

(19)



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

**AT 408 076 B**

(12)

**PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 1772/96  
(22) Anmeldetag: 07.10.1996  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.01.2001  
(45) Ausgabetag: 27.08.2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **B22D 27/00**  
B22F 3/11, C22C 1/08

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 4416371A1 EP 544291A1 WO 92/21457  
GB 901917

(73) Patentinhaber:  
MEPURA METALLPULVERGESELLSCHAFT  
M.B.H. RANSHOFEN  
A-5282 BRAUNAU AM INN-RANSHOFEN,  
OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:  
DEGISCHER PETER H. DIPL.ING. DR.  
SALZBURG, SALZBURG (AT).  
SCHULZ PETER DIPL. PHYS.  
SIMBACH AM INN (DE).  
SIMANCIK FRANTISEK DIPL.ING. DDR.  
BRATISLAVA (SK).  
WÖRZ HELMUT DIPL.ING.  
BRIXLEGG, TIROL (AT).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON SCHAUMMETALL- BZW. SCHAUMMETALL/METALL-  
VERBUND-FORMKÖRPERN, ANLAGE ZU DEREN HERSTELLUNG UND DEREN VERWENDUNG

- (57) Die Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Herstellung von Schaummetallformkörpern, wobei ein zu schäumendes Grundmetall in ein beheizbares Durchlaufgefäß eingebracht und geschäumtes Metall unter Formgebung ausgebracht und mit gewünschter Form erstarren gelassen wird, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass
- unter Abdichtung zur Einbringungsöffnung hin mittels kontinuierlicher Vorschubbewegung auf einen in einen Schäumrezipienten eingebrachten Vormaterial-Formkörper von der Rezipienten-Einbringungsseite her eine Kraftbeaufschlagung erfolgt, und der sich dort bildende, heiße Metallschaum in Form eines kontinuierlichen Metallschaum-Stranges in eine Formgebungs-Kokille eingebracht wird,
  - wobei durch Verengung des Innenraumes des Durchlaufrezipienten im Bereich vor dessen Ausbringungsöffnung die Querschnittsfläche der Vormaterialfüllung vor Austritt des Metallschaums aus dessen Ausbringungsöffnung verringert wird, und dass
  - bei Fertigung von Schaummetall/Metall-Verbundformkörpern an zumindest einer Seitenfläche(n) des die Schäum-

kokille verlassenden Metallschaumstrangs eine Folie aus mit dem Schaummetall kompatiblen Metall, von der Einlaufseite in die Formgebungskokille eingezogen und mit dem Metallschaum verschweißend durch die, sich vorzugsweise querschnittsverengende Formgebungskokille geführt wird.

Sie betrifft weiters eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens sowie deren Verwendung.

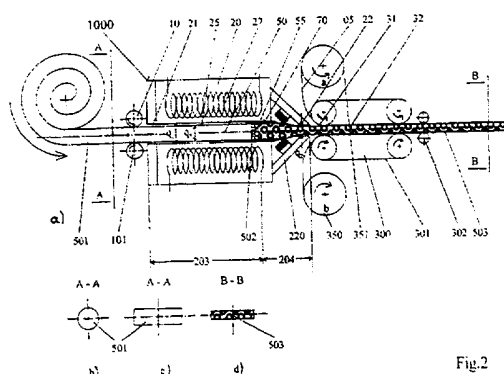


Fig.2

**AT 408 076 B**

Die Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Herstellung von Schaummetall- bzw. Schaummetall/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. Werkstücken auf Basis von Metallen oder Metalllegierungen, vorzugsweise auf Basis von Aluminium, wobei ein jeweils zu schäumendes Grundmetall in ein auf eine über dessen Schmelztemperatur beheizbares Durchlaufgefäß eingebracht und geschäumtes Metall unter Formgebung ausgebracht und mit gewünschter Form bzw. Profilquerschnittsform erstarren gelassen wird und wobei im Abstand vor der Auslauföffnung des Durchlaufgefäßes in dem sich in geschmolzenem Zustand befindlichen Metall Schäumgasporen generiert werden, Anlagen zur Durchführung des Verfahrens und die Verwendung derselben.

Eine bekannte Technik zur Herstellung derartiger Formkörper besteht darin, dass ein Gemisch bzw. Gemenge von Partikeln mindestens eines derartigen Metalls bzw. einer derartigen Legierung, bevorzugt in Pulverform, mit Partikeln mindestens eines - bei erhöhten Temperaturen ein Gas abspaltenden - Treibmittels, ebenfalls bevorzugt in Pulverform, unter Druckbeaufschlagung zu einem Roh-Formkörper kompaktiert wird, wonach derselbe meist nach entsprechender, einer gewünschten Enddimension angepassten Teilung oder echter Zerkleinerung in eine Kokille, die hier im wesentlichen die Funktion einer Schäumungsform aufweist, eingebracht und dort auf eine Temperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels und der Schmelztemperatur der metallischen Matrix gebracht und in dieser Schäumkokille zum gewünschten Formkörper bzw. Werkstück geschäumt wird.

Es sind nun an sich verschiedene Verfahren zur Herstellung poröser Formkörper auf Metall- und Legierungsbasis, bei denen ein Metallpulver-Treibmittelgemisch zu einem Rohling verarbeitet und dann in einer Form zu einer definierten Form aufgeschäumt wird, bekannt geworden.

So beschreibt die US 30 87 807 ein Verfahren, bei dem eine Mischung aus einem Metallpulver und einem Treibmittelpulver bei einem Pressdruck von mindestens 80 Mpa in einem ersten Schritt kalt kompaktiert wird. Durch anschließendes Warmstrangpressen wird die so kompaktierte Mischung umgeformt und dann durch Erhitzung auf mindestens die Schmelztemperatur des Metalles in einer Form zum gewünschten porösen Metallkörper aufgeschäumt.

Weitere Verfahren zur Herstellung von porösen Metallkörpern sind in der DE 40 18 360 bzw. in der EP 460 392 A1 beschrieben. Anstelle eines wie oben erwähnten Kaltkompaktierens mit nachfolgendem Strangpressen mit hohen Umformgraden wird dort ein echtes Heißkompaktieren unterhalb der Gasentwicklungstemperatur vorgeschlagen. Die Herstellung des aufschäumbaren Vormaterials erfolgt durch Heißkompaktierung bei höheren Temperaturen. Das erhaltene Vormaterial kann dann in einer beheizten Form aufgeschäumt werden.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von aufschäumbaren Vormaterialkörpern auf Basis einer Metallmatrix beschreibt die GB 939 612. Der dort durch Strangpressen erhaltene Vormaterial-Formkörper wird dann in einer Schäumform einer Erhitzung auf eine Temperatur unterworfen, die über der Zersetzungstemperatur des Treibmittels und meist knapp unterhalb der Schmelztemperatur des Metalles liegt.

Die Nachteile aller dieser Verfahren bestehen neben der kostenaufwendigen Herstellung der Roh-Formkörper, insbesondere in deren dann notwendigen Zerkleinerung derselben, der aufwendigen Infrastruktur sowie in den langen Exponierzeiten beim Schäumen der Rohlinge.

Weitere wesentliche Nachteile bestehen darin, dass bei diskontinuierlicher oder kontinuierlicher Verarbeitung des Vormaterials zum metallischen Schaummaterial in jedem Fall der Einsatz von auf die Zersetzungstemperatur der gasabgebenden Substanz bzw. über die Schmelztemperatur der Metallmatrix zu erhitzenden Formgebungsorganen, also Kokillen bzw. Schäumformen unumgänglich ist.

Bei diskontinuierlichen Verfahren kommt noch der jeweils nötige Schritt der Befüllung der Schäumform mit dem in festem Zustand vorliegenden, zerkleinerten, schäumfähigen Vormaterial, also etwa nach Art eines Einschüttens oder durch Einlegen von abgelängtem Stangenmaterial in die Form hinzu.

In jedem Fall bleibt weiters noch zu berücksichtigen, dass z.B. bedingt durch den Temperaturgradienten von der Formwand zur Mitte des aufzuschäumenden Metallmaterials hin, Inhomogenitäten in den Porengrößen und in deren Verteilung im Schaummetallkörper auftreten, wozu noch durch die Außenflächen der Vormaterial-Formkörper selbst unerwünschte Unregelmäßigkeiten und Einschlüsse kommen können.

Bezüglich weiterer, den Stand der Technik auf dem Gebiet der Schaummetall-Herstellung

betreffender Druckschriften sei auf die EP 544 291 A1 eingegangen, welche ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung eines Metallschaumes mit der Aufgabe betrifft, einen homogenen Metallschaumkörper mit genau festgelegtem Profil zu schaffen. Dieser Schrift ist ein beheiztes Formwerkzeug mit einem Kanal zu entnehmen, in welchem eine Schäumung des Metalls stattfindet und mit einem dem Kanal unmittelbar angeschlossenen Mundstück mit verschiedenen Kanalprofilen. Der dort gebildete Metallschaum wird nach seinem Entstehen durch das mit dem gewünschten Querschnittprofil ausgestattete Mundstück geführt und kontinuierlich zu einem Metallschaumkörper geformt.

Gemäß dieser EP-A1 wird zur Bildung der angestrebten Porigkeit des Metalls in das schon im gesamten Rezipienten und selbstverständlich in dessen Auslasskanal im von vornherein aufgeschmolzenen und dann eben im geschmolzenen Zustand vorliegende Metall ein Gas von außen eingebracht und der durch diese Gaseinbringung entstehende Metallschaum wird über ein dem Kanal angeschlossenes Mundstück mit dem jeweils gewünschten Profilquerschnitt ausgebracht. Die Zufuhr des Gases zur Schaumbildung im Metall erfolgt gemäß dieser Schrift entweder dadurch, dass das Schäumgas direkt über Düsen-Fritten od.dgl. in das flüssige Metall eingebracht wird, oder indirekt, indem dem flüssigen Metall ein zur Gasentwicklung befähigter Draht an der Stelle zugeführt wird, wo die Schaumbildung im sich im Rezipienten befindlichen geschmolzenen Metall erwünscht ist.

Gemäß der WO 92/21457 A1 wird in gleicher Weise wie gemäß der eben behandelten EP 544 291 A1 in das voll im geschmolzenen Zustand vorliegende, in einem mit vertikaler Trennwand ausgestatteten Schmelzbehälter befindliche Metall über einen rotierenden Rührer Gas zugeführt, wodurch das Metall in einen im separierten Teil des Behälters aufsteigenden Metallschaum übergeführt wird. Dabei findet aber beim Austrag zuerst einmal keine Formgebung mittels einer Düse statt, vielmehr quillt der frisch gebildete Metallschaum praktisch frei nach oben und wird erst nach einer gewissen Wegstrecke in eine profil-formgebende Walzen- oder Bandkokille eingebracht, wo eine Endformgebung des Metallschaumes zum Schaummetall erfolgt.

Nachteilig ist hier, dass neben der Problematik der Erreichung einer gleichmäßigen Verteilung des Schäumgases über den gesamten Querschnitt des geschmolzenen Metalles, welche Problematik im übrigen in gleicher Weise beim Schäumverfahren gemäß der vorbehandelten EP-A1 auftritt, der Effekt auftritt, daß der Schäum- und Formvorgang nur schwer zu kontrollieren und zu steuern ist, wenn dem jeweils entstehenden und aus dem Schäumgefäß austretenden Metallschaum zuerst die Freiheit zur durch keine Düse od.dgl. behinderten Entfaltung gegeben ist, und dann erst dessen End-Formung zum jeweils gewünschten Profil erfolgen soll. Es sei dazu auf die nicht zu verhindernden Unregelmäßigkeiten bei der Volumsentwicklung und auf die raschere Abkühlung der äußeren Schichten des Schaumes sowie auf eine eventuell dadurch hervorgerufene Rinden-Krustenbildung od.dgl. hingewiesen, was später innerhalb der Formgebungs-Kokille für die End-Formung des Schaummetallprofils zu Schwierigkeiten und insbesondere zu ungleichmäßiger Schaumstruktur führt.

Auch gemäß der weiters zu nennenden GB 901 917 ist eine schmelzmetallurgische Verfahrensweise für die Herstellung von Schaummetall vorgesehen, wobei das schaumgas-generierende Mittel in flüssiger Phase ebenfalls mittels Rührer in die Flüssigmetall-Phase eingebracht wird. Im übrigen ist auch gemäß dieser Schrift ein freier Überlauf des geschäumten Metalls vorgesehen und erst daran schließt sich eine Endformung in einer Form oder Kokille.

Allen drei soeben behandelten Schriften des Standes der Technik gemeinsam ist, daß sie auf einem schmelzmetallurgischen Verfahren basieren, also keinen pulvermetallurgie-basierten Schäumungsprozess betreffen. Bei diesen schmelzmetallurgischen Schaum-Verfahren wird in eine Schmelze direkt das Schäum-Gas eingemischt oder aber es wird ein Treibmittel, aus welchem das Schäumgas in der Hitze freigesetzt wird, z.B. in Form eines kompakten Drahtes, eingebracht. Diese Verfahren haben den wesentlichen Nachteil, dass in einem wie z.B. gemäß der vorerwähnten EP 544 291 A1 angewandten, einstufigen Aufschäumvorgang, der oberhalb der Schmelztemperatur der Metallmatrix stattfindet, die betrieblichen Parameter nur bedingt und schwierig konstant gehalten werden können. Um während des Aufschäumvorganges ein Kollabieren des Schaumkörpers zu vermeiden bzw. die Gefahr des Kollabierens zu vermindern, wird z.B. gemäß der EP 544 291 A1 die Viskosität der Schmelze durch Zugabe von bis zu 20 % Partikeln, z.B. auf Basis von SiC oder  $Al_2O_3$  reguliert bzw. erhöht.

Es sollen Schäumgas bzw. Treibmittel und die genannten viskositäts-regulierenden Partikel gleichmäßig und im richtigen Mengenverhältnis in die Schmelze eingebracht werden. Da dies schwierig zu erreichen ist, wurden verschiedene Vorschläge gemacht, die zu einer Verbesserung dieser gegebenen Situation beitragen sollen. Die erwähnte EP 544 291 A1 betrifft einen solchen typischen Verbesserungsvorschlag. Wenn dort auch die Einbringung eines Drahtes, also eines kompakten, das Treibgas erst generierenden Feststoff-Stranges od.dgl. vorgesehen ist, so bleibt dennoch der Nachteil bestehen, dass dieser Treibmitteldraht bzw. -strang zwar in festem Zustand in das flüssige Bad des zu schäumenden Metalles eingebracht wird, dort jedoch durch Erhitzung im Metallbad selbst aufschmilzt, wobei die im Draht enthaltenen Schaumbildner das Schäumgas generieren, welches in die Schmelze dringt. Auch beim Einbringen eines derartigen Schäum-Drahtes an einer bestimmten Stelle der Strang-Querschnittsfläche können die Gleichmäßigkeit und Konformität der Schaumbildung über den gesamten Querschnitt des Schaummetalles nicht erreicht werden.

In der weiters zu nennenden DE 44 16 371 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Schaummetall in Langmaterial-Form beschrieben, bei welchem eine periodisch abwechselnd einmal als Schäum-Rezipient für das aufzuschäumende Ausgangsmaterial und danach als Formgebungskokille für den erstarrenden Metallschaum fungierende "Form" von der Einlaufseite her, und zwar keineswegs den Innenquerschnitt der "Form" füllend, mit einem kompaktierten schäumfähigen Metall/Treibmittel-Vormaterial beschickt wird. Diese nicht querschnittsfüllende Beschickung hat den Nachteil, dass in der von der dortigen, die Form umgebenden Heizvorrichtung gebildeten, immer nur längsabschnittsweise wirkenden, Aufheiz- und Aufschäumzone das Vormaterial zuerst nur von jener Seite und von jenem Bereich her intensiv mit Heizenergie beaufschlagt werden kann, auf welcher bzw. mit welchem es an der Innenseite der genannten Form anliegt. Dies führt zu einem Temperatur-Gradienten in einer Richtung quer zur Form- bzw. Strang-Längserstreckung, was einen Inhomogenitäts-Quergradienten bezüglich Porengröße und -gestalt, und auch bezüglich der mechanisch-metallurgischen Eigenschaften der Stege zwischen den Poren des erhaltenen Schaummetallstranges nach sich zieht.

Dazu kommt noch, dass durch die räumliche Trennung von der dort vorgesehenen rohrartigen Form und der dieselbe rundum umgebenden Heiz- und Kühlvorrichtung ein relativ breiter Zwischenraum freigelassen sein muß, da die absatzweise Ausdehnung der genannten Form beim Erhitzen für das Aufschäumen des Halbzeuges und deren ebenfalls absatzweises Zusammenziehen beim Herunterkühlen des in ihr gebildeten Metallschaums zu berücksichtigen sind.

Es ist also gemäß dieser DE-A1 von deren "Heizeinrichtung" zur dortigen Form hin nur eine indirekte, durch Abstandsänderung beim Erhitzungs/Kühlungswechsel noch zusätzlich beeinflusste, indirekte Erhitzung möglich. Bei einer derartigen indirekten Zuführung von Hitzeenergie zur Form lässt sich eine exakte und gezielte Steuerung der Wärmezufuhr zum Vormaterial in der Form vor und während des Schaumvorganges nicht erreichen. Weiters ist zu bemerken, dass der Kühlvorgang während des Verfahrens-Abschnittes des Kühlens des sich in der Form befindlichen aufgeschäumten Metalls in der Kühlvorrichtung ebenfalls ein indirekter ist, womit auch hierbei eine exakt gezielte Beeinflussung der Metallurgie des die Festigkeit des fertigen Schaummetalls bestimmenden Stegmaterials zwischen den Poren jedenfalls zumindest erschwert ist.

Die in dieser DE-A1 beschriebene Art der Bildung eines Schaummetallstrangproduktes weist zusätzlich zu den schon erwähnten Nachteilen einen weiteren sehr schwerwiegenden Nachteil auf: Der Schaumstoffstrang ist infolge seiner durch jeweils abschnittsweises Aufheizen und Schäumen und danach folgendes, ebenfalls abschnittsweises Kühlen des gebildeten Metallschaums in seiner Längsrichtung zwar innerhalb jedes der einzelne Abschnitte einigermaßen homogen, weist jedoch jeweils an den Grenz- bzw. Übergangszonen zwischen den einzelnen Längsabschnitten, also etwa dort, wo an einen ersten abgekühlten Schaummetallstrang-Abschnitt ein zweiter bzw. nächster Schaummetallstrang-Abschnitt sozusagen angeschweißt ist, von den Parametern im mittleren Teil jedes der Abschnitte durchaus abweichende Eigenschafts-Parameter auf. Der erhaltene Metallstrang ist also durch - vom Takt von dessen abschnittsweiser Bildung abhängig - periodisch inhomogene Übergangszonen in seiner Längserstreckung gekennzeichnet.

Der abschnittsweise Schaummetall-Herstellungsprozeß gemäß der DE-A1 ist wegen seines diskontinuierlichen Ablaufes jedenfalls aufwendiger als ein kontinuierlicher Prozeß und führt dennoch zu schlechteren Qualitäten als Folge der taktweisen Arbeitsweise. Diese Nachteile werden

noch dadurch verstärkt, dass auch der Aufbau der für diesen bekannten Prozess vorgesehenen Anlage mit einer innerhalb einer Heiß- und einer Kühlmantel-Einrichtung oszillierend verschiebbaren Form komplizierter und störungsanfälliger ist als eine sequentielle Anordnung von statischem, kontinuierlich heißen Metallschaum lieferndem Schäumrezipienten und demselben nachgeschalteter Formgebungs- und Abkühlungskokille.

Nicht zu unterschätzen ist weiters die Tatsache, dass an eine dauernder Temperaturwechselbeanspruchung unterworfenen Form, wie sie die DE-A1 vorsieht, wesentlich höhere Anforderungen gestellt sind, als an einen, gleichmäßig bei höherer Temperatur betriebenen Schäumrezipienten und einer von mit ihm nicht identischen, kühl gehaltenen Kokille.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein sowohl über den Querschnitt als auch in Längserstreckung bei Langprodukten möglichst porenhomogenes bzw. bezüglich seiner Porenstruktur definiert reproduzierbares Schaummetallmaterial zu schaffen, wobei der Prozess zu dessen Herstellung mit geringem zeitlichen und technisch-infrastrukturellen Aufwand beherrschbar sein und geringe Störungsanfälligkeit aufweisen soll.

Gegenstand der Erfindung ist somit ein wie eingangs erwähntes Verfahren zur Herstellung von Schaummetall- bzw. Schaummetall/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. Werkstücken auf Basis von Metallen oder Metallegierungen, vorzugsweise auf Basis von Aluminium, wobei

- mindestens ein durch Kompaktierung eines Gemisches von Partikeln mindestens eines Metalls bzw. einer Metallegierung mit Partikeln mindestens eines - bei erhöhten Temperaturen ein Gas abspaltenden - Treibmittels gefertigter, im festen Aggregatzustand vorliegender Vormaterial-Formkörper, in einen beheizbaren Heiz- und Schäum-Durchlauf-Rezipienten eingebracht wird, und erst während des Durchgangs innerhalb desselben auf eine oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels und zumindest auf eine oberhalb, der Schmelztemperatur des Metalls bzw. der niedrigstschmelzenden Legierungskomponente bzw. Komponenten-Zusammensetzung des Vormaterials (Solidustemperatur) liegende Temperatur erhitzt wird und wobei
- der infolge Zersetzung des Treibmittels unter Volumszunahme im Rezipienten in Nähe von dessen Ausbringungsöffnung sich ausbildende, heiße Metallschaum danach zum Erstarren gebracht wird,
- wonach gewünschtenfalls ein Entformen des erstarrten, Poren aufweisenden, Schaummetall-Formkörpers bzw. -Werkstückes und dessen eventuelle Final-Formgebung bzw. -Behandlung erfolgt,

welches dadurch gekennzeichnet ist, dass

- dass im wesentlichen unter Verschluss bzw. Abdichtung zur Einbringungsöffnung hin mittels einer kontinuierlichen Vorschubbewegung oder eines kontinuierlich bewegten Kolbens auf den bzw. die in den Heiz- und Schäumrezipienten eingebrachten Vormaterial-Formkörper von der Einbringungsseite des genannten Rezipienten her in Richtung zu dessen Ausbringungsöffnung hin eine Kraft- bzw. Druckbeaufschlagung erfolgt, und der sich bildende, zumindest bis zur genannten Ausbringungsöffnung hin in fließfähig-plastischem Zustand gehaltene heiße Metallschaum in Form eines kontinuierlich ausgetragenen, fließfähig-flexiblen Metallschaum-Stranges in zumindest einen mit dem Schaummetall zu erfüllenden Hohlraum, insbesondere in das Innere, einer Schaummetall-Formgebungs-Kokille volumsfüllend eingebracht wird,
- wobei durch im wesentlichen stetige, Verengung des ein jeweils gegebenes Innenprofil aufweisenden, im wesentlichen rohrartigen Innenraumes des Durchlauf-Rezipienten im Bereich vor dessen Ausbringungsöffnung und zu derselben hin die Querschnittsfläche der den Rezipienten durchlaufenden Vormaterial-Füllung vor Austritt des in diesem Bereich generierten, plastifizierten Metallschaums aus der Ausbringungsöffnung im wesentlichen stetig, insbesondere düsenartig, verringert wird, und
- wobei im Falle der Fertigung von Schaummetall/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken an zumindest einer, bevorzugt an zwei einander im wesentlichen gegenüberliegenden, Seitenfläche(n) des die Schaum-Formgebungs-Durchlaufskokille kontinuierlich verlassenden Metallschaum-Strangs zumindest eine, bevorzugt vorerhitzte, gegebenenfalls mit Öffnungen versehene, Folie aus mit dem Schaummetall kompatiblen bzw. verschweißfähigem, insbesondere mit demselben identischem Metall, an der Einlaufseite der Formgebungs-Kokille in dieselbe eingezo-gen und - an den Metallschaum anliegend und mit demselben zumindest punktuell verschweißend - mit dem Schaummetallstrang durch die, vorzugsweise sich in Schaummetallstrang-

Bewegungsrichtung von 0,5 bis 25 % querschnittsverengend ausgebildete, Formgebungs-Kokille geführt wird.

Es ist ein ganz wesentliches Merkmal des neuen Verfahrens, dass die Schäumung des "latent schäumfähigen" Vormaterials nicht, wie bisher, in einer jedenfalls auf eine über die Zersetzungstemperatur des Treibmittels und über die Solidustemperatur des Matrixmetalls liegende Temperatur zu erhitzenden Form bzw. Kokille erfolgen muss, wobei z.B. im Falle des Schäumens von stückigem Vormaterial in Einzelkokillen jede derselben für sich aufzuheizen ist, was jedenfalls erhöhten technischen Aufwand, Materialaufwand und Energieverbrauch nach sich zieht. Hierbei ist aber insbesondere noch jener Zeit- und Manipulations-Aufwand hinzuzurechnen, der nötig ist, um zuerst jede der Kokillen mit dem festen, latent schäumfähigen Metall-Vormaterial in Form von Stücken, Pellets, abgelängten Bändern, Drähten, Barren, Stangen od.dgl. zu füllen und sie dann erst auf die oben erwähnte, hohe Schäumtemperatur zu erhitzen, wonach wiederum die Abkühlung des gebildeten Schaummetalls in der es umschließenden Kokille abzuwarten ist, bevor deren Neubefüllung erfolgen kann.

Auch bei Durchlaufkokillen für Schaummetall-Endlosprofile u.dgl. ist eine in jedem Fall aufwendige Hochtemperatur-Beheizung und damit eine teure Ausrüstung dieser an sich schon technisch-aufwendigen Einrichtungen notwendig.

Gemäß der Erfindung erfolgt hingegen eine direkte Erhitzung des schäumfähigen, kompakten Vormaterials in der Aufheiz- und Schäumungs-Initiations-Zone des Vormaterials eines repetitiv oder kontinuierlich mit dem Vormaterial zu beschickenden Heiz- und Schäumrezipienten, aus welchem als direkte Folge der Eigenvolumsvergrößerung des Vormaterials bei Erreichung der Schäumbedingungen der plastisch-flexible und fließfähige, heiße Metallschaum, im wesentlichen sich selbst aus dem Rezipienten verdrängend, praktisch fertig mit End-Expansionsvolumen vorliegend, nach Art des Spritzens von geschlagenem Schlagobers, (wobei dort dasselbe rückseitig mit Druck beaufschlagt wird, z.B. mittels Kolben oder Spritzsack) od.dgl., als formausfüllender Schaumstrang in die letztlich formgebende Kokille einfließen gelassen wird. Die Volumsvergrößerung des Metallmatrixmaterials vom Vormaterial zum Metallschaum hin liegt, je nach Porengröße - abhängig vom Treibmittelgehalt, von der Schäumtemperatur, der Matrixmetall-Viskosität u.dgl. Parametern - bei Werten zwischen 1:2 bis etwa 1:10, ein typischer Wert liegt im Bereich von etwa 1:5. Es ist ein wesentliches Merkmal des neuen Verfahrens, dass alles, was mit dem Schäumen zusammenhängt, in dem Heiz- und Schäumrezipienten konzentriert und zentralisiert ist, während die Form-Kokillen praktisch nur periphere, flexibel einsetzbare Finalisierungsgeräte darstellen.

Was die Abdichtung des Rezipienten zu dessen Einbringungsseite hin betrifft, so ist damit gemeint, dass der sich im materialflussabwärtigen Nahbereich der Ausbringungsöffnung(en) ausbildende, fließfähige Metallschaum an einem Austreten aus der Einbringungsöffnung des Rezipienten gehindert sein soll, z.B. durch eine Art einbringungsseitigen Deckel, einen in den Hohlraum des Rezipienten passenden Kolben, bevorzugterweise jedoch durch das eingebrachte, Innenwand-anliegende Vormaterial selbst, eventuell zusammen mit dem zwischen Innenwand und Strang zurückflutenden, jedoch dabei erstarrenden Metallschaummateriel.

Zu den erfindungsgemäß zum Einsatz gelangenden Schaum-Formgebungskokillen selbst ist zu bemerken, dass sie bloß wärmefest zu sein brauchen, da ihnen praktisch nur die Aufgabe der Begrenzung des Volumens des fließfähigen Metallschaums in einer gewünschten Gestalt in möglichst alle Volumsbereiche der Schaumform erfüllender Weise zukommt. Da die Schaummenge durch Treibmittelanteil und -zusammensetzung, Schäumtemperatur im Rezipienten und Metall-Viskosität steuerbar ist und das Schaummetall praktisch schon im Endvolumsumfang aus dem Rezipienten in die Schaumform einfließen gelassen wird, ist es zur Sicherung einer vollkommenen Volumserfüllung nicht notwendig, wesentlich mehr Vormaterial in die Schaumform einzubringen als theoretisch erforderlich. Dieser Materialüberschuss und damit -verlust beträgt bei der bisher üblichen, oben beschriebenen Vorgehensweise bei Einzelformen immerhin 30 bis 50 %.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird durch querschnittsfüllendes Einbringen des Metall/Treibmittel-Vormaterials und durch Druck- bzw. Kraftbeaufschlagung desselben ein allseitig sattes Anliegen des Vormaterials an der Innenseite des Erhitzungs- und Schäumrezipienten erreicht, wodurch die oben im Zusammenhang mit der DE 44 16 371 A1 erwähnten Inhomogenitäten über den Querschnitt des ausgetragenen Schaummetall-Körpers bzw. -Strangs vermieden sind.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung gegenüber dem Verfahren gemäß der DE-A1

besteht darin, dass durch die Beheizung des Rezipienten selbst ein direkter Wärmeübergang in das innen allseitig anliegende Vormaterial und somit eine gezielt exakte Steuerung der Wärmezufuhr in dasselbe gewährleistet ist.

Die erfindungsgemäß vorgesehene auslaufseitige Verengung des Rezipienten leistet einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt einer hohen Porenhomogenität über den gesamten Querschnitt des aus dem Rezipienten ausgebrachten und in die nachfolgende Formgebungskokille eingebrachten Metallschaums.

Bei der Erzeugung von Langmaterial treten infolge der Vermeidung einer abschnittsweisen Strangbildung Inhomogenitäten in Strang-Längserstreckungsrichtung infolge von Strangabschnitts-Grenzflächen nicht auf.

Als direkte Folge der nunmehr nicht mehr notwendigen Erhitzung einer Schaummetall-Bildungskokille bzw. -form auf Schmelztemperatur des Matrixmetalls ist es zum ersten Mal möglich, von einer etwa der Gießtechnik entsprechenden Kokille mit hochoberhitzter Innenwandung abzugehen und wesentlich dünnerwandige Hohlräume mit einem gewünschten Schaummetall-Körper auszufüllen. So ermöglicht es die Erfindung zum ersten Mal, Hohlprofile oder z.B. Karosserie-Hohlteile direkt mit Metallen auszuschäumen, was bisher wegen der viel zu hohen Temperatur beim direkten Schäumen des metallischen Vormaterials in der Schäumform selbst und der daraus resultierenden Phasenumwandlungen, Rekristallisationsphänomene u.dgl. im metallischen Werkstoff des auszusäumenden Formteils nicht möglich war. Vielmehr musste zuerst in einer erhitzten Kokille ein dem auszufüllenden Hohlraum entsprechender Schaummetall-Körper hergestellt werden, der dann nach dem Erstarren in ein Hohlprofil eingeschoben oder in einen aufzufüllenden Hohlraum eingebracht werden musste, was nur bei relativ einfach geformten Hohlräumen, die keine inneren Erweiterungen und Hintergreifungen aufweisen, möglich war und wobei immer der Mangel eines tatsächlich satten allseitigen Anliegens der Schaummetallfüllung an die Innenwandung des Formteils besteht. Dieses satte Anliegen kann bei Anwendung der erfindungsgemäßen Technik eventuell noch durch eine Art Verlötnungs- oder Verschweißungs-Mikroprozess ergänzt werden.

Im folgenden seien übersichtsweise die Nachteile der bisherigen Verfahren den Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenübergestellt.

- Die Nachteile der bisher bekannten Verfahrensweisen sind im wesentlichen folgende:
- Der Aufschäumvorgang erfolgt bei Einzelkokillentechnik diskontinuierlich für jeden Formteil.
  - Stranggepresstes Vormaterial muss fragmentiert werden.
  - Das Vormaterialstückgut muss in den Formen angeordnet werden.
  - Vormaterial, Schäumkammern und Kokillen müssen geheizt und gekühlt werden, sind also im Bau und Betrieb aufwendig.
  - Es bedarf einer Ofenanlage, welche größer ist als die Form.
  - Die Reproduzierbarkeit der Aufschäumvorgänge ist erschwert. Die Oberfläche des Schaummetalls zeigt die Überstruktur des Einsatz-Vormaterials.
  - Die Materialausbeute liegt wegen des erforderlichen Überlaufs nur zwischen 50 und 70 %.
  - Dünnwandige und hitzeempfindliche Formen können nicht ausgeschäumt werden.
  - Die Homogenität bzw. Porenhomogenität des Schaummetalls lässt zu wünschen übrig.

- Die Vorteile des erfindungsgemäßen, neuen Verfahrens liegen etwa in folgendem:
- Kontinuierlich kompaktierte Vormaterialien, wie Drähte, Bänder und Strangpressprofile können kontinuierlich zum Aufschäumen gebracht werden.
  - Das Vormaterial braucht nicht zuerst gestückelt und dann erst in die Schäumform eingebracht oder eingelegt zu werden.
  - Die Schaummetallkörper können analog zum Kokillenguss-Karussell gefertigt werden.
  - Es können kontinuierlich Schaumlangprodukte wie Stangen, Profile, Bänder, Bleche und dgl. hergestellt werden.
  - Die Schaumqualität ist mit hoher Reproduzierbarkeit, sowohl über den Querschnitt als auch in Längserstreckungsrichtung wesentlich gleichmäßiger.
  - Die Herstellung der Schaummetallprodukte erfolgt mit herabgesetztem Energieeinsatz.
  - Die Vormaterialnutzung beträgt mindestens 90 %.
  - Die Taktzeiten der Herstellung sind kürzer bzw. die Einbringung des fertigen, jedoch noch formbaren Metallschaums in die "kalte" Kokille erfolgt kontinuierlich und die Herstellung wird damit insgesamt wirtschaftlicher.

- Die Schaumdüse allein oder zusammen mit dem Rezipienten kann mobil ausgeführt werden und bei großvolumigen Formen bzw. auszuschäumenden Hohlräumen von größeren Anlagen direkt an das Werkstück in jeweils geeignete Position herangebracht werden. So besteht praktisch jegliche Automatisierungsmöglichkeit, z.B. analog zu Schweißrobotern.

Die erfindungsgemäß vorgesehene Kraftbeaufschlagung des Vormaterials von der Einbringungsseite des Rezipienten her erleichtert die Steuerung des gesamten Schaummetall-Bildungsprozesses und der Produktionsgeschwindigkeit.

Unterstützend für die eben genannte Druckbeaufschlagung wirkt die wichtige ausgangsseitige Verengung des Rezipienten-Hohlraumes. Dieses Verfahrensmerkmal erbringt eine wesentlich verbesserte Poren-Größen- und Verteilungshomogenität im fertigen Schaummetall-Werkstück im Vergleich zu den bisher bekannten Prozessen.

Dieser Homogenitätseffekt ist günstigerweise noch zu intensivieren, wenn die Bereiche der Dimensionierungsverhältnisse gemäß Anspruch 2 eingehalten werden.

Dies gelingt in besonders hohem Maße dann, wenn die Vormaterial-Schäumungszone innerhalb des Heiz-Rezipienten in den im Anspruch 3 genannten Bereichen desselben gehalten wird.

Es hat sich insbesondere für eine kontinuierliche Schaummetall-Profilfertigung als günstig erwiesen, im Rezipienten die geometrischen Bedingungen gemäß Anspruch 4 einzuhalten.

Besonders wirtschaftlich und technisch wenig aufwendig ist eine Art der kontinuierlichen Einbringung des in Festform vorliegenden, latent schäumfähigen Vormaterials in den Rezipienten gemäß Anspruch 5.

Der oben erwähnten Kraft- bzw. Druckausübung und der Forderung nach "Abdichtung" der Eingangsseite des Rezipienten dienlich kann auf vorteilhafte Weise eine Abstimmung von Vormaterial-Außen- und Rezipienten-Innenquerschnitt aufeinander gemäß Anspruch 6 sein.

Eine auf die jeweilige Schäumungsaufgabe und auf die Eigenschaften des letztlich erhaltenen Schaummetall-Formkörpers gerichtete und vormaterial-angepasste, bevorzugte Verfahrensweise, die auf der Beobachtung der Lage der Schaumbildungsfront im zugeführten Metall-Kompaktstrang basiert, offenbart der Anspruch 7.

Die Detektion dieser der genannten Schaumbildungs-Front ist durch eine relativ abrupte Materialeigenschaftsänderung vom Matrixmetall/Treibmittel-Kompakt-Formkörper zur poren-aufgeweiteten Metallmatrix erleichtert, und kann z.B. mit Sensoren auf Basis einer Gammastrahlen-Dickenmessung oder von Ultraschall erfolgen. Besonders günstig ist es, hier Sensoren einzusetzen, welche auf Basis einer Induktionsankopplung arbeiten, wobei der Umstand ausgenutzt wird, dass die Leitfähigkeit beim Übergang vom kompakten Vormaterial zum Metallschaum etwa um eine Zehnerpotenz sinkt, womit sich der Kompaktmaterial/Schaum-Grenzbereich exakt und reproduzierbar lokalisieren lässt.

Anpassend ist und gleichzeitig den realen, oft rauen Verfahrensbedingungen im Betrieb Rechnung trägt eine bevorzugte Verfahrensführungs-Variante gemäß Anspruch 8, wobei die vorerwähnten Sensoren besonders hilfreich sind.

Unnötige Reibungsverluste und Störungen im Verfahrensablauf können mit Gleit-Agentien gemäß Anspruch 9 vermieden werden.

Diesem wichtigen Aspekt vorteilhaft Rechnung trägt auch eine robustere Variante gemäß Anspruch 10.

Zur weitestgehenden Vermeidung von wie weiter oben schon angesprochenen Vormaterialsverlusten kann in sehr effizienter Weise der Einsatz eines Rezipienten-zu-Formgebungs-Kokille-Anschlusses gemäß Anspruch 11 beitragen.

Ein "Zusammenfallen" des in die Kokille eingebrachten Schaums bzw. die sofortige Ausbildung einer späteren, Inhomogenitäten und Materialfehler hervorruhenden, festen Haut am flexiblen Schaummetall-Strang kann in vorteilhafter Weise durch eine Temperierung der Schaumformungs-Kokille gemäß Anspruch 12 verhindert werden.

Besonders bevorzugt ist eine Verfahrensführung mit echt kontinuierlich arbeitendem Schäumrezipienten und daran sich anschließender Durchlauf-Schaumformungs-Kokille gemäß Anspruch 13.

An dieser Stelle sei daran erinnert, dass das neue Verfahren auch für die Herstellung von mit Deckfolien versehenen Schaummetall-Strängen vorgesehen ist, was zu einer geschlossenen,



praktisch porenfreien Schaummetallprofil-Oberfläche führt.

Eine Verbesserung der Bindung von auf den erfindungsgemäß erhältlichen Schaummetall-Strang aufzukaschierenden Folien mit dem Schaummetall läßt sich durch Einsatz eines etwa lotmetall-plattierten metallischen Folienmaterials gemäß Anspruch 14 erzielen.

Die soeben beschriebene Herstellung von mit Kompaktmetallfolien beschichtetem Schaummetall zeigt, dass die neue Verfahrenskonzeption der "Metallschaumbildung noch vor Einbringung in die gestaltgebende Form" die Erschließung ganz neuartiger Produktionstechnologien für kompakte Metall/Metallschaum-Verbundmaterialien und Werkstücke aus denselben ermöglicht.

So ist es z.B. bevorzugt, Rohre oder andere Hohlprofile gleichmäßig mit Metallschäumen gewünschter Qualität zu füllen, wie dies gemäß Anspruch 15 vorgesehen ist. Dabei wird der Effekt genutzt, dass der auf einer Seite des Hohlprofils eingebrachte Metallschaum beim Erstarren etwas schrumpft, also nicht mehr ganz satt an der Hohlraum-Innenwandung anliegt und im Hohlprofil gleitbar und somit darin mechanisch verschieblich geworden, ein immer länger werdender Stopfen aus erstarrtem Schaummetall vom noch nachdrängenden Schaum in den Profil Hohlraum geschoben wird, bis dasselbe jeweils in seiner vollen Länge mit Schaummetall erfüllt ist.

Bei einer nach diesem Prinzip arbeitenden Verfahrensvariante gemäß Anspruch 16 ist vorgesehen, gleichzeitig mit dem Fortschreiten der Produktion eines Hohlprofils, dessen Inneres mit Metallschaum zu füllen. So kann z.B. als Hohlprofil-Erzeugungsanlage eine Strangpresse vorgesehen sein, in deren "Dorn" die Ausbringungsdüse des Metallschaum-Generierungsrezipienten angeordnet ist. Synchron mit der Auspressung des Profils erfolgt die Schaumeinbringung in dessen Innenraum.

Eine bevorzugte, weniger aufwendige Ausführungsform einer derart synchronen Formherstellung und -ausschäumung bildet den Gegenstand des Anspruches 17.

Weiters kann eine "mitbewegende" Ausbildungsform des Verfahrens gemäß Anspruch 18 von Vorteil sein.

Einen satten, zumindest mechanischen Verbund von Schaummetall und Hohlprofil kann man schließlich nach Art des Anspruches 19 erzielen.

Was die erfindungsgemäß besonders bevorzugt einzusetzenden Vormaterialien betrifft, sind diese in den Ansprüchen 20 bis 22 angeführt, woraus erhellt, dass die erfindungsgemäß erhältlichen Schaummetalle keineswegs nur auf Leichtmetall-Komponenten beschränkt sind, obwohl dieselben bis jetzt in größerer Zahl untersucht worden sind und auch wegen ihrer niedrigeren Schmelzpunkte technisch leichter handhabbar sind.

Die Erfindung betrifft weiters eine neue Anlage zur Durchführung des oben in verschiedenen Ausführungsformen beschriebenen Verfahrens.

Diese Anlage zur Herstellung von Schaummetall- bzw. Schaummetall-/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken auf Basis von (Leicht-)Metallen bzw. (Leicht-)Metalllegierungen, vorzugsweise auf Basis von Aluminium, mit einem mittels Heizeinrichtung auf Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes des jeweils zu schäumenden Metalls beheizbaren Durchlaufgefäß mit Einbringungsöffnung für das Metall und mit einer Formgebungs- od. dgl. ausgestatteten Ausbringungsöffnung für das geschäumte Metall und einer derselben nachgeschalteten End-Formgebungseinrichtung, bevorzugt Band- oder Walzenkokille, ist dadurch gekennzeichnet, dass

- sie mindestens einen, von einer Zuführungs- und Vorschubeinrichtung, insbesondere mit Vorschubrollen oder -walzen, mit mindestens einem aus latent schäumfähigem, durch an sich bekannte Kompaktierung eines Gemisches bzw. Gemenges von Partikeln mindestens eines Metalls bzw. einer Metalllegierung mit Partikeln mindestens eines - bei erhöhten Temperaturen ein porengenerierendes Gas abspaltenden - Treibmittels gebildetem Vormaterial gefertigter Vormaterialkörper in Lang- bzw. Endlosform, wie insbesondere in Stangen-, Draht-, Band- oder Profil-Form, einbringungsseitig versorgbaren, mittels der Heizeinrichtung, bevorzugt auf Basis von Induktion, im wesentlichen in voller Länge heizbaren, im wesentlichen rohrartigen Metallschaum-Generierungs-Rezipienten mit in Vorschubrichtung länglichem Innenraum jeweils gewünschter Querschnittsform umfasst, dessen Querschnittsfläche im Nahbereich seiner mindestens einen Ausbringungsöffnung, bevorzugt stetig, zu dieser Öffnung bzw. zu diesen Öffnungen hin sich verjüngend ausgebildet ist,
- an welche, bevorzugt düsenartig ausgebildete(n), Ausbringungsöffnung(en) für den im Rezipienten mittels Heizung generierten, fließfähig-plastischen Metallschaum die Einbringungsöff-

nung(en) mindestens einer an sich bekannten Einzel-Formgebungs-Kokille, eines einen mit Schaummetall zu füllenden Hohlraum aufweisenden Werkstücks, insbesondere Hohlteils, Hohlprofils oder einer - ebenfalls an sich bekannten - Durchlauf-Formgebungs-kokille mit beweglichen Bändern und/oder Rollen bzw. Walzen als Wandungselemente, im wesentlichen metallschaumdicht, angeschlossen ist bzw. anschließbar ist, und

- dass für die Fertigung von Schaummetall-/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken im Bereich der Metallschaum-Einlauföffnung der Durchlauf-Formgebungs-Kokille mindestens eine, bevorzugt mit Heizung ausgestattete, Einrichtung für den Einzug mindestens einer Metallfolie zur zumindest einseitigen Metall-Beschichtung bzw. -Kaschierung des in die Kokille gelangenden heißen und dort erstarrenden Schaummetall-Profilstranges angeordnet ist.

Wenn der Innenraum des Durchlaufrezipienten in seinem Querschnitt der Außenkontur des Vormaterialstrangs angeglichen ist, wie gemäß Anspruch 24 vorgesehen, ist damit im wesentlichen eine sichere Abdichtung gegen ein rückseitiges Austreten von Metallschaum aus dem Rezipienten gegeben.

Eine materialstromabwärtige stetige Verengung des Rezipienten-Innenraums bzw. Schaumumlenkung bzw. Vormaterial/Schaum-Querschnittsdimensions- und/oder -gestalts-Änderung (d.h., z.B., dass kreisförmiger Vormaterialeintritt und schlitzförmiger Austritt des Metallschaums vorgesehen sind), innerhalb der im Anspruch 25 genannten Grenzen sichert in günstiger Weise eine gleichmäßige Schaumstruktur des erhaltenen Schaummetall-Formkörpers oder einer Schaummetall-Füllung eines hohlen Werkstücks.

In diesem Sinne vorteilhaft ist auch eine Ausbildung der Ausbringungsöffnung(en) im Vergleich um Rezipienten-Innenquerschnitt gemäß Anspruch 26.

Die hier angesprochene Verengung des Innenraums bzw. Schaumumlenkung verursacht einen lokalen Druckanstieg, welcher einer letztlich günstigen Schaumstruktur förderlich ist.

Um den Schäumvorgang tatsächlich technisch voll im Griff zu haben und eine Feinsteuerung oder Korrekturen von z.B. durch ungleichmäßige Betriebsbedingungen bedingten Störungen vor der Schaumausbringung in die Kokille zu ermöglichen, ist eine Ausführungsart der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Anspruch 27 zu bevorzugen.

Reproduzierbare Produktionsbedingungen und damit geringer Ausschuss lassen sich besonders vorteilhaft mit einer Ausstattung der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Anspruch 28 erreichen.

Eine Art Schmierung des Vormaterial-Stranges gemäß Anspruch 29 trägt zur Produktionssicherheit wesentlich bei.

Weitere, der Qualität und dem Einsatzspektrum der Schaummetallkörper förderliche, vorteilhafte Ausgestaltungen und Ausstattungsvarianten der erfindungsgemäßen Produktionsanlage bilden die Gegenstände der Ansprüche 30 bis 32.

Die gemäß der Erfindung vorgesehene Schaummetall-Kaschierungseinrichtung führt z.B. zu sandwicharmierten Schaummetall-Strangprodukten mit kompaktmetall-kaschierten, porenfreien Oberflächen, wobei eine leicht konische Ausbildung der Durchlaufkokille gemäß Anspruch 31 ein Eindringen der Metallfolie in den Schaum und damit eine bessere Bindung an denselben wesentlich unterstützen kann.

Der Anspruch 32 offenbart ein wesentliches, neues Gebiet der Anwendung der neuen Anlage, nämlich, dass statt einer Schäumkokille gleich ein mit Metallschaum auszufüllender Hohlkörper an den Rezipienten anschließt.

Eine bevorzugt ausgestaltete Anlage zur schon beschriebenen Herstellung von mit Metall ausgeschäumten, länglichen Hohlprofilen bildet den Gegenstand des Anspruches 33, wobei hier eine synchrone und gleich gerichtete Generierung von Metallschaum und der mit diesem zu füllenden Form, die durch ein gerade in Erzeugung befindliches Hohlprofil, z.B. Rohr, gebildet ist, vorgesehen ist.

Im Prinzip ähnlich, jedoch mit entgegengesetzten Richtungen von fortschreitend generiertem Hohlprofil und synchron generiertem Metallschaum arbeitet die Anlage gemäß Anspruch 34, wobei eine Ausgestaltung gemäß Anspruch 35 besonders gut reproduzierbare Produktionsbedingungen zu erreichen gestattet.

Schließlich ist es vorteilhaft, den mechanischen Verbund von Hohlprofil und Metallschaumkern mit einer Anlage gemäß Anspruch 36 zu sichern.

Letztlich bildet die Verwendung des neuen Verfahrens und der Einsatz der Anlage im Rahmen des Herstellungsprozesses, wie sie dem Anspruch 37 zu entnehmen ist, einen weiteren wesentlichen Gegenstand der Erfindung, wobei die völlig neue Möglichkeit der Ausschäumung von temperaturempfindlichen Formteilen mit Metallen ein völlig neues Einsatz-Segment auf diesem sich technisch rasch entwickelnden Gebiet eröffnet.

Im folgenden sollen die Erfindung und einige Details derselben aus der Praxis noch ergänzend erläutert werden:

Das kompaktierte, Treibmittel enthaltende, metallische Vormaterial in Form von Langprodukten wird in den mit einem rohrförmigen Durchlaufofen gebildeten Rezipienten eingebracht und im Verlauf dessen in einer dem Querschnitt des Vormaterials entsprechenden Führung bis wenige Grade über die Solidustemperatur erhitzt. Die Führung weist an der Innenseite einen schwer- oder nicht benetzbaren Werkstoff auf. Die Ausgangsöffnung der Führung ist bevorzugt wie eine Düse ausgeführt, durch die der Schaum dann in das Formgebungs-Werkzeug austritt. Der Aufschäumvorgang erfolgt in der Führung, wobei die Materialexpansion seitlich durch die Führung nach hinten, bevorzugterweise durch das passende, noch feste Vormaterial verhindert wird, sodass der heiße, viskose Schaum nur durch die Austrittsdüse in das formgebende Werkzeug dringen kann. Die Austrittsdüse kann bei Bedarf zusätzlich gesondert beheizt werden. Das Werkzeug, also die Schaumformgebungskokille muss nur soweit angewärmt sein, daß es bzw. sie das Ausfließen und Ausbreiten des Schaums in die gesamte Form hinein erlaubt. Die Zuführung des festen Vormaterials wird vorteilhaft über Laufrollen nach Geschwindigkeit und Transportkraft so gesteuert, dass die Materialzuführung der Schäumgeschwindigkeit angepasst wird und die Aufschäumfront im in der Führung befindlichen Vormaterial weitgehend stationär bleibt. Es bedarf keines Schaumüberlaufes, wenn z.B. die Luft aus dem Formgebungswerkzeug z.B. durch deren Einlauföffnung verdrängt werden kann.

Zur Herstellung von Einzel-Formteilen ist es günstig, die Schäum-Formen mit einer der Düse des Rezipienten angepassten Eingussöffnungen auszustatten, in die die Düse eingeführt wird und ein seitliches Austreten des Schaumes solange verhindert, bis die Form vollständig ausgeschäumt ist. Die Vormaterialzuführung wird vorteilhafterweise abwärts geneigt angebracht, sodass die Schwerkraft das Ausfließen des Schaumes in die Form unterstützt. Mehrere Schäum-Formen sind für eine wirtschaftliche Herstellung größerer Stückzahlen auf einem Karussell anordenbar und es laufen dann die Takte Beschichten, Vorwärmen, Befüllen, Kühlen, Ausformen, Kokillenreinigung parallel ab.

Zur kontinuierlichen Herstellung von Lang- und Flachprodukten ist die Vormaterialzuführung vorteilhaft horizontal bzw. abwärts gering geneigt angeordnet. Die Austrittsdüse des Durchlauf-Heiz- und Schäumrezipienten mündet zwischen formgebenden Umlaufbändern und/oder Rollen, zwischen denen der plastische Schaum nach der Formgebung erstarrt. Die der jeweiligen Durchlauftrate entsprechende Temperaturführung kann durch entsprechende Beheizung und Kühlung der Bänder bzw. Rollen erfolgen.

Je nach Breite und Dicke des herzustellenden Schaumproduktes können auch mehrere Vormaterialstränge gleichzeitig in den Durchlauf-Rezipienten eingeführt werden. Es können jedoch auch mehrere Stränge in parallelen Führungen eines Rezipienten oder mehrerer davon geschäumt und auf die Umlaufbänder des Formgebungswerkzeugs gebracht werden. Die getrennt einlaufenden Schaumstränge werden dann durch die Umlaufbänder der Schäumungskokille zusammengepresst, damit sie noch im viskosen Zustand miteinander zu einem einheitlichen Schaum-Langmaterial verschweißen.

Für die Herstellung von Verbunden mit Deckfolien bzw. -blechen können zwischen der/den Austrittsdüsen und den Umlaufbändern Bleche auf beiden Seiten eingebracht werden, die vorteilhafterweise entsprechend vorgewärmt sind, so dass sie mit dem heißen Schaum verschweißen. Bleche mit Lotplattierung können die metallurgische Bindung erleichtern. Die Einlaufgeschwindigkeit der Deckbleche kann über Förderwalzen mit der Schäum- und Schaumbewegungsrate synchronisiert werden.

Zusammengefasst sind insbesondere folgende Vorteile der Erfindung wichtig:

Eine kontinuierliche Aufschäumung des Vormaterials ergibt: wirtschaftliche Taktzeiten für Formteile, die Einsparung der Vormaterialzerstückelung, wesentlich gleichmäßigere Schaumqualität als bisherige Verfahren und wesentlich verbesserte Materialausbringung, also Ausbeute als

Folge einer Minimierung der Verluste durch Überschussschaum zur Sicherstellung der vollständigen Formfüllung.

Die erfindungsgemäße Konzentration der Energiezuführung auf das Vormaterial in einem zentralen, flexibel einsetzbaren Schaumgenerator ergibt eine wesentliche Einsparung von Energiekosten und eine höhere Lebensdauer der Kokillen. Zusätzlich ist eine wie schon weiter vorne erwähnte, problemlose Automatisierungsmöglichkeit gegeben.

Die Kombination mit Umlaufbändern bzw. -walzen erlaubt eine kontinuierliche Herstellung von Lang- und Flachprodukten aus praktisch fertig vorbereitetem Metallschaum sowie die Produktion von Metallschäumen mit Deckblechen, auch mit stoffgleichen und einseitig oder mehrseitig verschweißten oder verlöteten Deckblechen.

Anhand der folgenden Beispiele wird die Erfindung näher erläutert:

#### Beispiel 1:

Vormaterial Draht (Durchmesser 8 mm) aus Aluminium mit 0,8 Gew.% TiH<sub>2</sub>-Treibmittel, strangpress-kompaktiert, wird von einer Rolle mittels geschwindigkeits- und kraftgesteuerter Förderrollen in ein Führungsrohr aus Grafit mit 8 mm Innendurchmesser geführt. Das Führungsrohr befindet sich in einem senkrechten, mit einem Rohrofen hoher Energiedichte gebildeten Metallschaum-Generator, der ca. 10 g Al/s zum Schmelzen bringt. Das Führungsrohr ist mit einer Grafitdüse (Durchmesser 4 mm) abgeschlossen, die außen kegelförmig ausgebildet ist. Aus der Düse dringt viskoser Al-Schaum mit etwa 20-facher Geschwindigkeit der Vormaterialeinbringungsrate. Die kegelförmige Düse passt von oben in den Anguss einer Stahl-Schaumformgebungskokille für einen 3D-Formteil, die innen beschlichtet und auf 350°C vorgewärmt ist. Sobald das Formvolumen mit Schaumaluminium gefüllt ist, was an einem kleinen Überlauf beim Einguss erkennbar ist, wird die Düse abgesetzt und auf eine nächste Kokille aufgesetzt, während die vorhergehende Kokille gekühlt wird. Sechs derartig teilbare Kokillen befinden sich auf einem Karussell mit den Arbeitsstationen: Beschlichten, Vorwärmen, Schäumofen (Schaumgenerator) aufsetzen und Kokille bzw. Form mit Metallschaum füllen, Abkühlen der Form, Ausformen und schließlich Reinigen der Form.

In Taktzeiten von etwa 1 min lassen sich so gleichmäßig geschäumte Formteile mit einem Einzelvolumen von etwa 1 l erzeugen.

#### Beispiel 2:

Ein Band aus aufschäumbarem Vormaterial aus Al-Si-Gusslegierung mit dem Querschnitt 5 x 30 mm<sup>2</sup> wird in einem horizontalen Schäumungs-Durchlaufofen-Rezipienten mit Führungsrohr aus Grafit mit gleichem Innenquerschnitt kontinuierlich eingebracht, sodass 100 g Al/s aufgeschmolzen werden. Die Austrittsdüse hat einen Öffnungsquerschnitt von 3 x 80 mm<sup>2</sup> und es schließen sich oben und unten 100 mm breite Förderbänder und seitliche, formgebende Walzen einer Durchlauf-Formgebungskokille an.

Es tritt ca. 0,2 l Aluminiumschaum/s aus der Düse auf das untere Band. Das obere Band begrenzt die Dicke des Metallschaums auf 5 mm, sodass ein Schaumaluminiumband mit einem Querschnitt von 100 x 5 mm<sup>2</sup> mit einer Geschwindigkeit von ca. 400 mm/s produziert wird. Der Schaum beginnt in seiner Hülle zu erstarren, sobald er in die Umlaufbänder eingelaufen ist.

#### Beispiel 3:

Es werden 5 Düsen gemäß dem vorangegangenen Beispiel nebeneinander gereiht und simultan mit Vormaterialbändern beschickt, die in einem Schäum-Rezipienten mit einem Mehrzonen-Durchlaufofen erhitzt werden. Die Umlaufbänder der Formgebungs-Durchlaufkokille an den Austrittsdüsen sind 50 cm breit und mit Rollen seitlich begrenzt. Auf diese Weise kann ein Blechband mit 50 cm Breite kontinuierlich mit einer Rate von etwa 20 m/min hergestellt werden. An der Unterseite der Formgebungs-Kokille wird ein einseitig lotplattiertes Aluminiumblech mit 50 cm Breite und 0,5 mm Dicke mit gleicher Geschwindigkeit in auf 500°C vorgewärmtem Zustand eingespult. Die Durchlauflängen der Umlaufbänder in der Kokille sind etwa 1 m lang und der Spalt zwischen Ober- und Unterband nimmt von anfänglich 12 mm auf 9 mm ab, um den Schaum auf das Deckblech

aufzudrücken. Der Schaum verlötet sich mit dem Blech und es entsteht ein ca. 9 mm hinter-schäumtes Aluminiumblech.

#### Beispiel 4:

Ausschäumen von hohlen Längsholmen in einer Fertigungsstraße von Kraftfahrzeugsrahmen (insbesondere Al-Spaceframe-Konstruktionen):

Die Schaumdüse(n) des Schaumgenerierungs-Rezipienten wird (werden) automatisiert an Einspritzöffnungen der Holme herangeführt und die Heizung und Vormaterial-Drahtzuführung in Betrieb genommen, wodurch die Holme mit Al-Schaum ausgefüllt werden, ohne thermisch überbeansprucht zu werden. Die neue Methode eignet sich besonders auch für die Fertigung von Crash-Absorbern und zur allgemeinen Steifigkeitserhöhung.

Vorschrift für eine Art der Herstellung des Vormaterials:

AlMg<sub>0,6</sub>Si<sub>0,4</sub>-Pulver mit einer Korngröße von < 400 µm mit 0,4 % TiH<sub>2</sub> (<300 µm) wird in einer Presse zu einem zusammenhängenden Körper mit einer Dichte von 2,4 g/cm<sup>3</sup> primär-kompaktiert, um dessen Weiterverarbeitung in einer Horizontalstrangpresse zu ermöglichen. Der Körper wird mit einer Temperatur von 200°C in eine Strangpresse eingelegt und innerhalb von 5 s mit einem Pressdruck von 750 Mpa zu einem Rechteckprofil stranggepresst. Die Temperatur des Rezipienten selbst betrug 300°C. Das entstandene Profil hat eine Dichte von 2,7 g/cm<sup>3</sup> und kann, so wie es ist, im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden.

Anhand der Zeichnung werden das erfindungsgemäße Verfahren und zu dessen Durchführung besonders geeignete Ausführungsformen der Produktionsanlage näher erläutert, wobei die Fig. 1 eine Schaummetall-Herstellung mit Einzel-Schaumformgebungs-Kokille, die Fig. 2 eine solche mit Durchlauf-Schaumformgebungs-Kokille, die Fig. 3 eine Schaummetallstrang-Formgebung mit entsprechend profilierten Walzen, die Fig. 4 schematisch eine Ansicht eines Schäumungsrezipienten mit drei Aufheiz- und Schäumung-Räumen für das Vormaterial und einer einzigen, gemeinsamen Ausbringungsdüse für den Metallschaum, die Fig. 5 ein Schema eines Rezipienten mit der Anordnung einer Mehrzahl von Schaumausbringungs-Düsen, welche eine einzige Durchlaufkokille beliefert und die Fig. 6 sowie 7 und 8 schematisch zwei Arten der Fertigung eines mit Metall ausgeschäumten Hohlprofils, konkret eines Rohres, zeigen.

Die Schaummetall-Fertigungsanlage 1000 der Fig. 1a umfasst im wesentlichen eine Einbringungs- und Vorschubeinrichtung 10 mit Vorschubwalzen 101 mit Antrieb 110 für einen, hier aufgerollten Endlos-Strang aus kompaktiertem Metallschaum-Vormaterial 501, welcher über die mit einer Beschlichtungs-Einrichtung 201 mit einem Schlichtmittel 202 versorgbare Einbringungsöffnung 21 kontinuierlich in den Führungs- und Aufheizkanal 25 eines vorderseitig mit einer Isolierung 203 versehenen Heiz- und Schäumungs-Durchlaufrezipienten 20 mit jeweils gruppenweise rundum angeordneten Heizspiralen oder umgebende Induktionsspulen 273 und 274 einer elektrischen Heizung 27 eingeführt wird.

In der Aufheiz- und Schäumungsinitiations-Zone 203 wird das Vormaterial 501 stetig steigend im wesentlichen auf Schäumungs- und Schmelztemperatur bzw. etwas darüber erhitzt und beginnt, im in die Schaumbildungs- und -austritts-Zone 204 des Rezipienten 20 übergehenden Strangteil 502 des - insgesamt mit 50 bezeichneten - Metallstrangs an der Schaumbildungsfront 55 - im wesentlichen gleichzeitig plastisch-fließfähig werdend - durch Gasentwicklung aus dem Treibmittel einen Metallschaum zu bilden. Der durch die Schaumbildungszone 204 weiter bewegte Metallschaumstrangabschnitt 502 wird dort in seinem Querschnitt verengt und durch die Heizzone 274 nach-konditioniert. Er tritt letztlich als fließfähig-plastischer Metallschaum-Strang aus der Ausbringungsöffnung 22 des Austritts-Düsenteils 220 aus und gleich durch die anschließende, gegebenenfalls mit der Außenseite der Düsenöffnung 22, bzw. Düse 220 schaumdicht kooperierend ausgebildete Einbringungsöffnung 31 in die vorerwärmte Schaumformgebungs-Kokille 30 ein, wobei der Metallschaum in derselben als Schaummetall-Formkörper 503 gewünschten Gestalt erstarrt. Dieser Erstarrungsvorgang innerhalb der Kokille ist als Erstarrungsfront 5035 symbolisiert.

Mittels an eine zentrale Steuerung 75 angeschlossenem Sensor 70 kann die Schäumungsfront 55 im Strang 50(501,502) lagemäßig detektiert werden, und aufgrund dieser Daten steuert die Steuerung 75, z.B. ein Personalcomputer, den Antrieb 110 der Vormaterial-Vorschubrollen 101.

Der Innenquerschnitt  $q_1$  des Rezipienten-Führungshohlraumes 25 entspricht im wesentlichen dem Kontur-Querschnitt  $q_5$  des Vormaterialstrangs 501. Nach Passieren der Schaumentstehungsfront 55 verengt sich die Querschnittsfläche bzw. ändert sich die Form des Querschnitts  $q_1$ , bis er die Dimension bzw. Querschnittsgestalt  $q_2$ , also jene der Schaum-Ausbringungsöffnung 22 aufweist.

In Fig. 1b ist noch schematisch das Temperaturprofil des Material-Gesamtstrangs 50 innerhalb von Durchlauf-Rezipienten 20 und Formgebungs-Kokille 30 wiedergegeben, wobei etwa im Bereich der Düse - angedeutet durch unterbrochene Linien - ein kleines Temperaturmaximum auftreten kann.

Fig. 2a zeigt - bei sonst völlig gleichbleibenden Bezugszeichen-Bedeutungen gegenüber Fig. 1 eine kontinuierlich arbeitende Anlage 1000 mit waagrecht ausgerichteten, in der Bauart sonst mit jenem der Fig. 1 praktisch identischen und gleich ausgestatteten Durchlauf-Rezipienten 20 und einer kontinuierlich arbeitenden, ebenfalls waagrecht angeordneten Durchlauf-Formgebungskokille 300 für den innerhalb des Gesamt-Vormaterialstranges 50 gebildeten Schaummetallstrang 503. Der Strang 501 des kompaktierten, wie in Fig. 2b und 2c im Querschnitt gezeigten Rund- oder Rechteck-Vormaterials wird hier von einer Endlosmaterialrolle abgespult und gelangt - von den Rollen 101 der Einzugs- und Vorschubseinrichtung 10 gezogen - in den Führungsraum 25 des mit Heizeinrichtung 27 ausgestatteten Heiz- und Schäumrezipienten 20, dessen Komponenten völlig analog zu Fig. 1 bezeichnet sind und auch in identischer Weise funktionieren.

Direkt nach seinem Austreten aus der Rezipientenöffnung 22 der Ausbringungsdüse 220 gelangt der heiße, fließfähige Schaummetall-Strangabschnitt 502 zwischen die beiden Endlosbänder 301 der Schaumformgebungs-Kokille 300, wobei zwischen die Bänder 301 und den Schaumstrang oben und unten jeweils ein Blechband 05 - von Rollen 350 abgespult - zur Kaschierung des Metallschaum-Strangs 503 eingezogen werden. Vorteilhaft sind die Bänder 301 strangbewegungsfortschreitend in flachem Winkel aufeinander zulaufend ausgerichtet, wodurch die Bindung der Blechfolie 05 an das Schaummetall gefestigt wird. Hilfreich dafür ist weiters die Erhitzungseinrichtung 351 für die Folienbänder 05 vor ihrem Einzug in die Einbringungsöffnung 31 der Kokille 300. Nach Erstarrung und dem Verlassen der Kokille 300 durch deren Schaummetallausbringungsöffnung 32 durchläuft der nun feste - in Fig. 2d als Rechteckprofil gezeigte - Schaummetallstrang 503 noch durch, gegebenenfalls etwa auch angetriebene, paarweise Führungs- oder Abzugsrollen 302. Die Steuerung der Anlage 1000 kann analog zu jener gemäß Fig. 1 ebenfalls mittels der Schäumungsfront 55 im Strang 50,501,502 detektierendem Sensor 70 und mit ihm und dem Antrieb 110 der Rezipienten-Einzugsrollen 101 sowie der Heizung 27,273,274 des Rezipienten 20 steuerungssignal-verbundener Steuerungseinheit 75 vorgenommen werden.

Die Fig. 3a zeigt schematisch, wie anstelle einer mit Formgebungs-Bändern ausgerüsteten Durchlauf-Kokille eine solche auch mit - bevorzugterweise in hier nicht dargestellter Mehrzahl vorliegenden und vorteilhafterweise heiz- und/oder kühlbaren Formgebungswalzen 302 mit entsprechender Profilierung zur Herstellung von Schaummetall-Profilen 503 beispielsweise runden oder quadratischen Querschnitts (Fig. 3b, 3c) dienen können.

Fig. 4 zeigt schematisch, wie in einem Heiz- und Schäumrezipienten 20 mit Heizspiralen 273 nebeneinander drei Führungskanäle 25 kreisrunden Querschnitts für rundes, schäumfähiges Vormaterial vorgesehen sein können, welche letztlich - nach entsprechender Vereinigung und Verjüngung - in eine gemeinsame Ausbringungs-Düsenöffnung 22 für den austretenden fließfähigen Metallschaumstrang münden.

Ebenfalls nur grob schematisch soll Fig. 5 zeigen, wie sich drei aus innerhalb einer umschreibenden Rechteckform an deren Umfangslineie angrenzenden Düsenöffnungen 22 eines - nicht gezeigten - Durchlaufrezipienten - austretenden Metallschaumsträngen 502 nach deren Vereinigung in einer Durchlauf-Kokille 300 mit Begrenzungswalzen 302 - ein Metallschaum-Strang 503 rechteckigen Querschnitts produzieren lässt.

Für eine in der Fig. 6 (mit ansonsten zu den vorherigen Fig. analogen Bezugszeichenbedeutungen) gezeigten Fertigung von mit Schaummetall gefüllten Hohlprofilen, beispielsweise Rohren 30 ist eine Anlage vorgesehen, bei welcher das auszuschäumende Werkstück 30 selbst erst während des Einströmens des Metallschaumes 502 fortschreitend gebildet wird. Die Gesamtanlage weist hier als Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung eine Strangpresse 60 für metallische Werkstoffe mit Rezipienten 62, Pressbolzen 61 und Düse 63 mit Dorn 631 auf, aus welcher kontinuier-

lich ein Metallrohr 30, z.B. aus einer Al-Legierung 3, ausgepresst wird. Der Dorn 631 der Düse 63 ist nun so ausgebildet, dass in ihn die Ausbringungsöffnung 22 bzw. -düse 220 eines erfindungsgemäßen Metallschaum-Generierungsrezipienten 20 integriert ist. Zeit/Mengen-synchron mit der fortschreitenden Bildung des auszuschäumenden Hohlprofils 30 wird in dasselbe Metallschaum 502 aus dem Rezipienten 20 über die Dorn-Düse 220 eingebracht und erfüllt gleichzeitig mit der Bildung des Hohlprofils 30 dasselbe fortschreitend mit dem genannten Metallschaum 502, wobei unter Umständen gleich eine zumindest punktuelle Verschweißung von letztlich erstarrtem Schaum 503 und Hohlprofil 30 erfolgen kann. Da gleichzeitig mit der an sich volumsvermindernden Erstarrung des Schaums 502 zu 503 auch das Hohlprofil 30 querschnittsmäßig "schrumpft", kann erreicht werden, dass der mechanische Verbund von Schaumkern und Profil-Wandung gleich erhalten bleibt. Für den Fall verschiedener Schrumpfraten kann eine den Profil-Innenquerschnitt verringernde Letztbehandlung des erhaltenen Schaummetall/Metall-Verbundprofils, z.B. durch Recken, vorgesehen sein.

Bei einer Verfahrensweise gemäß den Fig. 7 und 8 ist ebenfalls eine Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung vorgesehen, im konkreten Fall wieder eine Strangpresse 60, aus welcher fortschreitend ein Hohlprofil 30 ausgepresst wird. An die Öffnung 31 des freien Endes des Hohlprofils 30 ist an dieses - metallschaumdicht anliegend oder mit diesem verbunden - die Metallschaum 502-Ausbringungsöffnung 22 bzw. Düse 220 eines Metallschaum-Generierungsrezipienten 20 angeschlossen und die Düse 220 bzw. mit ihr der Rezipient 20 wandern synchron mit dem Fortschreiten des Profilausstoßes aus der Strangpresse 60 mit (zurück), wobei zeit/mengen-synchron Metallschaum 502 aus dem Rezipienten 20 in den Innenraum des Hohlprofils 30 eingebracht wird. Zur Strangpressdüse 63 hin erstarrt der Schaum 502 volumsvermindernd und bildet eine Art Stopfen 503, der infolge Kontraktion im sich fortschreitend bildenden Hohlprofil 30 gleitbar verschieblich ist und bei entsprechend gesteuerter Synchronisation von Strangpress- und Schäumrate positionskonstant bleibend in Richtung zum Schaumgenerator 20 hin mit der Hohlprofil-Verlängerung mitwächst. Hier ist letztlich eine den Hohlprofil-Innenquerschnitt verringernde Nachbehandlung, z.B. eine Reckung vorzusehen.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung von Schaummetall- bzw. Schaummetall/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. Werkstücken auf Basis von Metallen oder Metallegierungen, vorzugsweise auf Basis von Aluminium, wobei ein jeweils zu schäumendes Grundmetall in ein auf eine über dessen Schmelztemperatur beheizbares Durchlaufgefäß eingebracht und geschäumtes Metall unter Formgebung ausgebracht und mit gewünschter Form bzw. Profilquerschnittsform erstarren gelassen wird und wobei im Abstand vor der Auslauföffnung des Durchlaufgefäßes in dem sich in geschmolzenem Zustand befindlichen Metall Schäumgas-poren generiert werden, bei welchem Verfahren
    - mindestens ein durch Kompaktierung eines Gemisches von Partikeln mindestens eines Metalls bzw. einer Metallegierung mit Partikeln mindestens eines - bei erhöhten Temperaturen ein Gas abspaltenden - Treibmittels gefertigter, im festen Aggregatzustand vorliegender Vormaterial-Formkörper, in einen beheizbaren Heiz- und Schäum-Durchlauf-Rezipienten eingebracht wird, und erst während des Durchgangs innerhalb desselben auf eine oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels und zumindest auf eine oberhalb, der Schmelztemperatur des Metalls bzw. der niedrigstschmelzenden Legierungskomponente bzw. Komponenten-Zusammensetzung des Vormaterials (Solidustemperatur) liegende Temperatur erhitzt wird und wobei
    - der infolge Zersetzung des Treibmittels unter Volumszunahme im Rezipienten in Nähe von dessen Ausbringungsöffnung sich ausbildende, heiße Metallschaum danach zum Erstarren gebracht wird,
    - wonach gewünschtenfalls ein Entformen des erstarrten, Poren aufweisenden, Schaummetall-Formkörpers bzw. -Werkstückes und dessen eventuelle Final-Formgebung bzw. -Behandlung erfolgt,
- dadurch gekennzeichnet,

- daß im wesentlichen unter Verschuß bzw. Abdichtung zur Einbringungsöffnung hin mittels einer kontinuierlichen Vorschubbewegung oder eines kontinuierlich bewegten Kolbens auf den bzw. die in den Heiz- und Schäumrezipienten eingebrachten Vormaterial-Formkörper von der Einbringungsseite des genannten Rezipienten her in Richtung zu dessen Ausbringungsöffnung hin eine Kraft- bzw. Druckbeaufschlagung erfolgt, und der sich bildende, zumindest bis zur genannten Ausbringungsöffnung hin in fließfähig-plastischem Zustand gehaltene heiße Metallschaum in Form eines kontinuierlich ausgetragenen, fließfähig-flexiblen Metallschaum-Stranges in zumindest einen mit dem Schaummetall zu erfüllenden Hohlraum, insbesondere in das Innere, einer Schaummetall-Formgebungs-Kokille volumsfüllend eingebracht wird,
  - wobei durch im wesentlichen stetige, Verengung des ein jeweils gegebenes Innenprofil aufweisenden, im wesentlichen rohrartigen Innenraumes des Durchlauf-Rezipienten im Bereich vor dessen Ausbringungsöffnung und zu derselben hin die Querschnittsfläche der den Rezipienten durchlaufenden Vormaterial-Füllung vor Austritt des in diesem Bereich generierten, plastifizierten Metallschaums aus der Ausbringungsöffnung im wesentlichen stetig, insbesondere düsenartig, verringert wird, und
  - wobei im Falle der Fertigung von Schaummetall/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken an zumindest einer, bevorzugt an zwei einander im wesentlichen gegenüberliegenden, Seitenfläche(n) des die Schaum-Formgebungs-Durchlaufskokille kontinuierlich verlassenden Metallschaum-Strangs zumindest eine, bevorzugt vorerhitzte, gegebenenfalls mit Öffnungen versehene, Folie aus mit dem Schaummetall kompatiblen bzw. verschweiß-fähigem, insbesondere mit demselben identischem Metall, an der Einlaufseite der Formgebungs-Kokille in dieselbe eingezogen und - an den Metallschaum anliegend und mit demselben zumindest punktuell verschweißend - mit dem Schaummetallstrang durch die, vorzugsweise sich in Schaummetallstrang-Bewegungsrichtung von 0,5 bis 25 % querschnittsverengend ausgebildete, Formgebungs-Kokille geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche des in den Durchlauf-Rezipienten eingebrachten Vormaterials im Bereich von dessen Ausbringungsöffnung auf ein Zwanzigstel bis die Hälfte der eingangsseitigen bzw. restlichen Rezipienten-Innenraum-Querschnittsfläche vermindert wird.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasentwicklung aus dem Treibmittel im Vormaterial und die Bildung des fließfähig-plastifizierten Metallschaums aus dem in den Rezipienten eingebrachten Vormaterial im wesentlichen erst knapp vor Erreichung des Bereiches und/oder im Bereich der Verminderung der Querschnittsfläche der Vormaterial-Füllung im Bereich von dessen Ausbringungsöffnung eingeleitet wird.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schäum-Rezipient eingesetzt wird, dessen Metallschaum-Ausbringungsöffnung bzw. -Austrittsdüse mit seiner sonstigen, restlichen Querschnittsform im wesentlichen geometrisch ähnliche Querschnittsform aufweist, oder daß im Falle einer Mehrzahl von Düsen, dieselben innerhalb einer geometrisch ähnlichen Flächenform, bevorzugt an deren Umfangslinie angrenzend, angeordnet sind.
  5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbringung der Vormaterial-Formkörper in den Heiz- und Schäum-Rezipienten - im wesentlichen kontinuierlich oder quasikontinuierlich - in Form von Lang- bzw. Endlos-Vormaterial als Einzelmaterialestrang, wie z.B. als Stab, Draht, Band oder Profil, oder von mehreren, im wesentlichen längs aneinanderliegenden derartigen Vormaterialsträngen vorgenommen wird, wobei im Fall des Einzel-Vormaterialstrangs dessen Querschnittsfläche bzw. -form und im Fall von mehreren, längs aneinanderliegenden Vormaterialsträngen deren Gesamt-Querschnittsfläche bzw. -form im wesentlichen der Querschnittsfläche und -form des Rezipienten-Innenraums entspricht.
  6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschluß bzw. die Abdichtung des Durchlauf-Rezipienten zu dessen Einbringungsöffnung hin durch den bzw. die in seiner bzw. ihrer Querschnittsfläche und -form der Querschnittsfläche und -form des Rezipienten entsprechende(n) Strang bzw. Stränge selbst und bevorzugterweise zusätzlich durch den zwischen Rezipienten-Innenwandung und Strangoberfläche in Rich-



- tung zur Einbringungsseite hin zurückdringenden, hitze-plastifizierten Metallschaum erfolgt.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die kontinuierliche Einbringung des Lang- bzw. Endlos-Vormaterials in den Heiz- und Schäum-Rezipienten mittels - aufgrund der Lage der Schaumbildungs-Front im Vormaterial innerhalb des Rezipienten - in ihrer Vorschubgeschwindigkeit steuerbaren Vorschub-Rollen oder -Walzen vorgenommen wird.
  - 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit der Einbringung der jeweiligen Vormaterial-Formkörper, insbesondere des jeweiligen Lang- oder Endlos-Vormaterials, in den Heiz- und Schäum-Durchlauf-Rezipienten und die Austrittsgeschwindigkeit des plastifizierten, geschäumten Metalls aus demselben so aufeinander abgestimmt werden, daß die Front des Beginns der Zersetzung des Treibmittels bzw. der Schaumporen-Bildung und/oder der Plastifizierung innerhalb des Vormaterials im Rezipienten in einem jeweils vorgegebenen, im wesentlichen konstanten Abstand von dessen Ausbringungsöffnung bzw. -düse bzw. vom Beginn der Rezipienten-Innenquerschnitts-Verengung gehalten wird.
  - 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß, zusammen mit den Vormaterial-Formkörpern, insbesondere mit dem Vormaterial-Lang- bzw. Endlos-Strang, zwischen Strang und Rezipienten-Innenwandung ein hitzefestes Schlicht- bzw. Gleitmittel, vorzugsweise Grafit, eingebracht wird.
  - 20 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rezipient eingesetzt wird, dessen Innenwandung und Ausbringungsdüse mit einer hitzefesten, mit Metall im wesentlichen nicht-benetzbaren Gleitmaterial-Beschichtung oder -Verkleidung, vorzugsweise auf Basis von Grafit oder Aluminiumtitanat, ausgestattet ist.
  - 25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß - zumindest während des Schaumauslauf-Vorgangs - die Ausbringungsöffnung bzw. -düse des Heiz- und Schäumrezipienten für den plastifiziert-fließfähigen, Metallschaum undurchdringbar an die Einbringungsöffnung der Schaum-Formgebungs-Kokille oder eines auszuschäumen-den Hohlformteils angeschlossen wird.
  - 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwandung der Schaum-Formgebungskokille auf eine Temperatur von zumindest 200°C unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls, im Falle von Aluminium und Aluminium-legierungen auf Temperaturen im Bereich von 250 bis 350°C, erwärmt wird.
  - 35 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der den Heiz- und Schäum-Rezipienten verlassende Strang des plastifizierten, fließfähigen Metallschaums kontinuierlich durch eine an sich bekannte, bevorzugt mit - dem jeweils vorgesehenen Schaummetall-Profil-Querschnitt entsprechend angeordneten bzw. ausgebildeten - Umlaufbändern und/oder Walzen bzw. Rollen gebildete, formgebende Schaummetall-Durchlaufkokille geführt wird.
  - 40 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Metallfolie an den Schaummetallstrang anliegend in die Schaummetall-Formgebungs-Kokille eingezogen und dort in den Metallschaum gedrückt wird, welche an der dem Schaummetall-Strang zugekehrten Seite mit einem Verschweißungs- oder Verlötlungs-Hilfsmetall beschichtet ist.
  - 45 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erhalt von in ihrem Inneren Schaummetall aufweisenden Hohlprofilen der den Schäumrezipienten bzw. dessen Ausbringungsöffnung verlassende Metallschaum in den Innenraum eines Metall-Hohlprofils, beispielsweise Rohres, eingebracht wird.
  - 50 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der den Schaumrezipienten bzw. dessen Ausbringungsöffnung verlassende Metallschaum zeit-/mengen-synchron in mindestens einen Innenraum eines gleichzeitig mit der Schaumausbringung, bevorzugt durch Strangpressen, generierten Metall-Hohlprofils, beispielsweise Rohres, eingebracht wird.
  - 55 17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der den Schaumrezipienten verlassende Metallschaum zeit-/mengen-synchron in mindestens einen Innenraum eines

gleichzeitig mit der Schaumausbringung, bevorzugt durch Strangpressen, generierten Metall-Hohlprofils, beispielsweise Rohres, eingebracht wird, wobei die Einbringung des Metallschaums an der von der Hohlprofil-Ausstoßseite einer Hohlprofil-Erzeugungsanlage, insbesondere Strangpresse, entfernten bzw. abgewandten freien Öffnung des Hohlprofils erfolgt.

- 5 18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Schäumrezipient bzw. zumindest dessen Ausbringungsöffnung mit dem sich während des Hohlprofil-Generierungsvorgangs von der Ausstoßseite der Hohlprofil-erzeugungsanlage wegbewegenden Hohlprofil, bzw. dessen freier Öffnung, bevorzugt metallschaumdicht an dieselbe anliegend gehalten oder mit ihr verbunden, mitbewegt wird.
- 10 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß nach erfolgter Füllung des Hohlprofils, insbesondere Rohres, mit dem Metallschaum und dessen Erstarrung unter Ausbildung eines Verbundes desselben mit der Hohlprofilinnenseite das Hohlprofil, insbesondere Rohr, bevorzugt durch Recken, innenquerschnitts-vermindernd verformt wird.
- 15 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß als kompaktiertes, Treibmittel enthaltendes Vormaterial ein solches auf Basis von Al, Mg, Zn, Ti, Si, Cu, Mn, Fe oder auf Basis von mindestens eines dieser Metalle enthaltenden Knet- und/oder Gußlegierungen, insbesondere Al bzw. Al-Guß- und/oder -Knetlegierungen und gegebenenfalls von Stählen, eingesetzt wird.
- 20 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß als kompaktiertes Vormaterial ein solches auf Basis einer Al-Mg-Si-Leichtmetall-Legierung, insbesondere auf Basis von AlMg0,4, AlMg10Si1, AlMg1Si1, AlMg1Si0,6 oder AlMg0,6Si0,4 eingesetzt wird.
- 25 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein kompaktiertes Vormaterial eingesetzt wird, dessen Treibmittel durch Übergangsmetall-Hydride, insbesondere mit TiH<sub>2</sub>, ZrH<sub>2</sub>, LaNi<sub>5</sub>H<sub>7</sub> oder FeTiH<sub>2</sub> gebildet ist.
- 30 23. Anlage zur Herstellung von Schaummetall- bzw. Schaummetall-/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken auf Basis von (Leicht-)Metallen bzw. (Leicht-)Metalllegierungen, vorzugsweise auf Basis von Aluminium, mit einem mittels Heizeinrichtung auf Temperaturen oberhalb des Schmelzpunktes des jeweils zu schäumenden Metalls beheizbaren Durchlaufgefäß mit Einbringungsöffnung für das Metall und mit einer Formgebungsdüse od.dgl. ausgestatteten Ausbringungsöffnung für das geschäumte Metall und einer derselben nachgeschalteten End-Formgebungseinrichtung, bevorzugt Band- oder Walzenkokille, zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß
- 35 - die Anlage mindestens einen, von einer Zuführungs- und Vorschubeinrichtung (10), insbesondere mit Vorschubrollen oder -walzen (101), mit mindestens einem aus latent schäumfähigem, durch an sich bekannte Kompaktierung eines Gemisches bzw. Gemenges von Partikeln mindestens eines Metalls bzw. einer Metalllegierung mit Partikeln mindestens eines - bei erhöhten Temperaturen ein porengenerierendes Gas abspaltenden - Treibmittels gebildetem Vormaterial gefertigter Vormaterialkörper in Lang- bzw. Endlosform, wie insbesondere in Stangen-, Draht-, Band- oder Profil-Form, einbringungsseitig versorgbaren, mittels der Heizeinrichtung (27), bevorzugt auf Basis von Induktion, im wesentlichen in voller Länge heizbaren, im wesentlichen rohrartigen Metallschaum-Generierungs-Rezipienten (20) mit in Vorschubrichtung (r) länglichem Innenraum (25) jeweils gewünschter Querschnittsform umfaßt, dessen Querschnittsfläche (q<sub>1</sub>) im Nahbereich seiner mindestens einen Ausbringungsöffnung (22), bevorzugt stetig, zu dieser Öffnung (22) bzw. zu diesen Öffnungen hin sich verjüngend ausgebildet ist,
- 40 - an welche, bevorzugt düsenartig ausgebildete(n), Ausbringungsöffnung(en) (22) für den im Rezipienten (20) mittels Heizung generierten, fließfähig-plastischen Metallschaum (502) die Einbringungsöffnung(en) (31) mindestens einer an sich bekannten Einzel-Formgebungs-Kokille (30), eines einen mit Schaummetall zu füllenden Hohlraum aufweisenden Werkstücks, insbesondere Hohlteils, Hohlprofils oder einer - ebenfalls an sich bekannten - Durchlauf-Formgebungskokille (300) mit beweglichen Bändern (301) und/
- 55

- oder Rollen bzw. Walzen (302) als Wandungselemente, im wesentlichen metallschaumdicht, angeschlossen ist bzw. anschließbar ist, und
- daß für die Fertigung von Schaummetall-/Metall-Verbund-Formkörpern bzw. -Werkstücken im Bereich der Metallschaum-Einlauföffnung (31) der Durchlauf-Formgebungs-Kokille (300) mindestens eine, bevorzugt mit Heizung (351) ausgestattete, Einrichtung (350) für den Einzug mindestens einer Metallfolie (05) zur zumindest einseitigen Metall-Beschichtung bzw. -Kaschierung des in die Kokille (300) gelangenden heißen und dort erstarrenden Schaummetall-Profilstranges (53) angeordnet ist.
24. Anlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der längliche Innenraum (25) des Heiz- und Schäum-Metallschaum-Generierungs-Rezipienten (20) eine dem Querschnitt ( $q_5$ ) des jeweils zugeführten, in fester Form vorliegenden Vormaterialstrangs (501) oder eines Bündels derartiger Stränge in Querschnittsflächengröße und -form entsprechende Querschnittsfläche ( $q_1$ ) aufweist.
25. Anlage nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Querschnittsfläche ( $q_1$ ) des länglichen Rezipienten-Innenraums (25) zur Querschnittsfläche ( $q_2$ ) von dessen Metallschaum-Ausbringungsöffnung (22), insbesondere -düse, von 2:1 bis 20:1 beträgt.
26. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß ihr Metallschaum-Generierungs-Rezipient (20) eine Metallschaum-Ausbringungsöffnung (22), insbesondere Austrittsdüse, aufweist, deren Querschnittsform mit der Querschnittsform der Aufheiz- und Schäuminitiations-Zone (203) des Rezipienten (20) geometrisch ähnlich ist, oder daß im Fall einer Mehrzahl von Ausbringungsöffnungen (22) dieselben innerhalb einer geometrisch ähnlichen Fläche, bevorzugt an deren Umfangslinie angrenzend, angeordnet sind.
27. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum-Benennungs-Rezipient (20) eine, bevorzugt auf Induktion beruhende, elektrische Heizeinrichtung (273) für seine längliche Vormaterial-Aufheiz- und Schäum-Initiations-Zone (203) und eine im wesentlichen im Nahbereich der Metallschaum-Ausbringungs-Öffnung(en) (22), insbesondere -Düse(n) angeordnete, gesondert von der erstgenannten steuerbare eigene Heizeinrichtung (274) für die Schäumungskomplettier- und Schaumausstoß-Zone (204) aufweist.
28. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum-Generierungs-Rezipient (20) im Bereich des vormaterial-stromabwärtigen Endes seiner Aufheiz- und Schäuminitiations-Zone (203) mindestens einen Detektor bzw. Sensor (70) zur Ermittlung der Lage bzw. Lageänderung der Schäumungsfront (55) innerhalb des den Rezipienten (20) durchlaufenden Vormaterials (501,502), bevorzugt auf Basis der Induktiv-Leitfähigkeit oder von Ultraschall, aufweist, von welchem aus über eine Steuerung (75), bevorzugt mittels Computer, Chip od.dgl. die Geschwindigkeit der Vormaterial-Vorschubseinrichtung (10) und/oder die Temperaturbereiche und -gradienten der Heizeinrichtung (27,273,274) der Aufheiz- und Schäuminitiations-Zone (203) und/oder der Schäumungskomplettier- und Schaumausstoß-Zone (204) des Rezipienten (20) regel- und steuerbar ist bzw. sind.
29. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Einbringungsöffnung (21) des Rezipienten (20) eine Einrichtung (201) zur Aufbringung eines Schlicht- bzw. Gleitmittels (202) auf den Vormaterial-Strang (501) bzw. auf dessen Außenfläche angeordnet ist.
30. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung der beiden Rezipienten-Zonen (203) und (204) mit einem hitzefesten, gleitfähigen Belag bzw. einer derartigen Beschichtung bzw. Auskleidung gebildet bzw. versehen ist.
31. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlauf-Kokille (300) zu ihrer Auslaufseite (32) hin, sich innen-querschnittsflächen-verjüngend ausgebildet ist.
32. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle einer Schaumformgebungs-Kokille (30,300) ein einen mit Metallschaum zu erfüllenden Hohlraum aufweisendes Werkstück, z.B. ein Karosserieteil od.dgl., anschließbar ist.

- 5 33. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Herstellung von mit Schaummetall (503) gefüllten Hohlprofilen zusätzlich zum Metallschaum-Generierungs-Rezipienten (20) eine Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung, insbesondere eine Strangpreßeinrichtung (60), umfaßt, in deren den Innenraum der Hohlprofilform (30) generierenden Dorn (631) die Ausbringungsöffnung (22) bzw. -düse (220) eines Metallschaum-Generierungs-Rezipienten (20) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche angeordnet ist.
- 10 34. Anlage nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung, insbesondere Strangpreßeinrichtung (60), und einen Metallschaum-Generierungsrezipienten (20) umfaßt, von welchen beiden Einrichtungen (20,60) zumindest eine im wesentlichen in Längsachsrichtung zur anderen relativ beweglich ist, wobei die Ausbringungsöffnung (22) bzw. -düse (220) des Rezipienten (20) im wesentlichen metallschaum-dicht an die Öffnung (31) am freien Ende des die Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung (60) verlassenden Hohlprofils (31) in Anlage haltbar bzw. damit verbindbar ist.
- 15 35. Anlage nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine von der Hohlprofil-Erzeugungseinrichtung (60) mit deren Produktionsparametern versorgbare Anlage zur Steuerung der Metall-Schaum-Ausbringungsrate des Metallschaum-Generierungsrezipienten (20) aufweist.
- 20 36. Anlage nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß ihr eine Hohlprofil-Innenquerschnitts-Verminderungseinrichtung, insbesondere eine Einrichtung zur Hohlprofil-Längsreckung, nachgeordnet ist.
- 25 37. Verwendung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, bevorzugt unter Einsatz einer Anlage gemäß einem der Ansprüche 23 bis 36, zur Herstellung von, gegebenenfalls metallfolienkaschierten Schaummetall-Formkörpern bzw. -Werkstücken, sowie von mit Schaummetall gefüllte Hohlräume aufweisenden Hohl-Formteilen bzw. Hohlprofilen bzw. Werkstücken aus gegenüber Hitze wenig oder nicht beständigen Materialien, insbesondere Metallen, und gewünschtenfalls aus einem mit Matrixmetall ihrer Schaummetallfüllung identischen Metall.
- 30

# HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

35

40

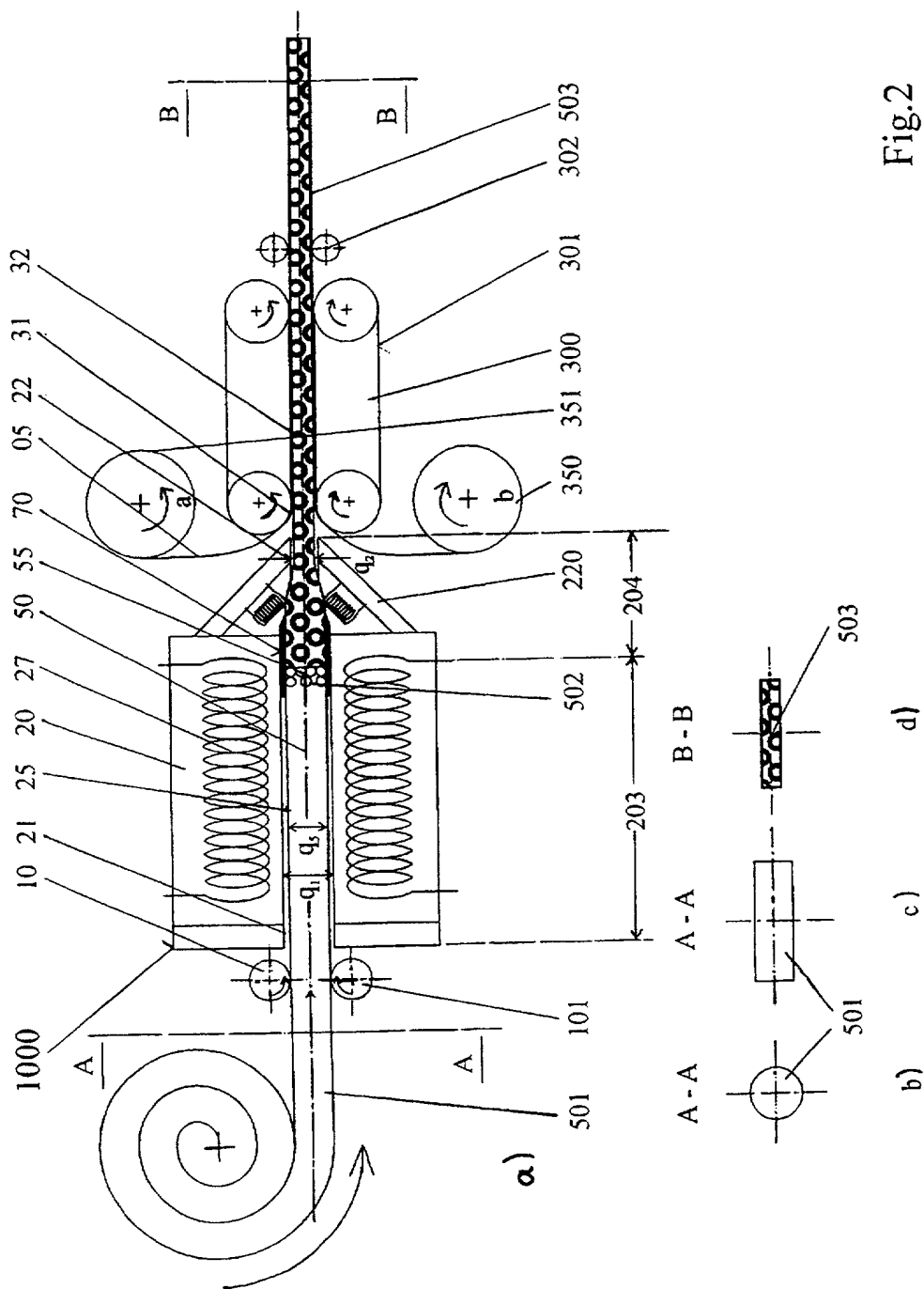
45

50

55



Fig.1



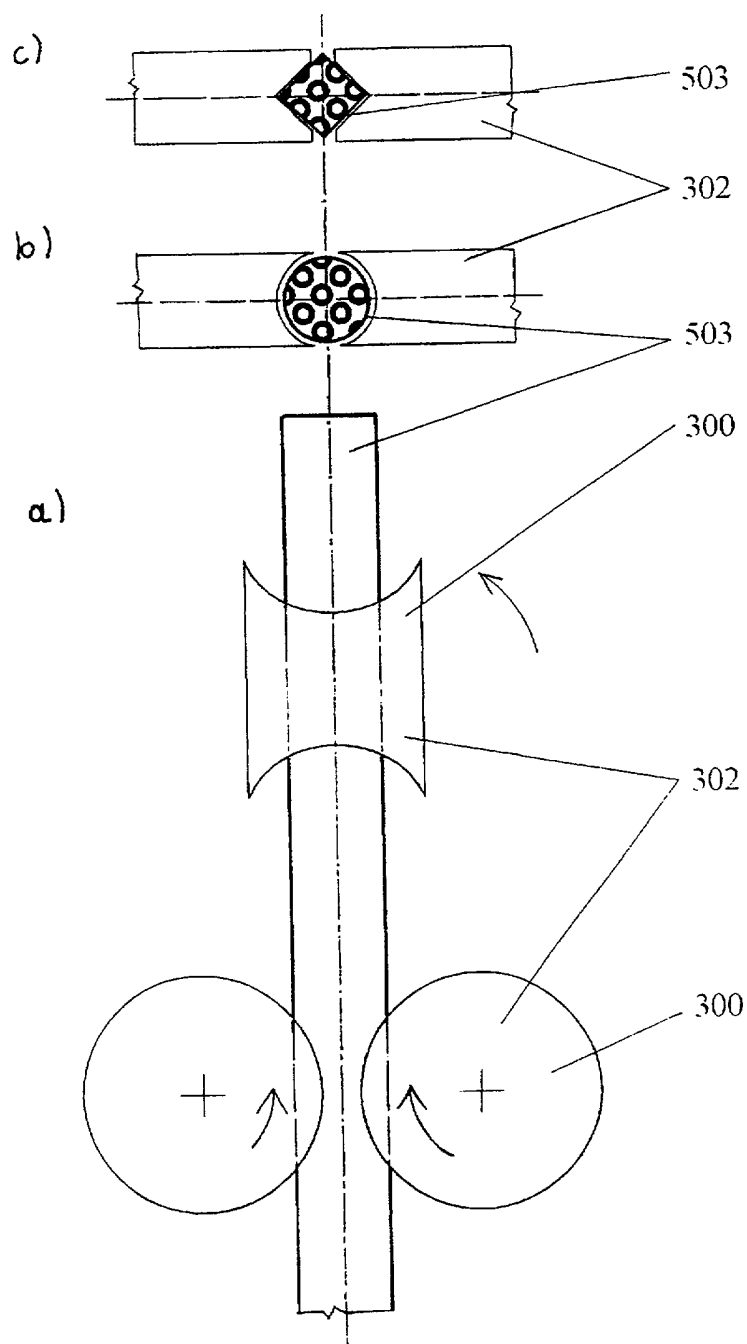


Fig. 3

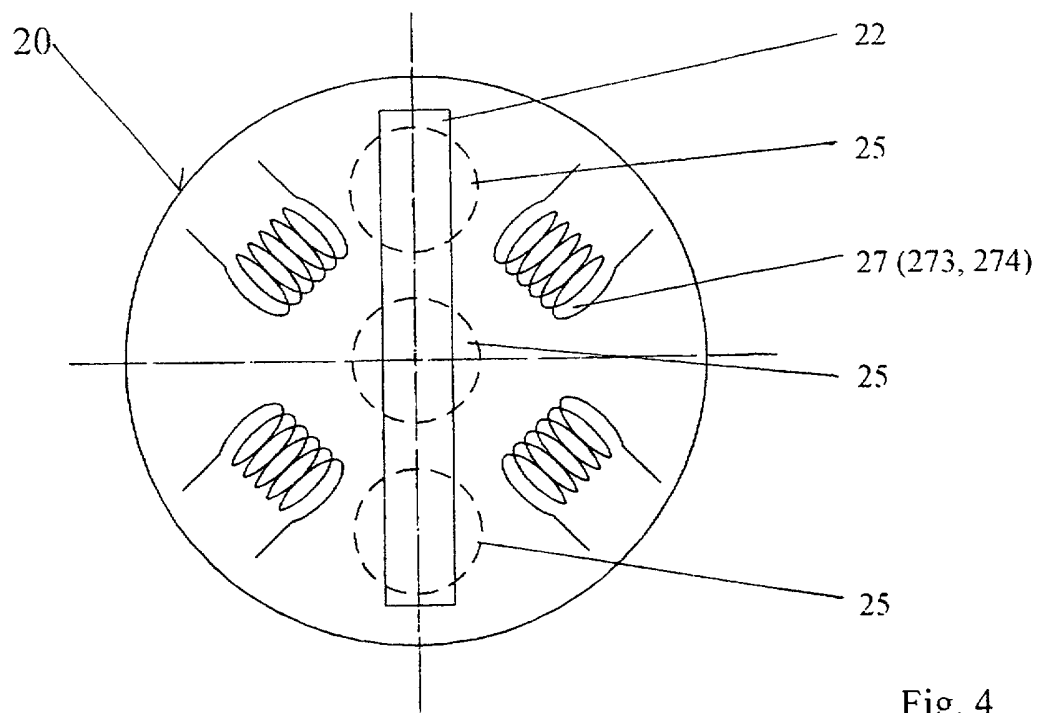


Fig. 4

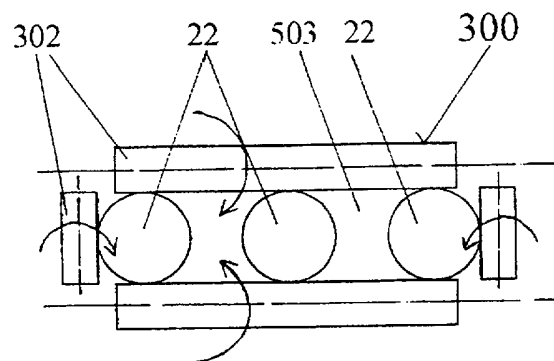


Fig. 5



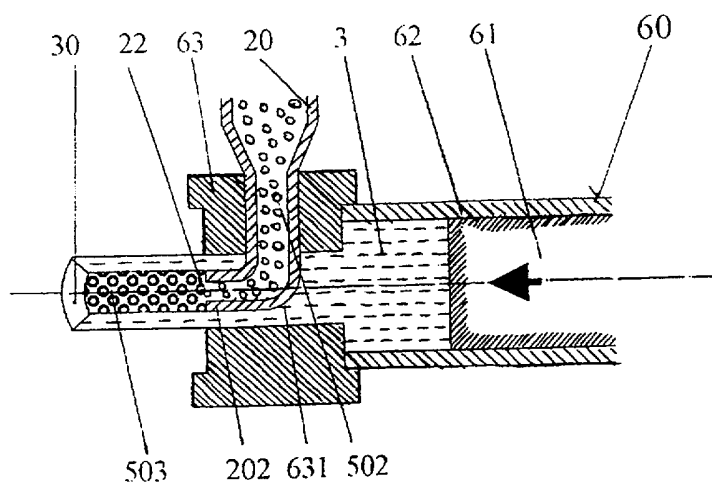


Fig. 6

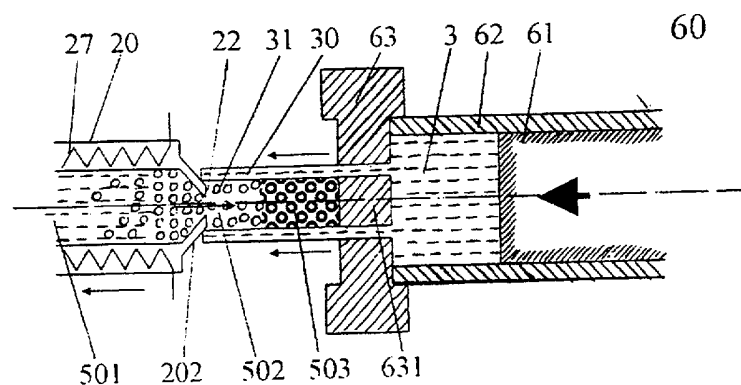


Fig. 7

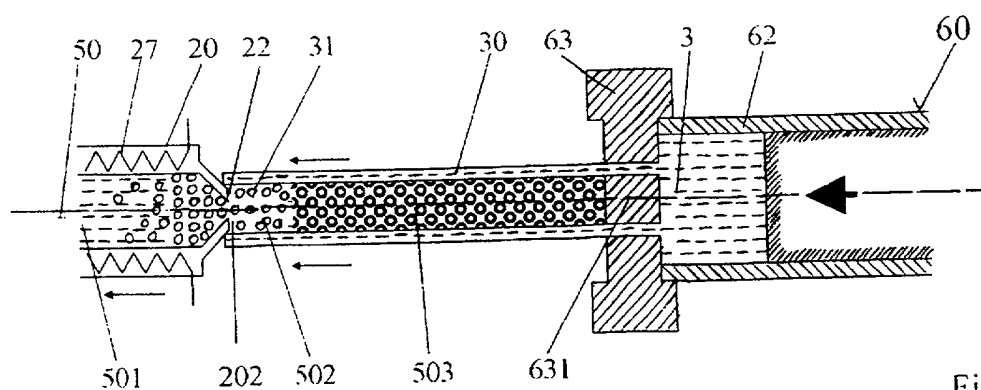


Fig. 8