einen wesentlichen Vorteil erbringen, wenn mindestens 2, vorzugsweise mehr als 2 Gaseintragsrohre, insbesondere mit jeweils gleichem gegenseitigen Abstand, der vorzugsweise einen Wert von größer als dem 10-fachen des Einrageausmaßes der Austrittsöffnung bzw. des Gaseintragsrohres in die Schmelze aufweist, in einem austauschbaren Düsenstock im Schmelzengefäß von Metallschaumanlagen angeordnet sind. Derart ist eine Bereitstellung einer großen hochwertigen Schaummenge in kurzen Zeitspannen möglich, was gegebenenfalls bei einer vormalterintensiven Weiterverarbeitung, insbesondere von Großteilen, gewünscht wird.

Die weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem hochwertiger Metallschaum durch Einblasen von Gas in ein schäumbares Metall erstellbar ist, wird dadurch gelöst, dass eine Gleichmäßigkeit des Durchmessers bzw. der Größe der jeweiligen Einzelblasen und die Größe der Gasblasen durch eine geometrische Düsengestaltung und durch eine Einstellung der Einströmparameter des Gases in die Metallschmelze gesteuert werden.

Die Vorteile des so erzielten Metallschaumes sind insbesondere darin zu sehen, dass im wesentlichen gleich große Blasen die Stützkriterien der metallischen Begrenzungen bei mechanischer Belastung im Hinblick auf ein niedriges spezifisches Gewicht des Schaumkörpers und ein gewünschtes Materialverhalten wesentlich verbessern.

Wenn Metallschaum-Körper verwendungsorientiert mit verschiedenen Durchmessern der jeweils gleich großen Blasen gefordert werden, kann erfindungsgemäß auf einfache Weise die Gleichmäßigkeit der Größe der Einzelblasen mittels des Einragens des Gaseintragsrohres in die Schmelze erreicht und die Größe der Einzelblasen durch die Größe des Gasaustrittsquerschnittes, die Größe der Eintragsrohrstirnfläche und die Höhe des Gasdruckes gesteuert werden. Besitzen nämlich Metallschaumkörper jeweils gleichvolumige, jedoch unterschiedlich große Gasblasen, so ist auch deren Materialverhalten bei Verformung unterschiedlich, wodurch für bestimmte Anwendungszwecke ein dafür bestens geeigneter Gegenstand erstellt werden kann.

Umfangreiche Versuche haben gezeigt, dass die Gleichmäßigkeit der Gasblasengröße weiter gesteigert werden kann, wenn das Gas mit einem um einen Mittelwert schwingenden bzw. wechselnden Druck und/oder durch oszillierend bewegte Düsen in die Schmelze eingetragen wird.

Verfahrenstechnisch, aber auch im Hinblick auf eine hohe Produktgüte kann weiter von Vorteil sein, wenn das Gas mit einem Druck von 0,3 bis 12 bar, vorzugsweise 0,7 bis 5 bar, in das schäumende Metall eingeblasen wird.

Besonders leichte bzw. geringes Raumgewicht aufweisende Metallschaumkörper können erstellt werden, wenn die metallische Schmelze aus Leichtmetall, vorzugsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung erstellt wird. Damit kann auch ein vielseitig gefordertes Werkstoffverhalten bei niedriger Masse des Teiles erreicht werden.

Die Schäumbarkeit des Metalles, aber auch die Ausbildung der Schaummatrix bzw. der Schaumwand können wesentlich verbessert werden, wenn zur Erstellung der schäumbaren Metallschmelze SiC-Partikel und/oder Al_2O_3 -Partikel sowie weitere nichtmetallische Partikel und/oder Partikel aus intermetallischen Phasen eingesetzt werden. Dabei ist es im Hinblick auf die Stabilität und Festigkeit, insbesondere Knickfestigkeit der Schaumwände günstig, wenn Partikel zur Stabilisierung des Metallschaumes mit einer Größe von 1 bis 50 μm , vorzugsweise 3 bis 20 μm , verwendet und gleichmäßig in die Schaummatrix verteilt werden, wobei vorzügliche Ergebnisse erreicht werden können, wenn im Basismetall eine schäumbare Metallschmelze mit einem Volumsanteil an Partikeln von 2 bis 50 Vol.-%, insbesondere von 18 bis 28 Vol.-% erstellt wird.

Zur Bereitstellung von Vormaterial zur Fertigung von Metallschaumgegenständen mit gewünschtem Materialverhalten zielt die Erfindung auch darauf ab, einen fließfähigen Metallschaum mit Gasblasen, welche durch Wände aus einer flüssigen Metallmatrix mit festen Verstärkungspartikeln begrenzt ist, zu schaffen. Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass der Durchmesser der größten Gasblasen gebrochen durch denjenigen der kleinsten Gasblasen einen Wert von kleiner als 2,5 ergibt. Ein derartig fließfähiger Metallschaum kann bei Anwendung unterschiedlicher Mittel mit hoher Genauigkeit zu Teilen geformt und erstarren gelassen werden, wobei je nach Einzelblasengröße und Verhältniswert eine bestimmte Dichte des Teiles und dessen Stauchverhalten bei Druckspannungsbeaufschlagung erzielbar sind. Schaumteile mit einer Dichte von jeweils 0,09 bis 0,11 erfahren beispielsweise bei nur geringfügig ansteigenden Druckspannungen von 0,25 bis 0,8 MPa Stauchgrade bis 70 %.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich jeweils einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 ein Gaseintragsrohr

Fig. 2 ein Gaseintragsrohr mit kegelstumpfförmiger Außenkontur

Fig. 3 einen Düsenstock mit mehreren Gaseintragsrohren

In Fig. 1 ist ein Gaseintragsrohr 1 dargestellt, welches mit einem Ausmaß E in eine Schmelze einragt. Das Gaseintragsrohr 1 weist zwischen innerer Oberfläche 4 und äußerer Oberfläche 5 eine gleichbleibende Wandstärke mit einer Rohrstirnfläche 3, die in die Schmelze S ragt, auf.

Fig. 2 zeigt ein Gaseintragsrohr 1 mit einem Einragemaß E in eine Schmelze S, welches Rohr 1 im Austrittsbereich eine kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmige Außenkontur 6 aufweist, die in der Verlängerung einen Winkel zur Achse 7 eines Gaseintrittskanals besitzt. Mit einer derartigen Ausführungsart eines Gaseintragsrohres 1 kann bei hoher Stabilität und Stärke des Basisteiles eine Rohrstirnfläche 3 mit geringstem Flächeninhalt bis zu einer Stirnkante hin gebildet werden.

Aus Fig. 3 ist eine Ausführungsart mit einem Düsenstock 8, welcher in einer Wand 9 eines Schmelzengefäßes vorzugsweise lösbar angeordnet ist, entnehmbar. Im Düsenstock 8 sind drei in eine Schmelze S einragende Gaseintragsrohre 1, 1', 1'' mit einem Abstand A_1 und A_2 zueinander angeordnet. Derartige leicht austauschbare Düsenstöcke 8 werden bevorzugt dann verwendet, wenn Metallschäume mit im wesentlichen gleichem Einzelblasenvolumen, jedoch mit unterschiedlichen Blasengrößen herzustellen sind, weil dadurch die Bildungskriterien: Größe des Gasaustrittsquerschnittes und Größe der Gaseintragsrohr-Stirnfläche, kurzfristig änderbar sind.

Anhand der schematischen Zeichnungen sollen die Blasenbildungsmechanismen nochmals kurz dargelegt werden.

Erfolgt ein Einbringen von Gas in eine Schmelze S, so wird in dieser an der Austrittsöffnung 2 des Eintragloches 1 eine konvexe Einwölbung gebildet. Um diese sich vergrößernde Einwölbung hängt die Schmelze an der Umgebungsfläche der Gasaustrittsöffnung. Weil nun das Grenzflächensystem Schmelze/Wandung als hydrophobes System vorliegt, ist die Haftfestigkeit des Flüssigmetalles rund um die Gasaustrittsöffnung gering, was zu Ablöseerscheinungen und flächigem

Auswandern der Gasblasenbegrenzung an der Wandung führt. Dadurch sind die Ablösebedingungen für die Gasblase weitgehend unbestimmt, was zu unterschiedlichsten Blasengrößen führen kann. Sollen mittels mehrerer benachbarter Austrittsöffnungen Blasen erstellt werden, so vereinigen sich diese in den meisten Fällen, wodurch eine gewünschte Schäumung verhindert wird oder eine ungleichmäßige Blasenstruktur des Metallschaumes gebildet wird.

Weist nun beispielsweise ein erfindungsgemäß vorragendes Gaseintragsrohr 1 einen Innendurchmesser D2 und einen Gasaustrittsquerschnitt 2 sowie einen Außendurchmesser D1 auf, so resultiert daraus das Maß der Rohrstirnfläche 3.

Bei einem Gaseinbringen in die Schmelze kann die Gasblasenbegrenzung jedoch nur bis zur Außenkante der Rohrstirnfläche 3 auswandern, wodurch ein wesentlicher Einfluß auf die Ablösekriterien gegeben ist. Auch benachbarte Gaseintragsrohre 1, 1', 1'', die in eine schäumbare Schmelze S einragen, bilden auf Grund der an den Außenkanten der Stirnflächen 3 rückspringenden Flächen definierte Ablösekriterien für Gasblasen aus, so dass eine Vereinigung und Entstehung großer Blasen weitgehend ausgeschlossen ist.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung zum Einbringen von Gas in eine Schmelze aus schäumbarem Metall mittels mindestens eines Rohres zur Herstellung von Metallschaum, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseintragsrohr (1) vorspringend in die Schmelze (S) einragt und am einragenden Ende einen Gasaustrittsquerschnitt (2) mit einer Fläche von 0,006 bis 0,2 mm² sowie eine Rohrstirnfläche (3) von kleiner 4,0 mm² besitzt.
 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (2) des Gaseintragsrohres (1) in einem Ausmaß (E) von mindestens dem 5-fachen, vorzugsweise von mindestens dem 10-fachen, des Wertes der größten Innenabmessung (D2) der Austrittsöffnung (2) in die Schmelze einragend ausgebildet ist.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaseintragsrohr (1) eine kreisrunde Gasaustrittsöffnung (2) und eine Rohrstirnkante oder kreisringförmige Rohrstirnfläche (3) besitzt.
 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das in die Schmelze (S) einragende Gaseintragsrohr (1) zumindest im Bereich des Gasaustrittsendes (2) eine kugelsegment-, kegelsegment- oder pyramidenstumpfförmige Außenkontur (6) aufweist.
 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel (α), den die Erzeugende (61) der Stumpfoberfläche (6) mit der Achse (7) des Gaseintragskanals einschließt, einen Wert von kleiner als 60°, vorzugsweise von kleiner als 45°, aufweist.
 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 2, vorzugsweise mehr als 2 Gaseintragsrohre (1, 1', 1''), insbesondere mit jeweils gleichem gegenseitigen Abstand (A1, A2), der vorzugsweise einen Wert von größer als dem 10-fachen des Einrageausmaßes (E) der Austrittsöffnung in die Schmelze aufweist, in einem austauschbaren Düsenstock (8) im Schmelzengefäß (9) von Metallschaumanlagen angeordnet sind.
- $A \geq 10 \times E$
7. Verfahren zur Herstellung von Metallschaum durch Einblasen von Gas in eine schäumbare Metallschmelze, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gleichmäßigkeit des Durchmessers bzw. der Größe der jeweiligen Einzelblasen und die Größe der Gasblasen durch eine geometrische Düsengestaltung und eine Einstellung der Einstromparameter des Gases in die Metallschmelze gesteuert werden.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichmäßigkeit der Größe der Einzelblasen mittels des Einragens des Gaseintragsrohres in die Schmelze erreicht und die Größe der Einzelblasen durch die Größe des Gasaustrittsquerschnittes, die Größe der Eintragsrohrstirnfläche und die Höhe des Gasdruckes gesteuert werden.
 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas mit einem um

einen Mittelwert schwingenden bzw. wechselnden Druck und/oder durch oszillierend bewegte Düsen in die Schmelze eingetragen wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas mit einem Druck von 0,3 - 12 bar, vorzugsweise mit 0,7 bis 5 bar, eingeblasen wird.
- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Schmelze aus Leichtmetall, vorzugsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, erstellt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erstellung der schäumbaren Metallschmelze SiC-Partikel und/oder Al₂O₃-Partikel sowie weitere nichtmetallische Partikel und/oder intermetallische Phase eingesetzt werden.
- 10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel zur Stabilisierung des Metallschaumes mit einer Größe von 1 bis 50 µm, vorzugsweise 3 bis 20 µm, verwendet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die schäumbare Metallschmelze mit einem Volumsanteil an Partikeln von 2 bis 50 Vol.-%, vorzugsweise 18 bis 28 Vol.-%, erstellt wird.
- 15 15. Fließfähiger Metallschaum mit Gasblasen, welche durch Wände aus einer flüssigen Metallmatrix mit festen Verstärkungspartikeln begrenzt sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der größten Gasblasen gebrochen durch denjenigen der kleinsten Gasblasen einen Wert von kleiner als 2,5 ergibt.
- 20

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

25

30

35

40

45

50

55

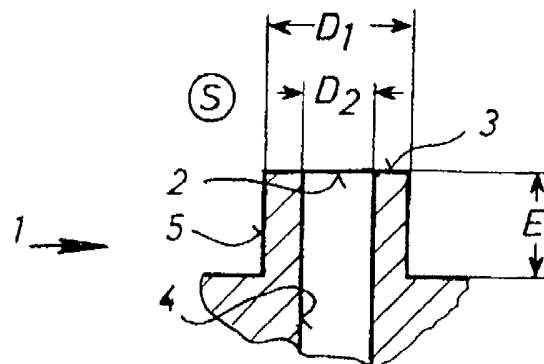


Fig. 1

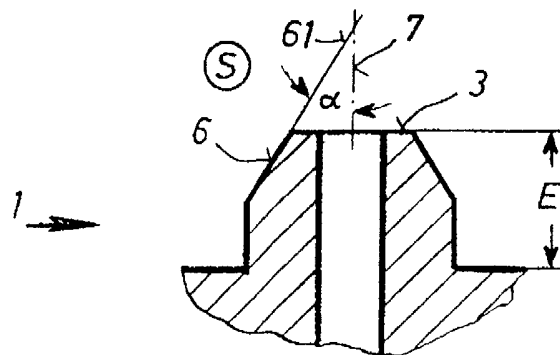


Fig. 2

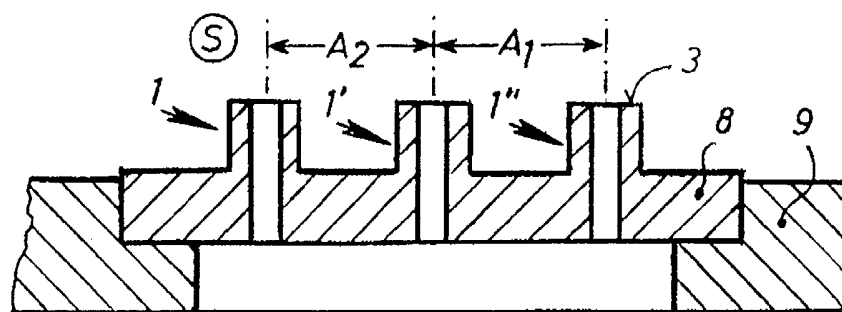


Fig. 3