



(11) **EP 1 972 696 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2008 Patentblatt 2008/39

(51) Int Cl.:
C22C 21/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08002909.3**

(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 102007012423**

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

(72) Erfinder:
• **Klinkenberg, Franz-Josef Dr.
84030 Ergolding (DE)**
• **Thalmair, Sebastian
85598 Baldham (DE)**

(54) **Aluminium-Gusslegierung**

(57) Eine thermoschockbeständige Aluminium-Gusslegierung besteht aus:
4,5 bis 6,0 Gew.% Silizium,
0,20 bis 0,55 Gew.% Magnesium,
0 bis 0,20 Gew.% Titan,
weniger als 0,30 Gew.% Eisen,
Mangan max. 2/3 des Eisengehaltes,

0,10 bis 0,45 Gew.% Kupfer,
weniger als 0,07 Gew.% Zink,
Aluminium als Rest sowie unvermeidbare Verunreinigungen einzeln max. 0,03 Gew.%, insgesamt max. 0,1 Gew.%.

EP 1 972 696 A1

Beschreibung

[0001] Zur Herstellung von Zylinderköpfen für Verbrennungsmotoren werden neben AlSiCu-Legierungen meist Al-SiMg-Legierungen verwendet, die nach der Wärmebehandlung ein günstiges Festigkeits/-Dehnungsverhältnis aufweisen.

[0002] Hierzu gehört z. B. die Legierung AlSi7Mg mit der Normzusammensetzung (DIN EN AB 42100):

Si: 6,5 bis 7,5 Gew. %
 Mg: 0,30 bis 0,45 Gew. %
 Ti: 0,10 bis 0,18 Gew. %
 Fe: <0,15 Gew. %
 Mn: <0,10 Gew. %
 Cu: <0,02 Gew. %
 Zn: <0,07 Gew. %.

[0003] Diese Legierung weist jedoch den entscheidenden Nachteil auf, dass sie eine sehr geringe Warmfestigkeit bzw. Alterungsbeständigkeit besitzt, die sich im TMF(Thermo Mechanical Fatigue)- bzw. thermomechanischen Ermüdungsversuch durch eine niedrige dynamische Festigkeitskomponente ausdrückt.

[0004] Um diesen Nachteil zu überwinden, ist es bekannt, Kupfer zuzugeben. So wird z. B. eine Legierung, die die vorstehend genannte AlSi 7Mg-Normzusammensetzung aufweist, jedoch einen Kupfergehalt von 0,45 bis 0,55 Gew. % besitzt, zur Herstellung von Zylinderköpfen eingesetzt.

[0005] Durch den erhöhten Kupfergehalt wird in diesen Legierungen jedoch ein höherer Anteil an unerwünschten, die Thermoschockbeständigkeit negativ beeinflussenden eutektischen Phasen gebildet. Zudem führen hohe Kupfergehalte aufgrund der hohen Ausgangsfestigkeit zu einer starken Anfangsschädigung.

[0006] Ferner ist es aus WO 2004/104240 A2 bekannt, durch Zugabe von Zirkon und Hafnium und aus DE 100 26 626 C1 durch Zugabe von Nickel die Warmfestigkeit zu erhöhen. Die Thermoschockbeständigkeit wird dadurch jedoch nicht verbessert.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine thermoschockbeständige Aluminiumlegierung guter Giessbarkeit bereitzustellen.

[0008] Dies wird erfindungsgemäß mit einer Aluminiumlegierung folgender Zusammensetzung erreicht:

4,5 bis 6,0 Gew. % Silizium
 0,20 bis 0,55 Gew. %, vorzugsweise 0,25 bis 0,45 Gew. % Magnesium,
 0 bis 0,20 Gew. %, vorzugsweise 0,05 bis 0,10 Gew. % Titan, weniger als 0,30 Gew. %, vorzugsweise weniger als 0,15 Gew. % Eisen,
 Mangan max. 2/3 des Eisengehaltes bezogen auf das Gewicht, 0,10 bis 0,45 Gew. %, vorzugsweise 0,15 bis 0,35 Gew. % Kupfer, weniger als 0,07 Gew. % Zink,
 Aluminium als Rest und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln max. 0,03 Gew. %, insgesamt max. 0,1 Gew. %.

[0009] Die erfindungsgemäße Al-Gusslegierung weist eine gute Giessbarkeit bei gleichzeitiger Vermeidung, jedenfalls deutlicher Reduzierung von spröden Phasenbestandteilen auf, die die Rissauslösung und Rissausbreitung bei der thermomechanischen Ermüdung begünstigen. Zugleich besitzt sie eine hohe Warmfestigkeit/Alterungsbeständigkeit. Trotz ihrer hohen Alterungsbeständigkeit ist sie jedoch mit einer Ausgangsfestigkeitsreduzierung zur Erzielung hoher Lebensdauern verbunden.

[0010] Durch den Siliziumgehalt von 4,5 bis 6,0 Gew. % werden spröde Phasen bei ausreichender Giessbarkeit vermieden. Auch führt der geringe Kupfergehalt von höchstens 0,45, vorzugsweise höchstens 0,35 Gew. % zur Vermeidung spröder Phasen, gewährleistet jedoch zugleich bei ausreichender Warmfestigkeit eine niedrige Ausgangsfestigkeit.

[0011] Die Gussstücke aus der erfindungsgemäßen Legierung werden vorzugsweise einer Wärmebehandlung, bestehend aus einem Lösungsglühen zwischen 470 bis 540°C, einem Abschrecken mit Wasser und gegebenenfalls Luft und anschließend einem Warmaushärten für mehrere Stunden bei etwa 160 bis 250°C unterworfen.

[0012] Die erfindungsgemäße Gusslegierung ist insbesondere für den Kokillenguss geeignet, vor allem für die Kernbauteile von Verbrennungsmotoren, insbesondere den Motorblock/Kurbelgehäuse und Zylinderkopf und, insbesondere in der Automobilindustrie. Aufgrund der hohen Warmfestigkeit/Alterungsbeständigkeit ist sie insbesondere für Motor-kernbauteile mit zwängungsintensiver Bauteilgeometrie geeignet, also für Motoren mit eng benachbarten Brennräumen und eng bemessenen Ventilstegen.

Beispiel

[0013] Es wurden mehrere erfindungsgemäße Legierungen mit der vorstehend angegebenen, bevorzugten Zusammensetzung hergestellt. Aus den Legierungen wurden jeweils Zylinderköpfe gegossen. die Zylinderköpfe wurden einem Lösungsglühen zwischen 470° und 540°C, einem Abschrecken mit Wasser und anschließend einem Warmaushärten für mehrere Stunden bei 160° bis 250°C unterworfen.

[0014] Von den Zylinderköpfen wurden Probestücke aus dem Stegbereich entnommen, mit denen TMF-Versuche durchgeführt wurden. Dazu wurde bei einer maximalen Temperatur von 250°C und einer minimalen Temperatur von 50°C der Schädigungsparameter (P_{SWT}) nach Smith, Watson und Topper bestimmt, der ein Mass für die Schädigung und abgeleitet für die Alterungsbeständigkeit darstellt. Zum anderen wurde die Lastspielzeit der Probestücke ermittelt.

Vergleichsbeispiel 1

[0015] In gleicher Weise wie nach dem vorstehenden Beispiel wurden Probestücke aus mehreren Zylinderköpfen hergestellt, die aus der eingangs genannten AlSi7Mg-Legierung der Normzusammensetzung (DIN EN AB 42100) gegossen und der gleichen Wärmebehandlung unterworfen worden sind.

[0016] Für diese Probestücke wurde unter den gleichen Bedingungen wie nach dem Beispiel 1 der Schädigungsparameter (P_{SWT}) und die Lastspielzahl ermittelt.

Vergleichsbeispiel 2

[0017] In gleicher Weise wie nach dem vorstehenden Beispiel und dem Vergleichsbeispiel 1 wurden Probestücke aus mehreren Zylinderköpfen hergestellt, die aus einer Legierung hergestellt worden sind, die der eingangs genannten, auch im Vergleichsbeispiel 1 verwendeten AlSi7Mg-Legierung entsprachen, abgesehen davon, dass sie anstelle eines Kupfergehaltes von weniger als 0,02 Gew.%, einen Kupfergehalt von 0,45 bis 0,55 Gew.% aufwiesen.

[0018] Für die Probestücke wurde unter den gleichen Bedingungen wie nach dem Beispiel 1 der Schädigungsparameter (P_{SWT}) und die Lastspielzahl ermittelt.

[0019] In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse der Versuche wiedergegeben.

Legierung	Schädigungsparameter P_{SWT} in MPa	Lastspielzahl N
Beispiel AlSi5	0,29 bis 0,38 Mittel 0,35	2650 bis 4100 Mittel 3555
Vergl.Beispiel 1 AlSi 7Mg	0,22 bis 0,27 Mittel 0,22	1710 bis 3300 Mittel 2555
Vergl.Beispiel 2 AlSi 7MgCu0,5	0,41 bis 0,53 Mittel 0,48	1580 bis 2250 Mittel 1900

[0020] Es ist ersichtlich, dass mit der erfindungsgemäßen AlSi5-Legierung nach dem Beispiel bei guten P_{SWT} -Werten eine deutliche Erhöhung der Lastspielzahl erreicht wird. Zwar ist mit der AlSi7MgCu0,5-Legierung nach dem Vergleichsbeispiel 2 der P_{SWT} -Wert verbessert, jedoch ist die Lastspielzahl wesentlich herabgesetzt. Bei der AlSi 7Mg-Legierung nach dem Vergleichsbeispiel 1 ist sowohl der Schädigungsparameter wie die Lastspielzahl wesentlich schlechter.

[0021] Erwähnt sei, dass auch die Wärmeleitfähigkeit der erfindungsgemäßen Legierung bestimmt wurde. Sie liegt auf gleich hohem Niveau wie die Wärmeleitfähigkeit der Legierung 1 und deutlich über der der Legierung nach dem Vergleichsbeispiel 2.

Patentansprüche

1. Aluminium-Gusslegierung, bestehend aus
4,5 bis 6,0 Gew.% Silizium,
0,20 bis 0,55 Gew.% Magnesium,
0 bis 0,20 Gew.% Titan,
weniger als 0,30 Gew.% Eisen,
Mangan max. 2/3 des Eisengehaltes,
0,10 bis 0,45 Gew.% Kupfer,

EP 1 972 696 A1

weniger als 0,07 Gew.% Zink,
Aluminium als Rest sowie unvermeidbare Verunreinigungen einzeln max. 0,03 Gew%, insgesamt maximal 0,1 Gew. %

- 5 **2.** Aluminium-Gusslegierung, **gekennzeichnet durch**
0,25 bis 0,45 Gew.% Magnesium,
0,05 bis 0,10 Gew.% Titan,
weniger als 0,15 Gew.% Eisen, und/oder
10 0,15 bis 0,35 Gew.% Kupfer.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 2909

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 59 056559 A (MITSUBISHI ALUMINIUM) 2. April 1984 (1984-04-02) * Zusammenfassung * * Seite 2, rechte Spalte, Beispiel Al-5.5%Si-0.15%Mg-0.15%Cu *	1,2	INV. C22C21/02
X	JP 11 217647 A (KOBE STEEL LTD) 10. August 1999 (1999-08-10) * Zusammenfassung * * Seite 6; Beispiel 7; Tabelle 1 * * Seite 13; Beispiele 74,75,80; Tabelle 11 *	1,2	
X	JP 05 208296 A (KOBE STEEL LTD) 20. August 1993 (1993-08-20) * Zusammenfassung * * Seite 4; Beispiele 1,8; Tabelle 1 *	1,2	
X	EP 1 715 084 A (SHOWA DENKO KK [JP]) 25. Oktober 2006 (2006-10-25) * Seite 18; Beispiel 106; Tabelle 5 * * Anspruch 3 *	1,2	
A	JP 2001 303163 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV; TOYOTA MOTOR CORP) 31. Oktober 2001 (2001-10-31) * Zusammenfassung * * Seite 3, Absatz 23, Beispiel 12: Al-7Si-0.5Cu-0.3Mg-0.1Fe * * Seite 4, Absatz 27, Beispiel 22: Al-7Si-0.5Cu-0.3Mg-0.1Fe *	1,2	
A	JP 63 100151 A (HITACHI METALS LTD) 2. Mai 1988 (1988-05-02) * Zusammenfassung * * Tabelle 1 *	1,2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. April 2008	Prüfer Patton, Guy
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 : mündliche 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	

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 00 2909

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

21-04-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 59056559 A	02-04-1984	JP 1584161 C JP 2007385 B	22-10-1990 16-02-1990
JP 11217647 A	10-08-1999	JP 3107517 B2 JP 9249931 A JP 3886270 B2	13-11-2000 22-09-1997 28-02-2007
JP 5208296 A	20-08-1993	KEINE	
EP 1715084 A	25-10-2006	WO 2005049896 A1	02-06-2005
JP 2001303163 A	31-10-2001	KEINE	
JP 63100151 A	02-05-1988	KEINE	

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 Patentdokumente

- WO 2004104240 A2 [0006]
- DE 10026626 C1 [0006]