



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 997 215 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.09.2003 Patentblatt 2003/36

(51) Int Cl.7: **B22F 3/11, B22F 7/04**

(21) Anmeldenummer: **99121390.1**

(22) Anmeldetag: **27.10.1999**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffs mit geschäumtem Kern**

Process for manufacturing metallic composite material with foamed core

Procédé pour la fabrication d'un matériau composite contenant un noyau expansé

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

(30) Priorität: **28.10.1998 DE 19849600**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.05.2000 Patentblatt 2000/18

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

(72) Erfinder:
• **Baumgärtner, Frank
35435 Wettenberg (DE)**

- **Cohrt, Henri, Dr.
3544 Wettenberg (DE)**
- **Brungs, Dieter, Dr.
59872 Meschede (DE)**
- **Gers, Horst
59872 Meschede (DE)**

(74) Vertreter:
**Stoffregen, Hans-Herbert, Dr. Dipl.-Phys.
Patentanwalt,
Friedrich-Ebert-Anlage 11b
63411 Hanau (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-C- 4 124 591 FR-A- 1 347 062
US-A- 5 564 064**

EP 0 997 215 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Verbundwerkstoffes umfassend Deckschichten aus massivem Material sowie einem zwischen diesen befindlichen aufschäumbaren Kern bestehend aus einer Mischung mindestens eines Metallpulvers und mindestens eines gasabsplattendes Treibmittelpulvers, wobei aus den Deckschichten und der Mischung ein Verbund hergestellt wird, der nach gegebenenfalls einer Formgebung thermisch derart behandelt wird, dass ein Aufschäumen des Kernes erfolgt.

[0002] Ein entsprechendes Verfahren ist der DE 44 26 627 C2 zu entnehmen. Dabei wird zunächst der aufschäumbare Kern durch Verdichten mittels Druck- und Temperatureinwirkung der Mischung aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabsplattendes Treibmittelpulver hergestellt. Sodann erfolgt eine Oberflächenbehandlung sowohl des Kernes als auch der Deckschichten, die von einem Coil abgewinkelte Blechzuschnitte sein können. Danach wird der als Halbzeug zu bezeichnende aufschäumbare Kern zwischen die Deckschichten angeordnet, um durch Kalt- oder Warmwalzen oder Diffusionsschweißen des so gebildeten Paketes eine innige Verbindung zwischen den Deckschichten und dem Kern herzustellen. Anschließend erfolgt durch Pressen, Biegen oder Tiefziehen eine Formgebung des entstandenen Verbundes. Schließlich wird der so hergestellte Verbund durch thermisches Verfahren derart erwärmt, dass ein Aufschäumen des Kernes ausgelöst wird, ohne dass es zu einem Schmelzen der Deckschichten führt.

[0003] Um einen entsprechenden Verbundwerkstoff herzustellen, sind folglich eine Vielzahl von Verfahrensschritten erforderlich, wobei insbesondere die Oberflächenbehandlung des Kernes und der Deckschichten zwingend notwendig ist, da andernfalls die erforderliche Verbindung aufgrund von vorhandenen Oxidschichten nicht möglich ist.

[0004] Die DE 41 24 591 C1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung aufschäumbarer Metallkörper durch Walzen, wobei die erforderliche Pulvermischung in ein Metallhohlprofil gefüllt und gewalzt wird. Zur Herstellung unterschiedlicher Formen sind demzufolge unterschiedliche Metallhohlprofile erforderlich. Sofern die Metallhohlprofile geringe Querschnitte aufweisen, bereitet es Probleme, die Pulvermischung in der erforderlichen Dichte einzubringen.

[0005] Um aus einem Metallpulver und mindestens einem gasabsplattendes Treibmittel ein Halbzeug herzustellen, wird nach der DE 41 01 630 C2 ein Heißkompaktieren vorgeschlagen. Dabei besteht die Möglichkeit, einen gasabsplattendes Treibmittelpulver enthaltenden Kern außenseitig mit treibmittelfreiem Metallpulver zu versehen, um durch Heißkompaktieren einen Pressling herzustellen, der gegebenenfalls umgeformt werden kann, bevor durch gezielte thermische Behandlung ein Aufschäumen des Kernes erfolgt.

[0006] Aus der DE 196 12 781 C1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus metallischem Schaumwerkstoff bekannt. Dabei wird zunächst ein Halbzeug hergestellt, das durch Verdichten und Verfestigung einer Mischung aus Metallpulver und Treibmittel besteht. Sodann kann das Halbzeug zumindest auf einer Seite mit einem massivmetallischem Blech versehen werden, um anschließend im Verbund umzuformen und durch Wärmebehandlung das das Treibmittel enthaltende Metallpulver aufzuschäumen.

[0007] Unabhängig von den zum Einsatz gelangenden Herstellungsverfahren wird grundsätzlich ein an sich aufschäumbarer Körper, also ein solcher mit geschlossener Porosität benutzt, der sodann plattiert wird.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren der zuvor beschriebenen Art so weiterzubilden, dass sich eine verfahrensmäßige Vereinfachung bei der Herstellung von aufschäumbaren Metallkörpern ergibt, wobei sichergestellt sein soll, dass die das Treibmittelpulver enthaltende Mischung zur Herstellung des aufschäumbaren Kernes in erforderlichem Umfang verdichtet ist.

[0009] Erfindungsgemäß wird das Problem dadurch gelöst, dass in einem gemeinsamen Verfahrensschritt durch Druckeinwirkung die Deckschichten zusammen mit der Mischung zu dem Verbund ausgebildet werden, wobei die Deckschichten zueinander beabstandet durch die Druckeinrichtung geführt werden, zwischen die zueinander beabstandet geführten Deckschichten die Mischung eingefüllt wird und diese zusammen mit den Deckschichten in der Druckeinrichtung verbunden werden. Dabei wird insbesondere die Mischung oxidationsgeschützt der Druckeinrichtung zugeführt. Insbesondere wird die Mischung in Schutzgasatmosphäre wie N₂-Atmosphäre zwischen die Deckschichten eingeführt bzw. eingefüllt.

[0010] In Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Mischung zusammen mit den Deckschichten in der Druckeinrichtung durch Kalt- oder Warmwalzen zu dem Verbund verbunden werden.

[0011] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Verbundwerkstoffen vorgeschlagen, bei dem nicht zunächst allein der geschlossensorige Kern hergestellt werden muss, um diesen nach einer Oberflächenbehandlung mit den ebenfalls kernseitig zu behandelnden Oberflächen der Deckschichten zu verbinden. Vielmehr wird in einem einzigen bzw. gleichzeitig ablaufenden Verfahrensschritt die für sich nicht aufschäumbare Mischung mit den Deckschichten verpresst, um einen Verbund zur Verfügung zu stellen, der anschließend in gewohnter Weise einer Formgebung z. B. durch Pressen, Biegen oder Tiefziehen unterzogen werden kann, um sodann den so hergestellten Verbund derart zu erwärmen, dass ein Aufschäumen des Kernes erfolgt, ohne dass jedoch die Schmelztemperatur der Deckschichten erreicht wird. Dabei ist eine hohe Variabilität in Bezug auf die Dimensionierung des Verbundes gegeben, da der Abstand

zwischen den Deckschichten problemlos eingestellt werden kann, wodurch wiederum die Dichte des Verbundes vorgegeben wird.

[0012] Die Herstellung des geschlossenporigen Kerns und das Versehen mit einer Deckschicht erfolgt demnach in einem gleichzeitigen oder nahezu gleichzeitigen Verfahrensschritt.

[0013] Insbesondere ist vorgesehen, dass als jeweilige Deckschicht ein von einem Wickel abgezogenes Blechmaterial benutzt wird, wobei die Blechmaterialien derart der Druckeinrichtung zugeführt werden, dass sich ein Einfülltrichter für das Pulver ergibt. Dabei kann die Druckeinrichtung ein Walzgerüst mit einer Vielzahl nacheinander auf den Verbund Pulyer/Kern/Deckschicht einwirkenden Walzen umfassen.

[0014] Um eine gleichmäßige Dichte des aufschäumbaren Kerns sicherzustellen, sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, dass das Pulver während des Zuführens in die Druckeinrichtung oder unmittelbar zuvor verdichtet wird. Hierzu kann das Pulver kontinuierlich oder diskontinuierlich der Druckeinrichtung zugeführt werden, wobei ein Vorverdichten mittels Schnecken, Stempeln oder gleichwirkender insbesondere mechanischer Einrichtungen erfolgen kann.

[0015] Dadurch, dass die Mischung gegebenenfalls oxidationsgeschützt der Druckeinrichtung zugeführt wird, ist sichergestellt, dass sich keine Oxidschichten ausbilden können, die die erforderliche Verbindung zwischen den Deckschichten und der Mischung verhindern. Gegebenenfalls kann das vorzugsweise von einem Coil abgezogene Deckschichtmaterial während des Zuführens in die Druckeinrichtung an der Oberfläche behandelt werden, z. B. durch Bürsten, Ätzen oder andere geeignete chemische oder mechanische Verfahren, sofern nicht sichergestellt sein sollte, dass das Coilmaterial selbst mischungsseitig nicht oxidiert ist bzw. keine Verunreinigungen oder Fehler aufweist, die einen über die gesamte Fläche zu erzielenden Materialverbund negativ beeinflussen würden.

[0016] 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.

[0017] Als Metallpulver kommen insbesondere Aluminiumpulver, Mischungen aus Kupfer- und Aluminiumpulver oder AlMg1-Pulver, AlMg2-Pulver oder Bronzepulver in Frage. Auch ist Reinaluminiumpulver, Elementpulver oder Legierungspulver zu erwähnen. Als typische Legierungselemente sind zu nennen: Si, Mg, Cu, Mn, Li, etc. Hierdurch erfolgt jedoch eine Beschränkung der Erfindung nicht.

[0018] Als Deckschicht können solche Metalle verwendet werden, die auch Bestandteil der Mischung sind, aber auch deutlich höher schmelzende Werkstoff-

fe, beispielsweise Stahlbleche, die gegebenenfalls galvanisch (z. B. aluminisiert) behandelt werden, um einen verbesserten metallischen Verbund herzustellen.

[0019] Zu erwähnen ist insbesondere, dass auch die Möglichkeit besteht, Stahlbleche zu verwenden, vorzugsweise aluminisierte Deckbleche (einseitig aluminisiert, um somit ein besseres Plattierverhalten und einen idealen stoffschlüssigen Verbund zu erzielen).

[0020] Den Unteransprüchen sowie den nachfolgenden Beispielen sind Weiterbildungen der Erfindung zu entnehmen. Aus den Beispielen selbst ergeben sich weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15 Beispiel 1

[0021] Eine Pulvermischung aus Aluminiumpulver und 12 Gew.-% Siliziumpulver und 0,8 Gew.-% Titanhydridpulver wird zwischen zwei entlang von Druckwalzen geführte Blechstreifen aus Aluminium eingefüllt, wobei die Druckwalzen einen Druck über die Blechstreifen auf die Pulvermischung ausüben. Die Temperatur beim Walzen beträgt etwa 300 °C bis 400 °C. Der so hergestellte Verbund mit einer Gesamtdicke von 4 mm wurde in einem auf ideale Schaumtemperatur vorgeheizten Ofen aufgeschäumt. Die Dicke des in dieser Weise hergestellten Sandwichbleches auf Aluminiumbasis lag nach dem Schäumvorgang bei ca. 10 mm.

30 Beispiel 2

[0022] Eine Pulvermischung aus Rein-Aluminiumpulver und 0,8 Gew.-% Titanhydrid wurde zwischen durch eine Walzeinrichtung geführte aluminisierte Stahlblechstreifen eingebracht und mittels Druckeinwirkung zwischen den Stahlblechen verdichtet, wobei durch erhöhte Prozesstemperaturen ein metallischer Verbund zwischen den Schichten hergestellt werden konnte. Der so hergestellte Verbund mit einer Gesamtdicke von 4,8 mm wurde in einem auf ideale Schäumtemperatur vorgeheizten Ofen aufgeschäumt. Die Dicke des in dieser Weise hergestellten Sandwichbleches auf Aluminiumbasis lag nach dem Schäumvorgang bei ca. 12,5 mm.

45 Beispiel 3

[0023] Eine Pulvermischung aus Aluminiumpulver und 12 Gew.-% Siliziumpulver und 0,8 Gew.-% Titanhydridpulver wird zwischen zwei entlang von Druckwalzen geführte Blechstreifen aus Aluminium gefüllt, wobei die Druckwalzen einen Druck über die Blechstreifen auf die Pulvermischung ausüben. Die Temperatur beim Walzen beträgt 300 °C bis 400 °C. Nach einer durch Tiefziehen erfolgten Formgebung wurde der ebene Verbund in eine räumlich gekrümmte Struktur umgeformt und anschließend einer idealen Schäumtemperatur ausgesetzt, um den Kern aufzuschäumen. Es ergibt sich ein geschäumtes Endprodukt mit einer Stärke von ca. 14 mm ausge-

hend von einer Halbzeugdicke, die bei 4,0 mm lag.

[0024] Eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu nutzende Vorrichtung ist rein prinzipiell der einzigen Figur zu entnehmen, die weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung vermittelt.

[0025] Um einen eine Sandwichstruktur aufweisenden platten- oder streifenförmigen Verbund 10 bestehend aus einem Kern 12 und diesen auf gegenüberliegenden Seiten abdeckenden Deckschichten 14, 16 herzustellen, wird eine Druckeinrichtung 18 mit Walzen 20, 22 benutzt, zwischen denen einerseits von nicht dargestellten Coils abgezogene die Deckschichten 14, 16 bildende Blechstreifen 24, 26 und andererseits eine Pulvermischung 28 verpresst werden, um den Verbund 10 herzustellen.

[0026] Als Streifenmaterial wird vorzugsweise solches aus Aluminium, hochschmelzenden Aluminiumlegierungen oder anderen Metallen, vorzugsweise Stahlblechen, gegebenenfalls aluminisiert, benutzt. Das Pulver 28 selbst besteht aus einer Mischung aus einem Metallpulver vorzugsweise in Form von Aluminium und einem gasabspaltenden Treibmittelpulver wie z. B. Titanhydrid oder Calciumcarbonat. Dabei beträgt der Gewichtsanteil des Treibmittelpulvers vorzugsweise 0,2 bis 1 Gew.% des Pulvers 28 selbst. Das Pulver 28 kann in Schutzgasatmosphäre wie N_2 dem Zwischenraum zwischen den Blechstreifen 24, 26 zugeführt werden. Dabei kann das Pulver 28 einem Silo entnommen werden, in dem das Pulver 28 oxidationsgeschützt ist.

[0027] Durch den von den Walzen 20, 22 applizierten Druck auf die Blechstreifen 24, 26 und des zwischen diesen vorhandenen Pulvers 28 ergibt sich der Verbund 10, wobei durch anschließende Wärmebehandlung der aus dem Pulver 28 bestehende Kern 12 aufgeschäumt wird, so dass sich ein Verbundwerkstoffkörper ergibt, der im Vergleich zu massiven Metallkörpern ein geringes Gewicht bei gleichzeitig verbesserten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften aufweist. Dabei besteht die Möglichkeit, den Verbund 10 vor der Wärmebehandlung durch z. B. Pressen, Biegen oder Tiefziehen derart zu verformen, dass eine gewünschte Geometrie für beispielsweise Abdeckhauben oder geformte Trennbleche erzielbar ist.

[0028] Damit das Pulver 28 gleichmäßig verteilt bzw. in der erforderlichen Dichtheit zwischen den Blechstreifen 24, 26 und somit den Walzen 20, 22 gelangt, kann eine Vorverdichtung mittels z. B. eines Stempels 30 erfolgen. Andere Einrichtungen zum Vorverdichten des Pulvers 28 wie Wellen etc. sind gleichfalls möglich.

[0029] Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Blechstreifen 24, 26 zumindest vor den Walzen 20, 22 und im Bereich derer zwischen längsrandseitig verlaufenden Begrenzungen geführt werden, um ein seitliches Austreten des Pulvers 28 auszuschließen. Dabei können die seitlichen Begrenzungen als Stempel ausgebildet sein, um eine einfache Anpassung an Streifenmaterialien unterschiedlicher Breiten vorzunehmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von einem metallischen Verbundwerkstoff umfassend Deckschichten aus massivem Material sowie einem zwischen diesen vorhandenen aufschäumbaren Kern bestehend aus einer Mischung aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabspaltenden Treibmittelpulver, wobei aus den Deckschichten und der Mischung ein Verbund hergestellt wird, der nach gegebenenfalls einer Formgebung thermisch derart behandelt wird, dass der Kern aufschäumt, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** in einem gemeinsamen Verfahrensschritt durch Druckeinwirkung die Deckschichten zusammen mit der Mischung zu dem Verbund ausgebildet werden, wobei die Deckschichten zueinander beabstandet durch die Druckeinrichtung geführt werden, zwischen die zueinander beabstandet geführten Deckschichten die Mischung eingefüllt wird und diese zusammen mit den Deckschichten in der Druckeinrichtung verbunden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung zusammen mit den Deckschichten in der Druckeinrichtung durch Kalt- oder Warmwalzen zu dem Verbund verbunden werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung während des Zuführens in die Druckeinrichtung oder unmittelbar zuvor verdichtet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung oxidationsgeschützt der Druckeinrichtung zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung in Schutzgasatmosphäre zwischen die Deckschichten eingeführt bzw. eingefüllt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung vor dem Zuführen zu der Druckeinrichtung unter N_2 -Atmosphäre gelagert wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Mischung kontinuierlich oder diskontinu-

ierlich der Druckeinrichtung zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Deckschicht vor dem Zuführen der Mischung mischungsseitig vorbehandelt wird.

Claims

1. Method for producing a metallic composite material comprising facings made of solid material and a foamable core provided therebetween consisting of a mixture of at least one metal powder and at least one gas-separating propellant powder, a composite being produced from the facings and the mixture which, if necessary after shaping, is thermally treated in such a way that the core foams, **characterised in that** the facings together with the mixture are formed into the composite by the action of pressure in a common method step, wherein the facings are guided through the pressure device with a spacing from one another; the mixture is poured between the facings which are guided with a spacing from one another and the mixture together with the facings are connected in the pressure device.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the mixture together with the facings are connected in the pressure device by cold or hot rolling to form the composite.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the mixture is compressed while being fed into the pressure device or immediately prior thereto.
4. Method according to one or more of the preceding claims, **characterised in that** the mixture which is protected against oxidation is fed to the pressure device.
5. Method according to one or more of the preceding claims, **characterised in that** the mixture is guided or poured between the facings in a protective gas atmosphere.
6. Method according to one or more of the preceding claims, **characterised in that** prior to being fed to the pressure device the mixture is stored in an N₂ atmosphere.
7. Method according to one or more of the preceding claims, **characterised in that** the mixture is continuously or discontinuously fed to the pressure device.
8. Method according to one or more of the preceding

claims, **characterised in that** the facing is pretreated on the mixture side prior to feeding of the mixture.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un matériau métallique composite contenant des couches de recouvrement en matériau massif ainsi qu'un noyau expansé présent entre celles-ci, à partir d'un mélange d'au moins une poudre de métal et d'au moins une poudre de produit moussant à dégagement de gaz, selon lequel à partir des couches de recouvrement et du mélange on produit un composite qui, éventuellement après un formage, est traité thermiquement de telle façon que le noyau soit expansé, **caractérisé en ce que** dans une étape de procédé commune, les couches de recouvrement sont formées en un composite avec le mélange par une application de pression, les couches de recouvrement espacées l'une de l'autre étant conduites à travers le dispositif de pression, le mélange est versé entre les couches de recouvrement conduites à distance l'une de l'autre et celui-ci est assemblé aux couches de recouvrement dans le dispositif de pression.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mélange est assemblé aux couches de recouvrement dans le dispositif de pression par laminage à froid ou à chaud.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le mélange est comprimé pendant l'introduction dans le dispositif de pression ou immédiatement avant.
4. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mélange est introduit dans le dispositif de pression à l'abri de l'oxydation.
5. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mélange est introduit, respectivement chargé entre les couches de recouvrement sous une atmosphère de gaz protecteur.
6. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mélange est entreposé sous une atmosphère de N₂ avant l'introduction dans le dispositif de pression.
7. Procédé selon une ou plusieurs des revendications

précédentes,

caractérisé en ce que

le mélange est introduit de manière continue ou dis-
continue dans le dispositif de pression.

5

8. Procédé selon une ou plusieurs des revendications
précédentes,

caractérisé en ce que

la couche de recouvrement est prétraitée du côté
du mélange avant l'introduction du mélange.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

