



(11)

EP 3 670 689 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.10.2023 Patentblatt 2023/42

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22C 21/06 ^(2006.01) **C22C 21/08** ^(2006.01)
C22C 21/14 ^(2006.01) **C22C 21/16** ^(2006.01)
C22F 1/047 ^(2006.01) **C22F 1/057** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18214766.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22C 21/06; C22C 21/08; C22C 21/14;
C22C 21/16; C22F 1/047; C22F 1/057

(22) Anmeldetag: **20.12.2018**

(54) **WARMFESTE ALUMINIUMLEGIERUNG**

HEAT-RESISTANT ALUMINIUM ALLOY

ALLIAGE D'ALUMINIUM RÉSISTANT À LA CHALEUR

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.06.2020 Patentblatt 2020/26

(73) Patentinhaber: **Aluminium Rheinfelden Alloys GmbH**
79618 Rheinfelden (DE)

(72) Erfinder:
• **WIESNER, Stuart**
4310 Rheinfelden (CH)
• **NIKLAS, Fabian**
79576 Weil am Rhein (DE)

(74) Vertreter: **Rentsch Partner AG**
Kirchenweg 8
Postfach
8034 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 014 780 EP-B1- 1 757 709
KR-A- 20120 039 097

- **SNOPINSKI PRZEMYSŁAW ET AL:** "Effect of cooling rate on microstructural development in alloy ALMG9", JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY, KLUWER, DORDRECHT, NL, Bd. 133, Nr. 1, 25. April 2018 (2018-04-25), Seiten 379-390, XP036526843, ISSN: 1388-6150, DOI: 10.1007/S10973-018-7313-9 [gefunden am 2018-04-25]
- **F. J. FEIKUS ET AL:** "Optimierung einer AISi-Gu?legierung und anwendungsorientierte Entwicklung der Gie?technik zur Herstellung hochbelasteter Motorbl?cke", GIE?EREI 88, Nr. 11, 13. November 2001 (2001-11-13), Seiten 25-32, XP055434720,
- **FEIKUS F J:** "OPTIMIERUNG VON ALUMINIUM-SILICIUM-GUSSLEGIERUNGEN FUER ZYLINDERKOEPFEN", GIESSEREIPRA, FACHVERLAG SCHIELE UND SCHON GMBH, BERLIN, DE, Nr. 2, 1. Januar 1999 (1999-01-01), Seiten 50-57, XP009057734, ISSN: 0016-9781

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 670 689 B1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Legierung zum Giessen von Bauteilen auf der Basis von Aluminium, Magnesium, Kupfer und Silizium, insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugbauteilen mit thermischer Belastung. Des Weiteren richtet sich die Erfindung auf ein Bauteil gegossen aus der erfindungsgemässen Legierung, wobei es sich bei diesem Bauteil vorzugsweise um einen Zylinderkopf handelt und einen Zylinderkopf, welcher die erfindungsgemässe Legierung umfasst.

10 STAND DER TECHNIK

[0002] Ein Trend im Leichtbau in der Automobilindustrie besteht in der Konstruktion von Verbrennungskraftmaschinen mit hoher Leistung und kleinem Bauraum. Auf diese Weise wird insbesondere die Konstruktion von Hybridantrieben erleichtert. Der Zylinderkopf spielt hierbei eine entscheidende Rolle: An den Auslassventilen besteht die höchste thermische Belastung, der Verbindungssteg zwischen den Ventilen ist besonders gefährdet, da hier hohe thermische Belastungen auftreten. Durch die gewünschte, höhere Aufladung der Motoren sind die Bauteile immer höheren Temperaturen ausgesetzt.

15 **[0003]** Für thermisch beanspruchte Bauteile werden heute üblicherweise AlSi-Legierungen eingesetzt, wobei die Warmfestigkeit durch Zulegieren von Kupfer erreicht wird. Kupfer erhöht bei AlSi10- oder AlSi7-Legierungen allerdings auch die Warmrissneigung und wirkt sich negativ auf die Giessbarkeit aus. Anwendungen, bei denen insbesondere Warmfestigkeit gefordert wird, findet man hauptsächlich im Bereich der Zylinderköpfe im Automobilbau, siehe z.B. F. J. Feikus, "Optimierung von Aluminium-Silizium-Gusslegierungen für Zylinderköpfe", Giesserei-Praxis, 1999, Heft 2, S. 50-57.

20 **[0004]** Die EP 1 757709 B1 der Anmelderin selbst offenbart eine warmfeste Aluminiumlegierung vom Typ AlMgSi mit guter Dauerwarmfestigkeit zur Herstellung thermisch und mechanisch beanspruchter Gussbauteile.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

30 **[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Legierungszusammensetzung für eine Legierung zum Giessen von Bauteilen zur Verfügung zu stellen, welche mindestens einen Nachteil von den aus dem Stand der Technik bekannten Legierungen vermeidet.

[0006] Bevorzugtes Giessverfahren ist der Kokillenguss, z.B. in der Variante des Schwerkraftgiessens, des Niederdruckgiessens und des Kipptiegelgiessens.

35 **[0007]** Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe gelöst durch eine Legierung zum Giessen von Bauteilen auf Basis von Aluminium-Magnesium-Kupfer-Silizium-Mangan, bestehend aus:

	Mg	5,0 bis 9,5 Gew. %
	Cu	3,0 bis 7,5 Gew. %
	Si	1,5 bis 4,7 Gew. %
40	Mn	0,1 bis 1,0 Gew. %
	Ni	max. 2 Gew. %
	Fe	max. 1 Gew. %
	Zr	max. 0,5 Gew. %
45	Be	bis 500 ppm
	Ti	bis 0,5 Gew. %
	Sr	max. 0,8 Gew. %
	P	max. 500 ppm.

50 **[0008]** Wahlweise noch bis 0,5 Gew. % der Elemente Zn, Cr, Mo, V, Hf, Ca, Ga, B und der Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen.

[0009] Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen Legierung sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

55 **[0010]** In einer Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 5,8 bis 8,5 Gew. % Magnesium.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 1,7 bis 4,7 Gew. % Silizium, vorzugsweise 1,7 bis 3,4 Gew. % Silizium.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 3,2 bis 7,5 Gew. % Kupfer.

- [0013] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 3,2 bis 5,5 Gew.% Kupfer.
- [0014] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 3,4 bis 5,5 Gew.% Kupfer.
- [0015] In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemässen Legierung enthält diese 0,2 - 0,7 Gew.% Mangan.
- [0016] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung 0,4 - 0,7 Gew.% Mangan.
- [0017] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung max. 0,5 Gew.% Nickel.
- [0018] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung max. 0,3 Gew.% Zirkon.
- [0019] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung max. max. 100 ppm Beryllium.
- [0020] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung max. 0,1 Gew.% Titan.
- [0021] In einer weiteren Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Legierung max. 50 ppm Phosphor.
- [0022] Ferner wird ein Bauteil aus der erfindungsgemässen Legierung gegossen, vorzugsweise handelt es sich beim Giessverfahren um ein Kokillengussverfahren.
- [0023] Die Erfindung umfasst ebenfalls einen Zylinderkopf gegossen aus der erfindungsgemässen Legierung.
- [0024] Des Weiteren umfasst ein Zylinderkopf die erfindungsgemässe Legierung.
- [0025] Es konnte festgestellt werden, dass die erfindungsgemässe Legierung die Anforderungen an die Warmfestigkeit und die Giessbarkeit besser erfüllt als alle bisher auf dem Markt befindliche Legierungen. Die erfindungsgemässe Legierung beruht auf einem Legierungssystem AlMgCuSi, welches in der erfindungsgemässen Variante bislang nicht in Gusslegierungen für den Automobilbau eingesetzt wurde. Die chemische Zusammensetzung wurde mit Hilfe von Phasensimulationsrechnungen o eingestellt, dass sich bei der Erstarrung keine rapiden Volumenänderungssprünge auftreten. Dies führt zu spannungsfreien und damit warmrissfreien Gussbauteilen. Die praktische Verifizierung erfolgte mittels der Sternkokille, die darauf ausgelegt ist, solche Warmrisse hervorzurufen.
- [0026] Eine Neuerung ist die Zugabe von Kupfer, wodurch höhere Festigkeiten im Temperaturbereich von 250 bis 300 °C und eine bessere Giessbarkeit erreicht werden konnte.
- [0027] Das Magnesium-Silizium-Verhältnis wurde gewählt, um einen hohen Anteil von Mg₂Si-Eutektikum zu erreichen. Dadurch sinkt die Schmelztemperatur und die Giessbarkeit ist deutlich besser als ohne Si-Anteile.
- [0028] In der erfindungsgemässen Kombination von Magnesium, Kupfer und Silizium konnte eine gute Giessbarkeit und geringe Warmrissneigung erreicht werden. Bei Cu-Gehalten zwischen 3,2 und 5,5 Gew.% konnte eine bessere Formfüllung und geringere Tendenz zur Warmrissneigung bei gleichzeitig hoher Warmfestigkeit um 250 °C festgestellt werden. Bei noch höherem Kupfergehalt sank die Festigkeit (insbesondere die Dehngrenze) zwar, lag aber noch auf einem sehr hohen Niveau.
- [0029] In einer Phasensimulation konnte gezeigt werden, dass Al₂Cu-Phasen vermieden werden können zugunsten von AlMgCu-haltigen Phasen. Die Phasensimulation wurde mit der Software JMatPro vorgenommen (Version 8.0, Sente Software). Gemäss dieser Berechnung bilden sich im Gleichgewichtszustand Al₂Cu₂Mn₃ und Al₂CuMg. Eine Vermeidung von Al₂Cu-Phasen wirkt sich positiv auf die Korrosionsbeständigkeit der erfindungsgemässen Legierung aus. Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass hoch-kupferhaltigen Legierungen, darunter sind Legierungen mit einem Cu-gehalt von mehreren Prozent zu verstehen, korrosionsanfällig sind. Bei der erfindungsgemässen Legierung konnte festgestellt werden, dass dies nicht der Fall ist.
- [0030] Mangan trägt in Grenzen zur Festigkeitssteigerung bei und kann spröde AlFeSi-Betaphasen in harmlosere AlMnFeSi-Alphaphasen umformen.
- [0031] Zirkon kann in begrenztem Umfang zu einer Verbesserung der Festigkeit und feinerem Korn führen. Dieser Effekt kann durch eine Kombination mit Molybdän verstärkt werden.
- [0032] Weitere Elemente sind möglich, aber nicht zwingend notwendig. Beryllium verringert die Oxidationsneigung der Schmelze. Kornfeiner können Titan-Bor Legierung eingesetzt werden, wie beispielsweise unter dem Handelsnamen TiBloy oder TiBor bekannt. TiBloy wird auf der Al-Ti-B-Basis hergestellt in einem Verhältnis Ti : B < 2,2 : 1, wobei die Summe von Ti und B max. 1,9 (Gew.-%) beträgt. TiBor existiert in verschiedenen Zusammensetzungen, üblich sind Verhältnisse Ti : B von 5 % : 1 % oder 1,7 % : 1,4 %. Ein zu hoher Phosphorgehalt führt zu einer Versprödung der Legierung. Strontium beeinflusst die Legierungseigenschaften nur begrenzt, eine Veredelung des Gefüges tritt nicht ein.
- [0033] Es ist möglich, die erfindungsgemässe Legierung mit Recyclingmaterial herzustellen. Geeignet hierfür ist hochwertiges Recyclingmaterial und die Verwendung eines bewährten Kipp-Trommelofens zum Schmelzen der Legierung.

Vergleichsbeispiele

[0034] Im Folgenden sind die Zusammensetzungen von 5 Legierungen A, B, C, D und E gegenübergestellt. Variante A stellt eine in der Produktion von Zylinderköpfen weit verbreitete Legierung vom Typ AlSi10Mg dar, Variante B ist ein typisches Beispiel für eine Legierung wie beschrieben im Patent EP1757709 B1. Die Varianten C bis E stellen Ausführungsvarianten der erfindungsgemässe Legierung dar: Variante C mit ca. 3,5 Gew.% Kupfer, Variante D mit ca. 5 Gew.% Kupfer und Variante E mit ca. 6 Gew.% Kupfer.

[0035] Die Angaben verstehen sich in Gew.%. Anhand von vier Legierungen A-D wurden die mechanischen Kennwerte (R_m, R_{p0,2}, A₅) ermittelt. Die Proben wurden mittels Schwerkraftguss herstellt in einer französischen Kokille,

EP 3 670 689 B1

	Mg	Fe	Si	Mn	Cu	Zn
Variante A (StdT)	0,42	0,53	9,83	0,83	0,10	0,19
Variante B (StdT)	7,09	0,08	2,99	0,68	0,00	0,01
Variante C	7,12	0,08	3,01	0,62	3,47	0,01
Variante D	7,24	0,09	2,92	0,61	5,10	0,01
Variante E	5,93	0,09	2,97	0,67	6,09	0,01

	Ti	B	Sr	P	Be
Variante A (StdT)	0,09	0,000	0,022	0,001	0,000
Variante B (StdT)	0,08	0,000	0,000	0,0002	0,002
Variante C	0,08	0,002	0,000	0,0006	0,004
Variante D	0,08	0,001	0,000	0,0007	0,004
Variante E	0,07	0,000	0,000	0,0005	0,003

Erzielte Resultate

[0036] Die beschriebenen Legierungen A bis E wurden folgenden T6 Wärmebehandlungen unterzogen.

	Lösungsglühen	Warmauslagerung
Variante A (StdT)	6h-530°C+WA	3h-210°C
Variante B (StdT)	3h-480°C+1 5h-520°C+WA	2h-170°C
Variante C	3h-480°C + 15h-520°C +WA	2h-170°C
Variante D	3h-480°C + 15h-520°C +WA	2h-170°C
Variante E	16h-500°C+WA	2h-170°C
(WA = Wasserabschreckung)		

[0037] In der nachfolgenden Tabelle sind die mechanische Kennwerte R_m, R_{p0,2}, A₅ im Zustand T6, gemessen bei den angegebenen Temperaturen 20°C, 250°C und 300°C dargestellt. Zuvor wurden diese 500 h bei 20°C, 250°C und 300°C ausgelagert. Dargestellt sind jeweils der Mittelwerte aus 5 Zugprüfungen.

	20 °C			250 °C			300 °C		
Leg.	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₅ [Gew. %]	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₅ [Gew. %]	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₅ [Gew. %]
A (StdT)	300	185	4,0	74	57	20	49	38	30,3
B (StdT)	241	135	2,2	128	92	40,1	84	63	50,5
C	307	291	0,3	164	163	1,2	96	71	18,5
D	281	266	0,2	166	133	4,3	93	68	1 1,4

[0038] Wie aus der Tabelle zu entnehmen, zeigte die Legierungsvariante C die höchsten Festigkeiten bei 250 und 300 °C. Besonders auffällig ist die gegenüber der Standardlegierung A etwa dreimal so hohe Dehngrenze R_{p0,2} bei 250 °C .

[0039] Die Giessbarkeit und die Warmrissneigung wurden für die nach dem Stand der Technik bekannten Legierungszusammensetzungen A, B und für die erfindungsgemässen Zusammensetzungen mit Hilfe einer Sternkokille ermittelt. Bei einer Sternkokille gehen vom Einguss mehrere unterschiedlich lange Stäbe ab, die sternförmig angeordnet sind. An ihren Enden weisen dies Verdickungen auf, sodass sie sich nicht zusammenziehen können. Die in den Stäben auftretenden mechanischen Spannungen sind dann proportional zur Länge der Stäbe. Aus dem längsten nicht gerissenen Stab kann dann auf die Warmrissneigung geschlossen werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate gegenübergestellt.

[0040] Die Schmelzetemperatur lag bei allen Versuchen bei 750 °C, die Kokillentemperatur bei 250 °C (+/- 5 °C). Zu Beginn der Versuche wurden die Kokillen auf 250 °C temperiert und mit mindestens 10 Abgüssen eingefahren.

[0041] Hier zeigte sich eine gute Giessbarkeit der Variante C. In dieser Versuchsserie konnte bei keiner von 6 hergestellten Proben (Pro Versuch wurden insgesamt sechs Proben hergestellt) Warmrisse gefunden werden. Abguss- und Kokillentemperaturen sowie alle sonstigen Giessparameter wurden bewusst bei allen Legierungen konstant gehalten.

[0042] Als Warmriss wurde ein Riss gezählt, der mit unbewaffnetem Auge erkennbar war. Die sehr gute Gießbarkeit der Variante A zeigte sich in guter Formfüllung bereits bei kälterer Gießform und sehr geringer Schwindung.

	Warmrisse	Giessbarkeit	Abgusstemp.	Kokillentemp.
Variante A (StdT)	0 von 6	Sehr gut	750°C	250°C
Variante B (StdT)	0 von 6	Gut	750°C	250°C
Variante C	0 von 6	Gut	750°C	250°C
Variante D	1 von 6	Gut	750°C	250°C
Variante E	2 von 6	Gut	750°C	250°C

Patentansprüche

1. Legierung auf Basis Aluminium-Magnesium-Kupfer-Silizium-Mangan zum Giessen von Bauteilen, bestehend aus:

Mg	5,0 bis 9,5 Gew. %
Cu	3,0 bis 7,5 Gew. %
Si	1,5 bis 4,7 Gew. %
Mn	0,1 bis 1,0 Gew. %
Ni	max. 2 Gew. %
Fe	max. 1 Gew. %
Zr	max. 0,5 Gew. %
Be	bis 500 ppm
Ti	bis 0,5 Gew. %
Sr	max. 0,8 Gew. %
P	max. 500 ppm

wahlweise bis jeweils 0,5 Gew. % der Elemente Zn, Cr, Mo, V, Hf, Ca, Ga, B und der Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Legierung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** 5,8 bis 8,5 Gew. % Magnesium

3. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 1,7 bis 4,7 Gew. % Silizium, vorzugsweise 1,7 bis 3,4 Gew. % Silizium.

4. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 3,2 bis 7,5 Gew. % Kupfer.

5. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 3,2 bis 5,5 Gew. % Kupfer.

6. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 3,4 bis 5,5 Gew. % Kupfer.

7. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 0,2 - 0,7 Gew.% Mangan.
8. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** 0,4 - 0,7 Gew.% Mangan.
9. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** max. 0,5 Gew.% Nickel.
10. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** max. 0,3 Gew.% Zirkon.
11. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** max. 100 ppm Beryllium.
12. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** max. 0,1 Gew. % Titan.
13. Legierung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** max. 50 ppm Phosphor.
14. Ein Bauteil gegossen aus der Legierung gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 13.
15. Ein Zylinderkopf gegossen aus einer Legierung gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 13.
16. Ein Bauteil gemäss Anspruch 14 oder ein Zylinderkopf gemäss Anspruch 15 gegossen im Kokillengussverfahren.
17. Ein Zylinderkopf umfassend eine Legierung gemäss vorangegangenen Ansprüche 1-13.

Claims

1. Alloy based on aluminium-magnesium-copper-silicon-manganese for casting components, consisting of:

Mg	5.0 to 9.5 wt. %
Cu	3.0 to 7.5 wt. %
Si	1.5 to 4.7 wt. %
Mn	0.1 to 1.0 wt. %
Ni	max. 2 wt. %
Fe	max. 1 wt. %
Zr	max. 0.5 wt. %
Be	up to 500 ppm
Ti	up to 0.5 wt. %
Sr	max. 0.8 wt. %
P	max. 500 ppm

optionally up to 0.5 wt.% each of the elements Zn, Cr, Mo, V, Hf, Ca, Ga, B and the remainder aluminium and unavoidable impurities.

2. Alloy according to claim 1, **characterised by** 5.8 to 8.5 wt.% magnesium.
3. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 1.7 to 4.7 wt.% silicon, preferably 1.7 to 3.4 wt.% silicon.
4. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 3.2 to 7.5 wt.% copper.
5. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 3.2 to 5.5 wt.% copper.
6. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 3.4 to 5.5 wt.% copper.
7. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 0.2 - 0.7 wt.% manganese.
8. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** 0.4 - 0.7 wt.% manganese.

EP 3 670 689 B1

9. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** max. 0.5 wt.% nickel.
10. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** max. 0.3 wt.% zirconium.
- 5 11. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** max. 100 ppm beryllium.
12. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** max. 0.1 wt.% titanium.
13. Alloy according to any one of the preceding claims, **characterised by** max. 50 ppm phosphorus.
- 10 14. A component cast from the alloy according to any one of preceding claims 1 to 13.
15. A cylinder head cast from an alloy according to any one of the preceding claims 1 to 13.
- 15 16. A component according to claim 14 or a cylinder head according to claim 15 cast by gravity casting.
17. A cylinder head comprising an alloy according to any one preceding claims 1-13.

20 Revendications

1. Alliage à base d'aluminium-magnésium-cuivre-silicium-manganèse pour composants de fonderie, composé de :

Mg	5,0 à 9,5 % en poids
Cu	3,0 à 7,5 % en poids
Si	1,5 à 4,7 % en poids
Mn	0,1 à 1,0 % en poids
Ni	max. 2 % en poids
Fe	max. 1 % en poids
Zr	max. 0,5 % en poids
Être	jusqu'à 500 ppm
Ti	jusqu'à 0,5 % en poids
Sr	max. 0,8 % en poids
P	max. 500 ppm

éventuellement jusqu'à 0,5 % en poids de chacun des éléments Zn, Cr, Mo, V, Hf, Ca, Ga, B et le rest en aluminium et impuretés inévitables.

- 40 2. Alliage selon la revendication 1, **caractérisé par** 5,8 à 8,5 % en poids de magnésium.
3. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 1,7 à 4,7 % en poids de silicium, de préférence 1,7 à 3,4 % en poids de silicium.
- 45 4. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 3,2 à 7,5 % en poids de cuivre.
5. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 3,2 à 5,5 % en poids de cuivre.
- 50 6. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 3,4 à 5,5 % en poids de cuivre.
7. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 0,2 - 0,7 % en poids de manganèse.
8. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** 0,4 - 0,7 % en poids de manganèse.
- 55 9. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** max. 0,5 % en poids de nickel.
10. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** max. 0,3 % en poids de zirconium.

EP 3 670 689 B1

11. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** max. 100 ppm de béryllium.

12. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** max. 0,1 % en poids de titane.

5 13. Alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** max. 50 ppm de phosphore.

14. Composant coulé à partir de l'alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 13.

10 15. Culasse coulée à partir d'un alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 13.

16. Composant selon la revendication 14 ou culasse selon la revendication 15 coulé par le procédé de coulee en coquille.

17. Culasse comprenant un alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes 1-13.

15

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

- EP 1757709 B1 [0004] [0034]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **F. J. FEIKUS.** Optimierung von Aluminium-Silizium-Gusslegierungen für Zylinderköpfe. *Giesserei-Praxis*, 1999, vol. 2, 50-57 [0003]