



(11) **EP 1 970 459 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.09.2008 Patentblatt 2008/38

(51) Int Cl.:
C22C 26/00 (2006.01) C22C 49/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08002907.7**

(22) Anmeldetag: **16.02.2008**

(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 MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **15.03.2007 DE 102007012426**

(71) Anmelder: **Bayerische Motorenwerke
Aktiengesellschaft
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Klinkenberg, Franz-Josef Dr.
84030 Ergolding (DE)**
• **Fent, Andreas Dr.
94315 Straubing (DE)**
• **Wolf, Johann
85662 Hohenbrunn (DE)**

(54) **Leichtmetallwerkstoff mit Kohlenstoffnanoröhren und dessen Anwendung**

(57) Ein Leichtmetallwerkstoff besteht aus einem Basiswerkstoff, insbesondere Reinaluminium oder einer Aluminiumlegierung, die Kohlenstoffnanoröhren enthält.

Der Leichtmetallwerkstoff weist eine Wärmeleitfähigkeit auf, die weit über der des Basiswerkstoffs liegt.

EP 1 970 459 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Leichtmetallwerkstoff, insbesondere einen Aluminiumwerkstoff.

[0002] Temperaturbeaufschlagte Aluminium-Gussbauteile- und -halbzeuge sollen einerseits über eine hohe Wärmeleitfähigkeit und andererseits eine hohe Festigkeit und Warmfestigkeit verfügen.

[0003] Die Wärmeleitfähigkeit von Reinaluminium mit etwa 230 W/mK ist zwar relativ hoch. Jedoch ist für die erforderliche Festigkeit einerseits eine Mischkristallhärtung und andererseits eine Ausscheidungshärtung durch aushärtende Phasen, wie Al_2Cu , Mg_2Si oder ZnMg_2 notwendig. Durch den Gehalt der verwendeten Legierungskomponenten nimmt jedoch die Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ab.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Leichtmetallwerkstoff, insbesondere einen Aluminiumwerkstoff bereit zu stellen, der bei hoher Wärmeleitfähigkeit eine hohe Festigkeit und Warmfestigkeit aufweist.

[0005] Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass der Leichtmetallwerkstoff aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff besteht, der Kohlenstoffnanoröhren (carbon nanotubes) enthält. Dabei liegt die spezifische Wärmeleitfähigkeit des erfindungsgemäßen Leichtmetallwerkstoffs um mindestens 10 %, insbesondere mindestens 20 % über der spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Basiswerkstoffs, gemessen beim Raumtemperatur (300°K).

[0006] Der Zusatz von Kohlenstoffnanoröhren ist erfindungsgemäß zwar auch bei anderen Leichtmetall-Basiswerkstoffen, wie Magnesium- oder Titanwerkstoffen möglich, vorzugsweise wird jedoch Reinaluminium oder niedrig legiertes Aluminium als Leichtmetall-Basiswerkstoff verwendet, also Aluminium mit einer Reinheit von mindestens 99 Gew. % bzw. Aluminium mit einem Gehalt an Legierungskomponenten von maximal 5 Gew. %, wobei die Legierungskomponenten insbesondere durch Silizium und Magnesium gebildet werden. Darüberhinaus ist die Erfindung auch bei höher legiertem Aluminium anwendbar, insbesondere können die herkömmlichen Aluminium-Gusswerkstoffe mit einem Gehalt an Legierungskomponenten von bis zu 25 Gew. % als Basiswerkstoffe eingesetzt werden, beispielsweise AlSi7Mg , AlMg9 , AlSi9Cu3 oder AlSi17Cu4Mg .

[0007] Der erfindungsgemäße Leichtmetallwerkstoff ist insbesondere als Gusswerkstoff sowie zur Herstellung von Halbzeug geeignet, vor allem wenn als Basiswerkstoffe Legierungen der Halbzeuglegierungsgruppen UNS(Unified Numbering System) A95XXX bis A97XXX eingesetzt werden.

[0008] Da Reinaluminium eine hohe Wärmeleitfähigkeit von ca. 230 W/mK aufweist und die Wärmeleitfähigkeit der Nanoröhren etwa 6000 W/mK beträgt, weist der erfindungsgemäße Aluminiumwerkstoff eine außerordentlich hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs liegt dabei weit über der nach der Mischungsregel aufgrund der Wärmeleitfähigkeit des

Reinaluminiums und der Nanoröhren zu erwartenden Wärmeleitfähigkeit. Das heißt, es ist ein erheblicher überadditiver Effekt festgestellt worden. Er ist daher für Bauteile, die eine konzentrierte Wärmeabfuhr erfordern, beispielsweise Zylinderköpfe und andere Bauteile von Verbrennungsmotoren hervorragend geeignet. Ebenso können daraus Werkzeuge und Maschinenteile gefertigt werden, z. B. Kokillen. Desgleichen ist der erfindungsgemäße Leichtmetallwerkstoff hervorragend zur Herstellung von Halbzeug geeignet.

[0009] Da eine Dispersionshärtung, d. h. ein Versetzungsaufbau an den eingebrachten Nanopartikeln erfolgt, wird zudem eine erhebliche Festigkeitssteigerung erreicht, die außerdem keiner Alterung unterliegt. Auch weist der erfindungsgemäße Werkstoff eine gute Gießbarkeit auf.

[0010] Der Anteil der Kohlenstoffnanoröhren beträgt 0,1 bis 20,0, insbesondere 0,5 bis 5 Vol. %, bezogen auf den Leichtmetallwerkstoff. Dabei wird eine räumlich verteilte Verteilung der Nanoröhren in dem Werkstoff angestrebt.

[0011] Es können handelsübliche Nanoröhren zum Einsatz kommen, vorzugsweise mit einem Durchmesser von 1 bis 50, insbesondere 10 bis 40 Nanometer. Die Kohlenstoffnanoröhren können ein- oder mehrwandig ausgebildet sein, vorzugsweise werden Röhren mit geöffneten Enden verwendet, die mit dem Leichtmetallwerkstoff gefüllt werden können. Die Länge der Nanoröhren beträgt vorzugsweise 0,1 bis 20 mm.

[0012] Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Leichtmetallwerkstoffs kann beispielsweise auf pulvermetallurgischem Weg oder durch Infiltration der Nanoröhren mit dem geschmolzenen Leichtmetall eine Vorlegierung mit einem Gehalt an Nanoröhren von 2 bis 50, insbesondere 10 bis 40 Vol. % hergestellt werden, die dann dem geschmolzenen Basisleichtmetallwerkstoff, also beispielsweise Reinaluminium oder niedrig legiertem Aluminium zugegeben wird.

Patentansprüche

1. Leichtmetallwerkstoff, **dadurch gekennzeichnet, dass** er aus einem Basiswerkstoff besteht, der Kohlenstoffnanoröhren enthält, und die Wärmeleitfähigkeit des Leichtmetallwerkstoffs mindestens 10 % über der Wärmeleitfähigkeit des Basiswerkstoffs liegt.
2. Leichtmetallwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Wärmeleitfähigkeit mindestens 20 % über der Wärmeleitfähigkeit des Basiswerkstoffs liegt.
3. Leichtmetallwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiswerkstoff durch Reinaluminium oder niedrig legiertes Aluminium gebildet wird.

4. Leichtmetallwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil der Kohlenstoffnanoröhren 0,1 bis 20 Vol.% des Leichtmetallwerkstoffs beträgt.

5

5. Leichtmetallwerkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kohlenstoffnanoröhren eine Länge von 0,1 bis 20 Millimeter aufweisen.

10

6. Leichtmetallwerkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kohlenstoffnanoröhren einen Durchmesser von 1 bis 50 Nanometer aufweisen.

15

7. Leichtmetallwerkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kohlenstoffnanoröhren eine räumlich vernetzte Struktur aufweisen.

20

8. Verwendung des Werkstoffs nach einem der vorstehenden Ansprüche als Gusswerkstoff oder zur Herstellung von Halbzeug.

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 2907

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2006 132416 A (NISSAN MOTOR) 25. Mai 2006 (2006-05-25) * Ansprüche 5,7,8 * * Tabelle 1 * * Absatz [0024] * -----	1-4,6-8	INV. C22C26/00 C22C49/04
X	DATABASE WPI Week 200720 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 2007-195306 XP002483568 -& JP 2007 016262 A (NISSAN MOTOR CO LTD) 25. Januar 2007 (2007-01-25) * Zusammenfassung * -----	1-4,6	
X	EP 1 696 046 A (SHIMANE PREFECTURAL GOVERNMENT [JP] SHIMANE PREFECTURAL GOVERNMENT [JP]) 30. August 2006 (2006-08-30) * Absatz [0016] - Absatz [0018] * * Ansprüche 2,3 * -----	1-3,5,7	
X	US 2004/067153 A1 (KOIDE ATSUSHI [JP] ET AL) 8. April 2004 (2004-04-08) * Absatz [0011] - Absatz [0017] * -----	1-4,6-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. Juni 2008	Prüfer Ugarte, Eva
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	

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 00 2907

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.

12-06-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2006132416 A	25-05-2006	KEINE	
JP 2007016262 A	25-01-2007	KEINE	
EP 1696046 A	30-08-2006	CA 2550015 A1	30-06-2005
		CN 1894435 A	10-01-2007
		WO 2005059194 A1	30-06-2005
		KR 20060108712 A	18-10-2006
		US 2007141315 A1	21-06-2007
US 2004067153 A1	08-04-2004	JP 3837104 B2	25-10-2006
		JP 2004082130 A	18-03-2004

EPO FORM P0461

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