

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 911 420 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.04.1999 Patentblatt 1999/17**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **C22C 21/08**

(21) Anmeldenummer: **98810210.9**

(22) Anmeldetag: **12.03.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Koch, Hubert**  
**79618 Rheinfelden (DE)**  
• **Schramm, Horst**  
**79540 Lörrach (DE)**

(30) Priorität: **08.10.1997 EP 97810756**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Breiter + Wiedmer AG**  
**Seuzachstrasse 2**  
**Postfach 366**  
**8413 Neftenbach/Zürich (CH)**

(71) Anmelder: **ALUMINIUM RHEINFELDEN GmbH**  
**79618 Rheinfelden (DE)**

(54) **Aluminium-Gusslegierung**

(57) Eine Aluminium-Gusslegierung enthält

max. 0,80 Gew.-% Cer

2.0 bis 3.5 Gew.-% Magnesium  
0.15 bis 0.35 Gew.-% Silizium  
0.20 bis 1.2 Gew.-% Mangan  
max. 0.40 Gew.-% Eisen  
max. 0.10 Gew.-% Kupfer  
max. 0.05 Gew.-% Chrom  
max. 0.10 Gew.-% Zink  
max. 0.003 Gew.-% Beryllium  
max. 0.20 Gew.-% Titan  
max. 0.60 Gew.-% Cobalt

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0.02 Gew.-%, insgesamt max. 0.2 Gew.-%.

Die Aluminium-Gusslegierung eignet sich insbesondere für Druckguss sowie Thixocasting bzw. Thixoschmieden. Eine besondere Verwendung liegt im Druckguss für Bauteile mit hohen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften, da diese bereits im Gusszustand vorliegen und somit eine weitere Wärmebehandlung nicht erforderlich ist.

**EP 0 911 420 A1**

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aluminium-Gusslegierung, insbesondere eine Aluminium-Druckgusslegierung.

5 [0002] Die Druckgusstechnik hat sich heute soweit entwickelt, dass es möglich ist, Gussstücke mit hohen Qualitätsansprüchen herzustellen. Die Qualität eines Druckgussstückes hängt aber nicht nur von der Maschineneinstellung und dem gewählten Verfahren ab, sondern in hohem Masse auch von der chemischen Zusammensetzung und der Gefügestruktur der verwendeten Gusslegierung. Diese beiden letztgenannten Parameter beeinflussen bekanntermassen die Giessbarkeit, das Speisungsverhalten (G. Schindelbauer, J. Czikel "Formfüllungsvermögen und Volumendefizit gebräuchlicher Aluminiumdruckgusslegierungen" Giessereiforschung 42, 1990, S. 88/89), die mechanischen Eigenschaften und -- im Druckguss ganz besonders wichtig -- die Lebensdauer der Giesswerkzeuge (L.A. Norström, B. Klarenfjord, M. Svenson "General Aspects on Wash-out Mechanism in Aluminium Diecasting Dies", 17. International NADCA Diecastingcongress 1993, Cleveland OH).

10 [0003] In der Vergangenheit wurde der Entwicklung von speziell für den Druckguss anspruchsvoller Gussstücke geeigneten Legierungen wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Die meisten Anstrengungen wurden auf die Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik des Druckgussprozesses verwendet. Gerade von Konstrukteuren der Automobilindustrie wird aber immer mehr gefordert, schweisssbare Bauteile mit hoher Duktilität im Druckguss zu realisieren, da bei hohen Stückzahlen der Druckguss die kostengünstigste Produktionsmethode darstellt.

15 [0004] Durch die Weiterentwicklung der Druckgusstechnik ist es heute möglich, schweisssbare und wärmebehandelbare Gussstücke von hoher Qualität herzustellen. Dies hat den Anwendungsbereich für Druckgussteile auf sicherheitsrelevante Komponenten erweitert. Für derartige Komponenten werden heute üblicherweise AlSiMg-Legierungen eingesetzt, da diese eine gute Giessbarkeit bei geringem Formenverschleiss aufweisen. Damit die geforderten mechanischen Eigenschaften, insbesondere eine hohe Bruchdehnung, erreicht werden können, müssen die Gussteile einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Diese Wärmebehandlung ist zur Einformung der Gussphasen und damit zur Erzielung eines zähen Bruchverhaltens notwendig. Eine Wärmebehandlung bedeutet in der Regel eine Lösungsglühung bei Temperaturen knapp unterhalb der Solidustemperatur mit nachfolgendem Abschrecken in Wasser oder einem anderen Medium auf Temperaturen <100°C. Der so behandelte Werkstoff weist nun eine geringe Dehngrenze und Zugfestigkeit auf. Um diese Eigenschaften auf den gewünschten Wert zu heben, wird anschliessend eine Warmauslagerung durchgeführt. Diese kann auch prozessbedingt erfolgen, z.B. durch eine thermische Beaufschlagung beim Lackieren oder durch das Entspannungsglühen einer ganzen Bauteilgruppe.

20 [0005] Da Druckgussstücke endabmessungsnah gegossen werden, haben sie meist eine komplizierte Geometrie mit dünnen Wandstärken. Während des Lösungsglühens und besonders beim Abschreckprozess muss mit Verzug gerechnet werden, der eine Nacharbeit z.B. durch Richten der Gussstücke oder im schlimmsten Fall Ausschuss nach sich ziehen kann. Die Lösungsglühung verursacht zudem zusätzliche Kosten und die Wirtschaftlichkeit dieser Produktionsmethode könnte wesentlich erhöht werden, wenn Legierungen zur Verfügung stehen würden, die die geforderten Eigenschaften ohne eine Wärmebehandlung erfüllen.

25 [0006] Es sind auch AlMg-Legierungen bekannt, die sich durch eine hohe Duktilität auszeichnen. Eine derartige Legierung ist beispielsweise in der US-A-5 573 606 offenbart. Diese Legierungen haben aber den Nachteil eines hohen Formenverschleisses und bringen Probleme beim Ausformen, was die Produktivität erheblich verringert.

30 [0007] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Druckgusslegierung mit hoher Bruchdehnung bei noch akzeptabler Dehngrenze zu schaffen, die eine gute Giessbarkeit aufweist und in der Form möglichst wenig klebt. Die folgenden Minimalwerte müssen im Gusszustand erreicht werden:

Dehnung (A5): 14%      Dehngrenze (Rp 0.2): 100 MPa

35 [0008] Die Legierung soll zudem gut schweisssbar sein, einen hohen Korrosionswiderstand aufweisen und insbesondere keine Anfälligkeit für Spannungsrisskorrosion zeigen.

40 [0009] Zur erfindungsgemässen Lösung führt, dass die Legierung aus

- 2.0 bis 3.5 Gew.-% Magnesium
- 0.15 bis 0.35 Gew.-% Silizium
- 0.20 bis 1.2 Gew.-% Mangan
- 45 max. 0.40 Gew.-% Eisen
- max. 0.10 Gew.-% Kupfer
- max. 0.05 Gew.-% Chrom
- max. 0.10 Gew.-% Zink
- max. 0.003 Gew.-% Beryllium
- 50 max. 0.20 Gew.-% Titan
- max. 0.60 Gew.-% Cobalt
- max. 0.80 Gew.-% Cer

[0010] sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0.02 Gew.-%, insgesamt max. 0.2 Gew.-%, besteht. Der zur Herstellung der Legierung verwendete Reinheitsgrad des Aluminiums entspricht einem Hütten-Aluminium der Qualität Al 99.8 H.

[0011] Diese Legierung weist im Gusszustand eine gut eingeformte  $\alpha$ -Phase auf. Das Eutektikum, überwiegend bestehend aus  $Mg_2Si$ - und  $Al_6Mn$ -Phasen, ist sehr fein ausgebildet und führt daher zu einem hochduktilen Bruchverhalten. Durch den Anteil an Mangan wird das Kleben in der Form vermieden und eine gute Entformbarkeit gewährleistet. Der Magnesiumgehalt in Verbindung mit Mangan gibt dem Gussstück eine hohe Gestaltsfestigkeit, so dass auch beim Entformen mit sehr geringem bis gar keinem Verzug zu rechnen ist.

[0012] Aufgrund der bereits eingeformten  $\alpha$ -Phase lässt sich diese Legierung auch für das Thixocasting bzw. Thixoschmieden einsetzen. Die  $\alpha$ -Phase formt sich beim Wiederaufschmelzen sofort ein, so dass hervorragende thixotrope Eigenschaften vorliegen.

[0013] Bei den üblichen Aufheizgeschwindigkeiten wird eine Korngrösse von  $<100\mu m$  erzeugt.

[0014] Zur Erzielung einer hohen Duktilität ist von wesentlicher Bedeutung, dass der Eisengehalt in der Legierung möglichst tief gehalten wird. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemässe Legierungszusammensetzung trotz geringem Eisengehalt nicht zum Kleben in der Form neigt. Entgegen der allgemeinen Ansicht, dass mit hohen Eisengehalten ein Kleben in der Form in jedem Fall verhindert werden kann, hat sich beim erfindungsgemäss vorgeschlagenen Legierungstyp herausgestellt, dass bei Erhöhung des Eisengehalts auf mehr als 0.4 Gew.-% bereits wieder eine Zunahme der Klebeneigung beobachtet wird.

[0015] Für die einzelnen Legierungselemente werden die folgenden Gehaltsbereiche bevorzugt:

Magnesium	2.5 bis 3.3 Gew.-%, insbesondere 2.6 bis 3.3 Gew.-%
Silizium	0.20 bis 0.30 Gew.-%
Mangan	0.40 bis 1.2 Gew.-%, insbesondere 0.50 bis 1.0 Gew.-%
Eisen	max. 0.30 Gew.-%, insbesondere max. 0.15 Gew.-%

[0016] Die Klebeneigung des Gussstücks in der Form kann weiter drastisch vermindert und das Ausformverhalten wesentlich verbessert werden, wenn Mangan teilweise durch Cobalt und/oder Cer ersetzt wird. Bevorzugt enthält die Legierung daher 0.10 bis 0.60 Gew.-%, insbesondere 0.30 bis 0.60 Gew.-% Cobalt und/oder 0.05 bis 0.80 Gew.-%, insbesondere bis 0.50 Gew.-% Cer. Eine optimale Wirkung wird dann erreicht, wenn die Summe der Gehalte an Cobalt, Cer und Mangan in der Legierung mindestens 0.80 Gew.-% beträgt und die Legierung mindestens 0.50 Gew.-% Mangan enthält.

[0017] Die erfindungsgemässe Aluminium-Gusslegierung eignet sich besonders gut für das Thixocasting bzw. Thixoschmieden.

[0018] Obwohl die erfindungsgemässe Aluminium-Gusslegierung insbesondere zur Verarbeitung im Druckguss vorgesehen ist, kann sie selbstverständlich auch mit anderen Verfahren vergossen werden, z.B.

Sandguss  
Schwerkraftkokillenguss  
Niederdruckguss  
Thixocasting/Thixoschmieden  
Squeeze casting

[0019] Die grössten Vorteile ergeben sich jedoch bei Giessverfahren, die mit hohen Abkühlungsgeschwindigkeiten ablaufen, wie beispielsweise beim Druckgiessverfahren.

[0020] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der erfindungsgemässen Aluminium-Gusslegierung sowie deren hervorragende Eigenschaften ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele.

### Beispiele

[0021] Aus vier verschiedenen Legierungen wurde auf einer Druckguss-Maschine mit 400 t Schliesskraft jeweils ein Topf mit einer Wanddicke von 3 mm und den Abmessungen 120 x 120 x 60 mm gegossen. Aus den Seitenteilen wurden Probestäbe für Zugversuche herausgearbeitet und an diesen die mechanischen Eigenschaften im Gusszustand gemessen. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst. Hierbei bedeuten Rp0.2 die Dehngrenze, Rm die Zugfestigkeit und A5 die Bruchdehnung. Bei den angegebenen Messwerten handelt es sich um Mittelwerte aus 10 Einzelmessungen. Die Legierungen wurden auf der Basis Hütten-Aluminium der Qualität Al 99.8H erschmolzen.

[0022] Die Versuche zeigen, dass mit der erfindungsgemässen Aluminium-Gusslegierung die bezüglich der Dehngrenze und der Bruchdehnung geforderten Minimalwerte im Gusszustand erreicht werden.

[0023] Die Legierung ist gut schweisbar, zeigt ein ausgezeichnetes Giessverhalten, eine praktisch vernachlässigbare Klebeneigung und lässt sich gut ausformen.

5  
10  
15  
20

	Legierung 1	Legierung 2	Legierung 3	Legierung 4
Si [Gew.-%]	0.25	0.25	0.25	0.23
Fe [Gew.-%]	0.25	0.10	0.07	0.10
Mn [Gew.-%]	0.80	0.80	0.77	0.78
Mg [Gew.-%]	2.90	2.40	2.34	2.35
Ce [Gew.-%]	-	0.40	0.20	-
Co [Gew.-%]	0.30	-	-	-
Rp0.2[N/mm <sup>2</sup> ]	130	107	120	129
Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	250	219	205	218
A5 [%]	19.0	20.9	16.3	20.0

**Patentansprüche**

25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

1. Aluminium-Gusslegierung, insbesondere Aluminium-Druckgusslegierung, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus
  - 2.0 bis 3.5 Gew.-% Magnesium
  - 0.15 bis 0.35 Gew.-% Silizium
  - 0.20 bis 1.2 Gew.-% Mangan
  - max. 0.40 Gew.-% Eisen
  - max. 0.10 Gew.-% Kupfer
  - max. 0.05 Gew.-% Chrom
  - max. 0.10 Gew.-% Zink
  - max. 0.003 Gew.-% Beryllium
  - max. 0.20 Gew.-% Titan
  - max. 0.60 Gew.-% Cobalt
  - max. 0.80 Gew.-% Cer

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0.02 Gew.-%, insgesamt max. 0.2 Gew.-%, besteht.
2. Aluminium-Gusslegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 2.5 bis 3.3 Gew.-%, insbesondere 2.6 bis 3.3 Gew.-% Magnesium enthält.
3. Aluminium-Gusslegierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.20 bis 0.30 Gew.-% Silizium enthält.
4. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.40 bis 1.2 Gew.-%, insbesondere 0.50 bis 1.0 Gew.-% Mangan enthält.
5. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0.30 Gew.-%, insbesondere max. 0.15 Gew.-% Eisen enthält.
6. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.10 bis 0.60 Gew.-%, insbesondere 0.30 bis 0.60 Gew.-% Cobalt enthält.
7. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.05 bis 0.80 Gew.-%, insbesondere 0.10 bis 0.50 Gew.-% Cer enthält.

## EP 0 911 420 A1

8. Aluminium-Gusslegierung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Gehalte an Cobalt, Cer und Mangan in der Legierung min. 0.80 Gew.-% beträgt und die Legierung min. 0.50 Gew.-% Mangan enthält.

5 9. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung als Druckgusslegierung im Gusszustand eine Dehngrenze (Rp0.2) von min. 100 MPa und eine Bruchdehnung (A5) von min. 14% aufweist.

10 10. Verwendung einer Aluminium-Legierung bestehend aus

2.0 bis 3.5 Gew.-% Magnesium

0.15 bis 0.35 Gew.-% Silizium

0.20 bis 1.2 Gew.-% Mangan

max. 0.40 Gew.-% Eisen

15 max. 0.10 Gew.-% Kupfer

max. 0.05 Gew.-% Chrom

max. 0.10 Gew.-% Zink

max. 0.003 Gew.-% Beryllium

max. 0.20 Gew.-% Titan

20 max. 0.60 Gew.-% Cobalt

max. 0,80 Gew.-% Cer

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0.02 Gew.-%, insgesamt max. 0.2 Gew.-%, für das Thixocasting oder das Thixoschmieden.

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 81 0210

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,X	WO 96 25528 A (GIBBS DIE CASTING ALUMINIUM CO) 22. August 1996 * Anspruch 1 *	1-5,9	C22C21/08
X	WO 96 30554 A (ALUMINUM CO OF AMERICA ;FANG QUE TSANG (US); JONES STEVEN A (US);) 3. Oktober 1996 * Seite 3, Absatz 2; Anspruch 1 *	1-5,9	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 009, 30. September 1996 -& JP 08 134579 A (KOBE STEEL LTD), 28. Mai 1996 * Zusammenfassung *	1,6,8	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 192 (C-0711), 19. April 1990 & JP 02 034740 A (FURUKAWA ALUM CO LTD), 5. Februar 1990 * Zusammenfassung *	1,8	
A	EP 0 745 694 A (UBE INDUSTRIES) 4. Dezember 1996 * Tabelle 7 *	10	
A	US 4 645 544 A (BABA YOSHIO ET AL) 24. Februar 1987		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 1. März 1999	Prüfer Gregg, N
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 98 81 0210

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

01-03-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9625528 A	22-08-1996	US 5573606 A	12-11-1996
		AU 4979596 A	04-09-1996
		BR 9606874 A	23-12-1997
		EP 0809716 A	03-12-1997
WO 9630554 A	03-10-1996	US 5667602 A	16-09-1997
		AU 5326596 A	16-10-1996
EP 0745694 A	04-12-1996	JP 8325652 A	10-12-1996
		JP 9010893 A	14-01-1997
		JP 9076051 A	25-03-1997
		JP 9087767 A	31-03-1997
		JP 9087768 A	31-03-1997
		JP 9087769 A	31-03-1997
		JP 9087770 A	31-03-1997
		JP 9087771 A	31-03-1997
		JP 9087772 A	31-03-1997
		JP 9087773 A	31-03-1997
		JP 9137239 A	27-05-1997
		JP 9155519 A	17-06-1997
		JP 9168852 A	30-06-1997
		JP 9279266 A	28-10-1997
		CA 2177455 A	30-11-1996
US 4645544 A	24-02-1987	JP 1445161 C	30-06-1988
		JP 58224141 A	26-12-1983
		JP 62001467 B	13-01-1987
		AU 556844 B	20-11-1986
		AU 1596383 A	05-01-1984
		CA 1225008 A	04-08-1987
		EP 0097319 A	04-01-1984

EPO FORM P0461

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