

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 918 096 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.05.1999 Patentblatt 1999/21

(51) Int. Cl.⁶: C22C 21/00, C22C 21/06

(21) Anmeldenummer: 97810885.0

(22) Anmeldetag: 20.11.1997

(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

(71) Anmelder:
**Aluisse Technology & Management AG
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)**

(72) Erfinder: **Schwellinger, Pius
78250 Tengen (DE)**

(54) **Strukturbauteil aus einer Aluminium-Druckgusslegierung**

(57) Zur Herstellung eines Strukturbauteils, insbesondere eines Sicherheitsbauteils im Fahrzeugbau, aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgießen wird die Aluminiumlegierung so gewählt, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, gegebenenfalls nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind. Mit einem Zusatz von 0,05 bis 0,3 Gew.-% Vanadium wird die Giessbarkeit verbessert und die Duktilität erhöht und durch entsprechende Wahl von Temperatur und Zeitdauer einer nachfolgenden Wärmebehandlung kann ein gewünschtes Optimum zwischen hoher Duktilität und Festigkeit eingestellt werden. Die Aluminiumlegierung besteht weiter aus max. 1,4 Gew.-% Silizium, max. 0,8 Gew.-% Eisen, 0,1 bis 1,6 Gew.-% Mangan, max. 5,0 Gew.-% Magnesium, max. 0,2 Gew.-% Titan, max. 0,1 Gew.-% Zink und Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

EP 0 918 096 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Strukturbauteil, insbesondere ein Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen, wobei die Aluminiumlegierung so gewählt ist, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, ggf. nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind.

[0002] Mit modernen Giessverfahren können heute hochbelastbare Formteile auch aus Aluminiumlegierungen hergestellt werden. Die eingesetzten Aluminiumwerkstoffe müssen allerdings eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Eignung eines Werkstoffs ist die Einhaltung bestimmter mechanischer Kennwerte. So bestimmen etwa Mindestwerte von Streckgrenze und Festigkeit die Tragfähigkeit einer Konstruktion. Im Fahrzeugbau kommt die Anforderung hinzu, dass die bei einem Zusammenstoss deformierten Bauteile vor dem Bruch möglichst viel Energie durch plastische Verformung absorbieren sollen, was eine hohe Duktilität des eingesetzten Werkstoffs erfordert. Eine weitere Voraussetzung ist eine kostengünstige Herstellungsmöglichkeit des Formteils. Hier bietet sich der Druckguss an, wobei für höchste Qualitätsansprüche Spezialverfahren zu bevorzugen sind, mit denen eine gute Formfüllung auch bei geringen Wandstärken des Gussteils erreicht und die Bildung von die Duktilität des Bauteils herabsetzenden Gaseinschlüssen vermindert werden kann.

[0003] Zur Herstellung von Druckgussteilen aus Aluminiumwerkstoffen werden heute noch zu einem wesentlichen Teil Aluminiumlegierungen mit einem Anteil von 7 bis 10% Silizium eingesetzt. Diese AlSi-Legierungen mit kleinem Magnesium-Zusatz zeichnen sich durch eine ausserordentlich gute Giessbarkeit bei geringer Klebeneigung des Gussteils in der Form auf. Diese Legierungen erfordern jedoch zur Einförmung des Eutektikums eine Hochglühung bei Temperaturen von mindestens 480° C. Damit das Bauteil die geforderten Festigkeitswerte aufweist, muss das derart lösungsgeglühte Bauteil abgeschreckt und nachfolgend warm ausgelagert werden; der kleine Magnesium-Zusatz bis zu 0,4% ist dafür verantwortlich.

[0004] Bauteile mit teilweise geringen Wandstärken, wie sie beispielsweise als Strukturbauteile im Automobilbau eingesetzt werden, verziehen sich beim Abschrecken und müssen daher gerichtet werden. Zudem kann die hohe Glühtemperatur infolge einer Restgasporosität zu Blasenbildung an der Oberfläche der Bauteile führen. Zur Herstellung von Strukturbauteilen der genannten Art durch Druckgiessen wurde deshalb nach Möglichkeiten gesucht, die geforderten Festigkeits- und Dehnungswerte auch mit naturharten Legierungen ohne Durchführung einer Lösungsglühung zu erzielen. Um das Kleben des Gussteils in der Form zu vermindern, wurden unter Inkaufnahme einer Duktilitätseinbusse Legierungen mit bis zu 1% Eisen eingesetzt.

[0005] Zur Erzielung der heute an Sicherheitsbauteile im Fahrzeug- und insbesondere im Automobilbau gestellten Anforderungen bezüglich Festigkeit und Duktilität ist ein wesentlicher Fortschritt durch die Einführung von Werkstoffen mit niedrigem Eisengehalt gelungen. Mit dieser Massnahme wird der Volumenanteil spröder intermetallischer Phasen des Eisen mit dem Aluminium verringert. Das bei tiefen Eisengehalten auftretende Kleben des Gussteils an der Formwand wird mit einem höheren Gehalt an Mangan, das eine ähnliche Wirkung wie Eisen zeigt, kompensiert. Mit der Zugabe von Mangan wird allerdings der Anteil intermetallischer Phasen des Typ AlMn(Fe) wiederum vergrössert. Da die Verteilung und Grösse der manganhaltigen intermetallischen Partikel im Vergleich zu den eisenhaltigen Phasen aber weitaus günstiger ist, ergibt sich bei etwa gleichem Festigkeitsniveau eine erhöhte Duktilität. Derartige Werkstoffe mit niedrigem Eisengehalt, d.h. Legierung, bei denen Eisen durch Mangan substituiert ist, sind in letzter Zeit mit Erfolg in der Produktion eingeführt worden.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für im Druckguss hergestellte Strukturbauteile der eingangs genannten Art geeignete Werkstoffe mit weiter verbesserten mechanischen Eigenschaften bereitzustellen. Insbesondere sollen die für das Druckgiessen bekannten naturharten Legierungen bezüglich ihrer Eigenschaftskombination von Festigkeit und Bruchdehnung weiter verbessert werden. Für Sicherheitsteile im Automobilbau sollten die folgenden Minimalwerte im Gusszustand bzw. nach einer Wärmebehandlung ohne Lösungsglühung erreicht werden:

Dehngrenze (Rp0.2): 120 MPa
 Zugfestigkeit (Rm): 180 MPa
 Dehnung (A5): 10%.

[0007] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass die Aluminiumlegierung 0,05 bis 0,3 Gew.-% Vanadium enthält.

[0008] Der bevorzugte Gehaltsbereich für Vanadium liegt bei 0,1 bis 0,2 Gew.-%.

[0009] Es wird vermutet, dass die beobachtete positive Wirkung von Vanadium hinsichtlich der Duktilität des Gussteils auf eine Kornfeinung im Gussgefüge zurückzuführen ist. Zudem konnte festgestellt werden, dass durch den Vanadiumzusatz auch die Klebeneigung des Gussteils in der Form verringert wird, was erlaubt, den Mangangehalt etwas abzusenken. Darüber hinaus verbessert Vanadium durch Verminderung der Rissneigung die Giessbarkeit und das Gefüge, so dass insgesamt die Duktilität weiter verbessert wird.

EP 0 918 096 A1

[0010] Aufgrund der vermuteten Wirkungsweise von Vanadium darf angenommen werden, dass sich der positive Effekt auf die Duktilität bei allen naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen auswirkt.

[0011] Zur Herstellung des erfindungsgemässen Strukturbauteiles geeignete Druckgusslegierungen bestehen bevorzugt aus

5

10

15

20

max. 1,4	Gew.-% Silizium
max. 0,8	Gew.-% Eisen
0,1 bis 1,6	Gew.-% Mangan
max. 5,0	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,3	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.	

[0012] Innerhalb der vorstehend angegebenen Bereichsgrenzen für die Legierungselemente haben sich zwei Legierungssysteme als besonders vorteilhaft herausgestellt.

25

[0013] Bei einem ersten Legierungssystem (AlMnFe) besteht die Legierung bevorzugt aus

30

35

40

0,1 bis 0,8,	vorzugsweise 0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,2 bis 0,8,	vorzugsweise 0,3 bis 0,6	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8,	vorzugsweise 0,7 bis 0,9	Gew.-% Mangan
max. 1,5	Gew.-% Magnesium	
max. 0,2	Gew.-% Titan	
max. 0,1	Gew.-% Zink	
0,05 bis 0,3,	vorzugsweise 0,1 bis 0,2	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.		

[0014] Bei einem zweiten bevorzugten Legierungssystem (AlMgMn) besteht die Legierung bevorzugt aus

45

50

55

0,05 bis 1,0,	vorzugsweise 0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,05 bis 0,2,	vorzugsweise max. 0,1	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8,	vorzugsweise 0,7 bis 0,9	Gew.-% Mangan
2,0 bis 4,5,	vorzugsweise 2,5 bis 3,0	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan	
max. 0,1	Gew.-% Zink	

EP 0 918 096 A1

(fortgesetzt)

0,05 bis 0,3,	vorzugsweise 0,1 bis 0,2	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.		

5

10

15

20

[0015] Die positive Wirkung des Vanadiumzusatzes stellt sich bereits während des eigentlichen Druckgiessvorganges ein. Eine weitere Erhöhung der Bruchdehnung bei schwachem Festigkeitsrückgang kann durch eine nachfolgende Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C erreicht werden. Durch entsprechende Wahl von Temperatur und Zeitdauer der Wärmebehandlung kann ein gewünschtes Optimum zwischen hoher Duktilität und Festigkeit eingestellt werden. Dadurch wird die Einstellung massgeschneiderter mechanischer Eigenschaften an einem Strukturbauteil möglich.

[0016] Mit dem erfindungsgemässen Zusatz von Vanadium lassen sich die bekannten naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen bezüglich ihrer Duktilität entscheidend verbessern. Die Legierungen sind daher besonders geeignet zur Herstellung von Strukturbauteilen, die als Sicherheitsbauteile im Fahrzeugbau und insbesondere im Automobilbau, beispielsweise als Space Frame Knoten oder als Crashelemente, eingesetzt werden. Die Strukturbauteile eignen sich insbesondere für Anwendungen, bei welchen eine Temperaturbelastung bis etwa 180°C auftritt.

[0017] Die vorteilhafte Wirkung eines Zusatzes von Vanadium zu naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen ergibt sich aus den nachfolgend zusammengestellten Versuchsergebnissen beispielhafter Legierungen.

Beispiele

25

[0018] Die untersuchten Legierungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Legierungen 4 und 8 sind erfindungsgemäss, die übrigen Legierungen stellen handelsübliche Vergleichslegierungen dar.

Tabelle 1

30

35

40

Leg.	Zusammensetzung										Giessverhalten
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	V	Ti	Sb	Zr	
1	2	0.063	<0.003	0.67	6.26	0.005	<0.01	0.14			Einfallstellen
2	0.81	0.088	0.30	0.65	0.92	0.83	<0.01	0.15			Risse
3	1.26	0.065	<0.003	0.87	4.31	<0.005	<0.01	0.15			Risse
4	1.25	0.074	<0.003	0.86	4.43	<0.005	0.078	0.15			ohne Risse
5	1.25	0.068	<0.003	0.86	4.48	<0.005	<0.01	0.14	0.015		wenig Risse
6	1.26	0.072	0.17	0.86	4.51	<0.005	<0.01	0.15			Risse
7	0.101	0.066	<0.01	1.20	3.14	<0.01	<0.01	0.01		0.144	Risse
8	0.104	0.063	<0.01	1.21	3.20	<0.01	0.14	0.008			ohne Risse

45

[0019] Die Legierungen wurden zur Simulation der Abkühlung beim Druckgiessen im Kokillengiessverfahren zu Platten von 4 mm Dicke vergossen. Aus den Gussteilen wurden Probestäbe für Zugversuche herausgearbeitet und an diesen die mechanischen Eigenschaften im Gusszustand gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Hierbei bedeuten Rp 0.2 die Dehngrenze, Rm die Zugfestigkeit und A5 die Bruchdehnung.

50

Tabelle 2

55

Legierung	mechanische Eigenschaften		
	Rm(MPa)	Rp0.2 (MPa)	A5(%)
1	254	153	3.7
2	197	110	10.0
3	244	136	6.5

EP 0 918 096 A1

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Legierung	mechanische Eigenschaften		
	Rm(MPa)	Rp0.2 (MPa)	A5(%)
4	262	139	9.9
5	243	135	6.5
6	237	136	5.6
7	246	137	12.5
8	252	140	15.4

[0020] Die Versuche zeigen deutlich die positive Wirkung von Vanadium auf das Giessverhalten und die Duktilität der erfindungsgemässen Legierungen 4 und 8 im Gusszustand. Unter Inkaufnahme eines kleinen Festigkeitsverlustes lässt sich die Duktilität der erfindungsgemässen Legierungen durch eine Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C weiter erhöhen.

Patentansprüche

1. Strukturbauteil, insbesondere Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen, wobei die Aluminiumlegierung so gewählt ist, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, gegebenenfalls nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung 0,05 bis 0,3 Gew.-% Vanadium enthält.
2. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0,1 bis 0,2 Gew.-% Vanadium enthält.
3. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

max. 1,4	Gew.-% Silizium
max. 0,8	Gew.-% Eisen
0,1 bis 1,6	Gew.-% Mangan
max. 5,0	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,3	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.	

4. Strukturbauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,1 bis 0,8,	vorzugsweise 0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,2 bis 0,8,	vorzugsweise 0,3 bis 0,6	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8,	vorzugsweise 0,7 bis 0,9	Gew.-% Mangan

EP 0 918 096 A1

(fortgesetzt)

max. 1,5	Gew.-% Magnesium	
max. 0,2	Gew.-% Titan	
max. 0,1	Gew.-% Zink	
0,05 bis 0,3,	vorzugsweise 0,1 bis 0,2	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-% besteht.		

5. Strukturbauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,05 bis 1,0,	vorzugsweise 0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,05 bis 0,2,	vorzugsweise max. 0,1	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8,	vorzugsweise 0,7 bis 0,9	Gew.-% Mangan
2,0 bis 4,5,	vorzugsweise 2,5 bis 3,0	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan	
max. 0,1	Gew.-% Zink	
0,05 bis 0,3,	vorzugsweise 0,1 bis 0,2	Gew.-% Vanadium
sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.		

6. Strukturbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass am Bauteil zur Erhöhung der Dehnung eine Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C durchgeführt worden ist.

7. Verwendung eines Strukturbauteiles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 als Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau.

8. Verwendung eines Strukturbauteiles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für Anwendungen mit einer Temperaturbelastung bis etwa 180°C.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0885

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US 4 169 728 A (KOMORI SHINICHI ET AL) 2.Oktober 1979 * Anspruch 2; Tabelle 1, Beispiel 6 * ---	1,2	C22C21/00 C22C21/06
X	EP 0 485 068 A (FORD MOTOR CO ; FORD FRANCE (FR); FORD WERKE AG (DE)) 13.Mai 1992 * Ansprüche 4 und 7; Tabelle 1, Beispiele A bis F; Seite 3, Zeilen 16 bis 18 * ---	1,2,7,8	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 156 (C-074), 6.Oktober 1981 & JP 56 087646 A (MITSUBISHI KEIKINZOKU KOGYO KK), 16.Juli 1981, Y * Zusammenfassung * ---	1,2	
Y		3-5	
Y	WO 96 25528 A (GIBBS DIE CASTING ALUMINIUM CO) 22.August 1996 *Ansprüche 7 und 8 * ---	3-5	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 7623 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M26, AN 76-42999X XP002060184 & JP 51 047 510 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND CO) * Tabelle 1, Beispiel A * * Zusammenfassung * ---	1-3,5,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C22C
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 007, 31.August 1995 & JP 07 090457 A (MITSUBISHI ALUM CO LTD), 4.April 1995, * Tabelle 3, Beispiele K und O * * Zusammenfassung * ---	1-4	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlussdatum der Recherche 25.März 1998	Prüfer Bjoerk, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0885

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 3 938 991 A (SPERRY PHILIP R ET AL) 17. Februar 1976 * Anspruch 1; Tabelle II * -----	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 25. März 1998	Prüfer Bjoerk, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)