



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 13 294 T2** 2008.03.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 477 576 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C22C 1/04** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 13 294.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP03/01612**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 705 207.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/069001**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.02.2003**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **21.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.11.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.03.2008**

(30) Unionspriorität:

2002037983 15.02.2002 JP

(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, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

TOUDAI TLO, Ltd., Tokyo, JP

(72) Erfinder:

KONDOH, Katsuyoshi, 4- 6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Kirschner, K., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 81479 München

(54) Bezeichnung: **VERBUNDWERKSTOFF AUF MAGNESIUMBASIS UND HERSTELLUNGSVERFAHREN DAFÜR**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das ausgezeichnete, mechanische Eigenschaften und Korrosionswiderstand hat, und auf sein Herstellungsverfahren.

Stand der Technik

[0002] Bisher wurde die Forschung und Entwicklung in Bezug auf Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, bei dem Magnesiumsilizid (Mg_2Si)-Teilchen dispergiert sind, energisch durchgeführt. Beispielsweise offenbart die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 6-81068 ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundmaterials auf Magnesiumbasis, bei dem Mg_2Si durch eine Reaktion von Mg einer Matrix und Si synthetisiert wird, wenn eine Magnesiumlegierung mit hohem Si-Gehalt in einem halbfesten Zustand spritzgegossen wird, und die Mg_2Si -Teilchen werden dispergiert.

[0003] Zusätzlich offenbart die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 8-41564 ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das durch ein Gussverfahren geliefert wird, beim dem Mg_2Si -Teilchen und SiC-Teilchen dispergiert werden. Zusätzlich offenbart die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 2000-17352 ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, bei dem kugelförmige Mg_2Si -Teilchen dispergiert werden, und sein Herstellungsverfahren durch ein Gussverfahren.

[0004] Alle vorstehenden Herstellungsverfahren für Verbundmaterial auf Magnesiumbasis sind jedoch auf einem Lösungsverfahren begründet, beispielsweise einem Gussverfahren oder einem Imprägnierverfahren. Dies bedeutet, dass nach den vorstehenden Verfahren, nachdem Magnesium oder eine Magnesiumlegierung, die die Matrix bildet, einmal aufgelöst worden ist, dies koaguliert und verfestigt wird. Daher wird beobachtet, dass der Kristallkorndurchmesser des Magnesiums der Matrix grob ist und die Mg_2Si -Teilchen grob hergestellt werden, und dass die mechanischen Eigenschaften, beispielsweise Festigkeit, Härte und dergleichen, herabgesetzt werden.

[0005] Ferner werden entsprechend den vorstehenden Herstellungsverfahren, die auf dem Lösungsverfahren begründet sind, die selbst verbrauchte Energie und insbesondere der Energieverbrauch, wenn das Recycling berücksichtigt wird, mit Sicherheit erhöht, so dass es ein Problem in Bezug auf die Kosten gibt.

[0006] Das japanische Patent JP 57047843 offenbart ein Magnesium-Verbundmaterial, das hohe Festigkeit und Abriebfestigkeit erfordert, das dadurch hergestellt wird, dass (1–15%) keramische Teilchen, beispielsweise SiO_2 und (1–8%) Graphit zu geschmolzenem Magnesium hinzugegeben wird.

[0007] Inzwischen haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem eine Pulvermischung, die durch die Kombination von Matrixpulver, das Magnesium (Mg) mit Silizium (Si)-Pulver aufweist, verpresst wird, um durch eine Pulvermetallurgietechnik verschmolzen zu werden, und dies wird in einer geregelten Heizatmosphäre aufgeheizt und bei einer geeigneten Festkörperfaserentemperatur gehalten, die geringer ist als ein Schmelzpunkt des Mg, um feines Mg_2Si durch eine Reaktion zwischen dem Mg- und Si-Pulver zu erzeugen, so dass das feine Mg_2Si in einer Matrix dispergiert ist. Insbesondere wurde das „Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das Verbundmaterial-Vorstufenmaterial auf Magnesiumbasis und ihr Herstellungsverfahren“ als Patentanmeldung Nr. 2001-29117 am 25. September 2001 zum Patent angemeldet, und ein „Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, ein Verbundmaterial-Vormaterial auf Magnesiumbasis und ihr Herstellungsverfahren“ als Patentanmeldung Nr. 2001-292118 am 25. September 2001 zum Patent angemeldet. Diese Anmeldungen sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht offengelegt.

[0008] Gemäß dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das durch das obige, durch die Erfinder der vorliegenden Erfindung vorgeschlagene Verfahren hergestellt wird, werden, da die feinen Mg_2Si -Teilchen gleichförmig dispergiert sind, die mechanischen Eigenschaften, beispielsweise Festigkeit und Härte des Verbundmaterials, verbessert, und, da harte Mg_2Si -Teilchen gleichförmig dispergiert sind, kann die Abriebfestigkeit des Verbundmaterials verbessert werden.

[0009] Wenn dieses Verbundmaterial als Material für Komponenten mit Gleitreibung verwendet wird, ergibt sich jedoch, obwohl die Abriebfestigkeit des Verbundmaterials selbst verbessert ist, ein Problem, wobei es ein gegenüberliegendes Material angreift, wenn das gegenüberliegende Material ein verhältnismäßig weiches Material ist.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis bereitzustellen, das weiter verbesserte Eigenschaften hat. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis bereitzustellen, das in Bezug auf Festigkeit, Härte und Abriebfestigkeit überlegen ist, und das auch in Bezug auf die Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen verbessert ist.

[0011] Ferner ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundmaterials auf Magnesiumbasis außer den vorstehenden Zielen oder zusätzlich zu den vorstehenden Zielen bereitzustellen.

[0012] Als Ergebnis von sorgfältigen Überprüfungen haben die Erfindung der vorliegenden Erfindung herausgefunden, dass die vorstehenden Probleme durch Maßnahmen gelöst werden können, wie sie unten beschrieben werden.

[0013] Dies bedeutet, dass ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung Magnesiumsilizid (Mg_2Si), Magnesiumoxid (MgO) und Magnesium umfasst.

[0014] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis kann ferner eine SiO_2 -Komponente enthalten.

[0015] Vorzugsweise sind das Mg_2Si und MgO gleichförmig in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis dispergiert.

[0016] Zusätzlich sind vorzugsweise 3 oder mehr Gewichtsteile des Mg_2Si in hundert Gewichtsteilen des Verbundmaterials aus Magnesiumbasis enthalten. Vorzugsweise sind 3 oder mehr Gewichtsteile MgO in 100 Teilen des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis enthalten.

[0017] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfassen in einem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, in dem die Verbundmaterialteilchen, die durch eine Festphasenreaktion mit Magnesium erzeugt werden, gleichmäßig in einem Magnesiumlegierungskörper dispergiert sind, die Verbundmaterialteilchen Magnesiumsilizid (Mg_2Si) und Magnesiumoxid (MgO). Die Verbundmaterialteilchen können ferner eine SiO_2 -Komponente umfassen.

[0018] Vorzugsweise sind 3 bis 15 Gewichtsteile des Magnesiumsilizids in 100 Gewichtsteilen des Verbundmaterials der Magnesiumgruppe enthalten. Weiter bevorzugt sind 5 bis 8 Gewichtsteile des Magnesiumsilizids enthalten.

[0019] Vorzugsweise sind 3 bis 15 Gewichtsteile des Magnesiumoxids in 100 Gewichtsteilen des Verbundmaterials der Magnesiumgruppe enthalten. Weiter bevorzugt sind 5 oder mehr Teile und 8 oder weniger Teile des Magnesiumoxids enthalten.

[0020] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis kann ein Graphitpulver als festes Schmiermittel enthalten. In diesem Fall ist der Graphitpulvergehalt 0,5 bis 3 Gew.-% des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis.

[0021] Ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundmaterials auf Magnesiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Schritt der Bereitstellung einer Mischung durch Mischen eines ersten Magnesium (Mg) enthaltenden Materials und eines zweiten eine SiO_2 -Komponente enthaltenden Materials, einen Schritt der Bereitstellung eines gepressten Pulvergusskörpers durch Einbringen der Mischung in einen vorgegebenen Behälter oder eine Gussform und Anwenden von Druck, und einen Schritt des Aufheizens des gepressten Pulvergusskörpers in einer Inertgasatmosphäre oder einem Vakuum, wobei Magnesiumsilizid (Mg_2Si) und Magnesiumoxid (MgO) durch eine Reaktion von Mg und SiO_2 in der Mischung bei dem Aufheizungsschritt erzeugt werden, um ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis herzustellen, das Mg_2Si , MgO und Mg umfasst.

[0022] Vorzugsweise ist die Aufheiztemperatur bei dem Aufheizschritt $250^\circ C$ oder mehr. Zusätzlich sind das Mg_2Si und das MgO gleichförmig in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis dispergiert.

[0023] Das Verbundmaterial der Magnesiumgruppe kann ferner SiO_2 enthalten. In diesem Fall ist das SiO_2 vorzugsweise gleichförmig in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis dispergiert.

[0024] Vorzugsweise sind 3 oder mehr Gewichtsteile des Mg_2Si in 100 Gewichtsteilen des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis enthalten. Zusätzlich sind vorzugsweise 3 oder mehr Gewichtsteile MgO in 100 Gewichtsteilen des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis enthalten.

[0025] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundmaterials auf Magnesiumbasis einen Schritt der Bereitstellung einer Mischung durch Mischen eines ersten Magnesium enthaltenden Materials und eines zweiten eine Mg_2Si -Komponente enthaltenden Materials, einen Schritt der Bereitstellung eines gepressten Pulvergusskörpers durch Anwenden von Druck auf die Mischung, und einen Schritt des Aufheizens des gepressten Pulvergusskörpers in einer Inertgasatmosphäre oder in einem Vakuum, um Magnesiumsilizid (Mg_2Si) und Magnesiumoxid (MgO) in einem Magnesiumlegierungskörper zu erzeugen durch eine Reaktion von Mg und SiO_2 in dem gepressten Pulvergusskörper.

[0026] Ein Schritt des Mahlens der Mischung kann vor dem Schritt der Bereitstellung des gepressten Pulvergusskörpers vorgesehen sein. Ferner kann ein Schritt der Druckzusammenfügung der Mischung nach dem Schritt des Zermahlens der Mischung vorgesehen sein. Noch weiterhin kann ein Schritt der Zerkleinerung der Mischung nach dem Schritt der Druckzusammenfügung der Mischung vorgesehen sein.

[0027] Vorzugsweise beträgt die Heiztemperatur des gepressten Pulvergusskörpers $250^\circ C$ oder mehr und nicht mehr als der Schmelzpunkt des Magnesiums.

[0028] Ein Schritt der Ausbildung einer neuen Phase in dem Magnesium in dem ersten Material durch Zermahlen und/oder Druckverbinden und/oder Zerkleinern der Mischung vor dem Schritt der Bereitstellung des gepressten Pulvergusskörpers kann weiterhin vorgesehen sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] [Fig. 1](#) zeigt die Ergebnisse einer Röntgenstrahlbeugung für eine Pulvermischung vor einer Wärmebehandlung (a) und ein Muster des Pulvers nach einer Vakuum-Wärmebehandlung (b) in einem Verbundmaterial X-1.

[0030] [Fig. 2](#) ist eine Darstellung, die ein Ergebnis einer Röntgenstrahlbeugung für ein Muster X-2 zeigt.

[0031] [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung, die ein Bild des Musters X-2 zeigt, das durch ein Elektronenabstastmikroskop aufgenommen worden ist.

[0032] [Fig. 4a](#) ist eine Darstellung, die ein Ergebnis einer Röntgenstrahlbeugung für ein Muster X-3 vor einer Wärmebehandlung zeigt, und [Fig. 4b](#) ist eine Darstellung, die ein Ergebnis einer Röntgenstrahlbeugung für das Muster X-3 nach der Vakuum-Wärmebehandlung zeigt.

[0033] [Fig. 5](#) ist eine schematische Darstellung, die ein Verfahren für einen Abriebtest zeigt.

Beste Art der Ausführung der Erfindung

[0034] Im folgenden wird die vorliegende Erfindung im Einzelnen beschrieben. Zusätzlich werden ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis und sein Herstellungsverfahren in dieser Reihenfolge in der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Verbundmaterial auf Magnesiumbasis

[0035] Ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst Magnesiumsilizid (Mg_2Si), Magnesiumoxid (MgO) und Magnesium.

[0036] Das Mg_2Si , das in dem Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung enthalten ist, hat einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der kleiner ist als der von Magnesium, eine hohe Festigkeit, eine hohe Härte und ein niedriges spezifisches Gewicht, und es ist in Bezug auf Wärmewiderstandsfähigkeit und Korrosionswiderstand überlegen.

[0037] Feine Teilchen aus Mg_2Si sind vorzugsweise gleichförmig in dem Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung dispergiert.

[0038] Wenn das Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung feine Teilchen aus Mg_2Si enthält und wenn es insbesondere gleichförmig dispergierte feine Teilchen aus Mg_2Si enthält, können die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und/oder Härte beispielsweise), Abriebfestigkeit und Korrosionswiderstand verbessert werden. Zusätzlich bedeutet in dieser Beschreibung der Begriff gleichförmig dispergiertes Mg_2Si , dass der Abstand zwischen den Teilchen des Mg_2Si maximal etwa $300\mu m$ beträgt. Die Mg_2Si -Teilchen dürfen jedoch nicht zusammen kleben noch ausgeschieden werden noch Netzwerke bilden. Wenn der Abstand zwischen den Mg_2Si -Teilchen verkleinert wird, werden die mechanischen Eigenschaften, beispielsweise Zugfestigkeit, verbessert.

[0039] Das Material der vorliegenden Erfindung umfasst 3 oder mehr Gewichtsteile, vorzugsweise 5 oder mehr Gewichtsteile, Mg_2Si auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Materials. Zusätzlich können, wenn der Gehalt des Mg_2Si dem Material der vorliegenden Erfindung groß ist, die mechanischen Eigenschaften, beispielsweise die Festigkeit und dergleichen, verbessert werden, im Hinblick auf die maschinelle Bearbeitbarkeit des Verbundmaterials selbst und/oder eine weitere Verbesserung der mechanischen Eigenschaften (Sättigung der Verbesserung der Eigenschaften) kann das Verbundmaterial **15** oder weniger Teile und vorzugsweise 8 oder weniger Gewichtsteile Mg_2Si auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Materials enthalten.

[0040] Ähnlich wie das Mg_2Si kann das MgO , das in dem Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung enthalten ist, die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und/oder Härte beispielsweise) des Verbundmaterials verbessern. Zusätzlich kann das MgO die Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen verbessern.

[0041] Das Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise gleichförmige dispergierte feine Teilchen von MgO . Wenn die Teilchen gleichförmig dispergiert sind, können die mechanischen Eigenschaften des Verbundmaterials weiter verbessert werden, und die Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen kann weiter verbessert werden. Da ein MgO enthaltendes Oxidteilchen im Allgemeinen eine geringe Härte im Vergleich zu anderen nicht-oxidischen Keramiken (Nitrite, Carbide, Boride und dergleichen) hat, greift es ferner angrenzende Materialien nicht aggressiv an, wenn es gegen ein angrenzendes Material gerieben wird.

[0042] Das Material der vorliegenden Erfindung kann 3 oder mehr Teile und vorzugsweise 5 oder mehr Gewichtsteile MgO auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Materials umfassen. Wenn der Gehalt an MgO in dem Material der vorliegenden Erfindung groß ist, können zusätzlich die mechanischen Eigenschaften, beispielsweise die Festigkeit und dergleichen, verbessert werden, im Hinblick auf die maschinelle Bearbeitbarkeit des Verbundmaterials selbst und/oder eine nicht weitere Verbesserung der mechanischen Eigenschaften (Sättigung der Verbesserung der Charakteristiken) kann das Verbundmaterial **15** oder weniger und vorzugsweise 8 oder weniger Gewichtsteile MgO auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Materials umfassen. Gemäß dieser Beschreibung bedeutet ferner der Begriff „gleichförmig dispergiertes MgO “, dass der Abstand zwischen den Teilchen des MgO maximal etwa $300\mu m$ beträgt.

[0043] Wenn das Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung feine MgO -Teilchen aufweist und insbesondere gleichförmig dispergierte MgO -Teilchen aufweist, können die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und/oder Härte beispielsweise) verbessert werden, und eine erwünschte Verbesserung in Bezug auf die Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen kann zu dem Verbundmaterial hinzugefügt werden. Dies bedeutet, dass die Aggressivität gegen angrenzende Bauteile, die in einem Verbundmaterial, das nur Mg und Mg_2Si enthält, zu hoch ist, verbessert werden kann. Daher kann das Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung als Material für Gleitreibungskomponenten verwendet werden.

[0044] Wenn das Material der vorliegenden Erfindung als Material für Gleitreibungskomponenten verwendet wird, kann ein relativ weiches Material, beispielsweise eine Magnesiumlegierung, eine Aluminiumlegierung, eine Kupferlegierung und dergleichen, als Material für angrenzende Bauteile verwendet werden je nach dem Gehalt an MgO in dem Material der vorliegenden Erfindung oder der Aggressivität des Materials der vorliegenden Erfindung gegenüber angrenzenden Bauteilen.

[0045] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis der vorliegenden Erfindung kann, wenn erforderlich, eine SiO_2 -Komponente umfassen. Da SiO_2 ein Oxid ähnlich wie das oben beschriebene MgO ist, kann, wenn es in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis dispergiert ist, die Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen verbessert werden.

[0046] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis der vorliegenden Erfindung kann verschiedene Arten von Komponenten außer den oben genannten Komponenten umfassen. Beispielsweise ist, obwohl Al , Zn , Zr , Ce , Li und Ag als verschiedene Arten von Metall vorhanden sind, die vorliegende Erfindung nicht auf diese einge-

schränkt. Dies bedeutet, dass verschiedene Arten von Komponenten, die in dem Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung enthalten sind, aus den vorstehenden Metall-Legierungen oder einer Verbindung der Oxide oder dergleichen sein können. Die Eigenschaften des Verbundmaterials können variiert oder abgestimmt werden, wenn das Verbundmaterial diese Komponenten umfasst.

[0047] Wenn der Reibungskoeffizient abgesenkt werden soll, weist das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis vorzugsweise Graphitpulver als Schmiermittel auf. Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis umfasst vorzugsweise 0,5 bis 3 Gew.-% Graphit.

Herstellungsverfahren für das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis

[0048] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis der vorliegenden Erfindung wird durch die folgenden Schritte hergestellt. Insbesondere umfasst ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung einen Schritt der Bereitstellung einer Mischung durch Mischen eines ersten Magnesium enthaltenden Materials und eines zweiten eine SiO_2 -Komponente enthaltenden Materials, einen Schritt zur Ausbildung eines gepressten Pulvergusskörpers durch Befüllen eines vorgegebenen Behälters oder einer Gussform mit der Mischung und Verpressen derselben, und einen Schritt der Aufheizung des gepressten Gusskörpers in einer Inertgasatmosphäre oder in einem Vakuum.

[0049] Wenn Mg mit SiO_2 in der Mischung bei dem Aufheizungsschritt reagiert, werden Magnesiumsilizid (Mg_2Si) und Magnesiumoxid (MgO) erzeugt, wodurch das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das Mg_2Si , MgO und Mg enthält, bereitgestellt wird.

Mischschritt

[0050] Eine Beschreibung der Materialien, die bei dem Mischschritt in dem vorstehenden Verfahren verwendet werden, wird gegeben.

[0051] In dem Mischschritt werden ein erstes Magnesium enthaltendes Material und ein zweites eine SiO_2 -Komponente enthaltendes Material verwendet.

[0052] Eine Legierung, die Magnesium enthält, oder reines Magnesium ist in dem ersten Magnesium (Mg) umfassenden Material enthalten. Wenn nur reines Mg verwendet wird, wird vorzugsweise ein Pulver mit einem Teilchendurchmesser von 10 μm im Hinblick auf die Explosionssicherheit gegen eine Explosion feiner Teilchen und dergleichen verwendet. Wenn dieser Punkt befriedigend ist, ist die Form des ersten Magnesium umfassenden Materials nicht besonders eingeschränkt, sie ist jedoch vorzugsweise ein Pulver, ein Chipmaterial, ein Blockstück oder dergleichen.

[0053] Wenn das erste Magnesium enthaltende Material eine Legierung ist, ist, obwohl Al, Zn, Mg, Zr, Ce, Li, Ag und dergleichen als Materialien außer Mg vorhanden sind, die vorliegende Erfindung nicht auf diese beschränkt. Beispielsweise gibt es als Mg enthaltende Legierung eine industrielle Magnesiumlegierung, beispielsweise AZ31, AZ91 und dergleichen.

[0054] Das zweite eine SiO_2 -Komponente umfassende Material umfasst ein Glas, beispielsweise Quarzglas, das die SiO_2 -Komponente enthält, und Quarzglas, das nur die SiO_2 -Komponente umfasst.

[0055] Wenn das Quarzglas, das die SiO_2 -Komponente umfasst, beispielsweise als das zweite Material verwendet wird, umfasst ferner das Quarzglas vorzugsweise 90 Gewichtsteile der SiO_2 -Komponente, die eine hauptsächliche Komponente des Quarzglases ist, auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Quarzglases.

[0056] Wenn Quarzglas oder dergleichen verwendet wird, ist es ferner bevorzugt, dass eine Komponente, die die Eigenschaften des Verbundmaterials und/oder das Herstellungsverfahren der vorliegenden Erfindung beeinflusst, in dem Glas nicht enthalten ist. Beispielsweise ist Fe_2O_3 eine Komponente, die im vorstehenden Sinne nachteilig beeinflusst. Wenn Fe_2O_3 enthalten ist, wird das Fe_2O_3 reduziert, so dass unerwünschtes Fe in dem Verbundmaterial der vorliegenden Erfindung vorhanden ist. Da das Fe bewirkt, dass die Festigkeit, der Korrosionswiderstand und dergleichen abgesenkt wird, ist es in der vorliegenden Erfindung nicht bevorzugt.

[0057] Zusätzlich umfasst die Mischung der ersten und zweiten Materialien vorzugsweise 2,5 bis 12 Gewichtsteile der SiO_2 -Komponente auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen des Materials insgesamt.

[0058] Die Form des zweiten, die SiO_2 -Komponente enthaltenden Materials und insbesondere der Teilchendurchmesser sind nicht besonders eingeschränkt. Dies bedeutet, dass eine Form, die von einer großen Probe in Blockform mit mehreren Zentimetern bis zu feinen Teilchen mit mehreren Mikrometern, die durch eine mechanische Bearbeitung zerkleinert worden sind, verwendet werden kann. Ferner hat das zweite Material einen Teilchendurchmesser von 10 bis 500 μm haben und vorzugsweise 10 bis 200 μm im Hinblick auf eine Verbesserung der mechanischen Verbindung mit dem ersten Material bei dem Schritt der Ausbildung des gepressten Pulvergusskörpers, wie unten beschrieben wird.

[0059] Wenn Quarzglas und die SiO_2 -Komponente enthaltendes Glas insbesondere als zweites Material verwendet werden, da das Rohmaterial preiswert ist, kann ferner der Preis des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis, welches das Endprodukt darstellt, erheblich abgesenkt werden.

[0060] Obwohl das erste und das zweite Material durch eine herkömmliche Misch- und Zerkleinerungsmaschine, beispielsweise einen V-förmigen Mischer, eine Kugelmühle oder dergleichen, gemischt werden kann, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Vorgehensweisen beschränkt.

[0061] Das Mischverfahren kann unter verschiedenen Gegebenheiten durchgeführt werden, beispielsweise an der Luft. Wenn feine Teilchen verwendet werden, ist es bevorzugt, dass die Oxidation der Pulveroberfläche und die Oxidation der Oberfläche des Mg-Pulvers insbesondere an dem Mischschritt dadurch verhindert wird, dass der Mischbehälter in einem Inertgas, beispielsweise Stickstoffgas, Argongas oder dergleichen, befüllt wird. Zusätzlich wird, wie oben beschrieben wurde, die Mischung vorzugsweise so hergestellt, dass das Mg_2Si und/oder das MgO gleichförmig in dem Verbundmaterial dispergiert sind.

[0062] Nach dem Mischschritt kann ein Schritt des Mahlens und/oder Druckverbindens und/oder Zerkleinerns vor dem Schritt der Ausbildung des gepressten Pulvergusskörpers hinzugefügt werden, wie unten beschrieben wird. Dieser Mahl- und/oder Druckverbindungs- und/oder Zerkleinerungs-Schritt kann zusätzlich wiederholt durchgeführt werden.

[0063] Der Mahl-, Druckverbindungs- und Zerkleinerungsschritt wird vorzugsweise in einer Mühle durchgeführt. Die Mühle hat vorzugsweise eine mechanische Mahlfähigkeit, die die Aufprallenergie durch kugelförmige Medien ausnutzt, die ausgewählt werden können aus einer Gruppe bestehend aus einer Rotationskugelmühle, einer Vibrationskugelmühle, einer Planeten-Kugelmühle und dergleichen. Durch die mechanischen Mahl-, Misch-, Druckverbindungs- und Zerkleinerungs-Verfahren werden die ersten und zweiten Materialien fein zerkleinert, und das Mg und die SiO_2 -Komponente können gleichförmig dispergiert werden.

[0064] Außerdem kann eine neue Phase in Mg in dem ersten Mg enthaltenden Material durch den Mahl-, Druckverbindungs- und Zerkleinerungsschritt ausgebildet werden. Dies bedeutet, dass die Oberfläche des reinen Mg-Pulvers oder des Mg-Legierungspulvers mit einer Oxidschicht (MgO) überzogen wird. Da dieses MgO eine kleine freie Energie zur Ausbildung hat, und da es im Vergleich zu anderen Oxiden stabil ist, verhindert die MgO-Oberflächenschicht, die auf der Pulveroberfläche vorhanden ist, dass das Mg mit der SiO_2 -Komponente reagiert, wie unten beschrieben wird. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben jedoch herausgefunden, dass eine aktive neue Phase von Mg durch die mechanische Trennung und Zerstörung des Oberflächenoxidfilms, d. h. des MgO-Oberflächenfilms, an dem Mahl-, Druckverbindungs- und Zerkleinerungsschritt ausgebildet werden konnte. Als Ergebnis haben die Erfinder gefunden, dass feines Mg_2Si und MgO bei einem Temperaturbereich synthetisiert werden können, der niedriger liegt als der Schmelzpunkt des Mg (650°C), d. h. in einem Festkörperphasenzustand an dem Aufheizungsschritt, wie unten beschrieben wird. Zusätzlich wurde herausgefunden, dass, wenn die Fläche der neuen Phase des Mg größer wird, die Synthesetemperatur des $\text{Mg}_2\text{Si}/\text{MgO}$ zu der niedrigeren Seite hin bewegt wurde. Mit anderen Worten, wenn der gepresste Gusskörper aus feinem Pulver durch den Mahl-, Druckverbindungs- und Zerkleinerungsschritt und/oder den Schritt der Ausbildung des gepressten Pulvergusskörpers, wie unten beschrieben wird, ausgebildet wird, ist dies für die Reaktion der Synthese von feinem $\text{Mg}_2\text{Si}/\text{MgO}$ bei einer niedrigeren Temperatur vorteilhaft.

Schritt der Ausbildung des gepressten Pulvergusskörpers

[0065] Nach dem Mischschritt geht die Mischung, die in der oben beschriebenen Weise bereitgestellt wurde, zu dem Schritt des Ausbildens des gepressten Pulvergusskörpers weiter. An dem Schritt des Ausbildens des gepressten Pulvergusskörpers wird die vorstehende Mischung in einen vorgegebenen Behälter oder eine Gussform gegeben und dann verpresst.

[0066] Ein Verfahren, das in einem herkömmlichen Pulvermetallurgieverfahren verwendet wird, kann bei dem

Schritt des Ausbildens des gepressten Pulvergusskörpers aus der vorstehenden Mischung angewendet werden. Obwohl es ein Verfahren gibt, bei dem ein Behälter mit der Mischung befüllt wird und dann eine isostatische Verpressung unter Kühlung (cool isostatic pressing = CIP) durchgeführt wird, ein Verfahren der Herstellung eines verpressten Pulverkörpers durch Verpressen der Mischung jedoch in einer Gussform mit oberen und unteren Gussteilen, und ein Verfestigungsverfahren, bei dem ein Warm-Gussverfahren an der Mischung bei Aufheizung auf etwa 100 bis 200°C durchgeführt wird, beispielsweise vorhanden sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese eingeschränkt.

Aufheizungsschritt

[0067] Nach dem Schritt der Ausbildung des gepressten Pulvergusskörpers wird der gepresste Pulvergusskörper in einer Inertgasatmosphäre oder in Vakuum aufgeheizt.

[0068] Bei diesem Aufheizungsschritt werden Mg_2Si und MgO durch eine Oxidations-Reduktions-Reaktion erzeugt, die durch die folgende Formel I dargestellt wird, und dadurch wird das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung bereitgestellt.



[0069] Obwohl eine Heizatmosphäre keiner speziellen Einschränkung unterliegt, ist es bevorzugt, dass der Aufheizungsschritt in eine Atmosphäre eines Inertgases, beispielsweise Stickstoff oder Argon, oder im Vakuum ausgeführt wird, um eine Oxidation des Mg oder der Mg enthaltenden Legierung in dem gepressten Pulvergusskörper zu verhindern.

[0070] Die Heiztemperatur ist vorzugsweise 250°C oder mehr. Um Mg_2Si und MgO in einer verhältnismäßig kurzen Zeit zu synthetisieren, kann die Heiztemperatur ferner beispielsweise 450°C oder mehr betragen.

[0071] Die Reduktionsreaktion von SiO_2 durch Mg schreitet bei dieser Heiztemperatur fort, und als Ergebnis werden Mg_2Si und MgO synthetisiert, wie durch die Formel I gezeigt ist. Da die Heiztemperatur ausreichend niedriger als der Schmelzpunkt (650°C) des Mg ist, kann die Synthetisierungsreaktion von Mg_2Si und MgO bei einer Festphasentemperatur fortschreiten.

[0072] Wenn erforderlich, kann die Temperatur auf einer gewissen Temperatur gehalten werden, wobei die maximale Heiztemperatur und/oder die maximale Temperatur je nach der Größe des gewünschten Materials beispielsweise erreicht.

[0073] Durch das vorstehende Verfahren kann Mg_2Si und MgO in dem Festphasenzustand ohne die Erzeugung einer Mg-Flüssigphase durch das Pulvermetallurgieverfahren synthetisiert werden, und als Ergebnis hat Mg, das eine Matrix des Verbundmaterials ist, feine Kristallkörner und Mg_2Si und MgO sind in der Matrix fein dispergiert, so dass das Verbundmaterial der Magnesiumgruppe, das in seinen mechanischen Eigenschaften und im Korrosionswiderstand überlegen ist, kostengünstig hergestellt werden kann. Zusätzlich gibt es den Vorteil, dass, da die Flüssigphase des Mg nicht auftritt, die Veränderung der Abmessungen zwischen dem gepressten Pulvergusskörper und dem nach dem Heizverfahren bereitgestellten Verbundmaterial klein ist.

[0074] Beispielsweise wurden Magnesiumpulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 110 µm) und Quarzpulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 21 µm) vorbereitet, und beide wurden so gemischt, dass die Mischung 38 Gew.-% Quarzpulver aufweist. Nachdem das gemischte Pulver gepresst und bei einem Druck von 600 MPa gegossen wurde, wurde der Gusskörper durch eine Vakuum-Wärmebehandlung verarbeitet, d. h. er wurde bei einer Heiztemperatur von 530°C während 10 Minuten gehalten, und dann wurde das Verbundmaterial X-1 bereitgestellt.

[0075] Es wurde mit Hilfe der Röntgenstrahlbeugung (XRD) ermittelt und überprüft, ob Mg_2Si und MgO in dem Verbundmaterial X-1 synthetisiert waren oder nicht. Das Ergebnis ist in [Fig. 1](#) gezeigt. **Fig. 1(a)** zeigt ein XRD-Ergebnis des gemischten Pulvers vor der Heizbehandlung (**b**) zeigt das XRD-Ergebnis des Musterpulvers (Verbundmaterial X-1) nach der Vakuum-Heizbehandlung. Bezugnehmend auf (1) wurden nur die Beugungsspitzen von Mg und SiO_2 , die das Rohmaterial des gemischten Pulvers bilden, gemessen. Bezugnehmend auf (b) wurden die Beugungsspitzen von Mg_2Si und MgO in dem Musterpulver nach der Vakuum-Heizbehandlung beobachtet. Somit ist nachgewiesen, dass die Oxidations-Reduktions-Reaktion, die durch die obige Formel (I) dargestellt wird, abgelaufen ist, während auf 530°C aufgeheizt und dort gehalten wurde, und Mg_2Si und MgO wurden synthetisiert.

[0076] Als weiteres Beispiel wird ferner eine Beschreibung eines Falles gemacht, bei dem Quarz (SiO_2) mit einem Teilchendurchmesser von etwa 183 μm als zweites Material verwendet wurde.

[0077] Ein gepresster Magnesiumpulverkörper, der nur Magnesium aufweist, wurde vorher vorbereitet. Siliziumoxidpulver (Teilchendurchmesser etwa 183 μm) wurde in den gepressten Pulverkörper eingebettet und durch eine Vakuum-Heizbehandlung verarbeitet, d. h. es wurde bei 530°C während 10 Minuten gehalten. Auf diese Weise wurde das Muster X-2 bereitgestellt.

[0078] Sodann wurde eine Röntgenstrahlbeugung an dem gelieferten Muster X-2 durchgeführt. Das Ergebnis ist in [Fig. 2](#) gezeigt. Wie aus [Fig. 2](#) zu ersehen ist, wurde eine Brechungsspitze des SiO_2 zusätzlich zu den Brechungsspitzen von Mg, Mg_2Si und MgO in dem Muster X-2 erfasst. Somit ist nachgewiesen, dass nicht-umgesetztes SiO_2 , das ein Ausgangsrohmaterial ist, in dem Muster X-2 zurückbleibt.

[0079] Zusätzlich wurde das Muster X-2, und insbesondere das nicht-umgesetzte SiO_2 , das in dem Muster X-2 zurückgeblieben ist, durch eine EDX-Oberflächenmikroanalyse (Energy dispersive X-Ray spectroscopy = EDX) überprüft (die Komponenten Si, Mg beziehungsweise 0 wurden überprüft). Das Ergebnis wurde durch ein Abtast-Elektronenmikroskop fotografiert. Die Fotografie, die durch das Abtast-Elektronenmikroskop gemacht wurde, ist schematisch in [Fig. 3](#) gezeigt. In [Fig. 3](#) bezeichnet das Bezugszeichen 1 eine schematische Darstellung, die ein Foto zeigt, das durch das Abtastelektronenmikroskop gemacht wurde. Als Ergebnis der EDX-Oberflächenmikroanalyse wurde nur Mg in einem Teil, der durch 3 angezeigt ist, erfasst, und Si und 0 wurden erfasst, Mg wurde jedoch in einem Teil, der durch 5 bezeichnet ist, in dem SiO_2 -Teilchen vorhanden zu sein scheinen, nicht erfasst. Des Weiteren wurde Si, 0 und Mg in einem Teil erfasst, der durch 7 bezeichnet ist. Aus dem Ergebnis der EDX-Oberflächenanalyse, das in [Fig. 3](#) gezeigt ist, und aus dem Ergebnis der Röntgenstrahlbeugung, das in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist zu entnehmen, dass der Teil, der mit 5 bezeichnet ist, SiO_2 ist, und dass der Teil, der mit 7 bezeichnet ist, Mg_2Si und MgO ist. Dies zeigt, dass, wenn das als Rohmaterialpulver verwendete Siliziumoxid grob ist, die Reduktionsreaktion durch Mg nicht in die SiO_2 -Teilchen wegen der Aufheizungs-Verzögerungsbedingungen und/oder dem Rohmaterial, und insbesondere wegen des Teilchendurchmessers des SiO_2 fortschreitet, so dass das SiO_2 in einigen Fällen in der Mitte des Teilchens übrig bleibt. Folglich kann das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, in dem nicht-umgesetztes SiO_2 zusätzlich zu Mg_2Si und MgO, die durch die Synthesereaktion erzeugt worden sind, dispergiert ist, durch Kontrolle des Teilchendurchmessers des ersten Materials und/oder des zweiten Materials, beispielsweise durch Kontrolle des Teilchendurchmessers des SiO_2 des zweiten Materials, abgestimmt werden.

[0080] Als weiteres Beispiel wird ein Fall beschrieben, bei dem ein Quarzglas als zweites Material verwendet wurde.

[0081] Reines Mg-Pulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 112 μm) und Quarzglaspulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 62 μm) wurden vorbereitet, und beide wurden so gemischt, dass 10 Gew.-% Quarzglas auf der Grundlage von 100 Gew.-% Mischung vorhanden ist. Die Vakuum-Hitzebehandlung wurde an diesem gemischten Pulver durchgeführt, d. h. das gemischte Pulver wurde aufgeheizt und bei 600°C während 10 Minuten gehalten. Als Ergebnis wurde ein Muster X-3 bereitgestellt.

[0082] Die Röntgenstrahlbeugung wurde an dem Muster X-3 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) gezeigt. [Fig. 4A](#) ist ein Ergebnis der Röntgenstrahlbeugung für das gemischte Pulver vor der Heizbehandlung, und [Fig. 4B](#) zeigt das Ergebnis der Röntgenstrahlbeugung für das Muster X-3, bei dem die Vakuum-Heizbehandlung durchgeführt worden war. Da das Quarzglas amorph ist, wird seine Beugungsspitze nicht erfasst, sondern nur die Spitzen des anderen Materials Mg werden in dem gemischten Pulver erfasst, wie in [Fig. 4A](#) gezeigt ist. Die Beugungsspitzen von Mg_2Si und MgO werden zusätzlich zu den Beugungsspitzen des Mg-Rohmaterials nach der Heizbehandlung erfasst, wie in [Fig. 4B](#) gezeigt ist. Wie aus den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) ersichtlich ist, kann selbst dann, wenn Quarzglas verwendet wird, das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, bei dem bei Si und MgO dispergiert sind, hergestellt werden.

[0083] Das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis der vorliegenden Erfindung und das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis, das durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellt worden ist, haben eine hohe Härte, einen hohen Korrosionswiderstand und eine ausgezeichnete Abriebfestigkeit, und sie sind leicht, und ferner haben sie eine verminderte Aggressivität gegenüber angrenzenden Bauteilen. Folglich können sie als ein strukturelles Verbundmaterial, beispielsweise für Automobilkomponenten oder elektrische Haushaltsgeräte angewendet werden, bei denen beispielsweise die vorstehenden Eigenschaften gleichzeitig gefordert werden.

Beispiel

[0084] Obwohl die vorliegende Erfindung im folgenden im Einzelnen unter Bezugnahme auf Beispiele beschrieben wird, ist die vorliegende Erfindung nicht nur auf die folgenden Beispiele eingeschränkt.

Beispiel 1

[0085] Als Ausgangsrohmaterial wurden Mg-Pulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 165 μm) und Siliziumoxidpulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 58 μm) vorbereitet, und beide wurden so miteinander kombiniert, dass das Siliziumoxidpulver mit einem Verhältnis (Gew.-%), das in Tabelle 1 gezeigt ist, in 100 Gew.-% der Mischung vorhanden ist, und sodann wurde mit einer Kugelmühle gleichmäßig gemischt.

[0086] Eine runde Gussform mit einem Durchmesser von 34mm wurde mit dem bereitgestellten, gemischten Pulver gefüllt, und ein Oberflächendruck von 5 t/cm² wurde aufgebracht. Auf diese Weise wurden die gepressten Pulvergusskörper A-1 bis A-7 hergestellt.

[0087] Außer den gepressten Pulvergusskörpern wurde ein Röhrenofen, wie unten beschrieben wird, vorbereitet. D. h., der Röhrenofen wurde mit Stickstoffgas (Gasflussrate: 3 dm³/min) gefüllt, und die Temperatur in dem Ofen wurde auf 480°C geregelt. Die gepressten Pulvergusskörper A-1 bis A-6 wurden in den Rohrofen eingebracht und aufgeheizt und während 10 Minuten gehalten. Sodann wurden sie aus dem Ofen herausgenommen und sofort durch ein Pulver-Formgebungsverfahren verfestigt, so dass sie eine relative Dichte von 99% oder mehr hatten, und die festen Körper B-1 bis B-7 aus Verbundmaterialien auf Magnesiumbasis wurden bereitgestellt. Zusätzlich waren die Bedingungen des Pulver-Formgebungsverfahrens so, dass die Gusstemperatur 250°C betrug, und dass der Oberflächendruck 8 t/cm² betrug, und ein wasserlösliches Mehrmittel wurde an einer Wandoberfläche der Gussform zugegeben, um die Adhäsion zwischen dem verfestigten Körper und der Gussform zu verhindern.

[0088] Die Verbundmaterialien auf Magnesiumbasis B1 bis B-7 wurden durch eine Röntgenstrahlbeugung darauf überprüft, ob Mg₂Si und MgO erzeugt wurden, und auch der Gehalt an Mg₂Si und MgO wurde ermittelt. Das Ergebnis der gemessenen Zugfestigkeit und Härte HRE (Rockwell Härte/E-Skala) sind ebenfalls in Tabelle 1 zusammen mit dem vorstehenden Ergebnis gezeigt. Zusätzlich umfassen die Verbundmaterialien B-1 und B-7 außer Mg₂Si und MgO nur Mg.

Zusätzlich wurde die Zugfestigkeit wie folgt gemessen.

Messung der Zugfestigkeit

[0089] Als Testmuster wurde ein Testkörper (Durchmesser: 3,5mm und paralleler Teil: 14mm) vorbereitet. Der Zugfestigkeitstest wurde so durchgeführt, dass das Testmuster auf einem 10-Tonnen-Autographen montiert wurde, und dass eine Zuglast mit einer Auslenkungsgeschwindigkeit von 0,5mm/min angewendet wurde. Als Zugfestigkeit wurde ein Wert betrachtet, der so bestimmt wurde, dass die Last, bei der das Testmuster gebrochen ist, durch die Bruchfläche dividiert wurde.

Tabelle 1

Tabelle 1: Eigenschaften der gepressten Pulvergusskörper A-1 bis A-7 und der Verbundmaterialien B-1 bis B-7.

Ver- such Nr.	Ge- press- ter Pul- ver- guss- kör- per	Silizi- um- oxid- ge- halt (Gew. -%)	Ver- bund- mate- rial	Gebildeter Gehalt durch Reaktion (Gew.-%)		Mechanische Eigenschaften		Ande- re
				Mg ₂ Si	MgO	Härte HRE	Zugfestigkeit (MPa)	
1	A-1	3,0	B-1	3,7	3,9	52,2	102	
2	A-2	5,0	B-2	6,2	6,6	60,1	114	
3	A-3	7,5	B-3	9,4	9,9	69,8	132	
4	A-4	10,0	B-4	12,5	13,1	78,6	144	
5	A-5	13,5	B-5	16,8	17,8	87,4	146	Werk- zeug Ab- rieb
6	A-6	1,5	B-6	1,7	1,8	42,5	68	
7	A-7	0	B-7	0	0	40,2	63	Adhäsion am Werk- zeug

[0090] Es ist gezeigt, dass Mg₂Si und MgO durch die Reaktion von Mg-Pulver und Siliziumoxidpulver bei dem Heizschritt in den gepressten Pulvergusskörpern A-1 bis A-4, d. h. in den Verbundmaterialien B-1 bis B-4, erzeugt werden. Zusätzlich ist gezeigt, dass die Verbundmaterialien auf Magnesiumbasis vorteilhafte mechanische Eigenschaften und eine vorteilhafte Maschinen-Bearbeitbarkeit haben, weil die Bestandteile an Mg₂Si und MgO, die in den Verbundmaterialien dispergiert sind, sich in einem geeigneten Bereich befinden.

[0091] Was den gepressten Pulvergusskörper A-5, d. h. das Verbundmaterial B-5, betrifft, gibt es, da die Bestandteile an Mg₂Si und MgO den geeigneten Bereich überschreiten, ein Problem bei der Maschinen-Bearbeitbarkeit aufgrund von Werkzeugabrieb. Was die gepressten Pulvergusskörper A-6 und A-7, d. h. die Verbundmaterialien B-6 und B-7 betrifft, ist bei diesen, da die Bestandteile von Mg₂Si und MgO niedriger als der geeignete Bereich sind, keinen ausreichenden Verbesserungseffekt der mechanischen Eigenschaften. Insbesondere was den gepressten Pulvergusskörper A-7, d. h. das Verbundmaterial B-7, betrifft, so ist, da es ein reines Mg-Material ist, die Adhäsion an dem Werkzeug während der mechanischen Verarbeitung erheblich erhöht, und seine Maschinen-Bearbeitbarkeit ist vermindert.

Beispiel 2

[0092] Als Ausgangsrohmaterial wurden ein reines Mg-Pulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 112 µm), ein AZ91D-Magnesiumlegierungspulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 61 µm, wenn Zusammensetzung: Mg-9A1-1Zn/Massenprozent) und Lithiumoxidpulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 24 µm) vorbereitet. Das reine Mg-Pulver und das Siliziumoxidpulver wurden zusammengeführt, und das Mg-Legierungspulver und das Siliziumoxidpulver wurden zusammengeführt, so dass 8 Gew.-% des Siliziumoxidpulvers auf der Grundlage von 100 Gew.-% Mischung enthalten war. Sodann wurden sie gleichmäßig gemischt unter Verwendung einer Kugelmühle, und das gemischte Pulver war bereitgestellt. Sodann wird eine runde Gussform mit einem Durchmesser von 11mm mit dem bereitgestellten, gemischten Pulver gefüllt, und ein Oberflächendruck von 8 t/cm² wurde aufgewendet. Auf diese Weise wurden die gepressten Pulvergusskörper A-8 bis A-17 hergestellt.

[0093] Außer den gepressten Pulvergusskörpern wurde ein Rohrofen, wie unten beschrieben wird, vorberei-

tet. Der Rohrofen wurde mit Stickstoffgas (Gaszuflussrate: 3 dm³/min) gefüllt, und die Temperatur in dem Ofen wurde auf Werte geregelt, die in Tabelle 2 gezeigt sind. Die gepressten Pulvergusskörper A-8 bis A-17 wurden in den Rohrofen eingebracht und aufgeheizt und während 30 Minuten gehalten. Sodann wurden sie auf Zimmertemperatur in dem Ofen, der das Stickstoffgas enthält, abgekühlt und aus dem Ofen herausgenommen. Auf diese Weise wurden die Verbundmaterialien B-8 bis B-17 der Magnesiumgruppe bereitgestellt. Sie wurden durch die Röntgenstrahlbeugung darauf überprüft, ob Mg₂Si und MgO erzeugt wurden und ob nicht umgesetztes SiO₂ enthalten war oder nicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 gezeigt. Die Verbundmaterialien B-8 bis B-12 enthielten außer den in Tabelle 2 gezeigten Komponenten nur Mg. Zusätzlich enthielten die Verbundmaterialien B-13 bis B-15 und B-17 Komponenten einer Mg-Legierung, d. h. Mg, AL und ZN, außer den in Tabelle gezeigten Komponenten.

Tabelle 2

Tabelle 2: Eigenschaften von gepressten Pulvergusskörpern A-8 bis A-17 und Verbundmaterialien B-8 bis B-17.

Versuch Nr.	Gepresster Pulvergusskörper	Kombination von gemischtem Pulver	Heiztemperatur (°C)	Verbundmaterial	Vorhandense oder Fehlen erfasst durch Röntgeinnstrahlbeugung		
					Mg ₂ Si	MgO	SiO ₂
8	A-8	Mg/SiO ₂	280	B-8	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
9	A-9	Mg/SiO ₂	360	B-9	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
10	A-10	Mg/SiO ₂	450	B-10	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
11	A-11	Mg/SiO ₂	520	B-11	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
12	A-12	Mg/SiO ₂	610	B-12	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
13	A-13	Mg-Legierung/SiO ₂	260	B-13	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
14	A-14	Mg-Legierung/SiO ₂	480	B-14	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
15	A-15	Mg-Legierung/SiO ₂	580	B-15	Vorhanden	Vorhanden	Fehlt
16	A-16	Mg/SiO ₂	200	B-16	Fehlt	Fehlt	Vorhanden
17	A-17	Mg-Legierung/SiO ₂	225	B-17	Fehlt	Fehlt	Vorhanden

[0094] Was die gepressten Pulvergusskörper A-8 bis A-15, d. h. die Verbundmaterialien B-8 bis B-15, die die Mischungen des reinen Mg-Pulvers mit dem Siliziumoxidpulver und die Mischungen des Mg-Legierungspulvers und des Siliziumoxidpulvers sind, betrifft, ist gezeigt, dass Mg₂Si und MgO durch eine Reaktion des reinen Mg-Pulvers und des Siliziumoxidpulvers oder eine Reaktion des Mg-Legierungspulvers und des Siliziumoxidpulvers bei dem Aufheizverfahren unter geeigneten Heiz- und Haltebedingungen erzeugt worden sind.

[0095] Gemäß den gepressten Gusskörpern A-16 und A-17, d. h. den Verbundmaterialien B-16 und B-17 läuft, da die Heiztemperaturbedingungen niedriger als ein geeigneter Bereich liegen, die Reaktion in dem Heizverfahren nicht ab. Als Ergebnis werden Mg₂Si und MgO nicht erzeugt, und es bleibt nicht umgesetztes SiO₂, welches das Startrohmaterial ist, übrig.

Beispiel 3

[0096] Als Startrohmaterialien wurden reines Mg-Pulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 112 µm) und Quarzglaspulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 45 µm) vorbereitet. Sie wurden so zusammengeführt, dass 5

Gew.-% Quarzglaspulver auf der Grundlage von 100 Gew.-% gemischtem Pulver vorhanden ist. Sodann wurde die Mischung gleichmäßig unter Verwendung einer Kugelmühle gemischt. Sodann wurde eine Ringform mit einem Durchmesser von 11mm mit dem gelieferten, gemischten Pulver gefüllt, und ein Oberflächendruck von 8 t/cm² wurde angelegt, und gepresste Pulvergusskörper A-18 bis A-24 wurden hergestellt.

[0097] Außer den gepressten Pulvergusskörpern A-18 bis A-24 wurde ein Rohrofen vorbereitet, wie unten beschrieben wird. Der Rohrofen wurde mit Stickstoffgas (Gasflussrate: 3 dm³/min) gefüllt, und die Temperatur in dem Ofen wurde auf Werte geregelt, die in Tabelle 3 gezeigt sind. Die gepressten Pulvergusskörper A-18 bis A-24 wurden in den Rohrofen eingebracht und aufgeheizt und während 30 Minuten gehalten. Sodann wurden sie auf Zimmertemperatur in dem Ofen, der das Stickstoffgas enthielt, abgekühlt und aus dem Ofen herausgenommen. Als Beweise wurden die Verbundmaterialien B-18 bis B-24 der Magnesiumgruppe bereitgestellt. Sie wurden ebenfalls durch Röntgenstrahlbeugung geprüft, ob Mg₂Si und MgO erzeugt wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 gezeigt. Die Verbundmaterialien B-18 bis B-24 enthielten zusätzlich nur Mg außer den Komponenten von Mg₂Si und MgO, die in Tabelle 3 gezeigt sind.

Tabelle 3

Tabelle 3: Eigenschaften der gepressten Pulvergusskörper A-18 bis A-24 und der Verbundmaterialien B-18 bis B-24.

Versuch Nr.	Gepresster Pulvergusskörper	Heiztemperatur (°C)	Verbundmaterial	Vorhandensein oder Fehlen erfasst durch Röntgenstrahlbeugung	
				Mg ₂ Si	MgO
18	A-18	280	B-18	Vorhanden	Fehlt
19	A-19	340	B-19	Vorhanden	Fehlt
20	A-20	470	B-20	Vorhanden	Fehlt
21	A-21	575	B-21	Vorhanden	Fehlt
22	A-22	620	B-22	Vorhanden	Fehlt
23	A-23	190	B-23	Fehlt	Vorhanden
24	A-24	235	B-24	Fehlt	Vorhanden

[0098] Was die gepressten Pulvergusskörper A-18 bis A-22, d. h. die Verbundmaterialien B-18 bis B-24 betrifft, ist gezeigt, dass Mg₂Si und MgO durch eine Reaktion des reinen Mg-Pulvers mit dem Quarzglaspulver bei dem Heizverfahren in den gepressten Pulvergusskörpern aus reinem Mg-Pulver und Quarzglaspulver unter geeigneten Heiz- und Haltebedingungen erzeugt wurden.

[0099] Bei den gepressten Gusskörpern A-23 und A-24, d. h. bei den Verbundmaterialien B-23 und B-24 läuft, da die Heiztemperatur Bedingungen niedriger als der geeignete Bereich sind, die Reaktion in dem Heizverfahren nicht ab. Als Ergebnis werden Mg₂Si und MgO nicht erzeugt.

Beispiel 4

[0100] Als Startrohmaterial wurden reines Mg-Pulver (mittlere Teilchengröße: 165 µm), Lithiumoxidpulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 58 µm) und Si-Pulver (mittlerer Teilchendurchmesser: 165 µm) vorbereitet.

[0101] Unter Verwendung davon wurden gepresste Pulvergusskörper A-(a) bis A-(c) und Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c) auf Magnesiumbasis durch die folgenden Verfahren (a) bis (c) bereitgestellt.

[0102] Verfahren (a): Reines Mg-Pulver und Siliziumoxidpulver wurden zusammengeführt, so dass 4,5 Gew.-% Siliziumoxidpulver auf der Grundlage von 100 Gew.-% der Mischung vorhanden war, und sie wurden gleichmäßig durch eine Kugelmühle gemischt.

[0103] Verfahren (b): Reines Mg-Pulver und Si-Pulver wurden zusammengeführt, so dass 2 Gew.-% des Siliziumpulvers auf der Grundlage von 100 Gew.-% der Mischung vorhanden waren, und sie wurden durch die Kugelmühle gleichmäßig gemischt.

[0104] Verfahren (c): Reines Mg-Pulver und das Si-Pulver wurden kombiniert, so dass 4 Gew.-% des Si-Pulvers auf der Grundlage von 100 Gew.-% der Mischung vorhanden waren, und sie wurden durch die Kugelmühle gleichmäßig gemischt.

[0105] Eine runde Form mit einem Durchmesser von 34mm wurde mit dem bereitgestellten, gemischten Pulver gefüllt, und ein Oberflächendruck von 8 t/cm² wurde aufgebracht. Auf diese Weise wurden die gepressten Pulvergusskörper A-(a) bis A-(c) hergestellt.

[0106] Außer den gepressten Pulvergusskörpern A-(a) bis A-(c) wurde ein Rohofen vorbereitet, wie unten beschrieben wird. Der Rohofen wurde mit Stickstoffgas (Gasflussrate: 3 dm³/min) gefüllt, und die Temperatur in dem Ofen wurde auf 500°C geregelt. Die gepressten Pulvergusskörper A-(a) bis A-(c) wurden in den Rohofen eingebracht und aufgeheizt und während 10 Minuten gehalten. Wenn sie aus dem Ofen herausgenommen und sofort durch ein Pulverformgebungsverfahren verfestigt, so dass sie eine relative Dichte von 99% oder mehr hatten, und die verdichteten Körper, d. h. die Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c) der Magnesiumgruppe wurden bereitgestellt. Die Bedingungen des Pulverformgebungsverfahrens waren zusätzlich so, dass die Gusstemperatur 250°C betrug, dass der Oberflächendruck 8 t/cm² betrug, und ein wasserlösliches Gleitmittel wurde an einer Wandoberfläche der Gussform im Hinblick darauf zugegeben, dass die Adhäsion zwischen dem verfestigten Körper und der Gussform verhindert wird.

[0107] Der Gehalt an Mg₂Si und MgO in den Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c) auf Magnesiumbasis wurde überprüft.

[0108] Als Ergebnis war der Gehalt an Mg₂Si gleich 5,5 Gew.-%, und der von MgO war 5,8 Gew.-% auf der Grundlage von 100 Gew.-% des Verbundmaterials B-(a). Der zusätzliche Rest war nur Mg.

[0109] Obwohl der Gehalt an Mg₂Si bei 5,3 Gew.-% auf der Grundlage von 100 Gew.-% des Verbundmaterials B-(b) war, konnte MgO nicht festgestellt werden. Der Rest war zusätzlich nur Mg.

[0110] Obwohl der Gehalt an Mg₂Si gleich 11,2 Gew.-% auf der Grundlage von 100 Gew.-% des Verbundmaterials B-(c) war, konnte MgO nicht festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. Der Rest war zusätzlich nur Mg.

[0111] Auf diese Weise wurde bestätigt, dass der Gehalt an Mg₂Si in dem Material B-(a) und dem Material B-(b) nahezu gleich groß war. Zusätzlich wurde bestätigt, dass der Gehalt an Mg₂Si von 11,2 Gew.-% in dem Material B-(c) nahezu gleich dem Wert war, der durch Zugabe des Gehalts von Mg₂Si (5,5 Gew.-%) zu dem Gehalt von MgO (5,8 Gew.-%) in dem Material B-(a) war, d. h. 11,3 Gew.-%.

Abriebtest

[0112] Ein Abriebtest wurde an den Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c) durchgeführt. Ein Testverfahren ist schematisch in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0113] Stiff förmige Abriebtestmuster **13** mit einem Durchmesser von 7mm wurden aus den Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c) genommen. Als gegenüberliegendes Bauteilmaterial wurde ein reifenförmiges Testmuster verwendet, das AZ91 D-Magnesiumlegierung aufwies.

[0114] Die Testbedingungen sind so, dass die Druckkraft gleich 50kg, die Gleitgeschwindigkeit gleich 1 m/sec und die Testzeit gleich 30 Minuten ist, und der Abriebtest wurde unter Nassbedingungen durchgeführt, wobei die Testmuster **13** und **15** in einem Schmiermittelöl (Maschinenöl) **15** befüllt waren.

[0115] Die maximale Höhe R_{max} in der Gleitoberfläche von jedem Muster nach dem Test wurde durch eine Oberflächenrauigkeits-Messvorrichtung (Oberflächenrauigkeits-Messvorrichtung, die ein Taststift-Verfahren verwendet) gemäß JIS B 0651: 1996 gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. R_{max} bedeutet eine maximale Höhe in einem Teil, in dem ein Abstand einer Referenzlänge L in einer Sektorkurve entfernt worden ist, und sie wird durch Mikrometer (µm) angegeben. Die Messung wurde jedoch dadurch durchgeführt, dass die Referenzlänge nur für einen Teil entfernt wurde, in dem kein extrem hoher oder tiefer Teil vorhanden war, der als Fehler erschien. Ferner war die Oberflächenrauigkeit R_{max} in der Gleitoberfläche des zapfenförmigen und des scheibenförmigen Abrieb-Testmusters vor dem Test 1,5 bis 2.

Tabelle 4

Tabelle 4: Eigenschaften der gepressten Pulvergusskörper A-(a) bis A-(c) und der Verbundmaterialien B-(a) bis B-(c)

Versuch Nr.	Gepresster Pulvergusskörper	Verbundmaterial	Gebildeter Gehalt (Gew.-%)		Rmax der Oberflächenrauigkeit nach dem Abriebtest	
			Mg ₂ Si	MgO	Zapfenförmiges Testmuster	Scheibenförmiges Testmuster
(a)	A-(a)	B-(a)	5,5	5,8	8,8	11,2
(b)	A-(b)	B-(b)	5,3	0	12,3	26,5
(c)	A-(c)	B-(c)	11,2	0	7,2	39,4

[0116] Bei dem Verbundmaterial B-(a) ist die Oberflächenrauigkeit selbst, d. h. der Wert der Oberflächenrauigkeit des zapfenförmigen Abriebtestmusters klein im Vergleich zu dem des Verbundmaterials B-(b), das nahezu die gleiche Menge an Mg₂Si enthält. Bei dem Verbundmaterial B-(a) ist die Oberflächenrauigkeit des gegenüberliegenden Materials, d. h. die Oberflächenrauigkeit des scheibenförmigen Abrieb-Testmusters, ebenfalls klein, und sie beträgt die Hälfte oder weniger als die des Verbundmaterials B-(b). Dies zeigt, dass, da das Verbundmaterial B-(a) sowohl MgO als auch Mg₂Si enthält, die Aggressivität gegenüber dem angrenzenden Bauteil erheblich verbessert ist.

[0117] Wenn das Verbundmaterial B-(a) mit dem Verbundmaterial B-(c) verglichen wird, ist ferner folgendes verständlich. Es ist gezeigt, dass, wenn der Gehalt des Mg₂Si in dem Verbundmaterial groß ist, die Abriebfestigkeit des Verbundmaterials selbst in einem gewissen Maße verbessert wird. Es ist ersichtlich, dass der Wert der Oberflächenrauigkeit des zapfenförmigen Abrieb-Testmusters des Verbundmaterials B-(c), bei dem der Gehalt an Mg₂Si groß ist, klein wird. Die Oberflächenrauigkeit der Gleitoberfläche des gegenüberliegenden Bauteilmaterials (Oberflächenrauigkeit des scheibenförmigen Abriebtestmusters) in dem Verbundmaterial B-(c) ist dreimal oder mehr so groß wie die des Verbundmaterials B-(a).

[0118] Daher wird gefunden, dass das Verbundmaterial B-(a) nahezu dasselbe Maß an Abriebfestigkeit hat wie das Verbundmaterial B-(c), während die Aggressivität gegenüber dem anliegenden Bauteil verbessert wird.

Beispiel 5

[0119] Grobes AZ31-Pulver und feines Siliziumoxid (SiO₂-Pulver) wurden vorbereitet. Als Startrohmaterial wurde ferner Graphitpulver mit einem mittleren Teilchendurchmesser von 3 µm als feste Schmierkomponente verwendet. Ihr Zusammensetzungsverhältnis ist in Tabelle 5 gezeigt.

Tabelle 5

Nr.	Kombinierte (nach Gewicht) Zusammensetzung			Phase durch XRD identifiziert	Mittlerer Reibungskoeffizient (μ)	Zugfestigkeit des extrudierten Materials
	SiO ₂	Graphit	AZ31			
1	3	0	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,035	344
2	3	0,5	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,014	320
3	3	1,0	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,012	312
4	3	2,0	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,011	306
5	3	3,0	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,010	302
6	3	3,5	Rest	MgO, Mg ₂ Si, Mg ₂ Al ₃ , Mg	0,058	268

[0120] Ein säulenförmiger, gepresster, verfestigter Pulverkörper mit einem Durchmesser von 40mm wurde aus jeder Pulvermischung hergestellt, und, nachdem jeder verfestigte Körper aufgeheizt und bei 550°C während 5 Minuten in einem Rohrofen gehalten wurde, der mit Stickstoffgas gefüllt war, wurde sofort ein Warmextrusionsverfahren mit einem Extrusionsverhältnis von 25 durchgeführt, um eine extrudierte Stange mit einem Durchmesser von 8mm zu erhalten. Als Ergebnis der Röntgenstrahlbeugung für jede Magnesiumlegierung nach der Extrusion wurde bestätigt, dass Mg₂Si-Teilchen durch eine Festphasenreaktion erzeugt wurden.

[0121] Um den Reibungskoeffizienten durch den Abriebtest zu messen, wurde ein zapfenförmiges Abriebtestmuster (Durchmesser: 6,8mm) aus der extrudierten Stange erhalten. S35C-Stahl wurde als scheibenförmiges Material des gegenüberliegenden Bauteils verwendet, und die Bedingungen waren so, dass die Druckbelastung 500N betrug, die Gleitgeschwindigkeit gleich 1m/s war, und dass die Testzeit 30 min an einem Stück betrug. Der Test wurde ferner unter Nass-Schmierbedingungen durchgeführt, bei denen ein Maschinenschmieröl (10W30) von dem oberen Teil des zapfenförmigen Testmusters runter tropft, so dass das Schmieröl immer auf der Gleitoberfläche zwischen dem zapfenförmigen Testmuster und dem scheibenförmigen Testmuster vorhanden war. Die Reibungskoeffizienten, die aus den gemessenen Reibungsdrehmomenten berechnet wurden, sind in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0122] Bei den Mustern Nr. 1 bis 5 ist, da der Gehalt des Graphitpulvers, das als Schmierkomponente dient, erhöht ist, die Zugfestigkeit der Magnesiumlegierung leicht vermindert, der Reibungskoeffizient kann jedoch weitgehend reduziert.

[0123] Bei dem Muster Nr. 6 ist, da die zugegebene Menge an Graphit den geeigneten Bereich übersteigt, die Zugfestigkeit des extrudierten Materials erheblich vermindert. Als Ergebnis wird, da ein Adhäsions-Phänomen mit dem gegenüberliegenden Material durch eine Abriebbeschädigung des zapfenförmigen Testmusters bei dem Verfahren des Abriebtests verursacht wird, der Reibungskoeffizient umso mehr erhöht.

Patentansprüche

1. Strukturkomponentenwerkstoff umfassend einen Verbundwerkstoff auf Magnesiumbasis, in dem Teilchen, die durch eine Festphasenreaktion mit Magnesium erzeugt werden, gleichmäßig in einem Magnesiumlegierungskörper dispergiert sind, wobei die Verbindungsteilchen Magnesiumsilizid (Mg₂Si) und Magnesiumoxid (MgO) aufweisen, das durch eine Festphasenreaktionssinterung zwischen Magnesium (Mg) und Siliziumdioxid (SiO₂) in einem gepressten Pulvergusskörper während der Aufheizung erzeugt wird, gekennzeichnet dadurch, dass es 3 bis 15 Gewichtsteile des Magnesiumsilizids (Mg₂Si) und 3 oder mehr Gewichtsteile des Magnesiumoxids (MgO) bezogen auf 100 Gewichtsprozent des Verbundmaterials der Magnesiumgruppe aufweist.

2. Strukturkomponentenmaterial umfassend ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß Anspruch 1,

worin die Verbindungsteilchen ferner eine SiO_2 -Komponente umfassen.

3. Strukturkomponentenmaterial umfassend ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß Anspruch 1, umfassend 5 bis 8 Gewichtsteile des Magnesiumsilizids.

4. Strukturkomponentenmaterial umfassend ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß Anspruch 1, umfassend 3 bis 15 Gewichtsteile des Magnesiumoxids bezogen auf 100 Gewichtsteile des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis.

5. Strukturkomponentenmaterial umfassend ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß Anspruch 4, umfassend 5 bis 8 Gewichtsteile des Magnesiumoxids.

6. Strukturkomponentenmaterial umfassend ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis gemäß Anspruch 1, worin das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis ein Graphitpulver als Festkörper-Schmiermittel aufweist, und ein Graphitpulvergehalt 0,5 bis 3 Gewichtsprozent in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis beträgt.

7. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, umfassend:

einen Schritt, der Bereitstellung einer Mischung durch Mischen eines ersten Magnesium enthaltenden Materials und eines zweiten eine SiO_2 -Komponente enthaltenden Materials, so dass sie 2,5 bis 12 Gewichtsteile der SiO_2 -Komponente bezogen auf 100 Gewichtsprozent der Gesamtmenge der ersten und zweiten Materialien umfasst;

einen Schritt der Bereitstellung eines gepressten Pulvergusskörpers durch Aufbringen eines Drucks auf die Mischung; und

einen Schritt des Aufheizens des gepressten Pulvergusskörpers auf 250°C oder mehr in einer Inertgasatmosphäre oder einem Vakuum, um Magnesiumsilizid (Mg_2Si) und Magnesiumoxid (MgO) in einem Magnesiumlegierungskörper durch eine Festphasenreaktionsinterung zwischen Mg und SiO_2 in dem gepressten Pulvergusskörper zu erzeugen.

8. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 7, worin das Verbundmaterial auf Magnesiumbasis ferner SiO_2 aufweist, und worin das SiO_2 gleichförmig in dem Verbundmaterial auf Magnesiumbasis dispergiert ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 7, worin 3 oder mehr Gewichtsteile Mg_2Si in 100 Gewichtsteilen des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis enthalten ist.

10. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 7, wobei 3 oder mehr Gewichtsprozent des MgO in 100 Gewichtsprozent des Verbundmaterials auf Magnesiumbasis enthalten ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 7, ferner umfassend einen Schritt des Mahlens der Mischung vor dem Schritt des Bereitstellens des gepressten Pulvergusskörpers.

12. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 11, umfassend einen Schritt der Druckzusammenfügung der Mischung nach dem Schritt des Zermahlens der Mischung.

13. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 12, umfassend einen Schritt der Zerkleinerung der Mischung nach dem Schritt der Druckzusammenfügung der Mischung.

14. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 7, worin eine Heiztemperatur des gepressten Pulvergusskörpers 250°C oder mehr und nicht mehr als ein Schmelzpunkt des Magnesiums beträgt.

15. Verfahren zur Herstellung eines Strukturkomponentenmaterials, das ein Verbundmaterial auf Magnesiumbasis aufweist, nach Anspruch 6, ferner umfassend einen Schritt der Ausbildung einer neuen Phase in dem Magnesium in dem ersten Material durch Zermahlen und/oder Druckverbinden und/oder Zerkleinern der

DE 603 13 294 T2 2008.03.06

Mischung vor dem Schritt der Bereitstellung des gepressten Pulvergusskörpers.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG.1

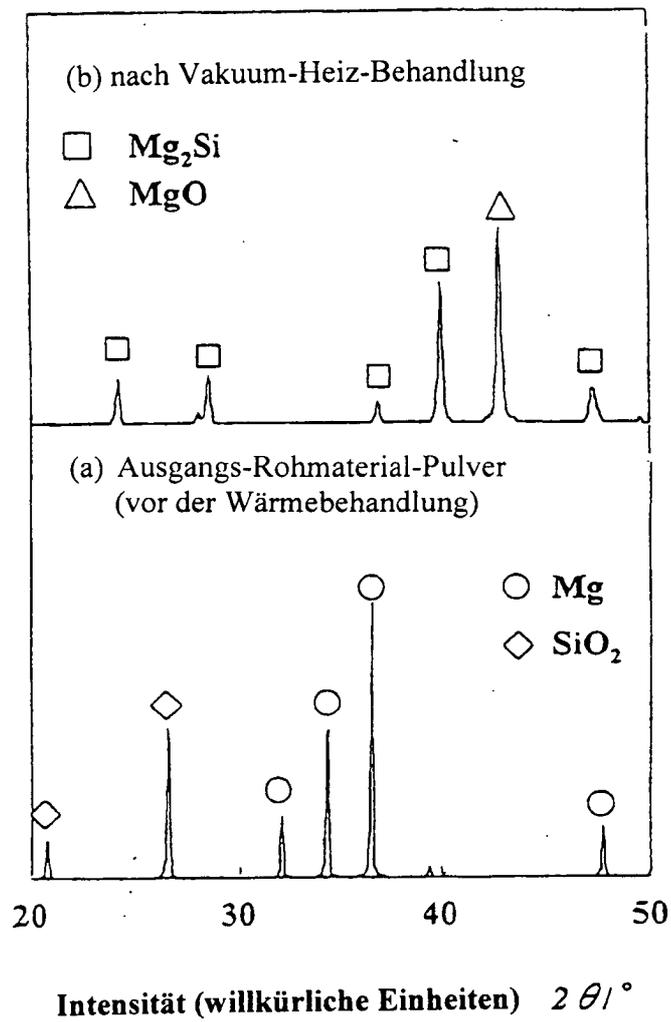


FIG.2

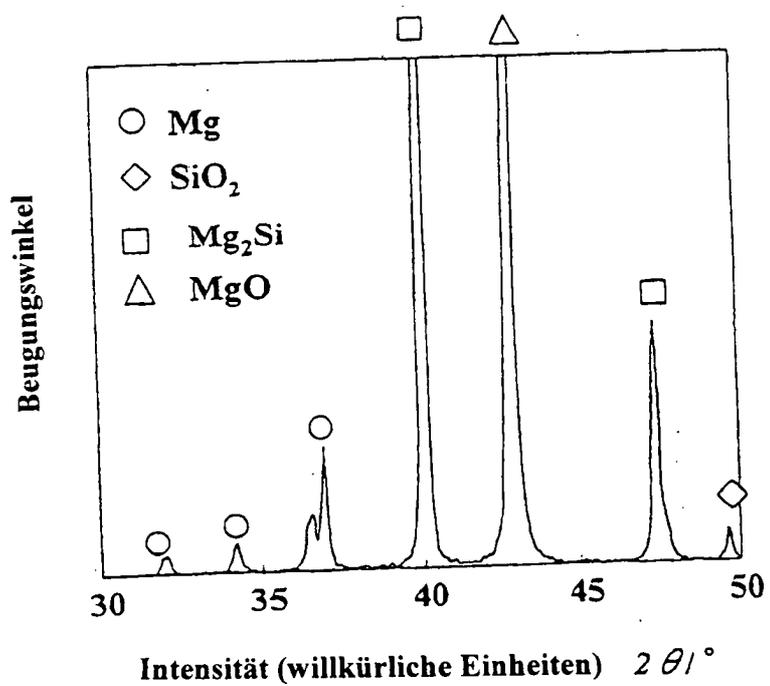
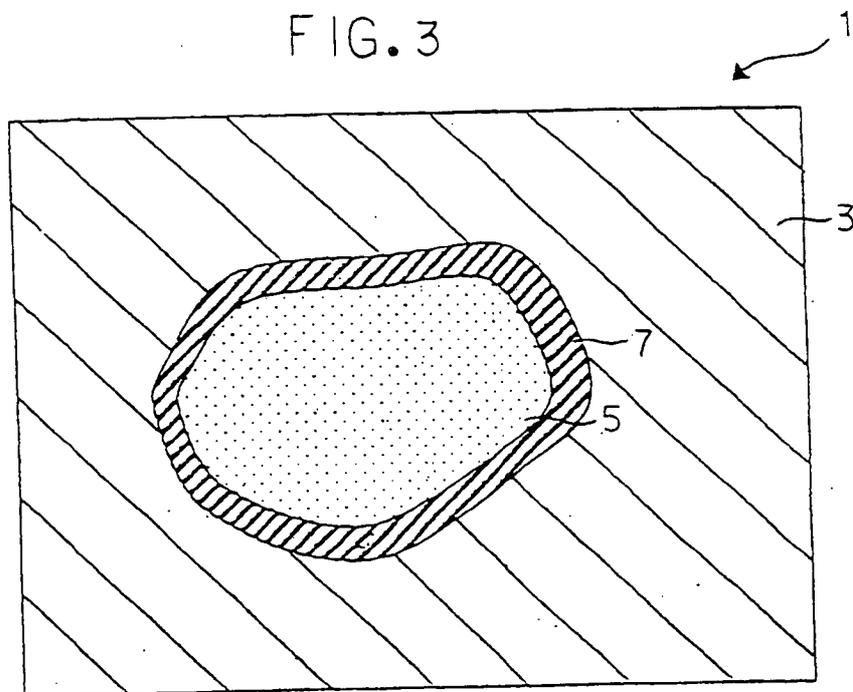
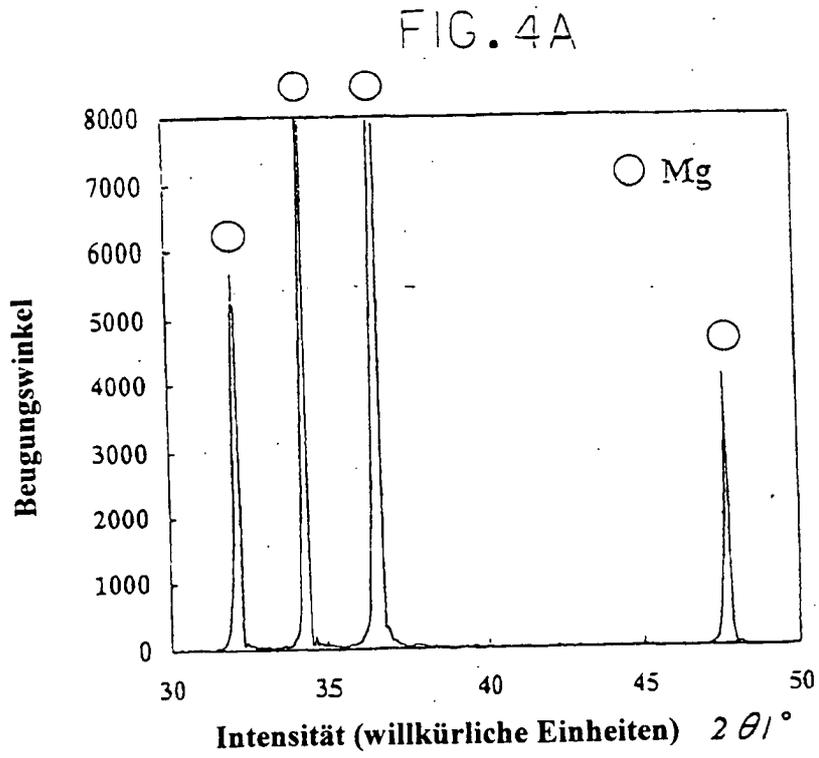
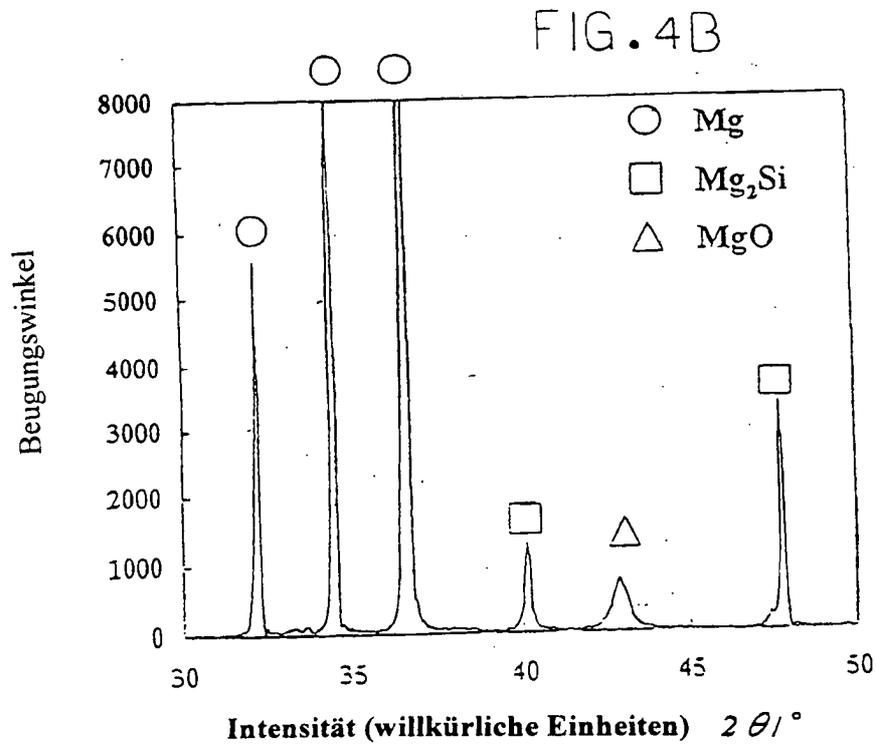


FIG. 3





(a) Start-Rohmaterial
(Pulvergemisch aus Mg-Pulver und Siliziumglas-Pulver)



(b) Gemisches Pulver nach Vakuum-Heiz-Behandlung

FIG. 5

