



(11) **EP 2 128 281 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.12.2009 Patentblatt 2009/49

(51) Int Cl.:
C22C 1/04 (2006.01) C22C 21/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09160462.9**

(22) Anmeldetag: **18.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **26.05.2008 DE 102008001987**

(71) Anmelder: **Leibnitz-Institut für Festkörper- und
Werkstoffforschung Dresden e.V.
01069 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Sakaliyska, Miroslava
01169 Dresden (DE)**

• **Scudino, Sergio
01217 Dresden (DE)**
• **Surreddi, Kumar-Babu
01307 Dresden (DE)**
• **Eckert, Jürgen
01189 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Rauschenbach, Marion
Rauschenbach Patentanwälte,
Bienertstrasse 15
01187 Dresden (DE)**

(54) **Formkörper aus einem aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Die auf das Gebiet der Materialwissenschaften bezogene Erfindung beschreibt einen Formkörper aus einem Verbundwerkstoff, der beispielsweise für Bauelemente oder als Konstruktionswerkstoff im Maschinenbau, Flugzeugbau, Raketenbau, Schiffbau, Bahnbau, Kraftfahrzeugbau eingesetzt wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Formkörpers aus einem aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff, welcher gleichzeitig eine hohe Festigkeit und Duktilität aufweist.

Gelöst wird die Aufgabe durch einen Formkörper, bestehend aus einer Matrix aus Partikeln aus Aluminium und/oder aus einer Aluminiumlegierung mit darin fein ver-

teilten Partikeln der γ - Phase einer AlMg - Verbindung mit einer hexagonalen Kristallstruktur (hcp).

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren, bei dem aus kristallinem Al- und Mg-Pulver auf pulvermetallurgischem Wege die γ - Phase einer AlMg-Verbindung hergestellt, diese mit kristallinem Al-Pulver und/oder ein Aluminiumlegierungspulver als Matrixmaterial gemischt und wiederum durch pulvermetallurgische Verfahren zu einer aluminiumhaltigen Verbindung verarbeitet und diese nachfolgend zu einem Formkörper verdichtet wird.

EP 2 128 281 A1

Beschreibung

[0001] Die auf das Gebiet der Materialwissenschaften bezogene Erfindung beschreibt einen Formkörper aus einem speziellen Verbundwerkstoff. Dieser Werkstoff wird auf Grund seiner vergleichsweise hohen Festigkeitseigenschaften beispielsweise häufig für Bauelemente im Bauwesen verwendet. Der Verbundwerkstoff kann auch auf verschiedenen Gebieten der Technik verwendet werden, im besonderen als Konstruktionswerkstoff im Maschinenbau, Flugzeugbau, Raketenbau, Schiffbau, Bahnbau, Kraftfahrzeugbau sowie in der pharmazeutischen Industrie und im medizinischen Gerätebau, im Bauwesen und in der Haushaltstechnik. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Verbundwerkstoffes.

[0002] Aluminiumlegierungen und aluminiumreiche Legierungen haben zunehmend an wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Bedeutung gewonnen.

[0003] Das Einsatzspektrum für Leichtmetall-Komponenten erweitert sich stetig. Insbesondere im Automobilbau, aber auch in vielen anderen Bereichen sind Leichtbauteile - vor allem aus Aluminium, aber auch aus Magnesium oder Titan - inzwischen Standard (Venir, ATZ/MTZ - Sonderausgabe: Werkstoffe im Automobilbau (1998-1999) 54-56; Brungs, H. u.a., ATZ/MTZ - Sonderausgabe: Werkstoffe im Automobilbau (1998-1999) 50-53).

[0004] Die Karosserie gibt mit ihrem Design dem Auto seine Form, bietet den Passagieren Schutz vor Wind und Wetter, und im Falle eines Unfalls wandelt sie dank ihrer ausgeklügelten Struktur gezielt kinetische Energie in Verformungsenergie um. Vor Jahren wäre es fast undenkbar gewesen Stahl durch Aluminium zu ersetzen.

[0005] Der wichtigste Vorteil der Aluminiumlegierungen ist, dass sie neben einem guten Niveau von physikalisch-mechanischen und andere Charakteristiken, eine niedrige Dichte von $2,79 \text{ g/cm}^3$ besitzen, sowie eine starke Affinität zu Sauerstoff haben, was der Grund für die allgemein gute Korrosionsbeständigkeit auf Grund der Bildung dichter Deckschichten ist. Darüber hinaus ist der Aluminiumrohstoff in der Natur recht weit verbreitet.

[0006] Das leichte Metall (Al), mit niedrigem spezifischem Gewicht, kommt zwar nur bei wenigen Modellen - die bekanntesten sind sicher der Audi A8, so wie der nicht mehr gebaute A2 - für die Gesamt-Karosserie zum Einsatz. Bei Hauben und Anbauteilen sowie im Bereich des Fahrwerks ist Aluminium mit seinen diversen Legierungen nicht mehr weg zu denken (Materialica 2001).

[0007] BMW, bereits Vorreiter beim Einsatz von Aluminium und aluminiumreichen Legierungen im hoch belasteten Fahrwerksbereich, ging beim seinen Modellen der Fünfer-Baureihe sogar so weit, den gesamten Vorderwagen aus Aluminium zu fertigen.

[0008] Im Aluminium-Motorblock des Porsche Boxster - seit 1996 auf dem Markt - sorgen an Stelle herkömmlicher Grauguss-Büchsen Zylinderlaufflächen aus einem Aluminium-Silizium-Verbund für bessere Anwendung

seigenschaften, wie z. B. weitere Massereduzierung und geringeren Ölverbrauch (I. Lenke, u.a., Wiley - VCH Verlag GmbH, Weinheim (2001) 383-386; E. Köhler, u.a. VDI-Bericht 1612 VDI Verlag GmbH, Düsseldorf (2001) 35-54).

[0009] Im Fahrwerksbereich erobert Aluminium praktisch bei allen Autoherstellern immer größere Anteile, denn neben der Gewichtsreduzierung bedeutet hier der Aluminiumeinsatz weniger bewegte Massen, ein besseres Ansprechverhalten und damit mehr Komfort.

[0010] Die Entwicklung des Flugzeugbaus wäre ohne Aluminium nicht denkbar gewesen. Wie z.B. in der Boeing 757 beträgt der Aluminiumanteil 78% gegenüber einem Anteil von 12% bei Stahl, 6% bei Titan, 3% und 4% Composite. In Airbus 320 ergibt sich die folgende Materialverteilung 65.5% Aluminium, 9.3% Stahl, 7.2% Titan, 12.5% Composite und 5.5% andere Materialien. Damit wird klar, dass in der Flugzeugindustrie Aluminium und aluminiumreiche Legierungen nach wie vor eine sehr wichtige Rolle spielen (Materialica 2001).

[0011] Zurzeit sind Aluminiumlegierungen mit einem hohem Niveau an mechanischen Eigenschaften bekannt, die auf verschiedenen Gebieten der Technik, beispielsweise in Form von Konstruktionswerkstoffen, verwendet werden, welche geringe und mittlere Belastungen aushalten.

[0012] Es sind eine Reihe von Aluminiumlegierungen bekannt, wie beispielsweise Legierungen der folgenden Typen:

- Aluminium-Silizium
- Aluminium-Magnesium
- Aluminium-Silizium- Magnesium
- Aluminium-Kupfer-Magnesium
- Aluminium-Kupfer-Silizium-Magnesium
- Aluminium-Kupfer-Mangan-Silizium
- Aluminium-Kupfer-Magnesium-Zink-Zirkonium

[0013] In manche Fällen wird zu einer Aluminiumlegierung Titan, Chrom, Eisen, Nickel, Kobalt, Vanadin, Wolfram, Molybdän, Niob, Bor, Blei, Zinn, Lithium, Yttrium zugegeben. Die mechanischen Eigenschaften der erwähnten Legierungen besitzen Werte wie:

- Härte nach Vickers: 163-400 HV
- Zugfestigkeit: 410-550 MPa (bei 20°C) und 120-220 MPa (bei 300°C)

(The 4th International Conference on Aluminum Alloys; Atlanta, Georgia USA 1994).

[0014] In den letzten Jahren hat es an Legierungen mit metastabilen Strukturen großes Interesse gegeben mit dem Ziel, die jeweiligen Anforderungen an das Material hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften zu erfüllen. So ist eine metastabile Phase, die γ - Phase $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$, mit ihrer hexagonalen Kristallstruktur als Grundbestandteil in den meist verwendeten kommerziellen Legierungen enthalten. (G. Nussbaum, u.a., Scripta Metall.,

23(1989) 1079-1084; C. F. Chag, u.a., Light Metalalter (1989) p.12).

[0015] Die Motivation für den Einsatz von Leichtmetallen (wie z. B. Aluminium) besteht in der Gewichtsreduzierung, der Senkung des Treibstoff- und Energieverbrauchs, der Reduzierung der Schadstoffemission, der Verbesserung des Fahrkomforts und der Erhöhung der Lebensdauer und Sicherheit.

[0016] Nachteile der bekannten Legierungen sind, dass insbesondere ihre Festigkeit und Duktilität für viele zukünftige Anwendungen noch nicht ausreichend ist.

[0017] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe eines Formkörpers aus einem aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff, welcher gleichzeitig eine hohe Festigkeit und Duktilität aufweist und ein einfaches und preiswertes Verfahren zu seiner Herstellung

[0018] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0019] Der erfindungsgemäße Formkörper aus einem aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff besteht aus einer Matrix aus Partikeln aus Aluminium und/oder einer Aluminiumlegierung mit darin fein verteilten Partikeln der γ -Phase einer AlMg-Verbindung mit einer hexagonalen Kristallstruktur (hcp).

[0020] Vorteilhafterweise sind in der Matrix 5 bis 80 Vol. % Partikeln der γ -Phase einer AlMg-Verbindung enthalten und noch vorteilhafterweise sind in der Matrix 45 bis 55 Vol.-% Partikel der γ -Phase einer AlMg-Verbindung enthalten.

[0021] Weiterhin vorteilhafterweise enthält die Aluminiumlegierung als Legierungselemente Mg, Mn, Si, Li oder Zn.

[0022] Ebenfalls vorteilhafterweise bestehen die Partikel der γ -Phase einer AlMg-Verbindung aus $Mg_{17}Al_{12}$.

[0023] Und auch vorteilhafterweise bestehen die Partikel der γ -Phase einer AlMg-Verbindung aus Al_xMg_{100-x} , mit $x=40$ bis 60 .

[0024] Von Vorteil ist es auch, wenn die Partikel der γ -Phase einer AlMg-Verbindung aus $Al_{60}Mg_{40}$ bestehen.

[0025] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn die Partikel aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung eine mittlere Partikelgröße im Bereich von $0,1\mu m$ bis $100\mu m$ aufweisen.

[0026] Und auch von Vorteil ist es, wenn die Partikel der γ -Phase einer AlMg-Verbindung eine mittlere Partikelgröße im Bereich von $0,1\mu m$ bis $100\mu m$ aufweisen.

[0027] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines Formkörpers wird aus kristallinem Al- und Mg-Pulver auf pulvermetallurgischem Wege die γ -Phase einer AlMg-Verbindung hergestellt und diese mit kristallinem Al-Pulver und/oder ein Aluminiumlegierungspulver als Matrixmaterial gemischt und wiederum durch pulvermetallurgische Verfahren zu einer aluminiumhaltigen Verbindung verarbeitet und diese nachfolgend zu einem Formkörper verdichtet.

[0028] Vorteilhafterweise wird ein Aluminiumlegierungspulver mit Mg, Mn, Si, Li oder Zn als Legierungs-

elementen eingesetzt.

[0029] Ebenfalls vorteilhafterweise werden die Aluminiumlegierungen durch mechanisches Legieren hergestellt.

5 Weiterhin vorteilhafterweise wird die pulvermetallurgischen Herstellung der γ -Phase einer AlMg-Verbindung und/oder der aluminiumhaltigen Verbindung durch mechanisches Legieren durchgeführt, wobei noch vorteilhafterweise das mechanische Legieren durch Mahlung mit einer Mahldauer von 20 bis 300 Stunden durchgeführt wird.

[0030] Vorteilhaft ist es auch, wenn die Mischung aus kristallinem Al-Pulver oder einem Aluminiumlegierungspulver als Matrixmaterial mit Partikeln der γ -Phase einer AlMg-Verbindung mittels Mahlen durchgeführt wird.

10 **[0031]** Und auch vorteilhaft ist es, wenn die aluminiumhaltige Verbindung durch Heißpressen oder Strangpressen oder Extrudieren zu einem Formkörper verarbeitet wird.

20 **[0032]** Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird es erstmals möglich, metastabile Strukturen in einen Verbundwerkstoff einzubringen. Dies erfolgt auf pulvermetallurgischem Wege, wobei dies sowohl für die Herstellung der γ -Phase der AlMg-Verbindung als auch für den aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff gilt, der zu den erfindungsgemäßen Formkörpern verarbeitet wird. Vorteilhafterweise erfolgt die pulvermetallurgische Herstellung durch mechanisches Legieren.

25 **[0033]** Durch den Einbau der metastabilen Strukturen in den Verbundwerkstoff werden die Festigkeiten des Formkörpers deutlich erhöht und gleichzeitig die Duktilität für derartige Verbundwerkstoffe erhöht.

30 **[0034]** Zuerst wird eine γ -Phase der AlMg-Verbindung hergestellt. Diese γ -Phase ist eine metastabile intermetallische Phase, die hart und spröde ist und eine relativ große Elementarzelle mit 58 Atomen und eine hexagonale Kristallstruktur (hcp) aufweist. Die erzeugte γ -Phase ist nanokristallin.

35 **[0035]** Diese γ -Phase der AlMg-Verbindung wird dann mit Al-Pulver oder Pulver einer Al-Legierung als Matrixmaterial vermischt und durch pulvermetallurgische Verfahren zu einem Verbundwerkstoff verarbeitet. Aufgrund der Nanokristallinität der γ -Phase der AlMg-Verbindung kann diese sehr fein im Matrixmaterial verteilt werden.

40 Aus diesem Verbundwerkstoff wird dann ein Formkörper hergestellt.

[0036] Durch die Anwendung von pulvermetallurgischen Herstellungsverfahren braucht das aufwändige Schleudergussverfahren nach dem Stand der Technik nicht angewandt werden, was das Herstellungsverfahren deutlich vereinfacht.

45 **[0037]** Die erfindungsgemäße Legierung kann auf den verschiedensten Gebieten der Technik Anwendung finden. Sie weist hohe Betriebseigenschaften auf und besitzt hohe Parameter der mechanischen Eigenschaften bei normaler Temperatur.

[0038] Nachfolgend wird die Erfindung an einem Aus-

führungsbeispiel näher erläutert.

Beispiel:

[0039] Die Herstellung der γ - Phase der Verbindung $Mg_{17}Al_{12}$ erfolgte durch mechanisches Legieren. Dazu wird eine Pulvermischung aus 50 Gew.-% kristallinem Aluminiumpulver und 50 Gew.-% kristallinem Magnesiumpulver jeweils mit einer Teilchengröße von 1 - 5 μm und mit einer Reinheit von 99.95 % hergestellt. Die Pulvermischung wird unter einer hochreinen Argon-Atmosphäre (weniger als 1 ppm O_2 and H_2O) in einem Mahlbecher gemischt und in einer Planetenkugelmühle (Retsch PM400) gemahlen. Der Mahlvorgang erfolgt unter der Verwendung von Stahlkugeln ($\varnothing=10$ mm) und das Massenverhältnis zwischen Kugeln und Pulver entspricht 10:1 d.h. im Fall von 300 g Stahlmahlkugeln werden 30 g Pulvermischung verwendet. Die Geschwindigkeit der Planetenkugelmühle beträgt 150 U/min. Das mechanische Legieren erfolgt bei Raumtemperatur für die Dauer von 300 h. Am Ende des Mahlvorgangs liegt ein Sekundärpulver vollständig bestehend aus übersättigten Al(Mg)-Mischkristallen vor. Dieses Sekundärpulver ist nanokristallin, was vorteilhaft für die spätere hohe Festigkeit ist.

[0040] Nachfolgend wird das Sekundärpulver auf 430 °C erwärmt. Bei dieser Temperatur findet eine Phasenumwandlung statt, wodurch sich die metastabile γ - Phase der Verbindung $Mg_{17}Al_{12}$ in Pulverform ausbildet.

[0041] 50 Gew.-% dieses Pulvers aus der metastabile γ - Phase der Verbindung $Mg_{17}Al_{12}$ werden nachfolgend mit 50 Gew.-% reinem Aluminiumpulver wieder unter hochreiner Argon-Atmosphäre in einem Mahlbecher vermischt und in einer Planetenkugelmühle unter den o.g. Bedingungen gemahlen. Nach 1 h Mahldauer ist das Pulver gut vermischt und die nanokristalline metastabile γ - Phase der Verbindung $Mg_{17}Al_{12}$ liegt fein verteilt in der Matrix aus Aluminium vor. Danach wird das Pulver bei 100 °C heißgepresst und unter 50 MPa Pressdruck verdichtet, sowie mittels Strangpressen mit 4 mm Durchmesser extrudiert.

[0042] Die Porosität der erhaltenen Probe ist relativ hoch, die Dichte liegt bei 97,5 %.

Es konnte festgestellt werden, dass während des Strangpressens die metastabile γ - Phase der Verbindung $Mg_{17}Al_{12}$ in die Aluminiummatrix diffundiert und sich gut verteilt.

Die γ - Phase dient dabei als Verstärkung der Al - Matrix, was sich eindeutig durch die nachfolgenden Ergebnisse nachweisen lässt.

Die Probe, aus dem hergestellten Material, hat folgende Eigenschaften gezeigt:

Festigkeit bei Raumtemperatur in Höhe von 250 MPa, relative Dehnung (Maß für die Duktilität) von 2%, Härte nach Vickers 250 HV und Dichte bei 98,5 %.

Patentansprüche

1. Formkörper aus einem aluminiumhaltigen Verbundwerkstoff, bestehend aus einer Matrix aus Partikeln aus Aluminium und/oder aus einer Aluminiumlegierung mit darin fein verteilten Partikeln der γ - Phase einer AlMg - Verbindung mit einer hexagonalen Kristallstruktur (hcp).
2. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem in der Matrix 5 bis 80 Vol. % Partikeln der γ - Phase einer AlMg - Verbindung enthalten sind.
3. Formkörper nach Anspruch 2, bei dem in der Matrix 45 bis 55 Vol.-% Partikel der γ - Phase einer AlMg - Verbindung enthalten sind.
4. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Aluminiumlegierung als Legierungselemente Mg, Mn, Si, Li oder Zn enthält.
5. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Partikel der γ - Phase einer AlMg - Verbindung aus $Mg_{17}Al_{12}$ bestehen.
6. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Partikel der γ - Phase einer AlMg - Verbindung aus Al_xMg_{100-x} bestehen, mit $x=40$ bis 60.
7. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Partikel der γ - Phase einer AlMg - Verbindung aus $Al_{60}Mg_{40}$ bestehen.
8. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Partikel aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung eine mittlere Partikelgröße im Bereich von 0,1 μm bis 100 μm aufweisen.
9. Formkörper nach Anspruch 1, bei dem die Partikel der γ - Phase einer AlMg - Verbindung eine mittlere Partikelgröße im Bereich von 0,1 μm bis 100 μm aufweisen.
10. Verfahren zur Herstellung eines Formkörpers gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem aus kristallinem Al- und Mg-Pulver auf pulvermetallurgischem Wege die γ - Phase einer AlMg-Verbindung hergestellt und diese mit kristallinem Al-Pulver und/oder ein Aluminiumlegierungspulver als Matrixmaterial gemischt und wiederum durch pulvermetallurgische Verfahren zu einer aluminiumhaltigen Verbindung verarbeitet und diese nachfolgend zu einem Formkörper verdichtet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem ein Aluminiumlegierungspulver mit Mg, Mn, Si, Li oder Zn als Legierungselementen eingesetzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Aluminiumlegierungen durch mechanisches Legieren hergestellt werden.
13. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die pulvermetallurgischen Herstellung der γ -Phase einer AlMg-Verbindung und/oder der aluminiumhaltigen Verbindung durch mechanisches Legieren durchgeführt wird, wobei vorteilhafterweise das mechanische Legieren durch Mahlung mit einer Mahldauer von 20 bis 300 Stunden durchgeführt wird. 5 10
14. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Mischung aus kristallinem Al-Pulver oder einem Aluminiumlegierungspulver als Matrixmaterial mit Partikeln der γ -Phase einer AlMg-Verbindung mittels Mahlen durchgeführt wird. 15
15. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die aluminiumhaltige Verbindung durch Heißpressen oder Strangpressen oder Extrudieren zu einem Formkörper verarbeitet wird. 20

25

30

35

40

45

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 16 0462

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 405 927 A1 (BOEING CO [US]) 7. April 2004 (2004-04-07)	1,4,6,7, 10	INV. C22C1/04
X		2,3,5,8, 9	C22C21/06
Y	* Absatz [0029] * * Absatz [0031] * * Beispiel 1 *	11-15	
Y	----- YU P ET AL: "Fabrication and mechanical properties of Ni-Nb metallic glass particle-reinforced Al-based metal matrix composite" SCRIPTA MATERIALIA, Bd. 54, Nr. 8, 1. April 2006 (2006-04-01), Seiten 1445-1450, XP025027863 ELSEVIER, AMSTERDAM, NL ISSN: 1359-6462 [gefunden am 2006-04-01] * das ganze Dokument *	1-15	
Y	----- SCUDINO ET AL: "Phase transformations in mechanically milled and annealed single-phase beta-Al ₃ Mg ₂ " ACTA MATERIALIA, Bd. 56, Nr. 5, 26. Dezember 2007 (2007-12-26), Seiten 1136-1143, XP022481018 ELSEVIER, OXFORD, GB ISSN: 1359-6454 * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C22C
Y	----- SINGH D ET AL: "Extended homogeneity range of intermetallic phases in mechanically alloyed Mg-Al alloys" INTERMETALLICS, Bd. 11, Nr. 4, April 2003 (2003-04), Seiten 373-376, XP002548892 ELSEVIER LTD, GB * das ganze Dokument *	1-15	
8 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 8. Oktober 2009	Prüfer Forestier, Gilles
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 09 16 0462

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

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-10-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1405927 A1	07-04-2004	US 2004065173 A1	08-04-2004
		US 2004228755 A1	18-11-2004

EPO FORM P0461

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

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 Nicht-Patentliteratur

- **Venir.** ATZ/MTZ - Sonderausgabe: Werkstoffe im Automobilbau, 1998, 54-56 [0003]
- **Brungs, H.** ATZ/MTZ - Sonderausgabe: Werkstoffe im Automobilbau, 1998, 50-53 [0003]
- **I. Lenke.** Massereduzierung und geringeren Ölverbrauch. Wiley - VCH Verlag GmbH, 2001, 383-386 [0008]
- **E. Köhler.** VDI-Bericht. VDI Verlag GmbH, 2001, vol. 1612, 35-54 [0008]
- **G. Nussbaum.** Scripta Metall., 1989, vol. 23, 1079-1084 [0014]
- **C. F. Chag.** Light Metalalter, 1989, 12 [0014]