(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 352 696 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.10.2003 Patentblatt 2003/42

(51) Int Cl.[7]: **B22F 3/11**, B22F 7/00

(21) Anmeldenummer: **03000266.1**

(22) Anmeldetag: **09.04.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(30) Priorität: **09.04.1998 AT 62598**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
99912961.2 / 1 085 956

(71) Anmelder: **Mepura Metallpulvergesellschaft MBH**
Ranshofen
5282 Braunau am Inn (AT)

(72) Erfinder:
- **Wolfsgruber, Eric**
  5280 Braunau am Inn (AT)
- **Wörz, Helmut**
  6230 Brixlegg (AT)
- **Simancik, Frantisek**
  85101 Bratislava (SK)

(74) Vertreter: **Neidl-Stippler, Cornelia, Dr.**
Patentanwältin,
Rauchstrasse 2
81679 München (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 08 - 01 - 2003 als Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) Verfahren zur Herstellung von Schaummetall-Verbundformkörpern

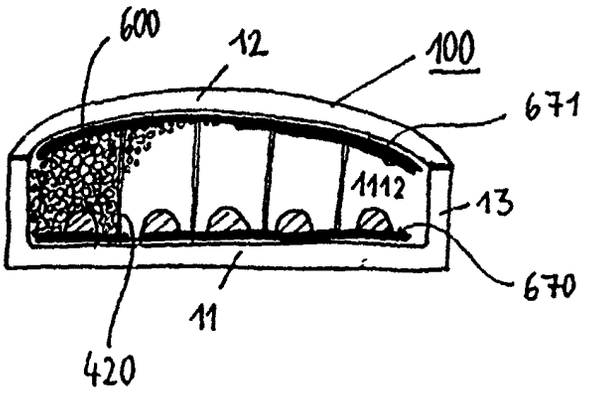
(57) Die Erfindung betrifft Formkörper oder dergleichen aus Schaummetall auf Basis von Aluminium oder anderen Metallen, die hergestellt werden, in dem Halbzeug-Körper oder dergleichen aus schäumfähigem, durch Kompaktieren eines Gemisches mindestens eines Matrix-Metall-Pulvers mit mindestens einem Schäumgas freisetzenden Treibmittel erhaltener Halbzeug-Material in eine Schäum-Kokille (100) oder dergleichen eingebracht, in gewünschter geometrischer Anordnung dort angeordnet werden und unter Erhitzung auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur des Matrix-Metalles gebracht werden, der Schäumvorgang nach Füllung der genannten Kokille beendet wird und die erhaltenen Schaummetall-Formkörper ausgeformt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein schäumfähiger, kompaktierter Halbzeug-Körper zusammen mit mindestens einer bzw. einem - aus einem bei der Schmelztemperatur des Matrix-Metalls nicht schaumfähigen Material gebildeten Struktur- bzw. Funktions-Bauteil (671) oder dergleichen in die Schäum-Kokille eingebracht und in gewünschter Position gehalten wird, wonach die Erhitzung unter Ausbildung des die Struktur bzw.

Funktions-Bauteil berührungsbindenden oder umschließenden Metallschaums (600) in der dem Kokillen-Innenraum entsprechenden Form vorgenommen wird, wobei das Metall des gebildeten Metall-Schaumes mit der bzw. dem Struktur- bzw.

Fuktions-Bauteil oder insgesamt oder teilweise in Kontakt gebracht wird, und daß nach Abkühlung der erhaltene Verbund-Formkörper mit im Metallschaum fest gebundener Struktur bzw. Funktions-Bauteil entformt wird.

EP 1 352 696 A2

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen neuartige Schaummetall-Formkörper, und im besonderen ein neues Verfahren zur gezielten und reproduzierbaren Herstellung dieser neuen Formkörper.

[0002] Es ist in den letzten Jahren eine große Zahl von Veröffentlichungen und Schutzrechtsschriften erschienen, welche die Herstellung von Schaummetallen, Vorrichtungen für die Verfahrensdurchführung sowie weiters auch die für die Schaummetall-Produktion erforderlichen Metall/Treibmittel-Mischungen bzw. die mit diesen Metall/Treibmittel-Mischungen gebildeten Halbzeuge für den Einsatz in einem Metallschäum-Herstellungsprozeß und die Herstellung des genannten Halbzeugs selbst betreffen.

[0003] Es sei zu den bekannt gewordenen Vorschlägen und Aktivitäten auf diesem Gebiet nur beispielsweise und keineswegs vollständig auf die folgenden Druckschriften verwiesen.

[0004] DE 1 164 102 A, DE 196 12 781 C1, DE 43 40 791 A1, DE 44 26 627 A1, EP 460 392 A1, EP 588 182 A2.

[0005] Zu verweisen ist hier weiters auf eine bekannte Technik des Schäumens von Metallen, bei welcher aus kompaktierten Metallpartikel-Treibmittelpartikel-Gemischen gebildetes Halbzeug in Schäumformen, z.B. aus Stahl, eingelegt und dort durch Erhitzen zum Aufschäumen gebracht wird.

[0006] Gemäß der EP 804 982 A2 wird das pulvermetallurgische Ausgangsmaterial in einer beheizten Kammer außerhalb einer Schaum-Gußform erhitzt und zum Aufschäumen gebracht, wonach der in seiner Menge auf die Volumskapazität der Gußform abgestimmte Metallschaum in seiner Gesamtheit in die Gußform gedrückt wird, eine an sich relativ aufwendige Technik.

[0007] In der US 3 087 807 A ist ein Verfahren beschrieben, gemäß welchem ein der gewünschten Endform des fertigen Schaummetallkörpers in seiner Gestalt etwa entsprechend geformtes Halbzeug in eine hohle Hülle eingebracht und dort unter Erhitzen aufgeschäumt wird.

[0008] Die DE 44 24 15 A1 beschreibt Schaummetaile mit anisotropen Eigenschaften, welche durch Erhitzen des schäumfähigen Halbzeuges in der Schäum- und Gußform und danachfolgende Deformation hergestellt werden. Es ist dort angeführt, daß zur Zerstörung der Stege zwischen den Poren zu dem Zweck, die Anzahl derselben, über welche die an sich durch die Poren reduzierte elektrische und thermische Leitung des Schaummetalles erfolgt, weiter zu reduzieren, die Integration von kleinen Keramik- oder Hartmetallpartikeln, Kurzfasern od.dgl., die als Rißstarter während der Deformation dienen, vorgesehen sein kann.

[0009] Die Zahl und Variabilität der Einsatzmöglichkeiten von Schaummetallen bzw. von daraus gefertigten Formkörpem, Werkstücken, Bauteilen od.dgl. ist hoch. Es sollen an dieser Stelle nur als Beispiele das Aussteifen von Hohlformen, alle für Schall- und Schwingungsdämpfung verschiedenster Art eingesetzten Bauteile, weiters Energieflüsse, wie z.B. Wärmefluß hemmende Bauteile, und nicht zuletzt die Verwendung als wegen ihrer niedrigen Dichte im steigenden Maß geschätzte Dekorations- und Verkleidungs-Bauteile, wie z.B. Wandplatten, Paneele od.dgl. genannt werden, wobei unter Umständen die Schaumstruktur selbst oder auch Schaumstruktur-Grenzen innerhalb der Bauteile, ihrer Oberfläche reizvolle ästhetische Aspekte bieten, welche zu Dekorzwecken dienen können.

[0010] In vielen Fällen ist es jedoch so, daß der einzelne Metallschaum-Formköprer für sich allein noch nicht funktionsfähig ist und er, wie z.B. im Falle von Schallschutz-Bauteilen, Wandpaneelen od.dgl., irgendwelcher Halterungen bedarf oder aber z.B. Hohlräume, Öffnungen od.dgl. aufweisen soll, welche z.B. für die Aufnahme von Halterungs-, Anschlußund/oder Verbindungselementen vorgesehen sind.

[0011] Es ist also notwendig, nach Fertigstellung des Schaummetall-Körpers denselben so nachzubearbeiten, daß die benötigten Ausnehmungen in denselben eingearbeitet werden, daß z.B. Halteelemente in die vorher eingebrachten Bohrungen eingeschraubt werden müssen oder daß z.B. die Bauteilränder umfangende Klemm- und Lagehaltungselemente anzubringen sind.

[0012] Sollen z.B. etwa Schaummetall-Verbund-Bauteile, also z.B. Sandwich-Bauteile, z.B. mit unterem und oberem, massivem Deckblech und dazwischen befindlicher Metallschaum-Struktur, realisiert werden, so wurde bisher so vorgegangen, daß ein Metallpulver/Treibmittelpulver-Gemisch zwischen die beiden Bleche eingebracht wurde und daß dann z.B. durch Walzen, Pressen od.dgl. ein im wesentlichen kompakter Vorform- bzw. Halbzeugkörper mit Außen-Deckschichten hergestellt wird, welcher bei erhöhter Temperatur z.B. in einer Form aufgeschäumt wird, wobei z.B. dann das Bodenblech in Lage bleibt und das Deckblech vom sich entwickelnden Metallschaum in eine endgültige Position "gehoben" wird. Nachteil dieser, hier als Beispiel angeführten, Technologie ist, daß sich damit eine exakte Endpositionierung der Bleche nur schwierig erreichen läßt.

[0013] Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zu schaffen, bei welchem sich ein, wie oben beschriebenes, nachträgliches Anbringen von Bauteilen, Halteelementen, Hohlräumen, Ausnehmungen od. dgl. im wesentlichen erübrigt. Das neue Verfahren sollte weiters den Einsatz von kostenaufwendig zu produzierendem Vormaterial, wie z.B. des wie oben beschriebenen Halbzeugs auf Basis eines kompaktierten Metallpulver/Treibmittel/Deckblech-Verbunds ersparen und zu Schaummetall-Produkten mit ein- oder anintegrierten Massiv-Elementen mit exakt steuerbarer Endpositionierung führen.

[0014] Das neue Verfahren soll schließlich die Produktion von gleich für einen technischen Einsatz und die

Verwendung geeigneten fertigen Schaummetall-Formkörpern und -Bauteilen in im wesentlichen einem Verfahrensschritt ermöglichen.

[0015] Gegenstand der Erfindung ist somit ein neues Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, Werkstükken bzw. Bauteilen aus bzw. mit Schaummetall auf Basis von Aluminium bzw. Aluminium-Legierungen oder anderen Metallen bzw. Legierungen, wobei Halbzeug-Körper, -Stangen, -Profile, -Platten od.dgl., aus schäumfähigem, durch Kompaktieren eines Gemisches mindestens eines Pulvers des Matrix-Metalls mit mindestens einem bei erhöhter Temperatur ein Schäumgas freisetzenden Treibmittel auf Basis mindestens eines Metallhydrids oder eines anderen Treibmittels auf pulvermetallurgischem Wege erhaltenem Halbzeug-Material in eine Schäum- und Formgebungs-Kokille od.dgl. eingebracht, dort in jeweils gewünschter geometrischer Anordnung, Flächen- und/oder Raumverteilung angeordnet werden und in der genannten Kokille unter Erhitzung auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur des Matrix-Metalles gebracht werden, der Schäumvorgang nach Füllung des Innenraums der genannten Kokille mit dem gebildeten Schaummetall mit einem gewünschten Füllgrad beendet wird und schließlich die so erhaltenen Schaummetall-Formkörper, -Werkstücke bzw. -Bauteile ausgeformt bzw. ausgebracht werden, welches **dadurch gekennzeichnet** ist,

- daß zumindest ein schäumfähiger, kompaktierter Halbzeug-Körper oder eine Mehrzahl derartiger Halbzeug-Körper zusammen mit mindestens einer bzw. einem - aus einem bei der Schmelztemperatur des Matrix-Metalls bzw. Schäumtemperatur nicht schäumfähigen, Material bzw. Massiv-Material bzw. -Metall gebildeten Struktur bzw. Körper und/oder (technischen) Funktions-Bauteil aus der Gruppe Drähte, Seile, Stangen, Netze, Gitter, Folien, Platten, Bleche, Wabenkörper, Profile, Rohre, Buchsen, Verankerungselemente, Schraubschäfte od.dgl., in die Schäum- und Formgebungs-Kokille eingebracht und in gewünschter Position gehalten wird, wonach die Erhitzung unter Ausbildung des die Struktur bzw. den (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil integral und satt umschließenden Metallschaums in der dem Kokillen-Innenraum entsprechenden Form bzw. Gestalt vorgenommen wird,
- wobei das Material bzw. Matrix-Metall des bei der jeweiligen Schäum-Temperatur gebildeten Metall-Schaumes mit der bzw. dem gesamten Struktur bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil oder mit einem Teil derselben bzw. desselben in Kontakt gebracht wird, und
- daß nach entsprechender Abkühlung der erhaltene Verbund-Formkörper bzw. -Bauteil mit im Metallschaum fest gebundener Struktur bzw. fest gebundenem (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil entformt wird.

[0016] Das Wesen der Erfindung besteht also insbesondere darin, daß der Schäumvorgang nicht nur der Bildung des Metallschaumes selbst dient, sondem daß der sich enwickelnde Metallschaum sich in situ und integral mit den Massiv-Teilen, welcher Art sie nun im einzelnen sind, verbindet. Damit können nachträgliche Materialschwächungen, z.B. durch Einbringen von Bohrungen, Gewinden od.dgl. für die Befestigung von Funktionsteilen, Halteelementen od.dgl. vermieden werden und es wird durch die in-situ-Umschäumung der Massiv-Teile deren Einbindung und Verankerung im fertigen Metallschaum-Körper in optimalem Ausmaß erreicht.

[0017] Der einzelne, vom sich entwickelnden Metallschaum aufzunehmende Massiv-Körper bzw. Funktions-Bauteil kann, wie dies oben zum Ausdruck kommt, vom Schaum gänzlich umgeben werden, womit z.B. für eine Modifikation der Schaumstruktur durch die (Massiv-)Einlage(n) gesorgt ist. In Frage kommen dafür z.B. Armierungselemente, wie z.B. Stäbe, Drähte, Netze od. dgl. Der Metallschaum kann aber auch nur den Verankerungsbereich od.dgl. eines Funktions-Bauteiles, z.B. eines Befestigungselementes, umschließen, wobei der eigentliche Funktional-Bereich beispielsweise die Oberfläche des Schaummetall-Körpers überragt, aus ihr hervortritt od.dgl. Sind Bleche, also Massiv-Körper mit ebener oder räumlicher, jedoch überwiegend flächiger, Ausdehnung mit dem Metallschaum zu verbinden, so kommt es zu einem flächigen, integrierenden Anliegen des Metallschaumes und somit zur flächigen Anintegration an das Blech.

[0018] Ein besonders inniger Verbund zwischen dem bzw. mehreren Massiv-Körper(n) und Metallschaum läßt sich bei einer Material-Wahl gemäß der ersten Ausführungsform des Anspruches 2 erzielen.

[0019] Es muß, wie bei einer zweiten Ausführungsvariante dieses Anspruches 2 vorgesehen, der einzelne (Massiv-)Körper nicht vollständig aus einem mit dem Matrix-Metall des sich bildenden Schaumkörpers kompatiblen Metall gefertigt sein, vielmehr kann eine materialschluß-fördernde Beschichtung desselben durchaus genügen, wobei allerdings ein integraler Verbund derselben mit dem seine Unterlage bildenden Grundkörper wichtig ist.

[0020] Weiters beinhaltet der Anspruch 2 als dritte Variante eine Auswahl von für die effektive Einbindung der (Massiv-)Teile in den Schaummetall-Körper in Frage kommenden Materialien, Materialphasen, Schichten od.dgl.

[0021] Ebenfalls bevorzugte Spezialfälle für die gewünschte hochgradige Integration der Massiv-Körper bzw. massiven Funktions-Bauteile in das geschäumte Metall zeigen jeweils die vierte und die fünfte Variante gemäß diesem Anspruch auf.

[0022] In diesem Sinne sind dort als letzte Variante einige, speziell auf die - im hohen Ausmaß und bevorzugt zum Einsatz kommenden Schaum-Matrix-Metalle

auf Aluminiumbasis - ausgerichtete, den angesprochenen Material-Verbund fördernde Metalle bzw. Metall-Kombinationen genannt.

[0023] Für Fälle, wo ein wie bisher ausführlich behandelter, inniger Verbund zwischen Schaum und in denselben eingebettetem Körper nicht erwünscht ist, oder gar ein nachträgliches Entfernen des Körpers erfolgen soll, können die in der ersten Ausführungsvariante des Anspruches s 3 zusammengefaßten Maßnahmen Vorteile bringen.

[0024] Den Techniken zum Aufbringen der den Material-Verbund zwischen Matrix-Metall und von demselben umschäumten Massiv-Teil fördernden oder aber hemmenden Beschichtungen sind an sich keine Grenzen gesetzt. Dementsprechend sind in der zweiten Variante gemäß diesem Anspruch 3 einige solche, im Rahmen der Erfindung besonders bevorzugte Beschichtungs-Technologien genannt.

[0025] Unterstützt werden kann in vorteilhafter Weise der an sich für die meisten Fälle wesentliche und erwünschte Materialschluß durch Maßnahmen zur Steigerung des mechanischen Verbunds zwischen Schaummetall und einzelnen Massiv-Körpern, wie z.B. durch Vergrößerung bzw. durch besondere Gestaltung von dessen Oberfläche, wie dies gemäß der dritten bevorzugten Ausführungsform des Anspruches 3 vorgesehen ist.

[0026] Die in den Schaum zu integrierenden Massiv-Körper können z.B. durch Gießen, Stranggießen, Strangpressen, Extrudieren, Walzen od.dgl. hergestellt sein. Für bestimmte Fälle, z.B. wenn die Einlage-Bauteile besonders hohen technologischen Anforderungen genügen sollen, also z.B. hohe Härte, Abrasionsfestigkeit, chem. Beständigkeit od.dgl. aufweisen sollen, ist - wie im Anspruch 4 geoffenbart - auch der Einsatz von Massiv-Körpern oder -Bauteilen aus auf pulvertechnologischem Wege hergestelltem, kompaktiertem, z.B. gesintertem, Material möglich.

[0027] Bevorzugt werden zu umschäumende Formkörper bzw. Bauteile aus Materialien mit Schmelztemperaturen, die über der Schmelztemperatur des aufzuschäumenden Metalls des Grundkörpers liegen, eingesetzt, wie gemäß der zweiten Variante dieses Anspruches vorgesehen.

[0028] Einen wesentlichen Vorteil des neuen Verfahrens der in-situ-Schäumung bringt die im Anspruch 5 angegebene erste Ausführungsvariante, die darin besteht, daß die an oder in den Schaum des Matrix-Metalls zu integrierenden Strukturen, Körper bzw. Funktions-Bauteile zusammen mit schäumfähigen Halbzeug-Körpern in die Formgebungskokille eingebracht werden, welche im wesentlichen eine Geometrie aufweisen, welche der Geometrie des nach dem Aufschäumen erhaltenen, fertigen Verbund-Produkts ähnlich ist.

[0029] Die bei einem wie oben beschriebenen, bisher bekannten Einsatz von schon als Material-Verbund einzubringendem und dann mit den im Verbund vorliegenden Massiv-Elementen, z.B. Blechen, zusammen aufzuschäumendem Halbzeug auftretenden Nachteile und Probleme mit einer gezielten, der gewünschten endgültigen Positionierung im fertigen Verbund-Schaumkörper entsprechenden, Positionierung sind schon oben kurz erörtert worden. Das erfindungsgemäße Verfahren bringt hier den wesentlichen Vorteil, daß es zum ersten Mal eine tatsächlich exakte Endpositionierung der Massiv-Teile an den gewünschten Stellen des Schaumkörpers in auch winkel- bzw. raumlagegenauer Stellung ermöglicht, wobei eine Vorgehensweise, wie sie gemäß der zweiten Ausführungsform des Anspruches 5 vorgesehen ist, von besonderem Vorteil ist.

[0030] Dem **Anspruch 6** ist eine erste bevorzugte Verfahrens-Variante zu entnehmen, bei welcher die für eine exakte Positionierung der Massiv-Teile dienenden Halteelemente in der Schaum-Matrix sozusagen "aufgehen" od.dgl., sie also in dieselbe echt material-integriert werden können.

[0031] Um ein unerwünschtes gegenseitiges Verlagern bzw. Verrutschen der vor dem Schäumprozeß ja an sich ganz gezielt und bevorzugt auf die Endform abgestimmt in der Kokille anzuordnenden Halbzeug-Körper im Zuge des Schäumvorganges zu vermeiden, hat es sich weiters als besonders günstig erwiesen, die Halbzeug-Körper etwa in Form von mit Metalldrähten oder mit Filamenten aus im Matrix-Metall löslichem oder z.B. im wesentlichen rückstandslos verbrennendem Material zusammengehaltenen Matten, Bündeln od.dgl. für die Schaummetall-Bildung zur Verfügung zu stellen, siehe dazu die zweite Variante des Anspruches 6, wobei dann bloß so vorgegangen werden muß, daß die Matten in entsprechender Länge und eventuell auch Breite zuzuschneiden sind, und die derart konturierten Mattenstücke direkt in die Kokille eingebracht werden können, womit die Gefahr eines gegenseitigen Veriagerns der Halbzeug-Körper nicht mehr gegeben ist. An Stellen größerer Schäumhöhe kann eine entsprechend geformte zweite Matte auf der ersten Matte angeordnet werden usw.

[0032] Bevorzugt werden Haltelemente, in welcher Form auch immer sie vorliegen, mit einer höheren Schmelztemperatur als jener des den Schaum bildenden Matrix-Metalls, siehe dazu die dritte Ausführungsform gemäß Anspruch 6.

[0033] Besteht die Absicht, besonders robuste Sandwich-Metallschaum-Körper mit den Schaummetall-Körper jeweils oben und unten bzw. beidseitig begrenzenden Blechen oder Folien herzustellen, was dem Formkörper besonders hohe mechanische Stabilität verleiht, so ist es günstig, in die Schäum- und Formgebungs-Kokille in der Art, wie im **Anspruch 7** beschrieben, derartige Folien und/oder Bleche an den entsprechenden Stellen der Kokille in gewünschter Lage anzuordnen. Dabei ist der Vorteil gegeben, daß nicht, wie bisher, z. B. eine "oberseitige" Deckfolie oder ein derartiges Deckblech direkt auf die auf dem ersten Blech angeordneten Körper des kompaktierten Metallmatrix/Treibmittel-Halbzeugs aufliegend angeordnet wird, wobei dann die-

ses Blech bzw. diese Folie mit steigender Porenbildung und Poren-Volumsvergrößerung während der Schaumentwicklung durch das Schäummetall selbst gehoben und schließlich gegen die Decke der Kokille gedrückt wird. Vielmehr wird gleich diese obere Deckfolie bzw. das obere Deckblech in Nähe der bzw. an der Kokillendecke anliegend angeordnet, z.B. mittels entsprechenden Folienhaltern, sodaß die angestrebte Verschweißung mit dem es im Zuge des Schäumprozesses erreichenden Metallschaum gleich in gewünschter, exakter Lage erfolgt.

[0034] Um ein Minimum an Nachbearbeitungs-Aufwand erfordernde, in der Final-Form und -Dimension praktisch optimale Massiv-Körper/Schaummetall-Verbund-Formkörper zu erhalten, ist eine auf die Endform abgestellte Beschickung der Schäum- und Formgebungs-Kokille gemäß der ersten Ausführungsvariante des **Anspruches 8** besonders günstig. Auf die dort angegebene Weise lassen sich weitgehend poren-homogene Integralschaum-Bauteile der neuen Art erzielen.

[0035] Für die Fertigung von lokal volumsbereich-veränderliche Porenanteile, Porendichte bzw. Porenvolumina aufweisenden Schaummetall-Formkörpern bringt die gemäß der zweiten Variante dieses Anspruches vorgesehene Art der Kokillen-Beschickung mit den Körpern des schäumfähigen Halbzeuges Vorteile.

[0036] Für die Erzielung von Formkörpern mit optimaler Einbindung der Massiv-Körper als besonders vorteilhaft hat sich die Einhaltung von Verhältnissen zwischen den Volumina bzw. dem Gesamtvolumen der in die Kokille eingebrachten kompaktierten, schäumfähigen Halbzeug-Körper und des Innenraums der Formgebungs-Kokille gemäß der dritten Ausführungsform des Anspruches 8 besonders bewährt.

[0037] Die Erfindung ist keineswegs auf "volle" Massiv-Körper beschränkt, vielmehr kann auch, wie der **Anspruch 9** in dessen erster Ausführungsform zeigt, der Einbau von hohlen Massiv-Körpern, also von Hohlkörpern, allerdings mit praktisch massiver Umwandung, vorgesehen sein.

[0038] Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht gemäß der zweiten Variante des Anspruches 9 darin, Metallschaum-Körper mit von außen zugänglichen oder z.B. sie auch durchsetzenden Ausnehmungen, Hohlräumen od.dgl. zu schaffen, was einerseits ein nachträgliches Einbringen solcher Leerräume erspart, anderseits aber den Vorteil hat, daß die dort die Begrenzung der Leerräume bildenden Hohlkörper zusammen mit dem sie umgebenden und integrierenden Metallschaum eine wesentliche mechanische Verstärkung bringen. Z.B. können gerade Rohrkörper von einer Wand zur gegenüberliegenden Wand der Kokille, dort dicht anschließend umschäumt werden oder z.B. gebogene Rohrkörper von einer Wand zu einer benachbarten Wand der Kokille.

[0039] Um einerseits eine möglichst hohe Fläche für den Kontakt des schäumfähigen kompaktierten Halbzeug-Gutes mit der bzw. dem für dessen Aufheizung, Formgebung und Dimensionierung vorgesehenen Kokille bzw. Kokillenboden Sorge zu tragen und anderseits, um bei Manipulation der Kokille ein unerwünschtes Verrutschen oder unkontrolliertes Wegrollen der Halbzeug-Körper und damit eine unregelmäßige oder unerwünschte Materialdichte-Verteilung in der Kokille vor dem Schäumen zu vermeiden, ist es gemäß einer dritten Variante des Anspruches 9 günstig, ein Halbzeug-Gut mit Körpern mit zumindest einer flachen bzw. ebenen Aufliege-, also Unterseite, vorzusehen, mit welcher diese Halbzeug-Körper auf dem Kokillenboden oder einem dort eingelegten Verbundblech aufliegen.

[0040] Schließlich betrifft die Erfindung die nach dem neuen Verfahren hergestellten Verbund-Schaumkörper gemäß **Anspruch 10**.

[0041] Zusammenfassend soll also folgendes festgehalten werden:

[0042] Wie schon erwähnt, wird erfindungsgemäß ein schäumfähiges, auf pulvermetallurgischem Fertigungsweg erhaltenes Halbzeug eingesetzt. Beispielsweise ist Ausgangsprodukt für die Herstellung von Aluminiumschaum-Formkörpern eine Pulvermischung aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung, homogen vermischt mit einem Treibmittel - bevorzugt Titanhydrid - und gegebenenfalls weiteren pulverförmigen Zusatzstoffen, die auf einer Kompaktier-, z.B. einer Conformanlage, durch Pressen, Extrudieren, Walzen oder auf eine vergleichbare Weise zu einem Stückgut, also zu Stäben, Platten, Profilen od.dgl. Halbzeugformen kompaktiert wird, wobei meist eine Dichte des so erhältlichen Halbzeug-Gutes erreicht wird, die vorzugsweise über ca. 95 % der theoretischen Dichte der Metallmatrix liegt.

[0043] Bekannt geworden sind Sandwich-Platten mit ein- oder doppelseitig angebrachten Deckblechen, -folien od.dgl., die in einem ersten Schritt walzplattiert wurden, um letztlich diese Deckbleche mit dem Matrix-Metall des aufschäumbaren Halbzeuges metallisch zu verbinden, diesen Schichtverbund gegebenenfalls zu konturieren und danach durch Erwärmung auf die Schmelztemperatur des aufschäumbaren Halbzeuges, den Schaumkörper zu bilden, der sich dann schließlich mit den metallischen Deckblechen materialschlüssig verbindet, siehe dazu z.B. die DE 196 12 781 C1.

[0044] Die Nachteile der bisher bekannt gewordenen Verfahren sind unter anderem folgende:

a) Das soeben kurz beschriebene Walzplattieren setzt voraus, daß auch das aufschäumbare Halbzeug von vornherein in Platten- oder Blechform vorliegt. Auf pulvermetallurgischem Weg ist eine solche Blechherstellung schwierig. An bekannten Technologien stehen zur Verfügung das Pulverwalzen, das im Zusammenhang mit aufschäumbarem Halbzeug jedoch bis heute noch nicht bis zur Serienreife entwickelt werden konnte, sowie das Strangpressen. Beim Strangpressen sind jedoch der Profilbreite relativ enge Grenzen gesetzt, die von der Innenweite des Rezipienten her bestimmt

wird. Wird ein Strangpreßprofil in Längsrichtung gewalzt, ist die dabei entstehende Breitung desselben unerheblich. Sind höhere Blechbreiten erforderlich, muß das stranggepreßte Profil abgelängt und dann quer in den Walzspalt eingebracht werden. Die Herstellung größerer Mengen an Verbundplatten durch Querwalzen wird jedoch von den Walzwerken meist aus Sicherheitsgründen abgelehnt.

b) Bauteile mit beidseitig angebrachten Deckblechen können entweder beidseitig glatt sein oder sie weisen beispielsweise beidseitig untereinander gleichartige Konturen auf.

c) An Sandwich-Bauteile mit beidseitig angeordneten Deckblechen, die nach dem Walzplattieren und vor dem Aufschäumen "winkelige" Konturen bzw. Querschnitte, z.B. ähnlich einem flachen U mit beidseitig im Winkel wegstehenden Fahnen, etwa so: ⊐, aufweisen, kann sich der Teil des in vertikaler Lage befindlichen aufschäumbaren Halbzeugs horizontal nicht ausweiten. Die Wandstärke des Schaumkernes ist daher nach einem Aufschäumen in den horizontalen Lagen größer und in den vertikalen Lagen geringer. Derartiges, walzplattiertes Halbzeug, also Sandwich-Verbund, mit Konturen kann nur für begrenzte Geometrien und Größen verwendet werden. Mit zunehmender Dicke des aufgeschäumten Bauteiles verändert sich die Geometrie des unteren und oberen Deckbleches wesentlich. Das zwischen den Deckblechen eingewalzte Halbzeug kann sich diesen Änderungen nicht anpassen.

[0045] Einige wesentliche Punkte und bevorzugte Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens sind nun global zusammengefaßt folgende:

1. Deckbleche und aufschäumbare Halbzeug-Körper in Stab-, Profil- od.dgl. -Form werden neben- und übereinander in eine Schäum- und Formgebungs-Kokille eingelegt.
2. Ein als mit dem Metallschaum integral zu verbindendes oberes und ein derartiges unteres Deckblech können problemlos voneinander verschiedene Formen, Querschnittsgestalten bzw. Topografien aufweisen.
3. Geschäumte Sandwich-Platten sind durch Einlegen von Unterlags- und Deck-Blechen, -Folien od. dgl. in die Kokille ohne den vorbereitenden bzw. Zwischenschritt eines Walzplattierens bzw. Kompaktierens zu einem Verbund-Halbzeug, also praktisch in einem Arbeitsgang, herstellbar.
4. Bei Sandwich-Schaum-Blechen bestehen die Deckbleche z.B. aus Aluminium oder anderen Metallen, wie z.B. Stahl, Ni-Basislegierungen und deren Legierungen, deren Schmelzpunkt beispielsweise um mindestens 50°C über dem Schmelzpunkt des aufzuschäumenden Halbzeug- bzw. Matrix-Metalles liegt.
5. Das aufschäumbare Halbzeug ist bevorzugt durch in einer "Conform-" oder Strangpreßanlage hergestellte Profile, bevorzugt mit Flach- oder Rundabmessungen, gebildet, deren Querschnitt insgesamt dem Hohlraum der Kokille angepaßt werden kann, in der Weise, daß mehrere Profile neben- oder übereinander eingelegt werden, wobei sich die Menge, der Füllgrad und auch die Füllhöhe nach der gewünschten und angestrebten Dichte des jeweils herzustellenden Schaummetall-Bauteiles richtet.
6. Für verschiedene Bauteile und unterschiedliche Dichten und Dicken können schäumbare Halbzeugkörper mit untereinander gleichen Abmessungen verwendet werden. Durch lokal unterschiedlich dichte Anordnung dieser Halbzeug-Einlagen können lokal unterschiedliche Eigenschaften im fertigen Bauteil erzielt werden. An den Grenzen zwischen den ursprünglich in die Kokille eingelegten Halbzeugkörpern bzw. -profilen entstehen am fertigen Schaummetall-Körper bzw. an dessen Oberfläche Muster, die zu dekorativen Zwecken genutzt werden können.
7. Um die in der Kokille nebeneinanderliegenden Halbzeugprofile gegen Verlagern bzw. Verrutschen zu sichern, ist es günstig, entweder Profile mit zumindest einer flachen Auflageflächen zu verwenden, oder aber es werden nebeneinander zu positionierende Profile oder Stäbe mit Hilfe von dünnen Metalldrähten oder Fasern verschiedener Herkunft, die z.B. beim Aufschäumvorgang - von Gasbildung abgesehen - rückstandlos verbrennen, sich zersetzen oder in dem schmelzflüssigen Metallschaum gelöst werden, zu Matten mit beispielsweise gleichmäßigen Abständen der Stäbe voneinander verbunden, welche, - was die Beschickung der Kokille wesentlich vereinfacht - vorgefertigt und vorkonturiert in die Kokille flächig oder lokal mehrlagig eingelegt werden können.
8. Der Profilquerschnitt des schäumfähigen Halbzeuges und die Lage der es bildenden Körper innerhalb der Kokille ist vorteilhaft so zu wählen, daß die an der Oberfläche der Halbzeug-Körper befindliche Oxidhaut durch den Aufschäumvorgang, bei dem sich das Halbzeug ja zuerst aufbläht, ausreichend Platz hat, aufzubrechen, sodaß sich das nicht oxidierte Metall des in diesem Zustand flüssigen Schaumkörpers ohne störende Oxidhäute insgesamt zum Schaumkörper metallisch verbinden kann.
9. Die ursprüngliche Lage der eingesetzten Halbzeug-Körper ist bei der fertigen Platte an deren Oberfläche erkennbar und die in ihrer Struktur bzw. Optik sich abhebenden Grenzflächen zwischen den Halbzeugkörpern können als Designelement genutzt werden.
10. Bei der Herstellung von Sandwich-Schaummetall-Platten od.dgl. wird durch die Einwirkung der schmelzflüssigen Schaumfront der Metallschaum

mit einem vorher noch nicht bis zur Schmelztemperatur erwärmten massiven Deckblech diffusionsverschweißt. Um die metallische Verbindung zwischen Schaumkörper und Deckblech od.dgl. zu verbessern, kann das Deckblech entweder mit einer niedrigschmelzenden Legierung, z.B. $AlSi_{12}$, oder mit einem diffusionsfördernden Mittel, z. B. Zink, walzplattiert oder beschichtet sein.

Ist zwischen dem Schaummetall und dem Deckblech keine innige Verbindung gewünscht, so werden dort günstigerweise Trennmittel aufgebracht, wie z.B. Graphit, eine Eloxalschicht od.dgl.

11. Gemäß einer wichtigen Herstellungsvariante kann das obere Deckblech mit Hilfe von Distanzstücken od.dgl. an die obere Kokillenhälfte bzw. -decke anliegend angeordnet oder z.B. gedrückt werden, oder es wird dort angeklammert. Damit kann sichergestellt werden, daß sich während des Aufschäumvorganges das obere Deckblech bereits in seiner Endposition befindet und erst nicht von der Front des sich entwickelnden Schaumes angehoben wird und sich dabei z.B. falsch anordnet, verkantet od.dgl. und damit nicht in die gewünschte Endposition im fertigen Schaumkörper gelangt.

[0046] Alles bisher zu Blechen Ausgeführte gilt analog für alle anderen Formen von in bzw. an den Metallschaum zu integrierenden Bauteile, Strukturen, Massiv-Körper u.dgl.

[0047] Nach dem oben beschriebenen Verfahren können die verschiedensten Integral-Schaum-Formkörper hergestellt werden:

i. Platten und Sandwich-Platten, die einseitige bzw. zweiseitige Deckbleche oder keine Deckbleche aufweisen, planparallel oder konturiert und Formteile mit untereinander verschiedenen Deckflächen-Topografien.

ii. Formteile, deren hohles Inneres mit Metallschaum "ausgesteift" ist.

iii. Oberes und unteres mit dem Schaum letztlich verbundes Deckblech können unterschiedlich konturiert sein, also z.B. oberseitig kann der Metallschaum/Massivteit Verbund-Körper eine Wellblechkontur aufweisen und unterseitig kann er z.B. glatt oder mit einem Wellblech mit einer anderen Kontur versehen sein.

iv. Durch unterschiedlich dichte Halbzeug-Einlagen untereinander gleicher oder verschiedener Abmessungen können unterschiedliche Schaumdicken bei gleicher bzw. konstanter Dichte und (lokal) verschiedene Dichten bei (lokal) unterschiedlichen Schaumdicken erzielt werden.

v. Für weitere Gewichtseinsparungen können in einer herzustellenden Schaumplatte durch Einlagen, z.B. mit Hohlräumen, also z.B. Rohrstücken, zwischen den Deckblechen lokale Ausparungen ausgebildet werden.

vi. Schaumkörper und Endplattenbleche, -folien od. dgl. können wahlweise metallisch fest miteinander verbunden sein oder wahlweise ganz oder lokal keine Verbindung mit dem Schaummetall aufweisen.

vii. In den Schaumkörper eingeschäumt können die verschiedensten massiven Metallteile, wie Rohre und Befestigungselemente, Wärmetausch- bzw. Kühlelemente od.dgl., sein.

viii. Es können Schaumplatten, umgeben mit Randleisten oder ein- oder beidseitig anintegrierten Deckblechen gefertigt werden.

Dabei können die umlaufenden Seitenkanten z.B. mit einer Rille ausgebildet sein, die mit Hilfe eines zweiteiligen Rahmens hergestellt werden. Nach dem Aufschäumvorgang wird der umgebende Rahmen aufgeklappt und entfernt. In die entstandene Rille wird ein Aluminium-Vollprofil verklemmt oder geklebt oder verschraubt. Das Vollprofil überlappt mit seinen Schenkeln den Rand der Schaumplatte und erlaubt damit eine saubere Ausbildung des Plattenrandes. Dieser Vollprofilrahmen kann auch als Verbindungsstück von zwei oder mehreren, am Stoß zusammengefügten Platten ausgebildet sein, wodurch sich auch großflächige Plattenkonstruktionen herstellen lassen.

Eine an den Außenseiten der Schenkeln des Aluminium-Vollprofils angebrachte Rille kann den Rand eines Deckbleches aufnehmen, das rechtwinkelig gekantet, in die Rille geschoben wird. Die Verbindung Deckblechkante/Aluminium-Vollprofil kann durch Kleben oder Löten, Schweißen, aber auch durch andere Fügetechniken hergestellt werden.

[0048] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 besonders bevorzugte Formen von Profilen des einzusetzenden, durch Kompaktieren von Metall- und Treibmittelpulver hergestellten schäumfähigen Halbzeugs; die Fig. 2 das Schema einer mit den genannten Halbzeug-Körpern gebildete Matte und die Fig. 3 ein Schema einer für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in geeigneter Weise beschickten Kokille.

[0049] Die Fig. 1 zeigt drei im Rahmen der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugte Formen von erfindungsgemäß einzusetzenden, schäumfähigen Halbzeug-Körpern 60 in Schrägansicht, u.zw. einen solchen mit flach rechteckigem, einen mit mehr als halbkreisförmigem und einen mit quadratischem Querschnitt. Mindestens eine der Seitenflächen, in der Zeichnung mit 601 bezeichnet, ist im wesentlichen eben und flach, die sonstigen Flächen können jede Gestalt aufweisen, also z.B. bombiert oder sonstig geformt sein. Vorteil der ebenen Flächen 601 ist, daß die Halbzeug-Körper 60 mit großem Flächen-Kontakt an den Boden einer Kokille oder an ein dort eingelagertes Sandwich-Blech anliegen können, wodurch die Gefahr einer Orts-Verlagerung oder eines Verrutschens bei Bewegung oder Manipulation der Kokille wesentlich herabgesetzt ist. Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß auch eine Ver-

besserung des Wärmeüberganges vom Kokillenboden in das Halbzeug 60 durch diese ebene Fläche 601 erreicht wird.

[0050] Die Fig. 2 zeigt eine weitere, besonders bevorzugte Möglichkeit, eine unerwünschte Verlagerung der Halbzeug-Körper 60 sowohl in der Kokille als auch gegenseitig zu verhindern. In Schnittansicht ist gezeigt, wie die Halbzeug-Körper 60 mit auch hier flacher Unterseite 601 mittels Fäden, Drähten 605 od.dgl., z.B. aus dem gleichen Material wie das aufzuschäumende Matrix-Metall, zu einer Art Matte 600 verwoben sind, was wesentlich zur Stabilisierung der Anordnung in der Kokille beiträgt.

[0051] Die Fig. 3 zeigt einen im Rahmen der Erfindung vorteilhaft beschickten Innraum 1112 einer Schäum- und Formgebungs-Kokille 100 in skizzenhaft schematischer Form: Auf dem - hier flachen - Kokillenboden 11 liegt ein unteres massives Boden-Blech 670 für die Bildung eines Schaummetall-Massivmetall-Verbund-Körpers, auf welchem mit ihren flachen Seiten 601 Halbzeug-Körper 60 auf Basis von stranggepreßten Kompaktlingen aus einem Metall-, z.B. Al-Pulver, und einem Treibmittel-, z.B. TiH-Pulver, angeordnet sind, welche bei Erreichen der Schäumtemperatur dann den Matrix-Metallschaum bilden. An die konkav gekrümmte Kokillen-Decke 12 ist mittels von sich unten abstützenden Stützkörpern 620, z.B. Hohlzylinder od.dgl., vorteilhafterweise aus einem vom Metallschaum auflösbaren oder darin aufgehenden, etwas höher schmelzenden Metalls ein gekrümmtes Verbundblech 671 in Lage gehalten, welches letztlich mit dem beim Erhitzen der Kokille 100 aufquellenden Matrix-Metallschaum 600 materialschlüssig verschweißt.

[0052] Um z.B., wie in Fig. 3 gezeigt, ein am Boden einer Kokille 100 angeordnetes unteres Sandwich-Blech 670 mit den Halbzeug-Körpern 60 zu belegen, ist es z.B. nur notwendig, jeweils flächige Stücke der oben erläuterten, in Fig. 2 gezeigten Halbzeug-Matte 600 abzulängen bzw. zu konturieren und mit ihnen z.B. aneinander oder auch teilweise übereinander angeordnet, die Grundfläche des künftigen Schaumkörpers zu definieren. Die Haltedrähte 605 können aus mit dem Matrix-Metall verträglichen Metall oder aber aus einem bei der zu erreichenden Temperatur der Erhitzung und Schäumung verbrennenden, sich zersetzenden oder sonstwie zerstörbaren Material gefertigt sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, Werkstücken bzw. Bauteilen aus bzw. mit Schaummetall auf Basis von Aluminium bzw. Aluminium-Legierungen oder anderen Metallen bzw. Legierungen, wobei Halbzeug-Körper, -Stangen, -Profile, -Platten od.dgl., aus schäumfähigem, durch Kompaktieren eines Gemisches mindestens eines Pulvers des Matrix-Metalls mit mindestens einem bei erhöhter Temperatur ein Schäumgas freisetzenden Treibmittel auf Basis mindestens eines Metallhydrids oder eines anderen Treibmittels auf pulvermetallurgischem Wege erhaltenem Halbzeug-Material in eine Schäum- und Formgebungs-Kokille od.dgl. eingebracht, dort in jeweils gewünschter geometrischer Anordnung, Flächen- und/oder Raumverteilung angeordnet werden und in der genannten Kokille unter Erhitzung auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur des Matrix-Metalles gebracht werden, der Schäumvorgang nach Füllung des Innenraums der genannten Kokille mit dem gebildeten Schaummetall mit einem gewünschten Füllgrad beendet wird und schließlich die so erhaltenen Schaummetall-Formkörper, -Werkstücke bzw. -Bauteile ausgeformt bzw. ausgebracht werden, **dadurch gekennzeichnet,**

   - **daß** zumindest ein schäumfähiger, kompaktierter Halbzeug-Körper oder eine Mehrzahl derartiger Halbzeug-Körper zusammen mit mindestens einer bzw. einem - aus einem bei der Schmelztemperatur des Matrix-Metalls bzw. Schäumtemperatur nicht schäumfähigen, Material bzw. Massiv-Material bzw. -Metall gebildeten Struktur bzw. Körper und/oder (technischen) Funktions-Bauteil aus der Gruppe Drähte, Seile, Stangen, Netze, Gitter, Folien, Platten, Bleche, Wabenkörper, Profile, Rohre, Buchsen, Verankerungselemente, Schraubschäfte od.dgl., in die Schäum- und Formgebungs-Kokille eingebracht und in gewünschter Position gehalten wird, wonach die Erhitzung unter Ausbildung des die Struktur bzw. den (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil integral und satt berührungsbindenden oder umschließenden Metallschaums in der dem Kokillen-Innenraum entsprechenden Form bzw. Gestalt vorgenommen wird,
   - wobei das Material bzw. Matrix-Metall des bei der jeweiligen Schäum-Temperatur gebildeten Metall-Schaumes mit der bzw. dem gesamten Struktur bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil oder mit einem Teil derselben bzw. desselben in Kontakt gebracht wird, und
   - **daß** nach entsprechender Abkühlung der erhaltene Verbund-Formkörper bzw. -Bauteil mit im Metallschaum fest gebundener Struktur bzw. fest gebundenem (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteil entformt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

   - **daß** beim Aufschäumen eine Metall-Matrix gebildet wird, welche sich beim Kontakt mit der bzw. den Struktur(en) bzw. mit dem bzw. den (Massiv-)Körper(n) und/oder Funktions-Bauteil

(en) mit der-, dem- bzw. denselben bzw. mit dem Material, aus welchem er bzw. sie gefertigt ist bzw. sind, zumindest im wesentlichen materialschlüssig verbindet, und/oder

- **daß** Strukturen bzw. (Massiv-)Körper bzw. Funktions-Bauteile eingesetzt werden, welche bzw. deren Oberflächen mit einer den Materialschluß mit dem Matrix-Metall des Schaumes fördernden Beschichtung, Haftschicht, Diffusionsschicht od.dgl. versehen sind, und/oder
- **daß** Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile eingesetzt werden, deren sie bildendes Material bzw. deren Oberflächen-Beschichtungs-Material bei der Schäumtemperatur unter Bildung von chemischen und/oder intermetallischen Verbindungen, Mischkristallen, festen Lösungen od.dgl. mit dem Matrix-Metall des Metall-Schaums reagiert, und/oder
- **daß** Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile eingesetzt werden, deren Grund-Material selbst oder deren zumindest eine Beschichtung eine Diffusion zwischen dem Grund-Material und/oder Beschichtungs-Material und dem Schaum-Matrix-Metall fördert, und/oder
- **daß** die Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile aus einem Grund-Material gefertigt sind, dessen Oberfläche im wesentlichen zumindest im Bereich der Schäum-Temperatur des Matrix-Metalls der Halbzeug-Körper schmilzt, oder eine Beschichtung mit einer im wesentlichen zumindest im Bereich der Schäum-Temperatur des Matrix-Metalls der Halbzeug-Körper schmelzenden Legierung, Phase od.dgl. aufweisen, und/oder
- **daß** die Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile für den Fall des Einsatzes von Schaum-Matrix-Metallen auf Basis von Aluminium oder Al-Legierungen als diffusionsfördernde Beschichtung eine solche mit Zink, Kupfer, Magnesium u.dgl., oder deren Legierungen bzw. Intermetall-Verbindungen untereinander aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** - für den Fall, daß zwischen Strukturen bzw. (Massiv-)Körpern und/oder Funktions-Bauteilen und Schaum-Metall-Matrix ein nur teilweise bzw. lose materialschlüssiger Verbund oder ein im wesentlichen nur mechanischer, insbesondere ein formschlüssiger, Verbund erwünscht ist - dieselben mit einem mit dem Matrix-Metall des Schaumes wenig oder nicht reaktiven bzw. nichtlegierungsbildenden bzw. mit einem inerten bzw. diffusions-steuernden, -bremsenden, -hemmenden, -inhibierenden oder das Matrix-Metall gegebenenfalls sogar abstoßenden Material gefertigt sind oder aber mit einem derartigen Material, beispielsweise einem metallurgischen Trennmittel, Diffusions-Hemmittel od.dgl., wie z.B. Grafit, beschichtet bzw. oberflächenbehandelt sind, und/oder
- **daß** die einen materialschlüssigen Verbund zwischen Strukturen bzw. (Massiv-)Körpern und/oder Funktions-Bauteilen und dem geschäumten Matrix-Metall bewerkstelligende oder aber eine diese Art des Verbundes bremsende oder gegebenenfalls weitgehend verhindernde Beschichtung auf die Struktur bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile durch Aufsprühen, Tauchen, Aufdampfen, Aufstreichen. Aufpressen, Aufwalzen, Plattieren, Zementation, Elektrolyse, chemische Reaktion in Lösung oder Gasphase od.dgl. aufgebracht ist, und/oder
- **daß** - zur Förderung des zumindest mechanischen bzw. formschlüssigen Verbundes zwischen den Strukturen bzw. (Massiv-)Körpern und/oder Funktions-Bauteilen und dem Matrix-Metall-Schaum - deren Oberflächen mit Schaum-Verankerungselementen, wie Erhebungen, Noppen, Krallen, Widerhaken od.dgl. bzw. mit Vertiefungen, Ritzen, Gewinden, Waffelungen od.dgl. versehen sind oder zumindest eine gezielt herbeigeführte Oberflächen-Rauheit aufweisen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile aus metallischem oder nichtmetallischem Massiv-Material, gegebenenfalls aber auch aus auf pulvermetallurgischem, pulver-keramischem bzw. pulver-technologischem Wege erhaltenem, beispielsweise gesintertem, (Kompakt-)Material, eingesetzt werden, und/oder
- **daß** Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile eingesetzt werden, deren Schmelztemperatur bzw. Schmelzbeginn mindestens 10 K, bevorzugt zumindest 50 K, über der Schmelztemperatur des aufzuschäumenden Matrix-Metalls liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** die Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile zusammen mit schäumfähigen Halbzeug-Körpern in die Formgebungskokille eingebracht werden, welche im

wesentlichen eine Form bzw. Gestalt aufweisen, die der Form, Gestalt und Geometrie der zu füllenden Formgebungskokille bzw. des endgültigen Verbundkörpers entspricht oder derselben ähnlich ist, und/oder

- **daß** die Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile im Verein mit den aufzuschäumenden Halbzeug-Körpern in einer Position bzw. in Positionen in der Schäum- bzw. Formgebungs-Kokille, bzw. in deren Innenraum angeordnet und in Lage gehalten werden, welche ihrer bzw. ihren gewünschten endgültigen Position(en) im fertigen Integral-Schaum-Metall-Körper bzw. -Bauteil entspricht bzw. entsprechen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** die Strukturen bzw. (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile mittels Halteelementen od.dgl. aus durch das aufschäumende Matrix-Metall "verzehrbaren", z.B. in demselben löslichen bzw. zumindest mit demselben legierungs- und/oder strukturkompatiblen oder aber im wesentlichen rückstandslos verdampfenden bzw. verbrennenden Materialien, z.B. mittels Filamenten, Drähten, Netzen, Stäben, Streben, Klammern, Krallen, od.dgl., in der bzw. den - den endgültigen Position(en) im fertigen Schaum-Metall-Formkörper bzw. -Bauteil entsprechenden - Position(en), Lage(n), Stellung (en) od.dgl. im Innenraum der Schäum- und Formgebungs-Kokille gehalten werden, und/oder
- **daß** die schäumfähigen Halbzeug-Körper in Form von mit flexiblen Elementen, wie insbesondere Metalldrähten, -seilen, -ketten od.dgl., bevorzugt mit einer dem Matrix-Metall entsprechenden bzw. mit demselben kompatiblen Zusammensetzung, oder mit hitze-instabilen Drähten, Fäden, Garnen od.dgl. aus bei Schäumtemperatur z.B. verbrennendem Material zu flächigen Gebilden, insbesondere zu Halbzeug-Matten od.dgl., aneinandergebundenen Halbzeug-Körpern in die Schäum- und Formgebungs-Kokille eingebracht bzw. eingelegt werden, und/oder
- **daß** die Halteelemente für das Halten der (Massiv-)Körper und/oder Funktions-Bauteile in ihrer bzw. ihren endgültigen Position(en) aus einem mit den Komponenten bzw. Material der schäumfähigen Halbzeug-Körper identischen Material oder mit einem erst bei zumindest 10 K oberhalb der Schmelztemperatur des Materials der schäumfähigen Matrix-Metall-Halbzeug-Körper zu schmelzen und/oder aufzuschäumen beginnenden, dem Material der Halbzeug-Körper ähnlichen bzw. mit demselben kompatiblen, kompaktierten, bevorzugt pulver-metallurgisch erhaltenen, Material gefertigt sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** zum Erhalt eines Sandwich-Metallschaum-Verbund-Formkörpers bzw. -Bauteiles zumindest am Boden des Hohlraumes einer Schäum- und Formgebungs-Kokille, also unterhalb der in dieselbe eingebrachten, kompaktierten schäumfähigen Halbzeug-Körper, ein ebenflächiges oder eine gewünschte Topografie aufweisendes (Form-)Blech, eine Platte, eine Folie od.dgl. aus einem für einen materialschlüssigen oder zumindest formschlüssigen Verbund mit dem Matrix-Metall befähigten oder zumindest mit demselben, insbesondere legierungs-strukturell verträglichen Metall, z.B. auf Basis von Aluminium, Nickel, Titan, Stahl od.dgl. oder deren Legierungen, angeordnet wird und daß bevorzugterweise ein ebensolches, gegebenenfalls anders geformtes, (Form-)Blech, eine derartige Platte, Folie od.dgl. im wesentlichen im Bereich des Kokillendeckels, in beliebiger Relativlage zum erstgenannten (Form-)Blech oder in paralleler Lage zu demselben, angeordnet und in einer - der gewünschten Endposition im fertigen Metallschaum-Körper entsprechenden - Position gehalten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** dem in den Innenraum der Schäum- und Formgebungs-Kokille eingebrachten, schäumfähigen Halbzeug-Körper oder - im Fall des Einsatzes einer Mehrzahl von in ihrer Form und/oder Dimension normierten oder standardisierten Halbzeug-Körpern geringerer Dimension - einem mit den genannten Halbzeug-Körpern im Kokillen-Innenraum gebildeten Stapel od. dgl. eine der Gestalt, Topografie bzw. Geometrie des auszuschäumenden Kokillen-Innenraums entsprechend ausgebildete, gegebenenfalls zu derselben im wesentlichen geometrisch-ähnliche Gestalt, Form od.dgl. verliehen wird, und/oder
- **daß** der Innenraum der Schäum- und Formgebungs-Kokille an jenen Stellen, wo im endgültig erhaltenen Schaummetall-Formkörper eine erhöhte Schaumdichte vorgesehen ist, mit einer höheren Zahl von schäumfähigen Halbzeug-Körpern beschickt, bestückt bzw. belegt wird, als an jenen Stellen, wo eine geringere Schaumdichte oder gar schaumfreie Volumsbereiche erwünscht ist bzw. sind, und/oder
- **daß** das Gesamtvolumen der (des) in die Schäum- und Formgebungs-Kokilie einge-

brachten, schäumfähigen Halbzeug-Körper(s) maximal 50 % und minimal 10 % des Volumens der Kokille (minus dem Volumen eines eventuell größer dimensionierten Massiv-Körpers und/oder Funktions-Bauteiles) beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** durch Einbringen von geschlossene Hohlform(en) aufweisenden (Massiv-)Körpern und/oder Bauteilen in die Schäum- und Formgebungs-Kokille bzw. in deren Innenraum metallschaumfreie Zonen bzw. Volumsbereiche im fertigen Metallschaum-Formkörper geschaffen werden, und/oder
- **daß** metallschaumfreie Zonen bzw. Volumsbereiche im fertigen Metallschaum-Formkörper geschaffen werden, indem (Massiv-)Körper bzw. Funktions-Bauteile mit offenem Hohlraum, also in Hohlprofil- oder Rohrform, mit ihren Öffnungen gegen Metallschaum dicht an Kokillen-Boden und -Decke oder -Wänden anliegend, in der Schäum- und Formgebungs-Kokille angeordnet werden, und/oder
- **daß** die Körper des in die Kokille eingebrachten schäumfähigen, kompaktierten Halbzeugs mit jeweils zumindest an einer Seite ebener Außenfläche ausgebildet sind, mit welcher sie auf dem Boden der Kokille oder auf einem bzw. einer in dieselbe eingebrachten, die mit dem Metallschaum zu verbindende Struktur bzw. den (Massiv-)Körper bildenden, auf dem Kokillenboden aufliegenden Netz, Gitter, Blech, Platte, Folie od.dgl. flächig anliegen.

10. Formkörper, Werkstücke, Bauteile od.dgl. aus bzw. mit einem Schaummetall-Verbundmaterial, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 gefertigt sind.

Fig. 1

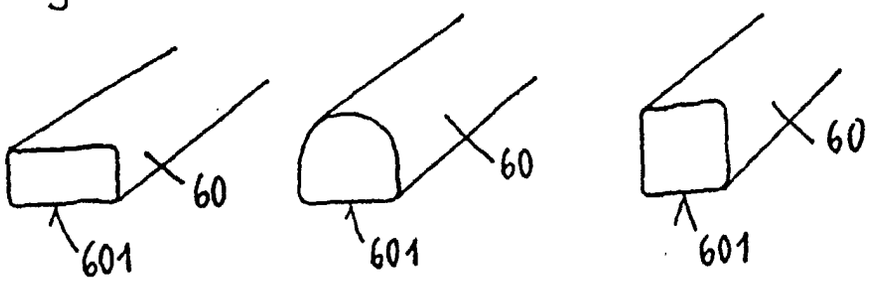


Fig. 2

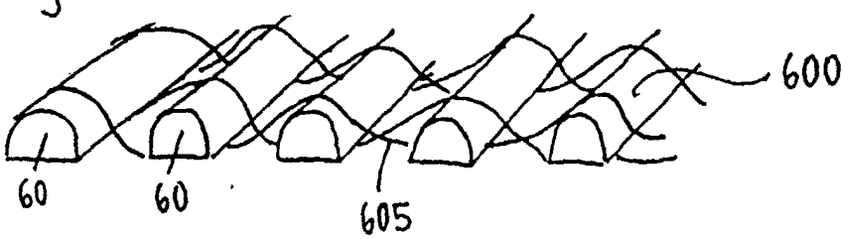


Fig. 3

