

(19)



(11)

EP 1 433 552 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.05.2009 Patentblatt 2009/19

(51) Int Cl.:
B22D 19/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03025165.6**

(22) Anmeldetag: **04.11.2003**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Verbundgussteils sowie Leichtmetall-Verbundbussteil**

Light metal composite casting and method for the production thereof

Pièce moulée composite en métal léger et son procédé de fabrication

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **18.12.2002 DE 10259700**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.2004 Patentblatt 2004/27

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Wolf, Johann**
85662 Hohenbrunn (DE)

- **Fent, Andreas, Dr.**
94315 Straubing (DE)
- **Doernenburg, Frank, Dr.**
84066 Mallersdorf-Pfaffenberg (DE)
- **Wagener, Wolfram**
34305 Niedenstein (DE)
- **Jooss, Reinhard**
D-80939 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 115 910 **GB-A- 689 224**
GB-A- 747 137

EP 1 433 552 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Verbundgussteils. Ferner betrifft die Erfindung ein Leichtmetall-Verbundgussteil gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 6.

[0002] Verfahren zur Herstellung von Verbundgussteilen sind allgemein bekannt. Beispielsweise beschreibt die DE 101 03 596 A1 die Herstellung eines Kurbelgehäuses einer Brennkraftmaschine, bei welchem Zylinderlaufbuchsen aus einem Graugusswerkstoff mit einem Leichtmetallwerkstoff umgossen werden. Besondere Bedeutung wird der Kontaktschicht zwischen den Verbundwerkstoffen beigemessen, welche nicht nur durch eine formschlüssige Verbindung, sondern auch durch einen metallischen Werkstoffverbund gekennzeichnet ist.

[0003] Aus DE-A-197 46 167 ist ein Leichtmetallbauteil aus Magnesium-Druckguß bekannt, bei dem in einem Anbaubereich eine Gewindebuchse aus gehärtetem Aluminium beim Gießen des Leichtmetallbauteiles von diesem teilweise umschlossen ist. Aus DE-A-197 46 167 ist bekannt, die Einlegeteile zu beschichten, um eine Erhöhung der Haftung zwischen Einlegeteil und Gussmaterial zu bewirken.

[0004] Bei Verbundgussteilen, bei welchen ein Ausgangsgussteil aus einem ersten Gusswerkstoff in einem Gießprozess mit einem weiteren Gusswerkstoff verbunden wird, entsteht demgemäß ein Verbund zwischen den Materialien, wobei im Kontaktbereich eine Verbindungsschicht gebildet wird.

[0005] Insbesondere falls es sich bei den Materialien um Leichtmetalllegierungen, beispielsweise auf Aluminium- oder Magnesiumbasis, handelt, kommt es während des Gießprozesses temperaturbedingt zu einer Reaktion an der Oberfläche des Ausgangsteils; es entsteht eine Verbindungsschicht, die aus einer Kombination der beiden Materialien besteht.

[0006] Derartige Materialien auf Aluminium- oder Magnesiumbasis bilden eine Verbindungsschicht, welche einen hohen Anteil an spröden Magnesium-Phasen, beispielsweise Al₁₂Mg₁₇, enthält; diese Phasen bewirken nachteiligerweise eine geringe mechanische Belastbarkeit der Verbindungsschicht.

[0007] Des weiteren kommt es, insbesondere falls es sich bei einem der Gusswerkstoffe um eine übereutektische Aluminiumlegierung, wie AlSi₁₇Cu₄Mg, handelt, bei Verbundgussteilen zu einer verstärkten Rissneigung, so dass aufgrund thermischer und/oder mechanischer Beanspruchungen am Übergang bzw. in der Verbindungsschicht ausgehend von den dort vorhandenen kantigen Si-Partikel Risse entstehen, die den werkstofflichen Verbund zerstören.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines eingangs genannten Leichtmetall-Verbundgussteils bereitzustellen, welches in vorteilhafter Weise eine Verbindung eines Ausgangsteiles, welches im wesentlichen aus einer ersten Leicht-

metalllegierung gebildet ist, mit einer zweiten Leichtmetalllegierung durch Gießen ermöglicht.

[0009] Zwischen den Leichtmetalllegierungen soll eine isolierende, duktile Zwischenschicht gebildet werden, welche zum einen eine ausreichende Festigkeit sowie eine ausreichende Streckengrenze besitzt, um Spannungen zwischen den beiden Verbundmaterialien durch plastische Deformation auszugleichen und zum anderen eine Rissinitiierung beispielsweise an scharfkantigen Silizium-Partikeln einer Aluminiumlegierung und eine Rissfortsetzung durch spröde Phasen einer Magnesiumlegierung durch eine Trennung der Si-Partikel von den Magnesium-Phasen verhindert.

[0010] Ferner soll ein Leichtmetall-Verbundgussteil umfassend eine erste Leichtmetalllegierung, insbesondere eine Aluminiumlegierung, sowie eine mit dieser verbundene zweite Leichtmetalllegierung, insbesondere eine Magnesiumlegierung, bereitgestellt werden, welches im Verbindungsbereich zwischen den Leichtmetalllegierungen eine derartige Zwischenschicht aufweist.

[0011] Die Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1, wobei gemäß des zugrunde liegenden Gedankens vor dem Gießen das Ausgangsteil mit einer Beschichtung versehen wird, welche während des Gießprozesses bei hoher Temperatur und unter hohem Druck zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung im Verbundgussteil eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht bildet.

[0012] In Hinblick auf das Leichtmetall-Verbundgussteil wird die Aufgabe gemäß den Merkmalen des Anspruch 6 gelöst, wobei eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung gebildet ist.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens sowie des Leichtmetall-Verbundgussteils sind mit den Unteransprüchen angegeben.

[0014] Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens ist die erste Leichtmetalllegierung eine Aluminiumlegierung, die zweite Leichtmetalllegierung eine Magnesiumlegierung und die Beschichtung eine Aluminium-Silizium-Legierung. Insbesondere handelt es sich bei der Aluminiumlegierung bevorzugterweise um die Legierung AlSi₁₇Cu₄Mg mit der Bezeichnung A390 und bei der Magnesiumlegierung um die Legierung MgAl₆Sr₂ mit der Bezeichnung AJ62 oder um jeweils zumindest in den relevanten Eigenschaften ähnliche Legierungen.

[0015] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Beschichtung mittels eines Flamspritzenverfahrens, insbesondere durch Flamspritzen mit Pulver oder Draht, Lichtbogenspritzen mit Pulver oder Draht oder Plasmaspritzen, aufgebracht wird. Zweckmäßigerweise weist die Beschichtung eine Dicke von ca. 10 bis 500 µm, insbesondere von ca. 100 bis 140 µm, auf.

[0016] Als sehr günstig hat sich eine zumindest außenseitig poröse Struktur der Beschichtung erwiesen, welche während des Gießprozesses komprimiert wird

und mit welcher' sich die zweite Leichtmetalllegierung unter Bildung einer Zwischenschicht zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung verbindet.

[0017] Gemäß einer besonders zweckmäßigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die zweite Leichtmetalllegierung bei einer Temperatur von ca. 600 bis 800°C, insbesondere bei ca. 680°C bis 720°C und unter einem Druck von ca. 500 bis 1200 bar, insbesondere ca. 850 bis 900 bar, im Gießprozess mit der ersten Leichtmetalllegierung verbunden.

[0018] Bei einer besonders zu bevorzugenden Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Leichtmetall-Verbundgussteils ist die Zwischenschicht durch eine Legierung mit den Elementen Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Silizium (Si), Kupfer (Cu) und Strontium (Sr) gebildet.

[0019] Vorteilhafterweise weist die Zwischenschicht des Leichtmetall-Verbundgussteils eine Dicke von ca. 5 bis 350 µm, insbesondere von ca. 70 bis 120 µm, eine Härte von höchstens 400 HV, insbesondere von ca. 250 bis 350 HV, eine Duktilität von wenigstens 0,05 %, insbesondere von wenigstens 0,1 %, eine Zugfestigkeit R_m von wenigstens 10 MPa, insbesondere von wenigstens 20 MPa, sowie eine Dehngrenze $R_{p0,2}$ von wenigstens 5 MPa, insbesondere von wenigstens 10 MPa, auf.

[0020] Nachfolgend wird eine besonders zu bevorzugende Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie ein Leichtmetall-Verbundgussteil näher erläutert, dabei zeigen schematisch und beispielhaft

Figur 1 ein Schlibbild eines Ausgangsteiles aus einer Aluminiumlegierung mit einer Beschichtung,

Figur 2 ein Schlibbild eines Leichtmetall-Verbundgussteiles aus einer Aluminiumlegierung und einer Magnesiumlegierung mit Zwischenschicht.

[0021] Einer besonders zu bevorzugenden Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zufolge wird in einem ersten Schritt ein Ausgangsteil aus einer Aluminiumlegierung wie AlSi17Cu4Mg mit der Bezeichnung A390 gießtechnisch im Kokillenguss hergestellt.

[0022] Diese Ausgangsteil, welches durchaus auch mehrteilig sein kann und gegebenenfalls außenseitig mit einem beispielsweise waffelartigen Strukturmuster versehen ist, wird in einem folgenden Arbeitsgang oberflächenbehandelt. Gemäß der vorliegend beschriebenen Weiterbildung des Verfahrens wird eine mechanische Strahlbehandlung mit einem Strahlmittel wie Korund durchgeführt. Alternativ oder zusätzlich können jedoch auch andere bzw. weitere beispielsweise auch chemische Oberflächenbehandlungen durchgeführt werden.

[0023] Wiederum in einem folgenden Arbeitsgang wird das Ausgangsteil mit einer Beschichtung versehen, wobei vorliegend eine Legierung von Typ AlSi12 zur Anwendung kommt und mittels eines Flammstrahlverfahrens, insbesondere durch Flammstrahlen mit Pulver oder Draht, Lichtbögenstrahlen mit Pulver oder Draht oder

Plasmastrahlen, aufgebracht wird.

[0024] Die Beschichtung ist mit dem Ausgangsteil primär mechanisch aufgrund von Verbindungen im Mikrobereich verbunden und weist zumindest außenseitig eine poröse Struktur auf; die Beschichtung weist eine Dicke von ca. 10 bis 500 µm, insbesondere von ca. 100 bis 140 µm, auf.

[0025] Das beschichtete Ausgangsteil wird zur Vermeidung von Rissen und um eine bessere Anbindung des nachfolgend aufzubringenden Magnesiumgusses zu gewährleisten, auf eine Temperatur von ca. 400 bis 550°C, insbesondere auf ca. 480°C, vorgewärmt.

[0026] Die Verbindung des beschichteten Ausgangsteils erfolgt in einem Gusswerkzeug, in welches das Ausgangsteil eingelegt wird, wobei zwischen Werkzeug und Ausgangsteil ein oder mehrere Formräume gebildet sind, in welche ein schmelzflüssiger Gusswerkstoff eingebracht wird. Das Ausgangsteils kann dabei Stellenweise an der Werkzeugwand anliegend und/oder mittel auflösbarer Kernelemente gehalten sein.

[0027] Vorliegend wird das beschichtete Ausgangsteil mit einer schmelzflüssigen Magnesiumlegierung, wie MgAl6Sr2 mit der Bezeichnung AJ62, im Gießprozess bei einer Temperatur von ca. 600 bis 800°C, insbesondere bei ca. 680°C bis 720°C und unter einem Druck von ca. 500 bis 1200 bar, insbesondere ca. 850 bis 900 bar, verbunden, wobei die schmelzflüssige Magnesiumlegierung sich sehr vorteilhaft mit der porösen Beschichtung verbindet und die Beschichtung zugleich unter dem hohen Druck auf ca. 70 bis 90%, insbesondere auf ca. 80%, ihrer ursprünglichen Dicke komprimiert wird. Temperatur- und Druckbedingt entsteht zwischen der Magnesiumlegierung und dem beschichteten Ausgangsteil eine stoffschlüssige Verbindung.

[0028] Ein Schlibbild 100 eines gegossenen Ausgangsteiles 102 aus der Aluminiumlegierung AlSi17Cu4Mg mit der Bezeichnung A390, welches in Vorbereitung für eine gießtechnische Verbindung mit einer Leichtmetalllegierung bereits mit einer Beschichtung 104 aus AlSi12 versehen ist, ist in Fig. 1 dargestellt. Deutlich erkennbar sind Cu-Phasen 110 sowie Si-Primärkristalle 108 in der Aluminiumlegierung 102, wohingegen die Beschichtung 104 eine wesentlich feinere, poröse Struktur aufweist.

[0029] Fig. 2 zeigt ein Schlibbild eines Leichtmetall-Verbundgussteiles 200 aus der übereutektischen Aluminiumlegierung AlSi17Cu4Mg mit der Bezeichnung A390 und der Magnesiumlegierung MgAl6Sr2 mit der Bezeichnung AJ62 mit Zwischenschicht. Erkennbar ist, wie die schmelzflüssige Magnesiumlegierung 206 in die poröse Beschichtung eingedrungen ist (212) und unter Druck die Zwischenschicht 204 gebildet wurde. Die Zwischenschicht 204 ist gegenüber der ursprünglichen porösen Beschichtung komprimiert, wobei die Magnesiumlegierung 206 und die Zwischenschicht 204 stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Der Übergang von der Zwischenschicht 204 zur Aluminiumlegierung 202 des Ausgangsteiles ist wesentlich weniger fließend, was den

eher formschlüssigen Charakter dieser Verbindung zeigt.

[0030] Zwischen der Aluminiumlegierung 202 und der Magnesiumlegierung 206 ist eine isolierende, duktile Zwischenschicht gebildet, welche zum einen eine ausreichende Festigkeit sowie eine ausreichende Streckengrenze besitzt, um Spannungen zwischen den beiden Verbundmaterialien durch plastische Deformation auszugleichen und zum anderen eine Rissinitiierung beispielsweise an den scharfkantigen Silizium-Partikeln 208 der Aluminiumlegierung 202 und eine Rissfortsetzung durch spröde Phasen der Magnesiumlegierung 206 durch eine Trennung der Si-Partikel 208 von den Magnesium-Phasen verhindert.

[0031] Das erfindungsgemäße Verbindungsverfahren eignet sich in besonderem Maße für die Herstellung vom Kurbelgehäusen von Brennkraftmaschinen, bei dem Leichtmetall-Verbundgussteil handelt es sich dementsprechend um ein Kurbelgehäuse für eine Brennkraftmaschine.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Verbundgussteils, wobei

- ein Ausgangsteil, welches aus einer ersten Leichtmetalllegierung gebildet ist, mit einer zweiten Leichtmetalllegierung durch Gießen verbunden und
- im Kontaktbereich der Legierungen eine Verbindungsschicht gebildet wird und
- vor dem Gießen das Ausgangsteil (102) mit einer Beschichtung (104) versehen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die erste Leichtmetalllegierung (102, 202) die Aluminiumlegierung AlSi17Cu4Mg, die zweite Leichtmetalllegierung (206) die Legierung MgAl6Sr2 auf Magnesiumbasis und die Beschichtung (104) die Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 ist und
- die Beschichtung (104) zumindest außenseitig eine poröse Struktur aufweist, sodass
- während des Gießprozesses bei hoher Temperatur und unter hohem Druck die zweite Leichtmetalllegierung (206) in die zunächst poröse Beschichtung (104) eindringt und
- zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung (202, 206) im Verbundgussteil (200) eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht (204) gebildet wird, die gegenüber der ursprünglich porösen Beschichtung komprimiert ist, wobei die Magnesiumlegierung (206) und die Zwischenschicht (204) stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (104) mittels eines Flammgespritzverfahrens, insbesondere durch Flammgespritzen mit Pulver oder Draht, Lichtbogen-spritzen mit Pulver oder Draht oder Plasmaspritzen, aufgebracht wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (104) eine Dicke von 10 bis 500 μm , insbesondere von 100 bis 140 μm , aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leichtmetalllegierung (206) bei einer Temperatur von 600 bis 800°C, insbesondere bei 680°C bis 720°C und unter einem Druck von 500 bis 1200 bar, insbesondere von 850 bis 900 bar, im Gießprozess mit der ersten Leichtmetalllegierung (102, 202) verbunden wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Gießprozesses die zweite Leichtmetalllegierung (206) sich mit der porösen Beschichtung (104) unter Bildung einer Zwischenschicht (204) zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung (202, 206) verbindet und die Beschichtung (104) komprimiert wird.

6. Leichtmetall-Verbundgussteil umfassend eine erste Leichtmetalllegierung (102, 202) sowie eine mit dieser verbundene zweite Leichtmetalllegierung (206), **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Leichtmetalllegierung (102, 202) die Aluminiumlegierung AlSi17Cu4Mg und die zweite Leichtmetalllegierung (206) die Legierung MgAl6Sr2 auf Magnesiumbasis ist,
- die erste und die zweite Leichtmetalllegierung mittels einer duktilen, plastisch deformierbaren Zwischenschicht (204), verbunden sind, wobei
- die Zwischenschicht (204) durch ein Eindringen der zweiten Leichtmetalllegierung (206) in die zunächst poröse Beschichtung (104) aus der Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 gebildet ist wobei die Beschichtung gegenüber der ursprünglich porösen Beschichtung komprimiert ist sodass die Zwischenschicht (204) und die zweite Leichtmetalllegierung (206) stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

7. Leichtmetall-Verbundgussteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) durch eine Legierung mit den Elementen Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Silizium (Si), Kupfer (Cu) und Strontium (Sr) gebildet ist.

8. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Dicke von 5 bis 350 μm , insbesondere von 70 bis 120 μm , aufweist.
9. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Härte von höchstens 400 HV, insbesondere von 250 bis 350 HV, aufweist.
10. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Duktilität von wenigstens 0,05 %, insbesondere von wenigstens 0,1 %, aufweist.
11. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Zugfestigkeit R_m von wenigstens 10 MPa, insbesondere von wenigstens 20 MPa, aufweist.
12. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Dehngrenze $R_{p0,2}$ von wenigstens 5 MPa, insbesondere von wenigstens 10 MPa, aufweist.

Claims

1. A method of producing a composite light-metal casting, wherein

- a starting part made of a first light-metal alloy is connected to a second light-metal alloy by casting and
- a connecting layer is formed in the contact region between the alloys and
- before casting, the starting part (102) is given a coating (104),

characterised in that

- the first light-metal alloy (102, 202) is the aluminium alloy AlSi17Cu4Mg, the second light-metal alloy (206) is the magnesium-based alloy MgAl6Sr2 and the coating (104) is the aluminium silicon alloy AlSi12, and
- the coating (104) is given a porous structure, at least on the outside, so that
- during the casting process at high temperature and high pressure, the second light-metal alloy (206) penetrates into the initially porous coating (104) and
- a ductile plastically deformable intermediate layer (204) formed between the first and the second light-metal alloy (202, 206) is compressed

relative to the initially porous coating, wherein the magnesium alloy (206) and the intermediate layer (204) are connected to one another via the material.

5

2. A method according to claim 1, **characterised in that** the coating (104) is applied by flame spraying, especially with powder or wire, or by arc spraying with powder or wire or by plasma spraying.

10

3. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the coating (104) has a thickness of 10 to 500 μm , especially 100 to 140 μm .

15

4. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the second light-metal alloy (206) is connected to the first light-metal alloy (102, 202) at a temperature of 600 to 800°C, especially at about 680 to 720°C, and at a pressure of 500 to 1200 bar, especially 850 to 900 bar, in the casting process.

20

5. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** during the casting process the second light-metal alloy (206) is connected to the porous coating (104), forming an intermediate layer (204) between the first and the second light-metal alloy (202, 206), and the coating (104) is compressed.

25

30

6. A composite light-metal casting comprising a first light-metal alloy (102, 202) connected to a second light-metal alloy (206), **characterised in that**

- the first light-metal alloy (102, 202) is the aluminium alloy AlSi17Cu4Mg and the second light-metal alloy (206) is the magnesium-based alloy MgAl6Sr2 and
- the first and the second light-metal alloy are connected by a ductile, plastically deformable intermediate layer (204), wherein
- the intermediate layer (204) is formed by penetration of the second light-metal alloy (206) into the initially porous layer (104) of the aluminium-silicon alloy AlSi12, wherein the coating is compressed relative to the initially porous coating, so that the intermediate layer (204) and the second light-metal alloy (206) are connected to one another via the material.

35

40

45

50

7. A composite light-metal casting according to claim 6, **characterised in that** the intermediate layer (204) is made from an alloy containing the elements aluminium (Al), magnesium (Mg), silicon (Si), copper (Cu) and strontium (Sr).

55

8. A composite light-metal casting according to claim 6 or claim 7, **characterised in that** the intermediate layer (204) has a thickness of 5 to 350 μm , especially

70 to 120 μm .

9. A composite light-metal casting according to any of claims 6 to 8, **characterised in that** the intermediate layer (204) has hardness up to 400 HV, especially 250 to 350 HV.
10. A composite light-metal casting according to any of claims 6 to 9, **characterised in that** the intermediate layer (204) has a ductility of at least 0.05%, especially at least 0.1 %.
11. A composite light-metal casting according to any of claims 6 to 10, **characterised in that** the intermediate layer (204) has a tensile strength R_m of at least 10 MPa, especially at least 20 MPa.
12. A composite light-metal casting according to any of claims 6 to 11, **characterised in that** the intermediate layer (204) has a proof strength $R_{p0.2}$ of at least 5 MPa, especially at least 10 MPa.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce moulée composite en métal léger selon lequel
- on relie par fonte une pièce de départ en un premier alliage de métal léger à un second alliage de métal léger,
 - dans la zone de contact des alliages, on forme une couche de liaison et
 - avant de couler la pièce de départ (102), on la munit d'un revêtement (104),

caractérisé en ce que

- le premier alliage de métal léger (102, 202) est l'alliage d'aluminium AlSi17Cu4Mg , le second alliage de métal léger (206) est l'alliage Mg116Sr2 et le revêtement (104) est l'alliage aluminium-silicium AlSi12 et
- au moins sur son côté extérieur, le revêtement (104) présente une structure poreuse de sorte que

- * pendant le procédé de coulée à haute température et sous pression élevée, le second alliage de métal léger (206) pénètre tout d'abord dans le revêtement poreux (104),
- * entre le premier et le second alliage de métal léger (202, 206), on forme une couche intermédiaire (204) ductile, déformable plastiquement, dans la pièce composite (200), et
- * on comprime cette couche intermédiaire contre le revêtement initialement poreux,

l'alliage de magnésium (206) et la couche intermédiaire (204) étant reliés par une liaison par la matière.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le revêtement (104) est appliqué par un procédé de pulvérisation à la flamme, notamment par pulvérisation à la flamme avec de la poudre ou du fil, par pulvérisation à l'arc électrique avec poudre et fil ou par pulvérisation au plasma.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement (104) a une épaisseur comprise entre 10 μm et 500 μm , notamment entre 100 μm et 140 μm .
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le second alliage de métal léger (206) est relié par une opération de coulée au premier alliage de métal léger (102, 2002) à une température comprise entre 600°C et 800°C, notamment entre 680°C et 720°C, et sous une pression de 500 bar à 1200 bar et notamment à une pression comprise entre 850 bar et 900 bar.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pendant la coulée, le second alliage de métal léger (206) se fixe au revêtement poreux (104) en formant une couche intermédiaire (204) entre le premier et le second alliage de métal léger (202, 206) et comprime le revêtement (104).
6. Pièce moulée composite en métal léger comprenant un premier alliage de métal léger (102, 202) ainsi qu'un second alliage de métal léger (206) relié à ce premier alliage, **caractérisée en ce que**
- le premier alliage de métal léger (102, 202) est l'alliage d'aluminium AlSi17Cu4Mg et le second alliage de métal léger (206) est l'alliage MgA16SR2 à base de magnésium,
 - le premier et le second alliage de métal léger sont reliés par une couche intermédiaire (204) ductile, déformable plastiquement, et
 - la couche intermédiaire (204) est formée par la pénétration du second alliage de métal léger (206) dans le revêtement (104) tout d'abord poreux, formé d'aluminium-silicium AlSi12 , le revêtement étant comprimé contre le revêtement initialement poreux, de façon que la couche in-

termédiaire (204) et le second alliage de métal léger (206) soient reliés par une liaison par la matière.

7. Pièce moulée composite en métal léger selon la revendication 6, 5
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) est un alliage comprenant les éléments aluminium (Al), magnésium (Mg), silicium (Si), cuivre (Cu) et strontium (Sr). 10
8. Pièce moulée composite en métal léger selon l'une des revendications 6 ou 7, 15
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) a une épaisseur comprise entre 5 μm et 350 μm , notamment entre 70 μm et 120 μm .
9. Pièce moulée composite en métal léger selon l'une des revendications 6 à 8, 20
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) a une dureté maximale de 400 HV, notamment comprise entre 250 HV à 350 HV. 25
10. Pièce moulée composite en métal léger selon l'une des revendications 6 à 9, 30
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) a une ductilité d'au moins 0,05% en particulier d'au moins 0,1 %.
11. Pièce moulée composite en métal léger selon l'une des revendications 6 à 10, 35
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) a une résistance à la traction R_m d'au moins 10 MPa et notamment d'au moins 20 MPa.
12. Pièce moulée composite en métal léger selon l'une des revendications 6 à 11, 40
caractérisée en ce que
 la couche intermédiaire (204) a une limite d'allongement $R_{p0,2}$ d'au moins 5 MPa en particulier d'au moins 10 MPa. 45

50

55

Fig. 1

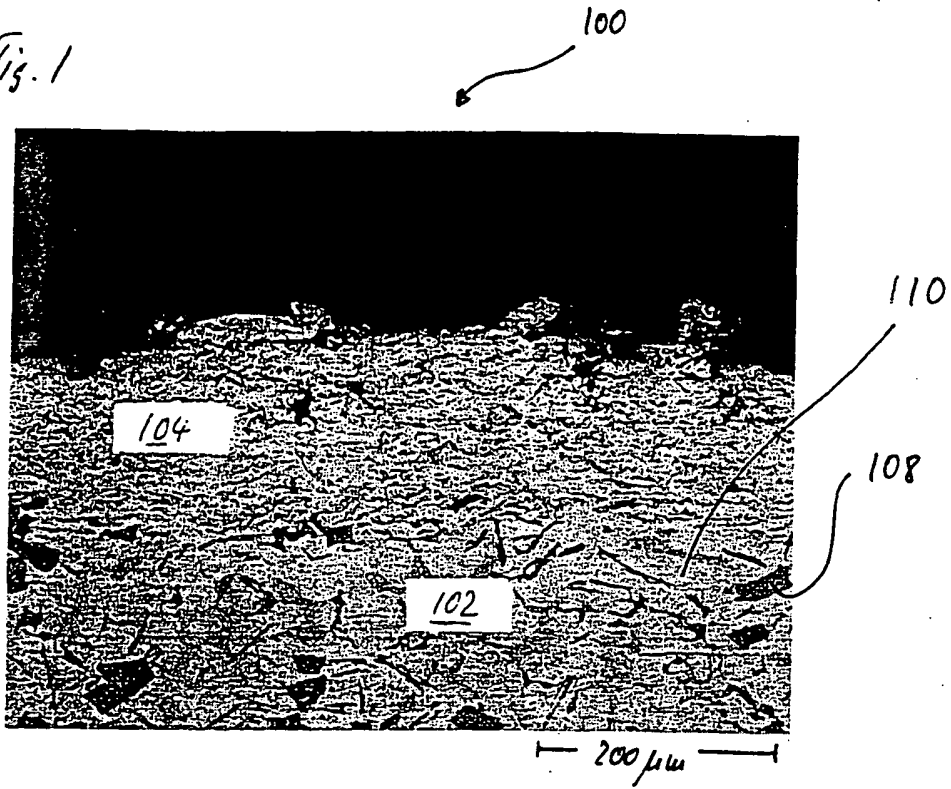
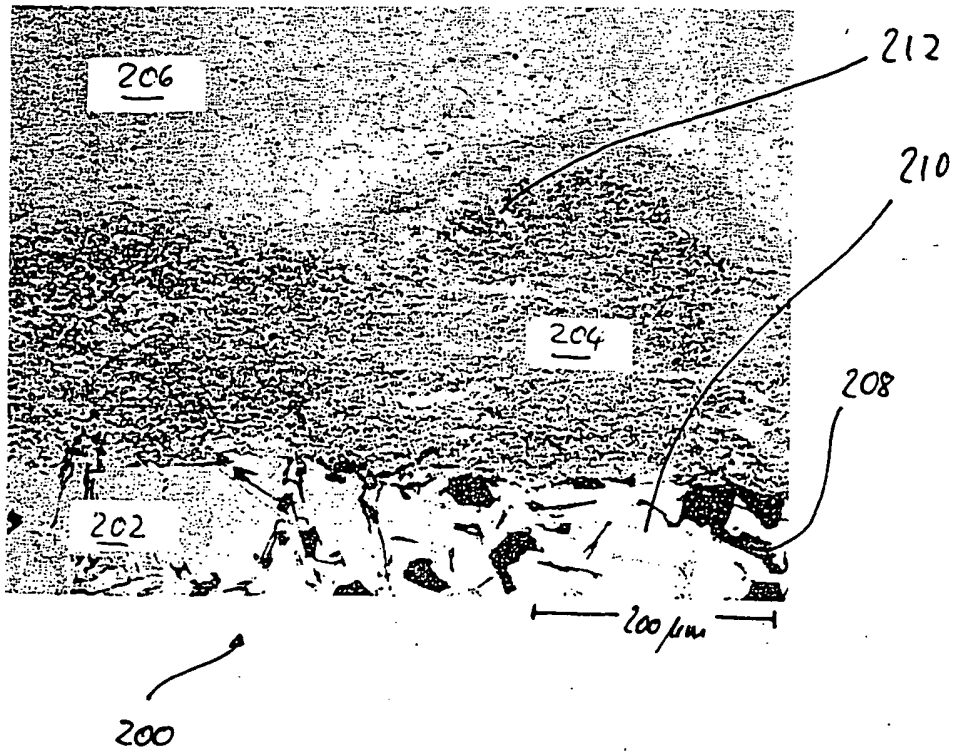


Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10103596 A1 [0002]
- DE 19746167 A [0003] [0003]