



(11)

EP 3 143 173 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
10.08.2022 Patentblatt 2022/32
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:
11.12.2019 Patentblatt 2019/50
- (21) Anmeldenummer: **15720740.8**
- (22) Anmeldetag: **11.05.2015**
- (51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22C 21/02 ^(2006.01) **C22C 21/04** ^(2006.01)
F16J 1/01 ^(2006.01) **C22C 21/14** ^(2006.01)
- (52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 21/007; B22D 25/02; C22C 21/02;
C22C 21/04; C22C 21/14; C22C 21/16
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/060319
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/173172 (19.11.2015 Gazette 2015/46)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES MOTORBAUTEILS, MOTORBAUTEIL UND VERWENDUNG EINER ALUMINIUMLEGIERUNG**

METHOD FOR PRODUCING AN ENGINE COMPONENT, ENGINE COMPONENT, AND USE OF AN ALUMINUM ALLOY

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN COMPOSANT DE MOTEUR, COMPOSANT DE MOTEUR ET UTILISATION D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM

- (84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
- (30) Priorität: **14.05.2014 DE 102014209102**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.03.2017 Patentblatt 2017/12
- (73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Nürnberg GmbH**
90441 Nürnberg (DE)
- (72) Erfinder:
 - **MORGENSTERN, Roman**
91560 Heilsbronn (DE)
 - **STEPHAN, Silvio**
90411 Nürnberg (DE)
 - **KENNINGLEY, Scott**
Cheadle Hulme
Cheshire SK8 5LZ (GB)
 - **KOCH, Philipp**
90459 Nürnberg (DE)
 - **SOBOTA, Isabella**
90427 Nürnberg (DE)
 - **POPP, Martin**
90473 Nürnberg (DE)
 - **WILLARD, Robert**
90461 Nürnberg (DE)
- **LADES, Klaus**
90459 Nürnberg (DE)
- **WEISS, Rainer**
90469 Nürnberg (DE)
- (74) Vertreter: **Hoffmann Eitle**
Patent- und Rechtsanwälte PartmbB
Arabellastraße 30
81925 München (DE)
- (56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 539 328 EP-A1- 0 924 310
WO-A1-2013/050358 WO-A1-2014/076174
DE-A1-102011 083 968 DE-A1-102011 083 969
DE-A1-102011 083 972 JP-A- H10 226 840
JP-A- 2004 256 873
- **FLOWEDAY G ET AL: "Thermo-mechanical fatigue damage and failure of modern high performance diesel pistons", ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, PERGAMON, GB, Bd. 18, Nr. 7, 2. Februar 2011 (2011-02-02), Seiten 1664-1674, XP028288677, ISSN: 1350-6307, DOI: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2011.02.002 [gefunden am 2011-02-19]**
- **Giesserei-Lexikon 2008, Schiele & Schön, 19. Auflage**

EP 3 143 173 B2

Beschreibung**Technisches Gebiet**

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung und Verwendung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, ein Motorbauteil, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, und die Verwendung einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines solchen Motorbauteils.

10 **Stand der Technik**

[0002] In den letzten Jahren wurden zunehmend Forderungen nach besonders ökonomischen und damit ökologischen Transportmitteln laut, die hohen Verbrauchs- und Emissionsanforderungen gerecht werden müssen. Zudem besteht jeher das Bedürfnis, Motoren möglichst leistungsfähig und verbrauchsarm zu gestalten. Ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung von leistungsfähigen und emissionsarmen Verbrennungsmotoren sind Kolben, die bei immer höheren Verbrennungstemperaturen und Verbrennungsdrücken eingesetzt werden können, was im Wesentlichen durch immer leistungsfähigere Kolbenwerkstoffe ermöglicht wird.

[0003] Grundsätzlich muss ein Kolben für einen Verbrennungsmotor eine hohe Warmfestigkeit aufweisen und dabei gleichzeitig möglichst leicht und fest sein. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, wie die mikrostrukturelle Verteilung, Morphologie, Zusammensetzung und thermische Stabilität höchstwarmfester Phasen ausgebildet sind. Eine diesbezügliche Optimierung berücksichtigt üblicherweise einen minimalen Gehalt an Poren und oxidischen Einschlüssen.

[0004] Der gesuchte Werkstoff muss sowohl hinsichtlich isothermer Schwingfestigkeit (HCF) als auch hinsichtlich thermomechanischer Ermüdungsfestigkeit (TMF) optimiert werden. Um die TMF optimal auszugestalten ist stets eine möglichst feine Mikrostruktur des Werkstoffs anzustreben. Eine feine Mikrostruktur reduziert die Gefahr des Entstehens von Mikroplastizität bzw. von Mikrorissen an relativ großen primären Phasen (insbesondere an primären Siliziumausscheidungen) und damit auch die Gefahr von Rissinitiierung und -ausbreitung.

[0005] Unter TMF-Beanspruchung treten an relativ großen primären Phasen, insbesondere an primären Siliziumausscheidungen, aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten der einzelnen Bestandteile der Legierung, nämlich der Matrix und der primären Phasen, Mikroplastizitäten bzw. Mikrorisse auf, welche die Lebensdauer des Kolbenwerkstoffs erheblich senken können. Zur Erhöhung der Lebensdauer ist bekannt, die primären Phasen möglichst klein zu halten.

[0006] Beim verwendeten Schwerkraftkokillenguss gibt es eine Konzentrationsobergrenze, bis zu der Legierungselemente eingebracht werden sollten und bei deren Überschreiten die Gießbarkeit der Legierung verringert oder Gießen unmöglich wird. Darüber hinaus kommt es bei zu hohen Konzentrationen von festigkeitssteigernden Elementen zur Bildung großer plattenförmiger intermetallischer Phasen, welche die Ermüdungsfestigkeit drastisch absenken.

[0007] Die JP 2004-256873A beschreibt eine Legierung die insbesondere für Kolben verwendet wird.

[0008] Die DE 44 04 420 A1 beschreibt eine Legierung die insbesondere für Kolben und für Bauteile verwendet werden kann, die hohen Temperaturen ausgesetzt werden und mechanisch stark beansprucht werden. Die beschriebene Aluminiumlegierung umfasst 8,0 bis 10,0 Gew.-% Silizium, 0,8 bis 2,0 Gew.-% Magnesium, 4,0 bis 5,9 Gew.-% Kupfer, 1,0 bis 3,0 Gew.-% Nickel, 0,2 bis 0,4 Gew.-% Mangan, weniger als 0,5 Gew.-% Eisen sowie mindestens ein Element, ausgewählt aus Antimon, Zirkonium, Titan, Strontium, Kobalt, Chrom, und Vanadium, wobei mindestens eines dieser Elemente in einer Menge von >0,3 Gew.-% vorhanden ist wobei die Summe dieser Elemente <0,8 Gew.-% ist.

[0009] Die EP 0 924 310 B1 beschreibt eine Aluminium-Siliziumlegierung die ihre Anwendung in der Herstellung von Kolben, insbesondere für Kolben in Brennkraftmaschinen hat. Die Aluminiumlegierung weist die folgende Zusammensetzung auf: 10,5 bis 13,5 Gew.-% Silizium, 2,0 bis weniger als 4,0 Gew.-% Kupfer 0,8 bis 1,5 Gew.-% Magnesium, 0,5 bis 2,0 Gew.-% Nickel, 0,3 bis 0,9 Gew.-% Kobalt, wenigstens 20 ppm Phosphor und entweder 0,05 bis 0,2 Gew.-% Titan oder bis zu 0,2 Gew.-% Zirkonium und/oder bis zu 0,2 Gew.-% Vanadium und als Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen.

[0010] Die WO 00/71767 A1 beschreibt eine Aluminiumlegierung die geeignet für Hochtemperaturanwendungen ist, wie z.B. hochbelastete Kolben oder andere Anwendungen in Brennkraftmaschinen. Die Aluminiumlegierung setzt sich dabei aus folgenden Elementen zusammen: 6,0 bis 14,0 Gew.-% Silizium, 3,0 bis 8,0 Gew.-% Kupfer, 0,01 bis 0,8 Gew.-% Eisen, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Magnesium, 0,05 bis 1,2 Gew.-% Nickel, 0,01 bis 1,0 Gew.-% Mangan, 0,05 bis 1,2 Gew.-% Titan, 0,05 bis 1,2 Gew.-% Zirkonium, 0,05 bis 1,2 Gew.-% Vanadium, 0,001 bis 0,10 Gew.-% Strontium und als Rest Aluminium.

[0011] Die DE 103 33 103 B4 beschreibt einen Kolben der aus einer Aluminiumgusslegierung gefertigt ist, wobei die Aluminiumgusslegierung enthält: 0,2 oder weniger Gew.-% Magnesium, 0,05 bis 0,3 Masse% Titan, 10 bis 21 Gew.-% Silizium, 2 bis 3,5 Gew.-% Kupfer, 0,1 bis 0,7 Gew.-% Eisen, 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 0,001 bis 0,02 Gew.-% Phosphor, 0,02 bis 0,3 Gew.-% Zirkonium und als Rest Aluminium und Verunreinigungen.

[0012] Weiter wird beschrieben, dass die Größe von einem nicht-metallischen Einschluss, der innerhalb des Kolbens vorhanden ist, geringer als 100 µm ist.

[0013] Die EP 1 975 262 B1 beschreibt eine Aluminiumgusslegierung bestehend aus: 6 bis 9 % Silizium, 1,2 bis 2,5 % Kupfer, 0,2 bis 0,6 % Magnesium, 0,2 bis 3 % Nickel, 0,1 bis 0,7 % Eisen, 0,1 bis 0,3 % Titan, 0,03 bis 0,5 % Zirkonium, 0,1 bis 0,7 % Mangan, 0,01 bis 0,5 % Vanadium und einem oder mehreren der folgenden Elemente: Strontium 0,003 bis 0,05 %, Antimon 0,02 bis 0,2 % und Natrium 0,001 bis 0,03 %, wobei die Gesamtmenge aus Titan und Zirkonium weniger als 0,5 % beträgt und Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen den Rest bilden, wenn die Gesamtmenge als 100 Massenprozent angesetzt wird.

[0014] Die WO 2010/025919 A2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens einer Brennkraftmaschine, wobei ein Kolbenrohling aus einer Aluminium-Siliziumlegierung unter Zugabe von Kupferanteilen gegossen und danach fertig bearbeitet wird. Die Erfindung sieht dabei vor, dass der Kupferanteil maximal 5,5 % der Aluminium-Siliziumlegierung beträgt und, dass der Aluminium-Siliziumlegierung Anteile von Titan (Ti), Zirkonium (Zr), Chrom (Cr) bzw. Vanadium (V) beigemischt werden und die Summe aller Bestandteile 100 % beträgt.

[0015] Die Anmeldung DE 102011083969 betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, ein Motorbauteil, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, und die Verwendung einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Motorbauteils. Dabei weist die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungselemente auf: 6 bis 10 Gew.-% Silizium, 1,2 bis 2 Gew.-% Nickel, 8 bis 10 Gew.-% Kupfer, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Magnesium, 0,1 bis 0,7 Gew.-% Eisen, 0,1 bis 0,4 Gew.-% Mangan, 0,2 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium, 0,1 bis 0,3 Gew.-% Vanadium, 0,1 bis 0,5 Gew.-% Titan und Aluminium sowie vermeidbare Verunreinigungen als Rest. Vorzugsweise weist diese Legierung einen Phosphorgehalt von weniger als 30 ppm auf.

[0016] Abschließend soll die EP 1 340 827 B1 genannt werden, welche die Effekte von Beryllium in einer Aluminium-Silizium-Gusslegierung mit relativ geringer Magnesiumkonzentration beschreibt. Zugaben von 5 - 100 ppm Beryllium tragen dabei zur Bildung einer vorteilhaften, dünnen, stöchiometrischen MgO-Schicht bei, welche die Fließfähigkeit und das Kurzzeitoxidationsverhalten der Legierung begünstigt.

Darstellung der Erfindung

[0017] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor bereitzustellen, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, so dass ein höchstwarmfestes Motorbauteil im Schwerkraftkokillengussverfahren hergestellt werden kann.

[0018] Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 4 bereitgestellt. Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den diesbezüglichen Unteransprüchen.

[0019] Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Motorbauteil, insbesondere einen Kolben für einen Verbrennungsmotor, bereitzustellen, das/der höchstwarmfest ist und dabei zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht.

[0020] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der Ansprüche 9 bis 12 gelöst und weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den diesbezüglichen Unteransprüchen.

[0021] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren weist die Aluminiumlegierung eine chemische Zusammensetzung gemäß der Definition in den angehängten Ansprüchen auf. Innerhalb der durch die unabhängigen Ansprüche vorgegebenen Grenzen können die Gehalte der jeweiligen Legierungselemente wie folgt variiert werden:

Silizium (Si) von etwa 7, bevorzugt von etwa 9 Gew.-% bis zu < etwa 14,5, bevorzugt bis zu < etwa 12, weiter bevorzugt bis zu < etwa 10,5 und noch weiter bevorzugt bis zu < etwa 10 Gew.-%;

Nickel (Ni) von > etwa 1,2, bevorzugt von > etwa 2 Gew.-% bis zu < etwa 3,5 und weiter bevorzugt bis zu < etwa 2 Gew.-%;

Kupfer (Cu) von > etwa 3,7, bevorzugt von > etwa 5,2 und weiter bevorzugt von > 5,5 Gew.-% bis zu < etwa 10, bevorzugt bis zu < etwa 8, weiter bevorzugt bis zu ≤ etwa 5,5 und noch weiter bevorzugt bis zu etwa 5,2 Gew.-%;

Kobalt (Co) bis zu < etwa 1 Gew.-%, bevorzugt von > etwa 0,2 Gew.-% bis < etwa 1 Gew.-%;

Magnesium (Mg) von etwa 0,1, bevorzugt von etwa 0,5, weiter bevorzugt von etwa 0,6, noch weiter bevorzugt von > etwa 0,65 und insbesondere bevorzugt ≥ etwa 1,2 bis zu etwa 1,5, bevorzugt bis zu etwa 1,2 Gew.-% und noch weiter bevorzugt bis zu ≤ etwa 0,8 Gew.-%;

EP 3 143 173 B2

Eisen (Fe) von etwa 0,1, bevorzugt von etwa 0,4 Gew.-% bis zu $\leq$ etwa 0,7, bevorzugt bis zu etwa 0,6 Gew.-%;

Mangan (Mn) von etwa 0,1 Gew.-% bis zu $\leq$ etwa 0,7 und bevorzugt bis zu etwa 0,4 Gew.-%;

5 Zirkonium (Zr) von $>$ etwa 0,1, bevorzugt von etwa $>$ 0,2 Gew.-% bis zu $<$ etwa 0,5, bevorzugt bis zu $\leq$ etwa 0,4 und weiter bevorzugt bis zu $<$ etwa 0,2 Gew.-%;

Vanadium (V) von $\geq$ etwa 0,1 Gew.-% bis zu $\leq$ etwa 0,3, bevorzugt bis zu $<$ etwa 0,2 Gew.-%;

10 Titan (Ti) von etwa 0,05, bevorzugt von etwa 0,1 Gew.-% bis zu etwa 0,5, bevorzugt bis zu $\leq$ etwa 0,2 Gew.-%;

Phosphor (P) von etwa 0,004 Gew.-% bis zu etwa $\leq$ 0,05, bevorzugt bis zu etwa 0,008 Gew.-%.

15 Als Verunreinigungen können ferner oben nicht genannte Elemente angesehen werden. Das Verunreinigungsniveau kann beispielsweise 0,01 Gew.-% je Verunreinigungselement bzw. 0,2 Gew.-% in Summe betragen.

[0022] Durch die gewählte Aluminiumlegierung ist es möglich, im Schwerkraftkokillengussverfahren ein Motorbauteil herzustellen, das einen hohen Anteil fein verteilter, hochwarmfester, thermisch stabiler Phasen und eine feine Mikrostruktur aufweist. Die Anfälligkeit gegenüber Rissinitiierung und Rissausbreitung z.B. an Oxiden oder primären Phasen wird durch die Wahl der erfindungsgemäßen Legierung gegenüber den bisher bekannten Herstellungsverfahren von Kolben und ähnlichen Motorbauteilen reduziert und die TMF-HCF-Lebensdauer erhöht.

20 **[0023]** Die erfindungsgemäße Legierung, insbesondere der vergleichsweise geringe Siliziumgehalt, führt auch dazu, dass zumindest bei einem erfindungsgemäß hergestellten Kolben in dessen thermisch hochbelastetem Muldenrandbereich vergleichsweise weniger und feineres primäres Silizium vorliegt, sodass die Legierung zu besonders guten Eigenschaften eines erfindungsgemäß hergestellten Kolbens führt. Somit kann ein höchstwarmfestes Motorbauteil im Schwerkraftkokillengussverfahren hergestellt werden. Die erfindungsgemäßen Anteile an Kupfer, Zirkonium, Vanadium und Titan, insbesondere der vergleichsweise hohe Gehalt an Zirkonium, Vanadium und Titan bewirken einen vorteilhaften Anteil festigkeitssteigernder Ausscheidungen, ohne dabei jedoch große plattenförmige intermetallische Phasen zu verursachen. Beispielsweise können die Legierungseigenschaften durch eine gezielte Auswahl des Cu-Gehalts in dem erfindungsgemäßen Bereich anwendungsspezifisch optimiert werden. Höhere Cu-Gehalte verbessern insbesondere die Warmfestigkeit der Legierung. Geringere Gehalte erlauben hingegen die Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit und Verringerung der Dichte der Legierung. Ferner sind die erfindungsgemäßen Anteile an Kobalt und Phosphor vorteilhaft darin, dass Kobalt die Härte und (Warm-)Festigkeit der Legierung erhöht und Phosphor als Keimbildner für primäre Siliziumausscheidungen dazu beiträgt, dass diese besonders fein und gleichmäßig verteilt ausgeschieden werden. Zirkonium und Kobalt tragen zudem, insbesondere im Muldenrandbereich, zu Festigkeitssteigerungen bei erhöhten Temperaturen bei.

35 **[0024]** Mit Vorteil weisen die genannten Aluminiumlegierungen bevorzugt 0,6 Gew.-% bis 0,8 Gew.-% Magnesium auf, das in dem bevorzugten Konzentrationsbereich insbesondere zur wirkungsvollen Ausbildung sekundärer, festigkeitssteigernder Phasen beiträgt, ohne dass eine übermäßige Oxidbildung auftritt. Ferner weist die Legierung alternativ oder zusätzlich bevorzugt 0,4 Gew.-% bis 0,6 Gew.-% Eisen auf, das die Klebeneigung der Legierung in der Gießkokille vorteilhaft vermindert, wobei in dem genannten Konzentrationsbereich die Bildung plattenförmiger Phasen begrenzt bleibt.

40 **[0025]** Die oben beschriebenen Aluminiumlegierungen können zudem von etwa 0,0005, bevorzugt von $>$ etwa 0,006 und weiter bevorzugt von etwa 0,01 Gew.-% bis zu etwa 0,5, bevorzugt bis zu etwa $<$ etwa 0,1 Gew.-% Beryllium (Be) enthalten, wobei der Gehalt an Kalzium auf $\leq$ etwa 0,0005 Gew.-% begrenzt ist. Die in den Ansprüchen 1 und 9 definierte Aluminiumlegierung beinhaltet zwingend 0,0005 Gew.-% bis 0,5 Gew.-% Beryllium. Aus der Zugabe von Beryllium resultiert eine besonders gute Gießbarkeit der Legierung. Dessen Zugabe in die Schmelze bewirkt eine dichte Oxidhaut auf der Schmelze, welche als Diffusionsbarriere fungiert und die Oxidation und Wasserstoffaufnahme der Schmelze reduziert. Auch kann die Diffusion von Aluminium und Magnesium nach außen verhindert werden. Obige Effekte sind insbesondere beim Einsatz von Warmhalteöfen relevant. Zusätzlich kommt es zur Bildung einer feinen/dünnen Oxidschicht an der Erstarrungsfront beim Gießen, zum Beispiel in einer Kokille, welche das Fließvermögen verbessert. Insgesamt können somit dünne Wände und feine Formstrukturen besser und ohne zusätzliche Hilfsmaßnahmen gefüllt werden. Zusätzlich dazu verbessert die Zugabe von Beryllium die Festigkeitskennwerte der Legierung insgesamt. Während der Alterung ist eine höhere Dichte an festigkeitssteigernden Ausscheidungen erzielbar. Die Zugabe von Beryllium ergänzt die vorteilhaften Effekte der vorliegenden Aluminiumlegierungen um eine Reduzierung der Oxidation der Schmelze, trägt zur besseren Gießbarkeit, insbesondere im Schwerkraftkokillenguss, bei und verbessert die Festigkeit der Legierung. Gleichzeitig ist es bevorzugt, den Kalziumgehalt auf das obige niedrige Niveau zu begrenzen. Die gleichzeitige Anwesenheit von darüber hinausgehenden Gehalten an Kalzium kann den vorteilhaften Effekten des Berylliums entgegenwirken und die Oxidation verstärken. Diesbezüglich ist ein möglichst geringer Kalziumgehalt vorteilhaft.

EP 3 143 173 B2

[0026] Besonders bevorzugte Aluminiumlegierungen A, B und C der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Tabelle (Angaben in Gew.-%):

Zusammensetzung		A	B	C	D
Si	min	9	9	9	7
	max	< 10,5	< 10,5	< 12	< 14,5
Ni	min	> 2,0	> 1,2	2	
	max	< 3,5	< 2,0	< 3,5	≤ 4
Cu	min	> 5,2	> 5,2	> 3,7	
	max	< 10	< 10	5,2	≤ 5,5
Co	min				
	max	< 1	< 1	< 1	< 1
Mg	min	0,5	0,5	0,5	0,1
	max	1,5	1,5	1,5	1,2
Fe	min	0,1	0,1	0,1	
	max	0,7	0,7	0,7	≤ 0,7
Mn	min	0,1	0,1	0,1	
	max	0,4	0,4	0,4	≤ 0,7
Zr	min	0,2	0,2	0,2	> 0,1
	max	< 0,4	< 0,4	0,4	< 0,5
V	min	> 0,1	> 0,1	0,1	
	max	< 0,2	< 0,2	0,3	≤ 0,3
Ti	min	0,05	0,05	0,1	
	max	< 0,2	< 0,2	0,5	≤ 0,2
P	min	0,004	0,004	0,004	
	max	0,008	0,008	0,008	≤ 0,05
Be	min	-	-	-	0,0005
	max	-	-	-	0,5
Ca	min	-	-	-	
	max	-	-	-	≤ 0,0005
Rest		Al und nicht zu vermeidende Verunreinigungen			

[0027] Die Legierungen A, B und C realisieren die oben genannten technischen Vorteile. Darüber hinaus erweist sich bei Legierung A der vergleichsweise hohe Cu- und Zr-Gehalt als vorteilhaft, welcher eine Anhebung festigkeitssteigernder Ausscheidungen bewirkt. Gleiches gilt für die bevorzugte Legierung B, wobei diese einen verringerten Nickelgehalt aufweist, der ferner zur Senkung der Legierungskosten beiträgt. Der in Legierung C vergleichsweise erhöhte Gehalt an Zr, V und Ti trägt ebenfalls zusätzlich zur Anhebung festigkeitssteigernder Ausscheidungen bei. Generell bewirkt ein erhöhter Zr-Gehalt eine weitere Verbesserung der Festigkeit. Legierung C weist besonders bevorzugt einen Si- Gehalt < 10,5 Gew.-% auf. Legierung D, nicht Gegenstand dieser Erfindung, ist vorteilhaft darin, dass die Zugabe von Beryllium, wie oben beschrieben, das Oxidations- und Fließverhalten der Schmelze sowie die Festigkeit der Legierung verbessert. Dieser Effekt wird noch durch den vergleichsweise geringen Mg-Gehalt und den auf ein niedriges Niveau begrenzten Ca-Gehalt weiter gesteigert. Legierung D kann zudem noch die Legierungselemente in folgenden bevorzugten Konzentrationsbereichen aufweisen: Nickel (Ni) von etwa 2 bis < etwa 3,5 Gew.-%, Kupfer (Cu) von > etwa 3,7 bis etwa 5,2 Gew.-%, Magnesium (Mg) von > etwa 0,65 bis < etwa 0,8 Gew.-%, Eisen (Fe) von etwa 0,4 bis etwa 0,6 Gew.-%, Mangan (Mn) von etwa 0,1 bis etwa 0,4 Gew.-% und für Beryllium, die oben genannten bevorzugten

Konzentrationsgrenzen. Optional ist die Anwesenheit/Zugabe von Beryllium zur Verbesserung der Oxidations-, Fließ- und Festigkeitseigenschaften auch in/zu den Legierungen A, B und C möglich. Dabei sollte ebenfalls der Kalziumgehalt auf das angegebene niedrige Niveau begrenzt werden, um den vorteilhaften Effekten des Berylliums nicht entgegenzuwirken. Insgesamt besteht zwischen den Legierungen A, B und C eine gewisse Kombinierbarkeit, sodass deren vorteilhafte technische Effekte auch zusammen in einer einzelnen Legierung realisiert werden können.

[0028] Mit Vorteil beträgt das Gewichtsverhältnis von Eisen zu Mangan in den genannten Aluminiumlegierungen höchstens etwa 5:1 bevorzugt etwa 2,5:1. In dieser Ausführungsform enthält die Aluminiumlegierung also höchstens fünf Teile Eisen gegenüber einem Teil Mangan, bevorzugt etwa 2,5 Teile Eisen gegenüber einem Teil Mangan. Durch dieses Verhältnis werden besonders vorteilhafte Festigkeitseigenschaften des Motorbauteils erzielt.

[0029] Die Nickelkonzentration beträgt < 3,5 Gew.-%, da sich ansonsten zu große, plattenförmige (primäre, nickelreiche) Phasen im Gefüge ausbilden können, die aufgrund ihrer Kerbwirkung die Festigkeit und/oder Lebensdauer herabsetzen können. Bei den bevorzugten Nickelkonzentrationen größer > 1,2 Gew.-% wird ein thermisch stabiles Primärphasennetzwerk mit Konnektivität und Kontiguität erzeugt.

[0030] Ferner ist es bevorzugt, dass die Summe aus Nickel und Kobalt in den genannten Aluminiumlegierungen > 2,0 Gew.-% und < 3,8 Gew.-% beträgt. Die untere Grenze stellt dabei eine vorteilhafte Festigkeit der Legierung sicher und die obere Grenze gewährleistet mit Vorteil eine feine Mikrostruktur und vermeidet die Bildung grober, plattenförmiger Phasen, welche die Festigkeit verringern würden.

[0031] Mit Vorteil weisen die Aluminiumlegierungen eine feine Mikrostruktur mit einem geringen Gehalt von Poren und Einschlüssen und/oder wenig und kleines primäres Silizium, insbesondere im hochbelasteten Muldenrandbereich, auf. Dabei ist unter einem geringen Gehalt von Poren vorzugsweise eine Porosität von < 0,01 % und unter wenig primärem Silizium < 1 % zu verstehen. Ferner ist die feine Mikrostruktur vorteilhaft dadurch beschrieben, dass die mittlere Länge des primären Silizium ca. < 5 µm und dessen maximale Länge ca. < 10 µm beträgt und die intermetallischen Phasen und/oder primären Ausscheidungen Längen von im Mittel ca. < 30 µm und maximal < 50 µm aufweisen. Die feine Mikrostruktur trägt insbesondere zur Verbesserung der thermomechanischen Ermüdungsfestigkeit bei. Eine Begrenzung der Größe der Primärphasen kann die Anfälligkeit gegen Rissinitiation und Rissausbreitung verringern und so die TMF-HCF-Lebensdauer signifikant erhöhen. Ferner ist es auf Grund der Kerbwirkung von Poren und Einschlüssen besonders vorteilhaft deren Gehalt gering zu halten.

[0032] Ein erfindungsgemäßes Motorbauteil besteht zumindest teilweise aus einer der oben genannten Aluminiumlegierungen. Ein weiterer unabhängiger Aspekt der Erfindung liegt in der Verwendung der oben ausgeführten Aluminiumlegierungen für die Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens eines Verbrennungsmotors, nach Anspruch 17. Insbesondere werden die aufgefundenen Aluminiumlegierungen dabei im Schwerkraftkokillengussverfahren verarbeitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, wobei die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungselemente:

Silizium:	7 Gew.-%	bis	< 14,5 Gew.-%,
Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
Magnesium:	0,1 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7 Gew.-%,
Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7 Gew.-%,
Zirkonium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,5 Gew.-%,
Vanadium:	≥ 0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,3 Gew.-%,
Titan:	0,05 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,
Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	≤ 0,05 Gew.-%,
Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen aufweist.

EP 3 143 173 B2

2. Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

5	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 10,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 5,2 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
10	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	< 0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
15	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

20 und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

3. Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

25	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 10,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 2,0 Gew.-%,
	Kupfer:	> 5,2 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
30	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
35	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	< 0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
40	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

4. Verfahren zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor, bei dem eine Aluminiumlegierung im Schwerkraftkokillengussverfahren abgegossen wird, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

45	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 12 Gew.-%,
	Nickel:	2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
50	Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	5,2 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
55	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	0,1 Gew.-%	bis	0,3 Gew.-%,

EP 3 143 173 B2

(fortgesetzt)

5	Titan:	0,1 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

10 5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

15	Silizium:	7 Gew.-%	bis	< 14,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	≤ 5,5 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,1 Gew.-%	bis	1,2 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7Gew.-%,
20	Zirkonium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,5 Gew.-%,
	Vanadium:	≥ 0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,3 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	≤ 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	≤ 0,05 Gew.-%,
25	Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,
	Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

30 6. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 5, wobei in der Aluminiumlegierung ein Gewichtsverhältnis von Eisen zu Mangan höchstens etwa 5:1, bevorzugt das Gewichtsverhältnis von Eisen zu Mangan etwa 2,5:1 beträgt.

35 7. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Summe aus Nickel und Kobalt bevorzugt > 2,0 Gew.-% und < 3,8 Gew.-% beträgt.

40 8. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 7, wobei die Aluminiumlegierung eine feine Mikrostruktur mit einem geringen Gehalt von Poren und Einschlüssen und/oder wenig und kleines primäres Silizium, insbesondere in einem Muldenrandbereich des Motorbauteils, aufweist, wobei die Porosität < 0,01 % und/oder der Gehalt an primärem Silizium < 1 % beträgt, wobei das primäre Silizium Längen von im Mittel < 5 µm und/oder maximale Längen < 10 µm aufweist, und die intermetallischen Phasen und/oder primären Ausscheidungen Längen von im Mittel < 30 µm und/oder maximale Längen < 50 µm aufweisen.

45 9. Motorbauteil, insbesondere Kolben für einen Verbrennungsmotor, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, wobei die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungselemente:

50	Silizium:	7 Gew.-%	bis	< 14,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,1 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7Gew.-%,
55	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7Gew.-%,
	Zirkonium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,5 Gew.-%,
	Vanadium:	≥ 0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,3 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,

EP 3 143 173 B2

(fortgesetzt)

5	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	≤ 0,05 Gew.-%,
	Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen aufweist.

- 10 **10.** Motorbauteil, insbesondere Kolben für einen Verbrennungsmotor, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

15	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 10,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 5,2 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
20	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	< 0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
25	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

- 30 **11.** Motorbauteil, insbesondere Kolben für einen Verbrennungsmotor, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

35	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 10,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 2,0 Gew.-%,
	Kupfer:	> 5,2 Gew.-%	bis	< 10 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
40	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	< 0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	< 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
45	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

- 50 **12.** Motorbauteil, insbesondere Kolben für einen Verbrennungsmotor, das zumindest teilweise aus einer Aluminiumlegierung besteht, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

55	Silizium:	9 Gew.-%	bis	< 12 Gew.-%,
	Nickel:	2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	5,2 Gew.-%,
	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,5 Gew.-%	bis	1,5 Gew.-%,

(fortgesetzt)

5	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	0,7 Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Zirkonium:	0,2 Gew.-%	bis	0,4 Gew.-%,
	Vanadium:	0,1 Gew.-%	bis	0,3 Gew.-%,
	Titan:	0,1 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	0,008 Gew.-%,
10	optional Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-% und
	optional Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

15 **13.** Motorbauteil nach Anspruch 9, wobei die Aluminiumlegierung aufweist:

	Silizium:	7 Gew.-%	bis	< 14,5 Gew.-%,
	Nickel:	> 1,2 Gew.-%	bis	< 3,5 Gew.-%,
	Kupfer:	> 3,7 Gew.-%	bis	≤ 5,5 Gew.-%,
20	Kobalt:		bis	< 1 Gew.-%,
	Magnesium:	0,1 Gew.-%	bis	1,2 Gew.-%,
	Eisen:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7 Gew.-%,
	Mangan:	0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,7 Gew.-%,
25	Zirkonium:	> 0,1 Gew.-%	bis	< 0,5 Gew.-%,
	Vanadium:	≥ 0,1 Gew.-%	bis	≤ 0,3 Gew.-%,
	Titan:	0,05 Gew.-%	bis	≤ 0,2 Gew.-%,
	Phosphor:	0,004 Gew.-%	bis	≤ 0,05 Gew.-%,
	Beryllium:	0,0005 Gew.-%	bis	0,5 Gew.-%,
30	Kalzium:		bis	≤ 0,0005 Gew.-%

und als Rest Aluminium und nicht zu vermeidende Verunreinigungen.

35 **14.** Motorbauteil gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 9 bis 13, wobei in der Aluminiumlegierung ein Gewichtsverhältnis von Eisen zu Mangan höchstens etwa 5:1, bevorzugt das Gewichtsverhältnis von Eisen zu Mangan etwa 2,5:1 beträgt.

15. Motorbauteil gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 9 bis 14, wobei eine Summe aus Nickel und Kobalt bevorzugt > 2,0 Gew.-% und < 3,8 Gew.-% betragen soll.

40 **16.** Motorbauteil gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 9 bis 15, wobei die Aluminiumlegierung eine feine Mikrostruktur mit einem geringen Gehalt von Poren und Einschlüssen und/oder wenig und kleines primäres Silizium, insbesondere in einem Muldenrandbereich des Bauteils, aufweist, wobei die Porosität < 0,01 % und/oder der Gehalt an primärem Silizium < 1 % beträgt, wobei das primäre Silizium Längen von im Mittel < 5 µm und/oder maximale Längen < 10 µm aufweist, und die intermetallischen Phasen und/oder primären Ausscheidungen Längen von im Mittel < 30 µm und/oder maximale Längen < 50 µm aufweisen.

50 **17.** Verwendung einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Motorbauteils, insbesondere eines Kolbens eines Verbrennungsmotors, wobei die Aluminiumlegierung die in einem der Ansprüche 1 bis 7 spezifizierten Legierungszusammensetzung aufweist.

Claims

55 **1.** Method for producing an engine component, in particular a piston for an internal combustion engine, in which an aluminium alloy is cast using the gravity die casting process, wherein the aluminium alloy has the following alloy

elements:

5	silicon:	7 wt. %	to	< 14.5 wt. %,
	nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
	copper:	> 3.7 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.1 wt. %	to	1.5 wt. %,
10	iron:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
	manganese:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
	zirconium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.5 wt. %,
	vanadium:	≥ 0.1 wt. %	to	≤ 0.3 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	0.5 wt. %,
15	phosphorus:	0.004 wt. %	to	≤ 0.05 wt. %,
	beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

2. Method for producing an engine component, in particular a piston for an internal combustion engine, in which an aluminium alloy is cast using the gravity die casting process, wherein the aluminium alloy has:

25	silicon:	9 wt. %	to	< 10.5 wt. %,
	nickel:	> 2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
	copper:	> 5.2 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
30	iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
	manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
	zirconium:	0.2 wt. %	to	< 0.4 wt. %,
	vanadium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
35	phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
	optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

3. Method for producing an engine component, in particular a piston for an internal combustion engine, in which an aluminium alloy is cast using the gravity die casting process, wherein the aluminium alloy has:

45	silicon:	9 wt. %	to	< 10.5 wt. %,
	nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 2.0 wt. %,
	copper:	> 5.2 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
50	iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
	manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
	zirconium:	0.2 wt. %	to	< 0.4 wt. %,
	vanadium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
55	phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
	optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

4. Method for producing an engine component, in particular a piston for an internal combustion engine, in which an aluminium alloy is cast using the gravity die casting process, wherein the aluminium alloy has:

silicon:	9 wt. %	to	< 12 wt. %,
nickel:	2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
copper:	> 3.7 wt. %	to	5.2 wt. %,
cobalt:		to	< 1 wt. %,
magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
zirconium:	0.2 wt. %	to	0.4 wt. %,
vanadium:	0.1 wt. %	to	0.3 wt. %,
titanium:	0.1 wt. %	to	0.5 wt. %,
phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

5. Method according to claim 1, wherein the aluminium alloy has:

silicon:	7 wt. %	to	< 14.5 wt. %,
nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
copper:	> 3.7 wt. %	to	≤ 5.5 wt. %,
cobalt:		to	< 1 wt. %,
magnesium:	0.1 wt. %	to	1.2 wt. %,
iron:	0.1 wt. %	to	< 0.7 wt. %,
manganese:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
zirconium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.5 wt. %,
vanadium:	≥ 0.1 wt. %	to	≤ 0.3 wt. %,
titanium:	0.05 wt. %	to	≤ 0.2 wt. %,
phosphorus:	0.004 wt. %	to	≤ 0.05 wt. %,
beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. %,
calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

6. Method according to any of the preceding claims 1 to 5, wherein in the aluminium alloy a weight ratio of iron to manganese is at most approximately 5:1, preferably the weight ratio of iron to manganese is approximately 2.5:1.

7. Method according to any of the preceding claims 1 to 6, wherein a sum of nickel and cobalt is preferably > 2.0 wt. % and < 3.8 wt. %.

8. Method according to any of the preceding claims 1 to 7, wherein the aluminium alloy has a fine microstructure with a low content of pores and inclusions and/or few and small primary silicon, in particular in a trough rim area of the engine component, wherein the porosity is < 0.01 % and/or the content of primary silicon is < 1 %, wherein the primary silicon has mean lengths of < 5 μm and/or maximum lengths of < 10 μm, and the intermetallic phases and/or primary precipitations have mean lengths of < 30 μm and/or maximum lengths of < 50 μm.

9. Engine component, in particular piston for an internal combustion engine, which consists at least partially of an aluminium alloy, wherein the aluminium alloy has the following alloy elements:

EP 3 143 173 B2

5	silicon:	7 wt. %	to	< 14.5 wt. %,
	nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
	copper:	> 3.7 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.1 wt. %	to	1.5 wt. %,
	iron:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
	manganese:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
10	zirconium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.5 wt. %,
	vanadium:	≥ 0.1 wt. %	to	≤ 0.3 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	0.5 wt. %,
	phosphorus:	0.004 wt. %	to	≤ 0.05 wt. %,
15	beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

- 20 **10.** Engine component, in particular piston for an internal combustion engine, which consists at least partially of an aluminium alloy, wherein the aluminium alloy has:

25	silicon:	9 wt. %	to	< 10.5 wt. %,
	nickel:	> 2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
	copper:	> 5.2 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
	iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
30	manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
	zirconium:	0.2 wt. %	to	< 0.4 wt. %,
	vanadium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
35	optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

- 40 **11.** Engine component, in particular piston for an internal combustion engine, which consists at least partially of an aluminium alloy, wherein the aluminium alloy has:

45	silicon:	9 wt. %	to	< 10.5 wt. %,
	nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 2.0 wt. %,
	copper:	> 5.2 wt. %	to	< 10 wt. %,
	cobalt:		to	< 1 wt. %,
	magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
	iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
50	manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
	zirconium:	0.2 wt. %	to	< 0.4 wt. %,
	vanadium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	titanium:	0.05 wt. %	to	< 0.2 wt. %,
	phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
55	optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
	optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

12. Engine component, in particular piston for an internal combustion engine, which consists at least partially of an aluminium alloy, wherein the aluminium alloy has:

silicon:	9 wt. %	to	< 12 wt. %,
nickel:	2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
copper:	> 3.7 wt. %	to	5.2 wt. %,
cobalt:		to	< 1 wt. %,
magnesium:	0.5 wt. %	to	1.5 wt. %,
iron:	0.1 wt. %	to	0.7 wt. %,
manganese:	0.1 wt. %	to	0.4 wt. %,
zirconium:	0.2 wt. %	to	0.4 wt. %,
vanadium:	0.1 wt. %	to	0.3 wt. %,
titanium:	0.1 wt. %	to	0.5 wt. %,
phosphorus:	0.004 wt. %	to	0.008 wt. %,
optionally beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. % and
optionally calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

13. Engine component according to claim 9, wherein the aluminium alloy has:

silicon:	7 wt. %	to	< 14.5 wt. %,
nickel:	> 1.2 wt. %	to	< 3.5 wt. %,
copper:	> 3.7 wt. %	to	≤ 5.5 wt. %,
cobalt:		to	< 1 wt. %,
magnesium:	0.1 wt. %	to	1.2 wt. %,
iron:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
manganese:	0.1 wt. %	to	≤ 0.7 wt. %,
zirconium:	> 0.1 wt. %	to	< 0.5 wt. %,
vanadium:	≥ 0.1 wt. %	to	≤ 0.3 wt. %,
titanium:	0.05 wt. %	to	≤ 0.2 wt. %,
phosphorus:	0.004 wt. %	to	≤ 0.05 wt. %,
beryllium:	0.0005 wt. %	to	0.5 wt. %,
calcium:		to	≤ 0.0005 wt. %

and aluminium and unavoidable impurities as the remainder.

14. Engine component according to any of the preceding claims 9 to 13, wherein in the aluminium alloy a weight ratio of iron to manganese is at most approximately 5:1, preferably the weight ratio of iron manganese is approximately 2.5:1.

15. Engine component according to any of the preceding claims 9 to 14, wherein a sum of nickel and cobalt is preferably > 2.0 wt. % and < 3.8 wt. %.

16. Engine component according to any of the preceding claims 9 to 15, wherein the aluminium alloy has a fine micro-structure with a low content of pores and inclusions and/or few and small primary silicon, in particular in a trough rim area of the engine component, wherein the porosity is < 0.01 % and/or the content of primary silicon is < 1 %, wherein the primary silicon has mean lengths of < 5 μm and/or maximum lengths of < 10 μm, and the intermetallic phases and/or primary precipitations have mean lengths of < 30 μm and/or maximum lengths of < 50 μm.

17. Use of an aluminium alloy for producing an engine component, in particular a piston of an internal combustion engine, wherein the aluminium alloy has the alloy composition specified in any of claims 1 to 7.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant de moteur, en particulier d'un piston pour un moteur à combustion interne, dans lequel un alliage d'aluminium est coulé au cours d'un procédé de moulage en coquille par gravité, dans lequel l'alliage d'aluminium présente les éléments d'alliage suivants :

5

10

15

20

silicium:	7 % en poids	à	< 14,5 % en poids,
nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre:	> 3,7 % en poids	à	< 10% en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,1% en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
zirconium :	> 0,1% en poids	à	< 0,5 % en poids,
vanadium:	≥ 0,1% en poids	à	≤ 0,3 % en poids,
titane:	0,05 % en poids	à	0,5 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	≤ 0,05 % en poids,
béryllium:	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
en option calcium:		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

25

2. Procédé de fabrication d'un composant de moteur, en particulier d'un piston pour un moteur à combustion interne, dans lequel un alliage d'aluminium est coulé selon le procédé de coulée en coquille par gravité, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

30

35

40

silicium: 9	% en poids	à	< 10,5 % en poids,
nickel: >	2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre: >	5,2 % en poids	à	< 10% en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	0,4 % en poids,
zirconium:	0,2 % en poids	à	< 0,4 % en poids,
vanadium:	> 0,1% en poids	à	< 0,2 % en poids,
titane:	0,05 % en poids	à	< 0,2 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
en option béryllium :	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
en option calcium :		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

45

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

3. Procédé de fabrication d'un composant de moteur, en particulier d'un piston pour un moteur à combustion interne, dans lequel un alliage d'aluminium est coulé selon le procédé de coulée en coquille par gravité, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

50

55

silicium:	9 % en poids	à	< 10,5 % en poids,
nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 2,0 % en poids,
cuivre:	> 5,2 % en poids	à	< 10% en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	0,4 % en poids,

EP 3 143 173 B2

(suite)

zirconium :	0,2 % en poids	à	< 0,4 % en poids,
vanadium:	> 0,1% en poids	à	< 0,2 % en poids,
titane:	0,05 % en poids	à	< 0,2 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
en option béryllium :	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
en option calcium :		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

4. Procédé de fabrication d'un composant de moteur, en particulier d'un piston pour un moteur à combustion interne, dans lequel un alliage d'aluminium est coulé selon le procédé de coulée en coquille par gravité, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

silicium:	9 % en poids	à	< 12 % en poids,
nickel:	2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre:	> 3,7 % en poids	à	5,2 % en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1 % en poids,
magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	0,4 % en poids,
zirconium :	0,2 % en poids	à	0,4 % en poids,
vanadium:	0,1% en poids	à	0,3 % en poids,
titane:	0,1% en poids	à	0,5 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
en option béryllium :	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
en option calcium :		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

silicium:	7 % en poids	à	< 14,5 % en poids,
nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre:	> 3,7 % en poids	à	≤ 5,5 % en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,1% en poids	à	1,2 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
zirconium:	> 0,1% en poids	à	< 0,5 % en poids,
vanadium:	≥ 0,1% en poids	à	≤ 0,3 % en poids,
titane:	0,05% en poids	à	≤ 0,2 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	≤ 0,05 % en poids,
béryllium:	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids,
calcium:		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 5, dans lequel un rapport pondéral de fer à manganèse dans l'alliage d'aluminium s'élève à sensiblement 5:1 au maximum, de préférence le rapport pondéral de fer à manganèse s'élève à sensiblement 2,5:1.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 6, dans lequel une somme de nickel et cobalt

EP 3 143 173 B2

représente de préférence > 2,0 % en poids et < 3,8 % en poids.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 7, dans lequel l'alliage d'aluminium présente une microstructure fine avec une basse teneur en pores et inclusions et/ou une faible et petite quantité de silicium primaire, en particulier dans une zone de bord de cavité du composant de moteur, dans lequel la porosité représente < 0,01 % et/ou la teneur en silicium primaire représente < 1%, dans lequel le silicium primaire présente des longueurs en moyenne < 5 μm et/ou des longueurs maximales < 10 μm , et les phases intermétalliques et/ou précipitations primaires présentent des longueurs en moyenne < 30 μm et/ou des longueurs maximales < 50 μm .

9. Composant de moteur, en particulier piston pour un moteur à combustion interne, qui est constitué au moins en partie d'un alliage d'aluminium, dans lequel l'alliage d'aluminium présente les éléments d'alliage suivants :

silicium:	7 % en poids	à	< 14,5 % en poids,
nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre:	> 3,7 % en poids	à	< 10% en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,1% en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	$\leq$ 0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	$\leq$ 0,7 % en poids,
zirconium :	> 0,1% en poids	à	< 0,5 % en poids,
vanadium:	$\geq$ 0,1% en poids	à	$\leq$ 0,3 % en poids,
titane:	0,05 % en poids	à	0,5 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	$\leq$ 0,05 % en poids,
béryllium:	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
en option calcium :		jusqu'à	$\leq$ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

10. Composant de moteur, en particulier des pistons pour un moteur à combustion interne, qui consiste au moins partiellement en un alliage d'aluminium, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

silicium:	9 % en poids	à	< 10,5 % en poids,
nickel:	> 2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
cuivre:	> 5,2 % en poids	à	< 10 % en poids,
cobalt:		jusqu'à	< 1% en poids,
magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
fer:	0,1% en poids	à	0,7 % en poids,
manganèse:	0,1% en poids	à	0,4 % en poids,
zirconium:	0,2 % en poids	à	< 0,4 % en poids,
vanadium:	> 0,1% en poids	à	< 0,2 % en poids,
titane:	0,05 % en poids	à	< 0,2 % en poids,
phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
en option béryllium:	0,0005 % en	poids à	0,5 % en poids et
en option calcium:		jusqu'à	$\leq$ 0,0005 % en poids

et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

11. Composant de moteur, en particulier des pistons pour un moteur à combustion interne, qui consiste au moins partiellement en un alliage d'aluminium, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

silicium:	9 % en poids	à	< 10,5 % en poids,
nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 2,0 % en poids,
cuivre:	> 5,2 % en poids	à	< 10% en poids,

EP 3 143 173 B2

(suite)

	cobalt:		jusqu'à	< 1 % en poids,
	magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
5	fer:	0,1 % en poids	à	0,7 % en poids,
	manganèse:	0,1 % en poids	à	0,4 % en poids,
	zirconium:	0,2 % en poids	à	< 0,4 % en poids,
	vanadium:	> 0,1 % en poids	à	< 0,2 % en poids,
10	titane:	0,05 % en poids	à	< 0,2 % en poids,
	phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
	en option béryllium:	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids et
	en option calcium :			jusqu'à ≤ 0,0005 % en poids

15 et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

12. Composant de moteur, en particulier des pistons pour un moteur à combustion interne, qui consiste au moins partiellement en un alliage d'aluminium, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

20	silicium:	9 % en poids	à	< 12 % en poids,
	nickel:	2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
	cuivre:	> 3,7 % en poids	à	5,2 % en poids,
	cobalt:		jusqu'à	< 1 % en poids,
25	magnésium:	0,5 % en poids	à	1,5 % en poids,
	fer:	0,1 % en poids	à	0,7 % en poids,
	manganèse:	0,1 % en poids	à	0,4 % en poids,
	zirconium :	0,2 % en poids	à	0,4 % en poids,
	vanadium:	0,1 % en poids	à	0,3 % en poids,
30	titane:	0,1 % en poids	à	0,5 % en poids,
	phosphore:	0,004 % en poids	à	0,008 % en poids,
	en option béryllium :	0,0005 % en	poids à	0,5 % en poids et
	en option calcium :		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

35 et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

13. Composant de moteur selon la revendication 9, dans lequel l'alliage d'aluminium présente :

40	silicium:	7 % en poids	à	< 14,5 % en poids,
	nickel:	> 1,2 % en poids	à	< 3,5 % en poids,
	cuivre:	> 3,7 % en poids	à	≤ 5,5 % en poids,
	cobalt:		jusqu'à	< 1 % en poids,
45	magnésium:	0,1 % en poids	à	1,2 % en poids,
	fer:	0,1 % en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
	manganèse:	0,1 % en poids	à	≤ 0,7 % en poids,
	zirconium:	> 0,1 % en poids	à	< 0,5 % en poids,
	vanadium:	≥ 0,1 % en poids	à	≤ 0,3 % en poids,
50	titane:	0,05 % en poids	à	≤ 0,2 % en poids,
	phosphore:	0,004 % en poids	à	≤ 0,05 % en poids,
	béryllium:	0,0005 % en poids	à	0,5 % en poids,
	calcium:		jusqu'à	≤ 0,0005 % en poids

55 et le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables.

14. Composant de moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 13, dans lequel un rapport

EP 3 143 173 B2

pondéral de fer à manganèse dans l'alliage d'aluminium s'élève à sensiblement 5:1 au maximum, de préférence le rapport pondéral de fer à manganèse s'élève à sensiblement 2,5:1.

5 **15.** Composant de moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 14, dans lequel une somme de nickel et cobalt représente de préférence > 2,0 % en poids et < 3,8 % en poids.

10 **16.** Composant de moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 15, dans lequel l'alliage d'aluminium présente une microstructure fine avec une basse teneur en pores et inclusions et/ou une faible et petite quantité de silicium primaire, en particulier dans une zone de bord de cavité du composant, dans lequel la porosité représente < 0,01 % et/ou la teneur en silicium primaire représente < 1%, dans lequel le silicium primaire présente des longueurs en moyenne < 5 µm et/ou des longueurs maximales < 10µm, et les phases intermétalliques et/ou précipitations primaires présentent des longueurs en moyenne < 30 µm et/ou des longueurs maximales < 50 µm.

15 **17.** Utilisation d'un alliage d'aluminium pour la fabrication d'un composant de moteur, en particulier d'un piston d'un moteur à combustion interne, dans lequel l'alliage d'aluminium présente la composition d'alliage spécifiée selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

20

25

30

35

40

45

50

55

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

- JP 2004256873 A **[0007]**
- DE 4404420 A1 **[0008]**
- EP 0924310 B1 **[0009]**
- WO 0071767 A1 **[0010]**
- DE 10333103 B4 **[0011]**
- EP 1975262 B1 **[0013]**
- WO 2010025919 A2 **[0014]**
- DE 102011083969 **[0015]**
- EP 1340827 B1 **[0016]**