

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 433 552 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.06.2004 Patentblatt 2004/27

(51) Int Cl.7: B22D 19/00

(21) Anmeldenummer: 03025165.6

(22) Anmeldetag: 04.11.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(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)

(30) Priorität: 18.12.2002 DE 10259700

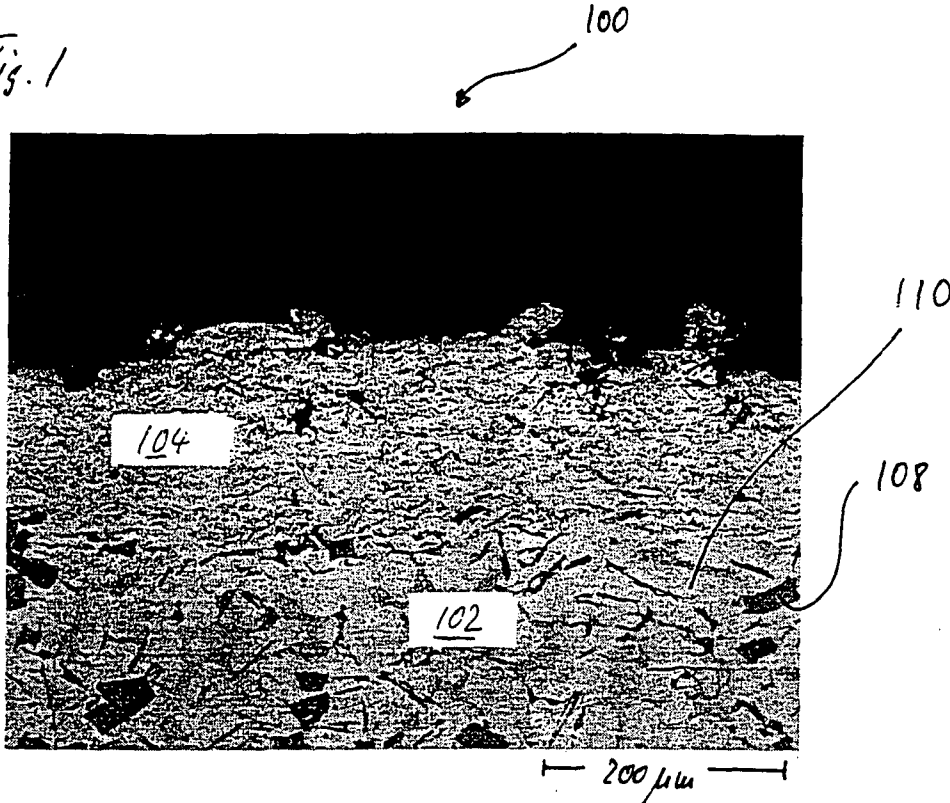
(71) Anmelder: Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
80788 München (DE)

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

(57) Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Verbundgussteils aus einer Aluminiumlegierung und einer Magnesiumlegierung mit einer duktilen, plastisch

deformierbaren Zwischenschicht zwischen den Leichtmetalllegierung sowie ein eine derartige Zwischenschicht aufweisendes Leichtmetall-Verbundgussteil.

Fig. 1



EP 1 433 552 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Verbundgussteils. Ferner betrifft die Erfindung ein Leichtmetall-Verbundgussteil gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 8.

[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] 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.

[0004] 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.

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines eingangs genannten Leichtmetall-Verbundgussteils bereitzustellen, welches in vorteilhafter Weise eine Verbindung eines Ausgangsteils, welches im wesentlichen aus einer ersten Leichtmetalllegierung gebildet ist, mit einer zweiten Leichtmetalllegierung durch Gießen ermöglicht.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Die Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruches 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.

[0011] In Hinblick auf das Leichtmetall-Verbundgussteil wird die Aufgabe gemäß den Merkmalen des Anspruch 8 gelöst, wobei eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung gebildet ist.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens sowie des Leichtmetall-Verbundgussteils sind mit den Unteransprüchen angegeben.

[0013] 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.

[0014] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Beschichtung mittels eines Flammgespritzverfahrens, insbesondere durch Flammgespritzen 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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 Flammstrahlverfahren mit Pulver oder Draht, Lichtbögenstrahlverfahren mit Pulver oder Draht oder Plasmaspritzverfahren, aufgebracht wird. Alternativ kann auch eine Beschichtung aus Al99,5 (Reinaluminium) aufgebracht werden. Die Beschichtung ist vorliegend

allseitig, das Ausgangsteil umschließend aufgebracht, wobei gegebenenfalls jedoch auch eine nur teilweise Beschichtung des Ausgangsteils erfolgen kann.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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 im wesentlichen aus einer ersten Leichtmetalllegierung gebildet ist, mit einer zweiten Leichtmetalllegierung durch Gießen verbunden und
- im Kontaktbereich der Legierungen eine Verbindungsschicht gebildet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- vor dem Gießen das Ausgangsteil (102) mit einer Beschichtung (104) versehen wird, welche
- während des Gießprozesses bei hoher Temperatur und unter hohem Druck zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung (202, 206) im Verbundgussteil (200) eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht (204) bildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Leichtmetalllegierung (102, 202) eine Aluminiumlegierung, die zweite Leichtmetalllegierung (206) eine Magnesiumlegierung und die Beschichtung (104) eine Aluminium-Silizium-Legierung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (104) mittels eines Flammgespritzverfahrens, insbesondere durch Flammgespritzen mit Pulver oder Draht, Lichtbogenspritzen mit Pulver oder Draht oder Plas-

maspritzen, aufgebracht wird.

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

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (104) zumindest außenseitig eine poröse Struktur aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leichtmetalllegierung (206) 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 von ca. 850 bis 900 bar, im Gießprozess mit der ersten Leichtmetalllegierung (102, 202) verbunden wird.

7. 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.

8. Leichtmetall-Verbundgussteil umfassend eine erste Leichtmetalllegierung, (102, 202) insbesondere eine Aluminiumlegierung, sowie eine mit dieser verbundene zweite Leichtmetalllegierung (206), insbesondere eine Magnesiumlegierung, **gekennzeichnet durch** eine duktile, plastisch deformierbare Zwischenschicht (204) zwischen erster und zweiter Leichtmetalllegierung.

9. Leichtmetall-Verbundgussteil nach Anspruch 8, **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.

10. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Dicke von ca. 5 bis 350 μm , insbesondere von ca. 70 bis 120 μm , aufweist.

11. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Härte von höchstens 400 HV, insbesondere von ca. 250 bis 350 HV, aufweist.

12. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der An-

sprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Duktilität von wenigstens 0,05 %, insbesondere von wenigstens 0,1 %, aufweist.

5

13. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Zugfestigkeit R_m von wenigstens 10 MPa, insbesondere von wenigstens 20 MPa, aufweist.

10

14. Leichtmetall-Verbundgussteil nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (204) eine Dehngrenze $R_{p0,2}$ von wenigstens 5 MPa, insbesondere von wenigstens 10 MPa, aufweist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

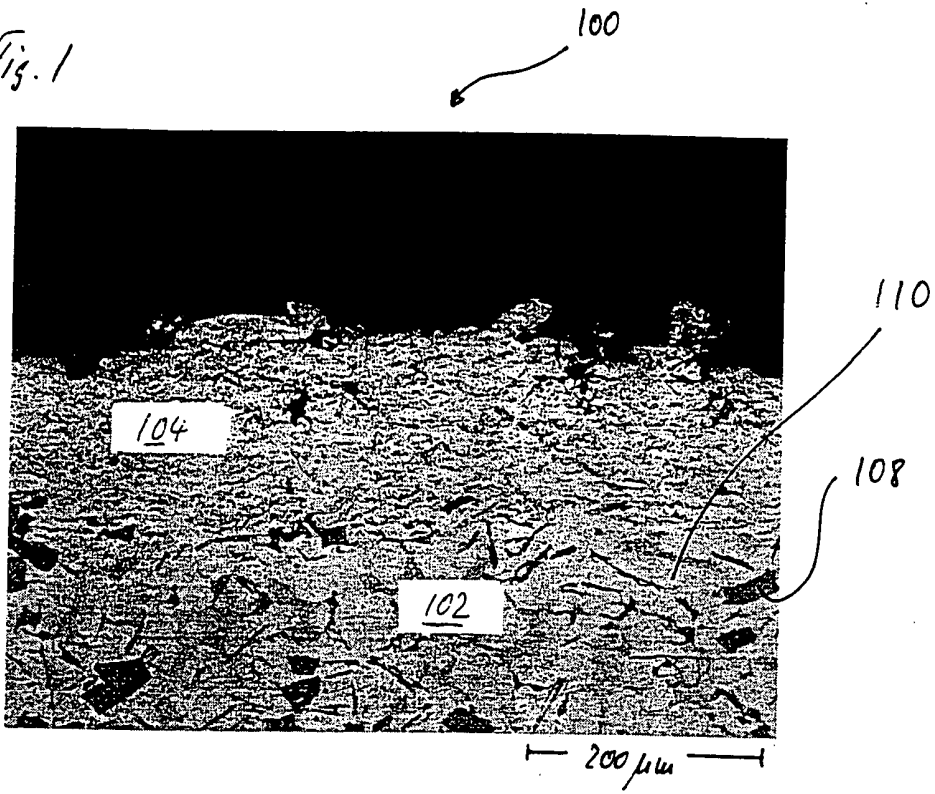
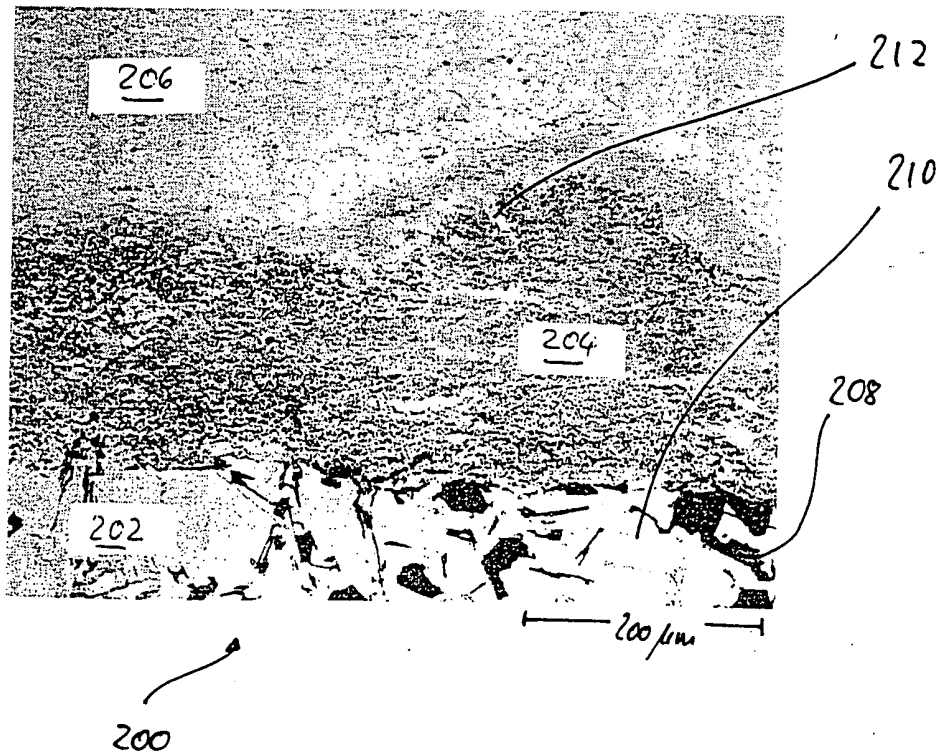


Fig. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 02 5165

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 21 15 910 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK) 31. Mai 1972 (1972-05-31) * Seite 3, letzter Absatz - Seite 4, Absatz 1 *	1-14	B22D19/00
A	GB 747 137 A (METALLGESELLSCHAFT AG) 28. März 1956 (1956-03-28) * Seite 1, Zeile 53 - Zeile 64; Ansprüche 1-5 *	1	
A	GB 689 224 A (ALUMINIUM LAB LTD) 25. März 1953 (1953-03-25) * Ansprüche 1-7 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 29. April 2004	Prüfer Mailliard, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 02 5165

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-04-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2115910	A	31-05-1972	JP 49046215 B	09-12-1974
			DE 2115910 A1	31-05-1972
			GB 1338511 A	28-11-1973

GB 747137	A	28-03-1956	KEINE	

GB 689224	A	25-03-1953	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82