



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.08.2005 Patentblatt 2005/33**

(51) Int Cl.7: **C22C 21/08**

(21) Anmeldenummer: **05100655.9**

(22) Anmeldetag: **01.02.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR LV MK YU**

(72) Erfinder:  
• **Koch, Hubert  
79618, Rheinfelden (DE)**  
• **Franke, Rüdiger  
79539, Lörrach (DE)**

(30) Priorität: **11.02.2004 CH 1952004**

(74) Vertreter: **Wiedmer, Edwin, Dr. et al  
Patentanwälte  
Breiter + Wiedmer AG,  
Seuzachstrasse 2,  
Postfach 366  
8413 Neftenbach (CH)**

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

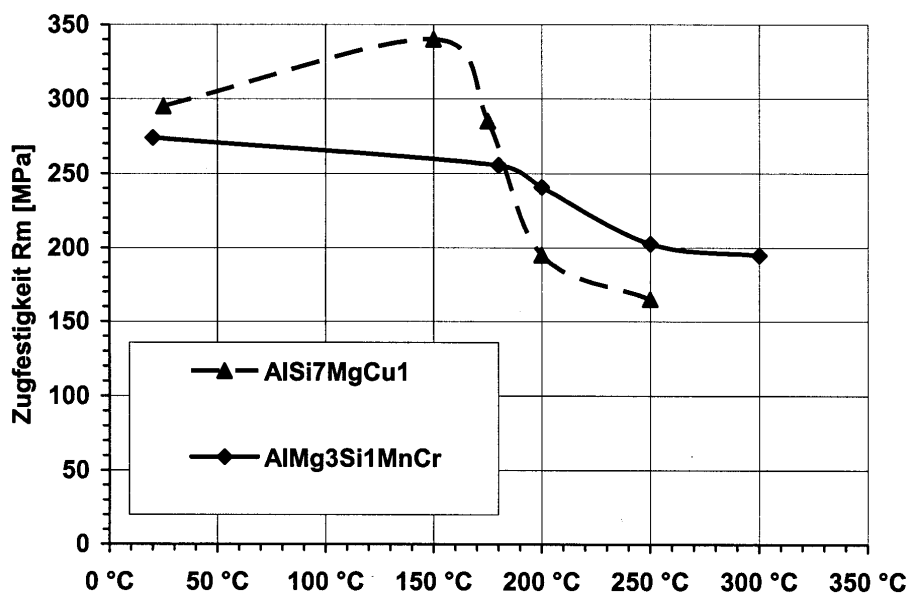
(54) **Gussbauteil aus einer Aluminiumlegierung**

(57) Ein Gussbauteil mit guter Warmfestigkeit besteht aus einer Legierung mit

2 bis 4 Gew.-% Magnesium  
0,9 bis 1,5 Gew.-% Silizium  
0,1 bis 0,4 Gew.-% Mangan  
0,1 bis 0,4 Gew.-% Chrom  
max. 0,2 Gew.-% Eisen  
max. 0,1 Gew.-% Kupfer

max. 0,2 Gew.-% Zink  
max. 0,2 Gew.-% Titan  
max. 0,3 Gew.-% Zirkonium  
max. 0,008 Gew.-% Beryllium  
max. 0,5 Gew.-% Vanadium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Elementen und herstellungsbedingten Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.



**Fig. 1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Gussbauteil aus einer Aluminiumlegierung mit guter Warmfestigkeit.

5 **[0002]** Für thermisch beanspruchte Bauteile werden heute üblicherweise AlSi-Legierungen eingesetzt, wobei die Warmfestigkeit durch Zulegieren von Cu erreicht wird. Kupfer erhöht 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.

10 **[0003]** Aus der WO-A-0043560 ist eine Aluminiumlegierung mit 2,5 - 7,0 Gew.-% Mg, 1,0 - 3,0 Gew.-% Si, 0,3 - 0,49 Gew.-% Mn, 0,1 - 0,3 Gew.-% Cr, max. 0,15 Gew.-% Ti, max. 0,15 Gew.-% Ti, max. 0,15 Gew.-% Fe, max. 0,00005 Gew.-% Ca, max. 0,00005 Gew.-% Na, max. 0,0002 Gew.-% P, sonstige Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-% und Aluminium als Rest zur Herstellung von Sicherheitsbauteilen im Druckguss-, Squeezecasting-, Thixoforming- oder Thixoforging-Verfahren bekannt.

15 **[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine zur Herstellung thermisch beanspruchter Bauteile geeignete Aluminiumlegierung mit guter Warmfestigkeit bereitzustellen. Die Legierung soll sich vor allem für den Schwerkraft-Kokillenguss, den Niederdruck-Kokillenguss und den Sandguss eignen.

**[0005]** Die aus der Legierung gegossenen Bauteile sollen eine hohe Festigkeit in Verbindung mit hoher Duktilität aufweisen. Die im Bauteil angestrebten mechanischen Eigenschaften sind wie folgt definiert:

20

Dehngrenze	Rp0.2 > 170 MPa
Zugfestigkeit	Rm > 230 MPa
Bruchdehnung	A5 > 6%

25 **[0006]** Bedingt durch die Anwendungen soll die Korrosionsneigung der Legierung möglichst tief gehalten werden, und die Legierung muss auch eine entsprechend gute Dauerfestigkeit aufweisen. Die Giessbarkeit der Legierung sollte besser sein, als die der derzeit angewendeten AlSiCu-Gusslegierungen, und die Legierung sollte keine Tendenz zu Warmrissen zeigen.

30 **[0007]** Unter den Begriff Gussbauteil fallen neben den reinen, nur durch Giessen hergestellten Bauteilen auch solche, die als Vorform gegossen und nachfolgend durch Kneten kalt oder warm auf Endmass geformt werden.

**[0008]** Beispiele für reine Gussbauteile sind solche, die ausschliesslich durch Sandgiessen, Schwerkraft-Kokillengiessen, Niederdruck-Kokillengiessen, Druckgiessen, Thixogiessen oder Squeezecasting hergestellt werden.

**[0009]** Umformoperationen, die an einer gegossenen Vorform durch Kneten durchgeführt werden, sind beispielsweise Schmieden und Thixoschmieden.

35 **[0010]** Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt eine Aluminiumlegierung mit  
 2 bis 4 Gew.-% Magnesium  
 0,9 bis 1,5 Gew.-% Silizium  
 0,1 bis 0,4 Gew.-% Mangan  
 0,1 bis 0,4 Gew.-% Chrom  
 40 max. 0,2 Gew.-% Eisen  
 max. 0,1 Gew.-% Kupfer  
 max. 0,2 Gew.-% Zink  
 max. 0,2 Gew.-% Titan  
 max. 0,3 Gew.-% Zirkonium  
 45 max. 0,008 Gew.-% Beryllium  
 max. 0,5 Gew.-% Vanadium  
 sowie Aluminium als Rest mit weiteren Elementen und herstellungsbedingten Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

**[0011]** Für die einzelnen Legierungselemente werden die folgenden Gehaltsbereiche bevorzugt:

50

Mg	2,5 bis 3,5 Gew.-%, insbesondere 2,7 bis 3,3 Gew.-%
Si	0,9 bis 1,3 Gew.-%
Mn	0,15 bis 0,3 Gew.-%
Cr	0,15 bis 0,3 Gew.-%
Ti	0,05 bis 0,15 Gew.-%
Fe	max. 0,15 Gew.-%
Cu	max. 0,05 Gew.-%

55

(fortgesetzt)

Be	0,002 bis 0,005 Gew.-%
V	0,01 bis 0,1 Gew.-%
Zr	0,1 bis 0,2 Gew.-%

[0012] Die Wirkung der Legierungselemente kann etwa wie folgt charakterisiert werden:

[0013] Silizium in Verbindung mit Magnesium führt zu einer entsprechenden Aushärtung, wobei vor allem die Warmaushärtung interessiert. Bevorzugt wird eine Wärmebehandlung zum Zustand T6, z.B. eine Lösungsglühung bei 550 °C während 12 h mit anschliessender Warmauslagerung bei 160 -170 °C während 8 - 10 h.

[0014] Die Kombination von Mangan und Chrom führt zu einer guten Warmfestigkeit bei einer Dauertemperatur bis zu 180 °C.

[0015] Titan und Zirkonium dienen der Kornfeinung. Eine gute Kornfeinung trägt wesentlich zur Verbesserung der Gieseigenschaften bei.

[0016] Beryllium in Verbindung mit Vanadium vermindert die Krätzebildung.

[0017] Ein bevorzugter Anwendungsbereich der erfindungsgemässen Gussbauteile sind thermisch beanspruchte Bauteile, insbesondere Druckbehälter, Kompressorengehäuse und Motorkomponenten wie Zylinderköpfe im Automobilbau. Die Bauteile werden bevorzugt im Sand- oder Kokillengießverfahren hergestellt.

[0018] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in

Fig. 1 - 3 Zugfestigkeit, Dehngrenze und Bruchdehnung in Abhängigkeit von der Temperatur nach 500 h Dauertemperaturbeanspruchung für eine erfindungsgemässe Legierung und eine Vergleichslegierung nach dem Stand der Technik.

[0019] Eine erfindungsgemässe Legierung mit der Bezeichnung AlMg3Si1MnCr und eine Vergleichslegierung mit der Bezeichnung AlSi7MgCu1 aus F. J. Feikus, "Optimierung von Aluminium-Silizium-Gusslegierungen für Zylinderköpfe", Giesserei-Praxis, 1999, Heft 2, S. 50-57 mit den in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzungen wurden hinsichtlich ihres Langzeitverhaltens unter Dauertemperaturbelastung miteinander verglichen.

Tabelle 1:

Chemische Zusammensetzung der Legierungen (in Gew.-%)											
Legierung	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Be	V	Zr
AlSi7MgCu1	6.97	0.11	0.94	0.005	0.38		0.008	0.03			
AlMg3Si1MnCr	1.10	0.07	0.001	0.20	3.2	0.21	0.002	0.12	0.003	0.03	0.0005

[0020] Die erfindungsgemässe Legierung wurde in einer Probestabkokille nach Diez zu Rundstäben von 16 mm Durchmesser vergossen. An den Probestäben wurden die mechanischen Eigenschaften Dehngrenze (Rp0.2), Zugfestigkeit (Rm) und Bruchdehnung (A5) im Zustand T6 (165 °C / 6h) nach einer Dauertemperaturbelastung von 500 h bei verschiedenen Temperaturen bestimmt. Die entsprechenden Werte für die Vergleichslegierung wurden dem obigen Artikel von F. J. Feikus entnommen. Die Ergebnisse sind in Fig. 1 in Diagrammform dargestellt.

[0021] Die erfindungsgemässe Legierung AlMg3Si1MnCr erreicht zwar hinsichtlich der Dehngrenze und der Zugfestigkeit nicht die Spitzenwerte der Vergleichslegierung AlSi7MgCu1, ist aber in ihrem Temperaturverhalten "weniger wechselhaft". Diese Wechselhaftigkeit drückt sich im Betrieb insofern störend aus, als geringe Änderungen der Temperatur große Veränderungen der mechanischen Eigenschaften verursachen können. Die Streckgrenze der erfindungsgemässen Legierung bleibt bis etwa 180 °C auf einem nahezu gleichen Niveau, fällt bis 200 °C allmählich ab und beginnt erst ab ca. 200 °C kontinuierlich abzufallen. Der kontinuierliche Abfall geschieht im Vergleich zur Legierung AlSi7MgCu1 mit geringerer Neigung.

[0022] Hinsichtlich der Bruchdehnung zeichnet sich die erfindungsgemässe Legierung durch einen nahezu konstanten Wert bis 180 °C aus. Hohe Dehnungswerte liefern ein günstiges Bruch-/ Versagensverhalten. Dem Bruch des Bauteils geht eine sichtbare Verformung voraus. Oberhalb 180 °C steigt die Dehnung kontinuierlich an. Bei der Vergleichslegierung AlSi7MgCu1 erkennt man hier den deutlichen Aushärtungseffekt. Niedrige Dehnungswerte bewirken ein ungünstiges Versagensverhalten, d.h. das Bauteil verformt sich nur geringfügig oder gar nicht. Bei Belastungsspitzen bricht das Bauteil ohne Vorwarnung.

Patentansprüche

1. Gussbauteil aus einer Aluminiumlegierung mit guter Warmfestigkeit, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung  
 5 2 bis 4 Gew.-% Magnesium  
 0,9 bis 1,5 Gew.-% Silizium  
 0,1 bis 0,4 Gew.-% Mangan  
 0,1 bis 0,4 Gew.-% Chrom  
 max. 0,2 Gew.-% Eisen  
 10 max. 0,1 Gew.-% Kupfer  
 max. 0,2 Gew.-% Zink  
 max. 0,2 Gew.-% Titan  
 max. 0,3 Gew.-% Zirkonium  
 max. 0,008 Gew.-% Beryllium  
 15 max. 0,5 Gew.-% Vanadium  
 sowie Aluminium als Rest mit weiteren Elementen und herstellungsbedingten Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-% enthält.
2. Gussbauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 2,5 bis 3,5 Gew.-% Mg, insbesondere 2,7 bis 3,3 Gew.-% Mg enthält.  
 20
3. Gussbauteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,9 bis 1,3 Gew.-% Si enthält.
4. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,15 bis 0,3 Gew.-% Mn enthält.  
 25
5. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,15 bis 0,3 Gew.-% Cr enthält.
6. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,05 bis 0,15 Gew.-% Ti enthält.  
 30
7. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung max. 0,15 Gew.-% Fe enthält.  
 35
8. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung max. 0,05 Gew.-% Cu enthält.
9. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,002 bis 0,005 Gew.-% Be enthält.  
 40
10. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,01 bis 0,1 Gew.-% V enthält.
11. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,1 bis 0,2 Gew.-% Zr enthält.  
 45
12. Gussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, hergestellt im Sand- oder Kokillengießverfahren.
13. Verwendung eines Gussbauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 12 für Druckbehälter, Kompressorengehäuse und Motorkomponenten wie Zylinderköpfe im Automobilbau.  
 50

55

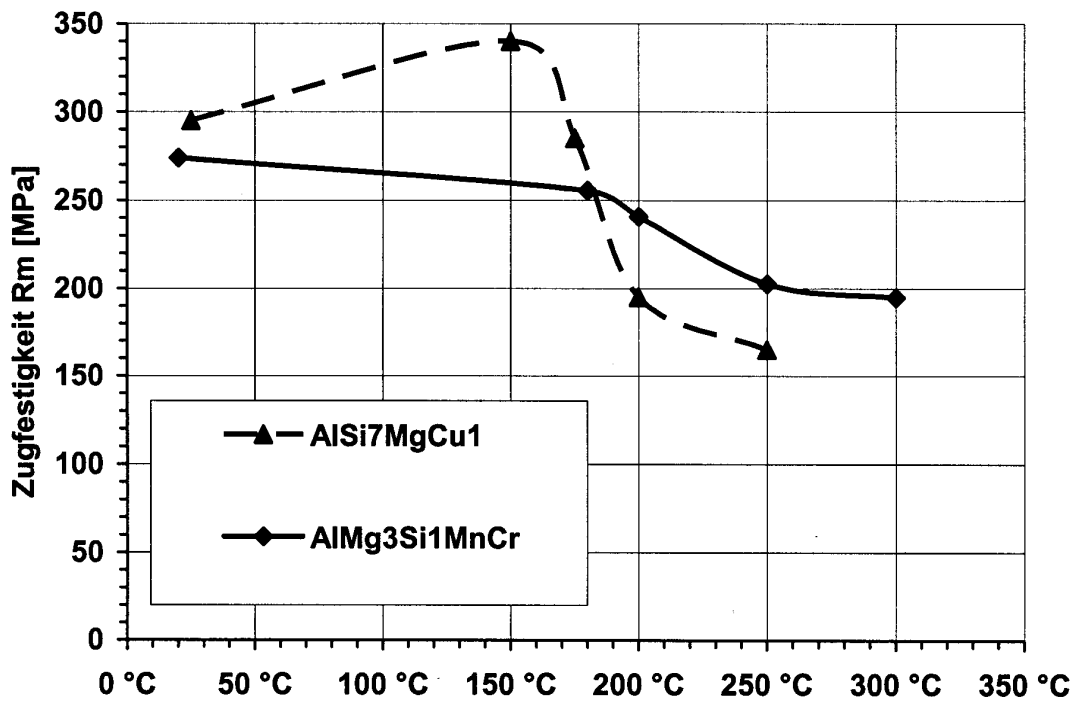


Fig. 1

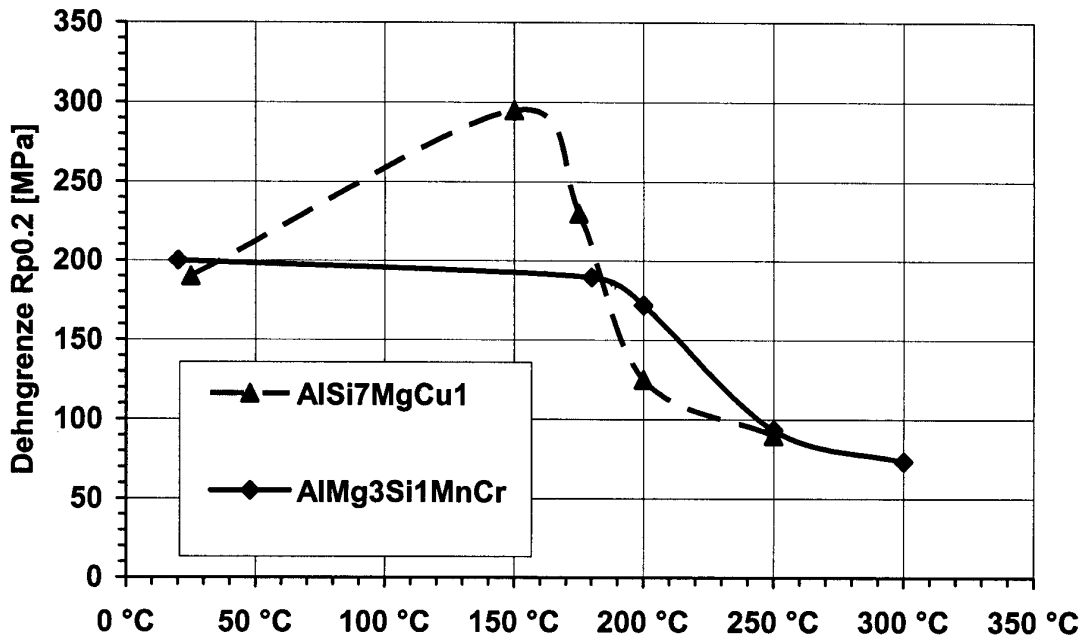
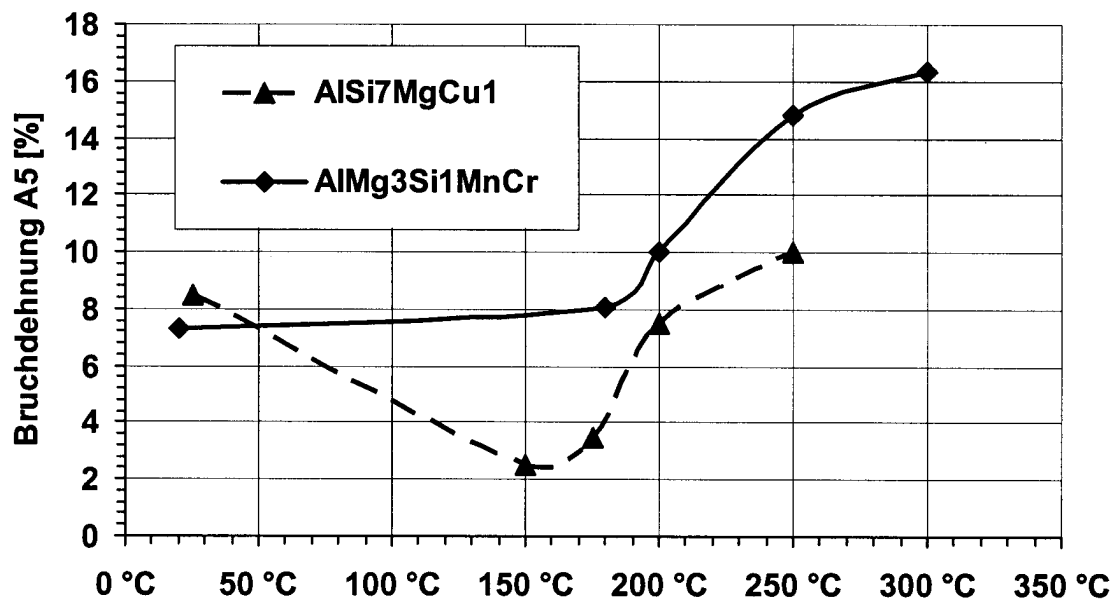


Fig. 2



**Fig. 3**



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 10, 31. Oktober 1996 (1996-10-31) & JP 08 165539 A (NIPPON LIGHT METAL CO LTD), 25. Juni 1996 (1996-06-25) * Zusammenfassung * * Seite 4; Tabelle 1 * Siehe englische Zusammenfassung. -----	1-13	C22C21/08
A	WO 00/43560 A (ALUMINIUM LEND GMBH ;BRANDL FRANZ (AT)) 27. Juli 2000 (2000-07-27) das ganze Dokument. -----	1-13	
A	US 3 868 250 A (ZIMMERMANN PAUL) 25. Februar 1975 (1975-02-25) Das ganze Dokument. -----	1-13	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 10, 31. August 1998 (1998-08-31) & JP 10 130768 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;KAWASAKI STEEL CORP), 19. Mai 1998 (1998-05-19) * Zusammenfassung * * Tabelle 2 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			C22C
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 09, 31. Juli 1998 (1998-07-31) & JP 10 110232 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;KAWASAKI STEEL CORP), 28. April 1998 (1998-04-28) * Zusammenfassung * das ganze Dokument. Siehe englische Zusammenfassung. * Seite 4; Tabelle 1 * ----- -/--	1-13	
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>12. Mai 2005</b>	Prüfer <b>Brown, A</b>
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 Patentedokument, 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)



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 09, 3. September 2003 (2003-09-03) & JP 2003 129156 A (KOBE STEEL LTD), 8. Mai 2003 (2003-05-08) * Zusammenfassung * -----	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>12. Mai 2005</b>	Prüfer <b>Brown, A</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 10 0655

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.

12-05-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 08165539	A	25-06-1996	JP 3006446 B2	07-02-2000
WO 0043560	A	27-07-2000	AT 407533 B	25-04-2001
			AT 8999 A	15-08-2000
			WO 0043560 A1	27-07-2000
US 3868250	A	25-02-1975	DE 2129352 A1	21-12-1972
			CA 987138 A1	13-04-1976
			FR 2142335 A5	26-01-1973
			IT 947446 B	21-05-1973
			JP 53013569 B	11-05-1978
JP 10130768	A	19-05-1998	KEINE	
JP 10110232	A	28-04-1998	KEINE	
JP 2003129156	A	08-05-2003	KEINE	

EPO FORM P0461

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