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

(11) EP 1 000 690 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.09.2004 Patentblatt 2004/40

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

(21) Anmeldenummer: **99122624.2**

(22) Anmeldetag: **13.11.1999**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines aufschäumbaren Halbzeuges sowie Halbzeug**

Process for preparing a foamable semi-finished product

Procédé de préparation d'un produit semi-fini moussable ainsi que d un produit semi-fini

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

(30) Priorität: **13.11.1998 DE 19852277**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.05.2000 Patentblatt 2000/20

(73) Patentinhaber: **SCHUNK SINTERMETALLTECHNIK GMBH**
D-35452 Heuchelheim (DE)

(72) Erfinder:
- **Baumgärtner, Frank**
  35435 Wettenberg (DE)
- **Cohrt, Henri, Dr.**
  35444 Biebertal (DE)
- **Brungs, Dieter, Dr.**
  59872 Meschede (DE)
- **Gers, Horst**
  59872 Meschede (DE)

(74) Vertreter:
Stoffregen, Hans-Herbert, Dr. Dipl.-Phys.
Patentanwalt
Postfach 21 44
63411 Hanau (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 588 182
DE-C- 4 124 591
WO-A-93/25718
US-A- 5 564 064

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 000 690 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffs. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Halbzeug bestimmt für einen metallischen Verbundkörper, wobei das Halbzeug aus mindestens einem aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabspaltenden Treibmittelpulver hergestellten Pressling und mit diesem verbundener Deckschicht besteht.

[0002] Aus der DE 44 26 627 C2 ist ein metallischer Verbundwerkstoff bekannt. Dabei wird zunächst ein aufschäumbarer Kern durch Verdichten mittels Druck- und Temperatureinwirkung einer Mischung aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gas- abspaltenden Treibmittelpulver hergestellt. Der durch Verdichten der Mischung hergestellte Kern ist geschlossenporig ausgebildet, so dass bei gezielter Temperatureinwirkung ein Aufschäumen erfolgt. Zuvor wird jedoch nach erfolgter Oberflächenbehandlung sowohl des Kerns als auch einer mit diesem verbundenen Deckschicht ein eine Sandwich-Struktur aufweisendes Paket durch Kalt- oder Warmwalzen oder Diffusionsschweißen hergestellt,
wodurch eine innige Verbindung zwischen der Deckschicht und dem Kern hergestellt wird. Anschließend erfolgt durch Pressen, Biegen oder Tiefziehen eine Formgebung des entstandenen Verbundes, um sodann durch thermische Einwirkung den Kern aufzuschäumen.

[0003] Der DE 41 24 491 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung von aufschäumbaren Metallkörpern durch Walzen zu entnehmen. Dabei wird eine Pulvermischung aus mindestens einem treibmittelhaltigen Pulver und einem Metallpulver ohne äußere Temperaturerhöhung kalt gepresst. Dabei wird jedoch der Pressdruck so gewählt, dass die Treibmittelteilchen von den Metallpulverteilchen dicht umhüllt werden, damit diese bei einer anschließenden Vorerwärmung des Materials kein Gas freisetzen.

[0004] Auch nach der DE 41 01 630 C2 wird ein aufschäumbarer Kern eines metallischen Verbundwerkstoffes vorgeschlagen, wobei gasabspaltende Treibmittelteilchen zwischen Metallteilchen eingeschlossen werden, um zu verhindern, dass vorzeitig Treibgas aus dem verdichteten Kern austritt. Das Verdichten des Kerns erfolgt dabei durch Heißkompaktieren.

[0005] Der DE 196 12 781 C1 ist ein Bauteil aus metallischem Schaumwerkstoff zu entnehmen. Dabei wird zunächst ein auf Schaumbarer Pressling hergestellt, das durch Verdichten und Verfestigung einer Mischung aus Metallpulver und Treibmittel besteht. Anschließend wird der Pressling zumindest auf einer Seite mit einem massiv metallischen Blech versehen, um sodann im Verbund umzuformen und durch Wärmebehandlung das das Treibmittel enthaltene Metalpulver aufzuschäumen.

[0006] Der DE-Z.: Ingenieur Werkstoffe, Nr. 3 (1998) S. 42 - 45 ist ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus Aluminiumschäumen zu entnehmen, wobei zunächst eine Mischung aus Treibmittel, Aluminiumpulver und Zusätzen kaltisostatisch verpresst wird, um eine theoretische Dichte von in etwa 70 bis 80 % des Basiswerkstoffes zu erzielen. Sodann wird der so gewonnene Körper durch Strangpresstechnik umgeformt, um einen annähernd 100 % gasdichten, also geschlossenporigen Pressling herzustellen. Diesen wird sodann zum Beispiel mit Aluminium- oder Stahlblechen plattiert und anschließend aufgeschäumt, um ein gewünschtes Bauteil aus Aluminiumschaum zu erhalten.

[0007] Unabhängig von dem zum Einsatz gelangenden Herstellungsverfahren wird dabei nach dem Stand der Technik folglich ein an sich aufschäumbarer Körper, der durch Verdichten einer Mischung aus dem mindestens einen Meiallpulver und mindestens einen gasabspaltenden Treibmittelpulver eine geschlossene Porosität aufweist, plattiert, gegebenenfalls umgeformt und sodann aufgeschäumt.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren sowie ein Halbzeug der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass sich eine verfahrensmäßige Vereinfachung bei der Herstellung von metallischen Verbundwerkstoffen ergibt, wobei insbesondere die Möglichkeit geschaffen sein soll, Metallkörper nahezu beliebiger Abmessungen zur Verfügung zu stellen.

[0009] Erfindungsgemäß wird das Problem durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, das sich durch die Verfahrensschritte auszeichnet:

- Mischen zumindest eines Metallpulvers mit zumindest einem Gas abspaltenden Treibmittel,
- Pressen der so hergestellten Mischung zum Ausbilden eines offenporigen Presslings, der nicht aufschäumbar ist,
- Verbinden des offenporigen Presslings mit zumindest einer Deckschicht, wobei gleichzeitig oder anschließend der Pressling mit der Deckschicht zu einem geschlossenporigen aufschäumbaren Halbzeug verdichtet wird und
- Aufschäumen des so hergestellten Halbzeuges durch Wärmeeinwirkung.

[0010] Abweichend vom vorbekannten Stand der Technik wird als Pressling kein geschlossenporiger, sondern ein offenporiger Körper vorzugsweise mit einer theoretischen Dichte von 70 % bis 95 % benutzt, der insbesondere durch isostatisches Kaltpressen hergestellt wird. Hierdurch besteht nicht nur die Möglichkeit, auf sämtliche zur Verfügung stehenden Treibmittelpulver zurückzugreifen, da insbesondere beim Kaltpressen selbst die Gefahr des Abspaltens von Gasen minimiert wird, sondern es können Pressen wie Axialpressen etc. benutzt werden. Diese ermöglichen, großflächige, insbesondere plattenförmige Presslinge herzustellen, aus denen zur Herstellung von Halbzeugen Körper ge-

wünschter Geometrie ausgeschnitten werden können. Somit kann auf einfache Weise eine Bevorratung von weiterzuverarbeitenden Presslingen bzw. Körpern erfolgen, wobei aufgrund der Offenporigkeit gezielt eine temperaturabhängige durch Gasaustritt verursachte Geometrieveränderung der Presslinge ausgeschlossen oder nahezu ausgeschlossen ist.

[0011] Insbesondere ist jedoch von Vorteil, dass bei einer Weiterbearbeitung der Presslinge eine Oberflächenbehandlung nicht erforderlich ist; denn beim anschließenden Versehen mit einer Deckschicht wie Plattieren, insbesondere durch Walzen, werden auf Grund der beim Verformen auftretenden Scherkräfte die Oberfläche verändert und somit etwaige Oxidschichten aufgebrochen.

[0012] Ein Halbzeug bestimmt für einen metallischen Verbundkörper, wobei das Halbzeug aus mindestens einem aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabspaltenden Treibmittelpulver hergestellten Pressling und mit diesem verbundener Deckschicht besteht, zeichnet sich dadurch aus, dass der Pressling offenporig ist.

[0013] Als Treibmittelpulver in der Mischung kommen übliche Treibmittel in Frage wie Metallhydride wie z. B. Titanhydrid oder Carbonate wie z. B. Calciumcarbonat, Kaliumcarbonat, Natriumcarbonat, Natriumbicarbonat oder Hydrate wie z. B. Aluminiumsulfathydrat, Alaun, Aluminiumhydroxid oder leichtverdampfende Stoffe wie z. B. Quecksilberverbindungen oder pulverisierte organische Substanzen.

[0014] Als Metallpulver kommen insbesondere Aluminiumpulver, Aluminiumpulver mit Siund/oder Cu, Si-Pulver oder jegliche verdüste Aluminium-Basislegierungen in Frage. Hierdurch erfolgt jedoch eine Beschränkung der Erfindung nicht.

[0015] Als Deckschicht kommen solche Metalle in Frage, die z.B. auch Bestandteil der Mischung sind oder Deckschichten aus Aluminium oder Stahl.

[0016] Anhand des nachfolgenden Beispiels ergeben sich weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0017] Eine Pulvermischung aus Aluminiumpulver und 12 Gew.-% Siliziumpulver und 0,8 Gew.% Titanhydridpulver wird durch kaltisostatisches Pressen zu Pressbarren (Presslinge) mit quaderförmigen Abmessungen abgepresst. Dieser vorkompaktierte offenporige Barren wird sodann zwischen zwei entlang von Druckwalzen geführte Blechstreifen aus Aluminium eingeführt, wobei die Druckwalzen einen Druck über die Blechstreifen auf die vorkompaktierte Pulvermischung ausüben. Die Temperatur beim Walzen beträgt 400 °C.

[0018] Der so hergestellte Verbund mit einer Gesamtdicke von 4,2 mm wurde in einem vorgeheizten Ofen aufgeschäumt. Die Dicke des in dieser Weise hergestellten Sandwichbleches auf Aluminiumbasis lag nach dem Schäumvorgang bei ca. 16 mm.

[0019] Die Erfindung wird nachstehend anhand von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0020] Es zeigen:

Fig. 1 ein Fließbild zur Veranschaulichung eines Verfahrensablaufs,

Fig. 2 eine erste Ausführungsform eines Halbzeuges zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffs und

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform von Halbzeugen zur Herstellung von metallischen Verbundwerkstoffen.

[0021] Ein zur Herstellung eines metallischen Verbundkörpers erfolgender Verfahrensablauf ist der Fig. 1 zu entnehmen.

[0022] In einem ersten Verfahrensschritt 10 wird Metallpulver wie Aluminiumpulver mit Titanhydridpulver als Treibmittelpulver vermischt, wobei der Anteil des Titanhydridpulvers in etwa 0,8 Gew.-% beträgt.

[0023] Sodann wird in einem Verfahrensschritt 12 ein offenporiger Pressling hergestellt. Dabei wird durch isostatisches oder axiales Pressen ein barren-, quader- oder plattenförmiger Körper hergestellt. Anschließend kann aus dem Pressling ein Körper gewünschter Geometrie ausgeschnitten werden oder der Pressling selbst kann benutzt werden, wobei der offenporige Pressling bzw. der offenporige körper zu einem Verbund durch Auflegen einer oder mehrerer Deckschichten oder Einfügen in einem Rahmen hergestellt werden kann, um den Verbund sodann als Einheit durch Walzen einerseits innig zu verbinden und andererseits den verbundous Pressling und Deckschicht, der als Halbzeug zu bezeichen ist, derart umzuformen, dass die Treibmittelteilchen zwischen dem Metallteilchen eingeschlossen werden (Verfahrensschritt 16). In gewohnter Weise kann dann der Verbund durch z. B. Pressen, Biegen oder Tiefziehen eine gewünschte Form erhalten (Verfahrensschritt 18). Schließlich wird der so hergestellte Verbund in einem Verfahrensschritt 20 durch ein thermisches Verfahren erwärmt, wobei die Temperaturführung so gewählt ist, dass ein Aufschäumen des Halbzeuges ausgelöst wird, ohne dass jedoch die Schmelztemperatur der Deckschicht bzw. des Rahmens erreicht wird.

[0024] In Fig. 2 ist ein offenporiger 22 dargestellt, der Pressling umfangsseitig von einem Rahmen 24 und boden- und kopfseitig von Platten 26, 28 umschlossen ist. Die Boden- und Kopfplatte 26, 28 sind z. B. durch Kleben, Schweißen oder mechanisches Fügen mit dem Rahmen 24 verbunden, um bei dem anschließenden Walzvorgang entsprechend dem Verfahrensschritt 16 sicherzustellen, dass die den Pressling 22 umgebenden Platten 26, 28 bzw. der Rahmen 24 nicht zueinander verschoben werden können. Sowohl der Rahmen als auch die Platten 26, 28 können dabei aus Metall wie insbesondere Aluminium oder Stahl bestehen.

[0025] Die Verwendung des Rahmens 24 ist von Vorteil, da der Pressling 22 recht spröde sein kann, so dass bei dem Verfahrensschritt Walzen, bei dem der Pressling 22 zu einem aufschäumbaren und damit geschlossenporigen Kern verdichtet wird, der Pressling 22 nicht zerbricht.

[0026] In Fig. 3 ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffes dargestellt. Dabei werden Presslinge 30, 32, 34, 36 zwischen Boden- und Kopfblechen 38, 40 angeordnet, die zueinander ausgerichtete Falze oder Erhebungen 42, 44, 46, 48, 50, 52 aufweisen, wodurch eine Kammerung erfolgt, die sicherstellt, dass beim anschließenden Walzen eine eindeutige Fixierung der Presslinge 30, 32, 34, 36 bei gleichzeitigem Vermeiden eines Zerbrechens dieser gewährleistet ist. In diesem Fall ist es allerdings erforderlich, dass die Walze im Bereich der freien Stirnflächen der Halbzeuge 30, 32, 34, 36 Bunde aufweist, um ein seitliches Ausbrechen der Presslinge 30, 32, 34, 36 auszuschließen.

[0027] Die Presslinge 22, 30, 32, 34, 36 selbst weisen vorzugsweise eine theoretische Dichte von 70 % bis 90 % auf, wodurch die gewünschte Offenporigkeit gewährleistet ist. Eine Behandlung der Presslinge 22, 30, 32, 34, 36 vor dem Verbinden bzw. Plattieren mit den Blechen 26, 28, 38, 40 bzw. dem Rahmen 24 ist nicht erforderlich, da bei dem Verbindungsschritt "Walzen" auf Grund der auftretenden Scherkräfte eine Oberflächenveränderung derart erfolgt, dass vorhandene Oxidschichten aufbrechen.

[0028] Um die für 22, 30, 32, 34, 36 benötigten Grundkörper, aus denen die Presslinge 22, 30, 32, 34, 36 geschnitten wie gesägt werden können, herzustellen, kann erfindungsgemäß ein kaltisostatisches Pressen erfolgen. Hierzu wird - wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist - ein Durchbrechungen aufweisender Stützkörper mit einem Hohlraum benutzt, in den eine gummielastische Form eingelegt wird, die ihrerseits mit der Mischung aus dem zumindest einen metallischen Pulver und dem zumindest einen gasabspaltenden Treibmittelpulver gefüllt wird. Sodann wird die gummielostische form verschlossen. Der Innenraum der gummielostischen form wird abgesaugt, um beim anschließenden kaltisostatischem. Pressen Gase nicht komprimieren zu müssen. Sodann wird der Stützkörper mit der gummielostischen form und der in dieser vorhandenen Pulvermischung einem hydrostatischen Druck von ca. 2 x 10^8 Pa ausgesetzt. Hierzu wird der Stützkörper in ein entsprechendes mit Wasser gefülltes Behältnis eingebracht. Zu dem kaltisostatischen Pressen ist noch anzumerken, dass der Grundkörper bei Raumtemperatur hergestellt wird.

[0029] Zur Herstellung von Platten kann ein axiales Pressen erfolgen, wobei gegebenenfalls Temperaturen bis 250° C auftreten können, wobei der Pressling eine theoretische Dichte zwischen 70 % und 95 % erfährt.

[0030] Entsprechende Verbundkörper können als Leichtbaustrukturen für den Automobilbereich oder in der allgemeinen Verkehrstechnik zur Anwendung gelangen. Auch eine Beplankung von Gegenständen mit entsprechenden Verbundkörpern ist denkbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffes,
   gekennzeichnet durch
   die Verfahrensschritte:

   - Mischen zumindest eines Metallpulvers mit zumindest einem Gas abspaltenden Treibmittel; pulver
   - Pressen der so hergestellten Mischung zum Ausbilden eines offenporigen Presslings, der nicht aufschäumbar ist,
   - Verbinden des offenporigen Presslings mit zumindest einer Deckschicht, wobei gleichzeitig oder anschließend der Pressling mit der Deckschicht zu einem geschlossenporigen aufschäumbaren Halbzeug verdichtet wird und
   - Aufschäumen des so hergestellten Halbzeuges **durch** Wärmeeinwirkung ohne dass die Deckschicht schmilzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Mischung durch isostatisches und/oder axiales Pressen, insbesondere durch Kaltpressen zu einem barren-, quader- oder plattenförmigen Pressling geformt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass das Halbzeug einer Formgebung durch Pressen, Biegen oder Tiefziehen unterzogen wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Mischung zur Ausbildung des offenporigen Presslings einem Druck von 10^7 Pa bis $2 \cdot 10^8$ Pa, insbesondere $3 \cdot 10^7$ bis $12 \cdot 10^7$ Pa ausgesetzt wird.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Mischung während des Ausbildens des offenporigen Presslings bei einem kaltisostatischem Pressvorgang Raumtemperatur ausgesetzt wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Mischung während des Ausbildens des of-

fenporigen Presslings bei einem axialen Pressen einer Temperatur von bis 250 °C ausgesetzt wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Pressling eine Dichte aufweist, die 70 % bis 95 % der theoretischen Dichte der Mischung aus dem mindestens einen Metallpulver und dem mindestens einen gasabspaltenden Treibmittelpulver entspricht.

8. Halbzeug bestimmt für einen metallischen Verbundkörper, wobei das Halbzeug aus mindestens einem aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabspaltenden Treibmittelpulver hergestellten Pressling (22, 30, 32, 34) und mit diesem verbundener Deckschicht (26, 28) besteht,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Pressling (22, 30, 32, 34, 36) offenporig ist.

9. Halbzeug nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Pressling (22) während des Verdichtens zu einem geschlossenporigen aufschäumbaren Kern umfangsseitig von einem Rahmen (24) und/oder unter- und oberseitig von Platten (26, 28) umgeben ist, der bzw. die aus Metall bestehen.

10. Halbzeug nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere aufeinanderfolgende Presslinge (30, 32, 34, 36) auf ihren gegenüberliegenden Seiten von Blechen (38, 40) als Deckschichten abgedeckt sind, wobei unmittelbar aufeinanderfolgende Presslinge gegeneinander über von den Blechen (38, 40) ausgehende und aufeinanderzugerichtete Vorsprünge wie Falze (42, 44, 46, 48, 50, 52) beabstandet sind.

Claims

1. Method for manufacturing a metallic composite material,
characterized by
the method steps

- mixing of at least one metal powder with at least one gas-separating propellant powder,
- pressing of the mixture thus manufactured to form an open-pored pressing that cannot be foamed,
- connection of the open-pored pressing to at least one cover layer, where the pressing is compacted simultaneously or subsequently with the cover layer to form a closed-pored, foamable semi-finished element, and
- foaming of the semi-finished element thus manufactured using heat effect without the cover layer melting.

2. Method according to Claim 1,
wherein
the mixture is formed by isostatic and/or axial pressing, in particular by cold pressing, into a bar-shaped, block-shaped or slab-shaped pressing.

3. Method according to Claim 1 or 2,
wherein
the semi-finished element undergoes shaping by pressing, bending or deep-drawing.

4. Method according to at least one of the previous claims,
wherein
the mixture is subjected to a pressure of 10^7 Pa to $2 \cdot 10^8$ Pa, in particular $3 \cdot 10^7$ to $12 \cdot 10^7$ Pa, in order to form the open-pored pressing.

5. Method according to at least one of the previous claims,
wherein
the mixture is subjected to room temperature during formation of the open-pored pressing in a cold-isostatic pressing operation.

6. Method according to at least one of the previous claims,
wherein
the mixture is subjected to a temperature of up to 250°C during formation of the open-pored pressing in an axial pressing operation.

7. Method according to at least one of the previous claims,
wherein
the pressing has a density corresponding to 70% to 95% of the theoretical density of the mixture of the at least one metal powder and of the at least one gas-separating propellant powder.

8. Semi-finished element intended for a metallic composite element, where said semi-finished element comprises at least one pressing (22, 30, 32, 34) manufactured from at least one metal powder and at least one gas-separating propellant powder and a cover layer (26, 28) connected thereto,
wherein
the pressing (22, 30, 32, 34, 36) is open-pored.

9. Semi-finished element according to Claim 8,
wherein
during compression into a closed-pored foamable core the pressing (22) is surrounded on its circum-

ference by a frame (24) and/or by plates (26, 28) on the top and bottom, said frame/plates comprising metal.

10. Semi-finished element according to Claim 8, **wherein**
several consecutive pressings (30, 32, 34, 36) are covered on their opposite sides by plates (38, 40) as cover layers, where immediately consecutive pressings are spaced from one another by projections such as folds (42, 44, 46, 48, 50, 52) extending from the plates (38, 40) and facing one another.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un matériau composite métallique,
caractérisé par
les étapes :

- mélange d'au moins une poudre métallique avec au moins un agent propulseur poudreux éliminant les gaz,
- moulage par pression du mélange ainsi obtenu pour former une pièce moulée à pores ouverts qui ne peut être moussée,
- combinaison de la pièce moulée à pores ouverts avec au moins une couche de protection, sachant que simultanément ou par la suite la pièce moulée avec la couche de protection est comprimée pour former un demi-produit à pores fermés pouvant être moussé, et
- moussage du demi-produit ainsi obtenu sous l'effet de la chaleur sans que la couche de protection ne fonde.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le mélange est moulé par des presses isostatiques et/ou axiales, notamment par pressage à froid, pour former une pièce moulée en forme de barre, de parallélépipède ou de plaque.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
le demi-produit est soumis à un façonnage par pressage, cintrage ou emboutissage.

4. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le mélange destiné à former la pièce moulée à pores ouverts est exposé à une pression de 10^7 Pa à 2.10^8 Pa, en particulier de 3.10^7 à 12.10^7 Pa.

5. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que,
pendant la formation de la pièce moulée à pores ouverts par un pressage isostatique à froid, le mélange est exposé à la température ambiante.

6. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que,
pendant la formation de la pièce moulée à pores ouverts par un pressage axial, le mélange est exposé une température pouvant atteindre 250 °C.

7. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la pièce moulée présente une masse volumique se situant entre 70 % et 95 % de la masse volumique théorique du mélange constitué d'au moins une poudre métallique et d'au moins un agent propulseur poudreux éliminant les gaz.

8. Demi-produit destiné à un corps métallique composite, constitué d'au moins une pièce moulée (22, 30, 32, 34) fabriquée à partir d'au moins une poudre métallique et d'au moins un agent propulseur poudreux éliminant les gaz, et d'une couche de protection (26, 28) combinée avec elle,
caractérisé en ce que
la pièce moulée (22, 30, 32, 34, 36) a des pores ouverts.

9. Demi-produit selon la revendication 8,
caractérisé en ce que,
pendant le pressage destiné à former une âme à pores fermés et pouvant être moussée, la pièce moulée (22) est entourée sur sa circonférence par un cadre (24) et/ou sur ses faces inférieure et supérieure par des plaques (26, 28), ces derniers éléments étant constitués de métal

10. Demi-produit selon la revendication 8,
caractérisé en ce que
plusieurs pièces moulées successives (30, 32, 34, 36) sont recouvertes sur leurs faces opposées par des tôles (38, 40) faisant office de couches de protection, sachant que deux pièces moulées consécutives sont séparées l'une de l'autre par des nervures telles que des feuillures (42, 44, 46, 48, 50, 52) conjuguées et issues des tôles (38, 40).

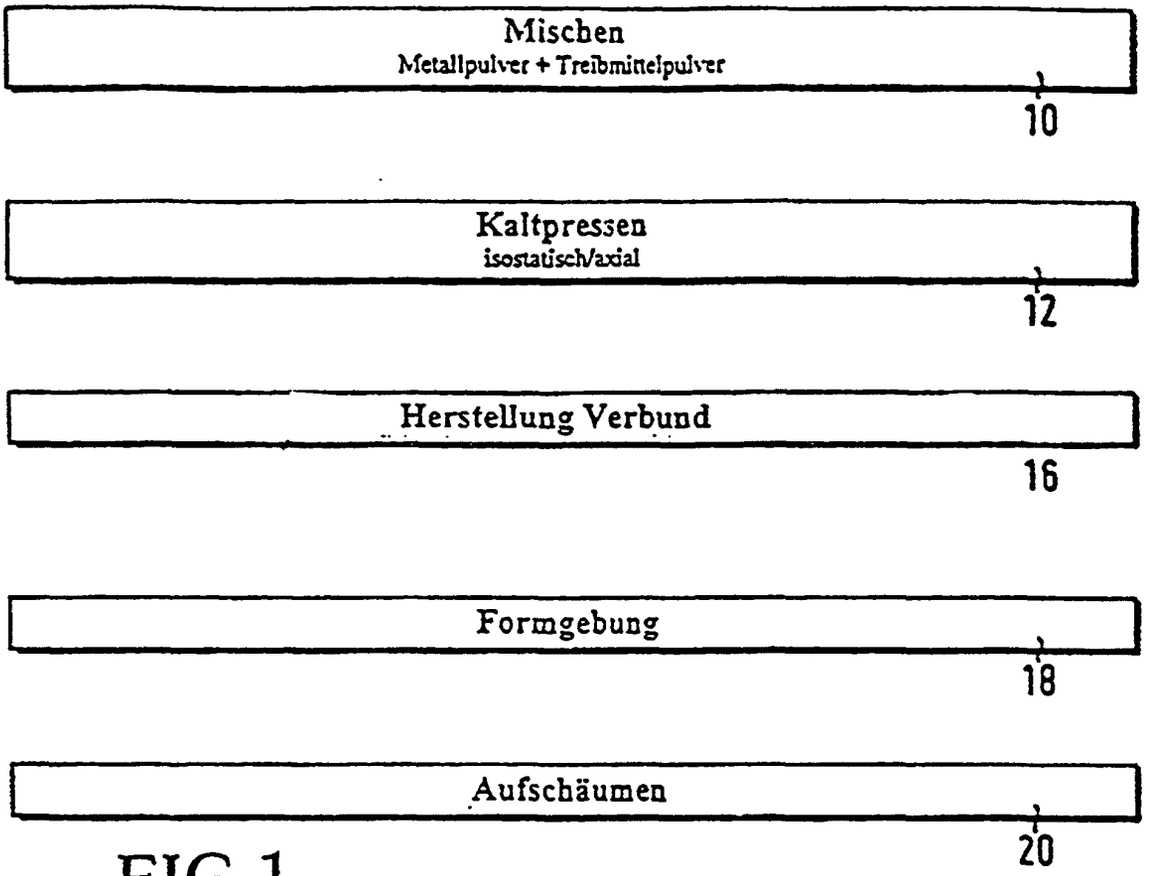


FIG.1

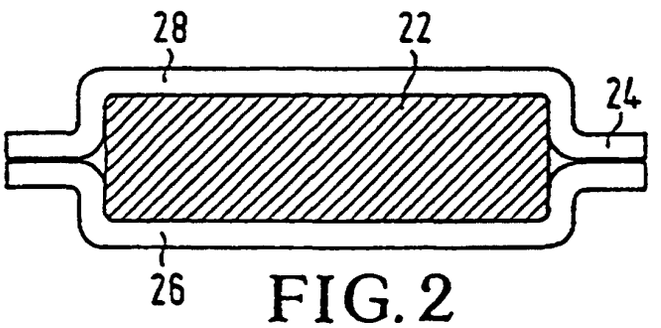


FIG.2

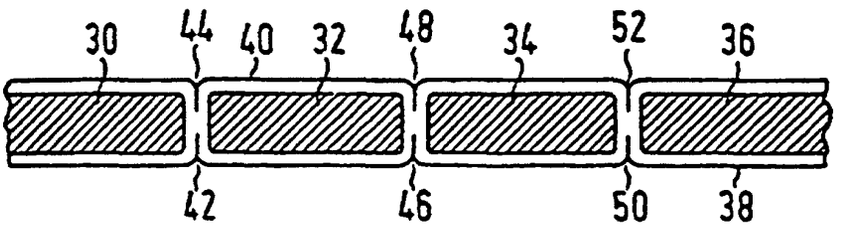


FIG.3