

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : C22C 21/08, 21/02, C22F 1/05, 1/043		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/44501 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. November 1997 (27.11.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH97/00193 (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Mai 1997 (16.05.97) (30) Prioritätsdaten: 96810325.9 22. Mai 1996 (22.05.96) EP (34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: AT usw. (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ALUSUISSE TECHNOLOGY & MANAGEMENT AG [CH/CH]; CH-8212 Neuhausen am Rheinfall (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWELLINGER, Pius [DE/DE]; Vor Hägin 10, D-78250 Tengen (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: ALUSUISSE TECHNOLOGY & MANAGEMENT AG; CH-8212 Neuhausen am Rheinfall (CH).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, CN, CZ, HU, IL, JP, KR, NO, PL, RO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(54) Title: COMPONENT (54) Bezeichnung: BAUTEIL (57) Abstract An AlMgSi alloy suitable for manufacturing components having a high capacity for absorbing kinetic energy by plastic deformation contains, in percent by weight: Silicon 0.40-0.80, Magnesium 0.40-0.70, Iron max. 0.30, Copper max. 0.20, Manganese max. 0.15, Vanadium 0.05-0.20, Chromium max. 0.10, Titanium max. 0.10, Zinc max. 0.10 and other alloy substances, of at most 0.05 % each, and 0.15 % in total, the rest being aluminium. Components made from this alloy are suitable as safety components in vehicle manufacture. (57) Zusammenfassung Eine zur Herstellung von Bauteilen mit hohem Aufnahmevermögen für kinetische Energie durch plastische Verformung geeignete Legierung vom Typ AlMgSi enthält in Gew.-%: Silizium 0.40 bis 0.80, Magnesium 0.40 bis 0.70, Eisen max. 0.30, Kupfer max. 0.20, Mangan max. 0.15, Vanadium 0.05 bis 0.20, Chrom max. 0.10, Titan max. 0.10, Zink max. 0.10, sowie weitere Legierungselemente einzeln max. 0.05, insgesamt max. 0.15, und Aluminium als Rest. Aus der Legierung hergestellte Bauteile sind als Sicherheitsteile im Fahrzeugbau geeignet.			

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Bauteil

- 5 Die Erfindung betrifft ein Bauteil aus einer Legierung vom Typ AlMgSi, mit hohem Aufnahmevermögen für kinetische Energie durch plastische Verformung.

10 Das Crash-Verhalten ist im Fahrzeugbau ein zunehmend wichtiger Aspekt. Dies gilt für den Strassenverkehr ebenso wie für den Schienenverkehr.

Hersteller von Strassen- und Schienenfahrzeugen gehen immer mehr dazu über, spezielle Bauelemente oder sogar ganze Bau-
15 gruppen des Fahrzeugs so zu dimensionieren, dass diese bei einem Zusammenstoss möglichst viel Energie absorbieren, um damit das Verletzungsrisiko der Passagiere zu verringern.

Neben der konstruktiven Gestaltung dieser sogenannten
20 Crash-Elemente sind die mechanischen Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffe und Fügezonen von ausschlaggebender Bedeutung. Angestrebt wird eine möglichst grosse Absorption von Energie vor dem Bruch. Dies kann durch ein niedriges Verhältnis von Streckgrenze zu Festigkeit erreicht werden. Ein
25 wichtiges Werkstoffmerkmal ist auch eine hohe Dehnung. Fügezonen, wie die Schweissnaht, sollten sich in ihren mechanischen Eigenschaften möglichst wenig vom Grundmaterial unterscheiden. Bei Strangpressprofilen ist zudem eine gute Dehnung auch in Querrichtung von grosser Bedeutung.

30 Zu beachten sind auch die Anforderungen an das fertige Bauteil. Von der Konstruktion her können beispielsweise ein bestimmtes Festigkeitsniveau, bestimmte Mindestwerte der Dehnung, Korrosionsbeständigkeit oder andere wesentliche
35 Kennwerte vorgegeben sein.

Zu den Aluminiumwerkstoffen, die heute zu Crash-Elementen

verarbeitet werden, gehören insbesondere Standardlegierungen vom Typ AlMgSi. Obschon Legierungen dieses Typs gegenüber andern Legierungssystemen wie beispielsweise AlZnMg hinsichtlich ihrer Dehnung und Umformbarkeit gute Voraussetzungen für Energie absorbierende Teile mitbringen, ist
5 eine weitere Optimierung der Eigenschaften wünschenswert.

Die zur Zeit im Waggonbau eingesetzte Legierung AA6005A bringt in der Fertigung eine Reihe von Problemen mit sich,
10 die mit der Neigung, grobkörnig zu rekristallisieren, zusammenhängen. Bei grober Kornstruktur ist es schwierig, die vorgeschriebenen Biegeradien einzuhalten, wodurch die Neigung zur Bildung von Korngrenzenöffnungen beim Schweißen verstärkt wird. Dies führt zu einer hohen Zahl von Nonkonfor-
15 mitäten bei der Produktion. Will man dies vermeiden, so muss so produziert werden, dass der Profilquerschnitt überwiegend Fasergefüge aufweist. Dies ist derzeit nur mit einer Legierungszusammensetzung möglich, die zu höheren Presskräften und deutlich niedrigeren Pressgeschwindigkeiten
20 führt. Damit müssen aber grosse Produktivitätsverluste in Kauf genommen werden.

Im Automobilbau als Sicherheitsteile eingesetzte Bauteile müssen oft nicht die beim Waggonbau vorgeschriebenen hohen
25 Festigkeitswerte erreichen. Andererseits weisen die beim Automobilbau eingesetzten stranggepressten Bauteile oft Profilwandstärken in der Grössenordnung von 1mm oder sogar weniger auf. Diese geringen Wandstärken können aus Legierungen mit zu hoher Festigkeit nicht oder nicht mehr wirtschaftlich verpresst werden.
30

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Werkstoff mit besonders guter Verformbarkeit bei guten mechanischen Eigenschaften des Bauteils bereitzustellen. Der Werkstoff soll ein mit der Legierung AA6005A vergleichbares oder
35 geringeres Festigkeitsniveau aufweisen, jedoch eine höhere Fertigungssicherheit und eine höhere Produktivität gewähr-

leisten.

Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass die Legierung in Gew.-%

5

	Silizium	0.40	bis	0.80
	Magnesium	0.40	bis	0.70
	Eisen	max.	0.30	
	Kupfer	max.	0.20	
10	Mangan	max.	0.15	
	Vanadium	0.05	bis	0.20
	Chrom	max.	0.10	
	Titan	max.	0.10	
	Zink	max.	0.10	

15

sowie weitere Legierungselemente einzeln max. 0.05, insgesamt max. 0.15 und Aluminium als Rest enthält.

Die erfindungsgemässe Legierung ist in Bezug auf Festigkeit und Dehnung wesentlich weniger abschreckempfindlich als die Legierung AA6005A, und schon bei Wanddicken von 6 mm tritt immer noch durchgehend ein feines Korn auf. Damit ist die Legierung grundsätzlich für den Einsatz bei Grossprofilen geeignet.

25

Für Bauteile mit hohen Festigkeitsanforderungen, wie sie beispielsweise im Waggonbau eingesetzt werden, werden die Gehaltsgrenzen für Silizium und Magnesium in Gew.-% bevorzugt wie folgt festgelegt:

30

Silizium	0.45 bis 0.75, insbesondere 0.55 bis 0.65
Magnesium	0.45 bis 0.65, insbesondere 0.50 bis 0.60

Für Bauteile mit geringeren Anforderungen an die Festigkeit, wie sie beispielsweise im Automobilbau als stranggepresste Profile mit teilweise geringen Wandstärken von 1mm oder weniger eingesetzt werden, gelten bevorzugt die folgenden Ge-

35

haltsbereicht in Gew.-% für Silizium und Magnesium:

Silizium	0.45 bis 0.60, insbesondere 0.45 bis 0.55
Magnesium	0.40 bis 0.60, insbesondere 0.45 bis 0.55

5

Für die neben Silizium und Magnesium in der erfindungsgemässen Legierung weiter enthaltenen Elemente gelten die folgenden Vorzugsbereiche in Gew.-%:

10	Eisen	0.18 bis 0.25
	Kupfer	0.08 bis 0.16
	Mangan	0.05 bis 0.10
	Vanadium	0.06 bis 0.15
	Chrom	max. 0.08, vorzugsweise max. 0.01
15	Titan	max. 0.05

Die Verwendung der erfindungsgemässen Legierungszusammensetzung zur Herstellung von Bauteilen mit hohem Energieabsorptionsvermögen führt zu einer günstigen Mikrostruktur des Bauteilgefüges. Die zur Verbesserung der Verformungseigenschaften möglichst geringe Korngrösse wird mit der erfindungsgemässen Legierungszusammensetzung erreicht.

Ein Bauteil mit besonders guten Eigenschaften bezüglich Energieabsorption bei gleichzeitig guten Festigkeitswerten kann durch eine spezielle Wärmebehandlung erreicht werden. Diese besteht in der Erzeugung eines unteralterten oder teilausgehärteten Zustandes der Legierung, d.h. die Legierung wird nicht auf maximale Festigkeit ausgehärtet. Der unteralterte Zustand wird durch eine Glühung im Bereich zwischen 120 und 170°C hergestellt, wobei die Glühdauer im Bereich zwischen 4 und 16 h liegt. Der gewünschte Grad der Unteralterung kann anhand einer einfachen Versuchsreihe festgelegt werden, wobei der Zustand T64 bevorzugt wird.

35

Eine weitere bevorzugte Wärmebehandlung, die insbesondere in der Automobilindustrie auch mit einer Lackeinbrennung

kombiniert werden kann, wird durch eine Glühung zwischen 190 und 230°C während einer Glühdauer von 1 bis 5 Stunden erreicht. Bei dieser Wärmebehandlung wird eine leichte Ueberalterung erzeugt, wobei der Zustand T72 bevorzugt wird.

5

Die erfindungsgemässen Bauteile sind im einfachsten Fall Strangpressprofile. Denkbar sind jedoch auch Bauteile, die, ausgehend von einem stranggepressten Profil als Vorform, durch Innenhochdruckumformen endgefertigt sind. Nach einer weiteren Variante der Erfindung kann das Bauteil auch ein Schmiedeteil sein.

10

Eine bevorzugte Verwendung des erfindungsgemässen Bauteils wird als Sicherheitsteil im Fahrzeugbau gesehen.

15

Die Vorteile der erfindungsgemäss zur Herstellung von Crash-Elementen eingesetzten Legierungen sowie der speziellen Wärmebehandlungen der Unteralterung oder Ueberalterung werden durch die nachfolgende Darlegung von Versuchsergebnissen weiter untermauert.

20

Pressversuche mit der erfindungsgemässen Legierung mit hohem Festigkeitsniveau (Legierung C, siehe unten) haben gezeigt, dass die Pressgeschwindigkeit im Vergleich zu AA6005A deutlich erhöht werden kann. Bei einem Betriebsversuch mit einer presstechnisch schwierigen Bodenplatte für einen Eisenbahnwaggon konnte die Pressgeschwindigkeit beispielsweise um 70% gesteigert werden, ohne dass die Legierung Kantenrisse zeigte, wobei die Begrenzung durch die maximal zulässige Presskraft der Presse gegeben war. Eine durchschnittliche Steigerung der Pressgeschwindigkeit von 50% mit der erfindungsgemässen Legierung im Vergleich zur Legierung AA6005A darf als realistisch angenommen werden.

25

30

Die mechanischen Eigenschaften der erfindungsgemäss eingesetzten Legierungen wurden im Zugversuch sowie anhand von Ermüdungsprüfungen für die Wärmebehandlungszustände T6

35

(Vollaushärtung) und T64 (Teilaushärtung) ermittelt.

Wärmebehandlungszustand T6

5

Dieser Zustand wird durch eine Auslagerung von 10 h bei 160°C eingestellt. Die Wärmebehandlungsdauer liegt noch unterhalb des Härtemaximums, das bei etwa 20 h bei 160°C erreicht wird.

- 10 Die Kennwerte des Zugversuchs können je nach genauer Analyse, Umformgrad, Profildicke und Abkühlbedingungen schwanken. Den bisherigen Erfahrungen entsprechend wurden folgende Mindestwerte festgelegt:

15

Profildickenbereich	2 - 4 mm			4 - 8 mm		
	Rp0.2	Rm	A5	Rp0	Rm	A5
	[MPa]	[MPa]	[%]	[MPa]	[MPa]	[%]
20 Grundmaterial	230	275	10	230	270	8
Stumpfstoss (MIG)	120	180	..	115	165	..

- 25 Die typischen Werte der Streckgrenze liegen um 240 MPa, die der Festigkeit im Grundmaterial längs um 290 MPa, die Dehnungen A5 um 12%. In Querrichtung sind Streckgrenze und Festigkeit etwa gleich hoch. A5 fällt auf 6% ab. Bei allen geprüften Querproben waren durch Profil- und Probenform bedingte Pressnähte enthalten. In keinem Fall wurde ein Bruch in unmittelbarer Nähe der Pressnaht festgestellt, was auf das
- 30 infolge des hohen Umformgrades besonders feine Korn im Pressnahtbereich zurückzuführen ist. Die Härte liegt im Bereich von 94 bis 105 HB.

- 35 Die Kennwerte der Schweissverbindung gelten für MIG-Maschinenschweissungen. Im angegebenen Dickenbereich unterscheiden sich die Kennwerte bei Verwendung von SG-AlMg4,5Mn-, SG-

AlMg5- und SG-AlSi5-Zusatzwerkstoffen nur wenig. Fehler, wie beispielsweise Kantenversatz, die auf die Probleme beim Schweißen von Grossprofilen zurückzuführen sind, beeinflussen die Ergebnisse stärker. Die typischen Werte der abgearbeiteten Schweissverbindung liegen für Rp0.2 bei 130 MPa, für Rm bei 210 MPa und für A100 bei 4%. Diese werden bei einer Prüfung nach etwa 30 Tagen nach dem Schweißen erreicht. Die Kaltaushärtung in der Wärmeeinflusszone ist nach dieser Zeit noch nicht abgeschlossen. Bei einer Prüfung nach etwa 90 Tagen wird eine weitere Erhöhung von Rp0.2 um etwa 10 MPa festgestellt, während die Festigkeit sich nur geringfügig erhöht, und die Dehnung im Rahmen der Messgenauigkeit konstant bleibt.

Bei der Ermüdungsprüfung wurden die folgenden Werte ermittelt:

	$N^*) = 10^4$	$> 10^7$	
	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma$	
	[MPa]	[MPa]	
Grundmaterial (längs)	110		
Stumpfstoss (MIG)	90	45	mit Nahtüberhöhung
	95	55	ohne Nahtüberhöhung

*) N = Anzahl Lastwechsel

Der Wert für das Grundmaterial wurde an 3 mm dicken Abschnitten ermittelt. Bei vergleichbaren Bedingungen werden für AA6005A in der Regel Werte < 100 MPa erreicht. Die Werte der Schweissverbindung wurden an 4 mm dicken Proben ermittelt.

Wärmebehandlungszustand T64

Dieser Zustand wird durch eine Auslagerung von 8 h bei 140°C erreicht.

Als Kennwerte des Zugversuchs im teilausgehärteten Zustand T64 wurde zur Definition der Crash-Toleranz festgelegt:

5	Profildickenbereich	2 - 4 mm	Rp0.2	Rm	A5
			[MPa]	[MPa]	[%]
	Grundmaterial	140 - 180	>220	>18	
10	Stumpfstoss (MIG)	>120	>180	>5(A100)	

Die typischen Werte der Festigkeit im Grundmaterial längs liegen bei 255 MPa, die Dehnungen A5 um 22%. In Querrichtung fällt die Festigkeit leicht ab auf 250 MPa. A5 fällt auf 12% ab. Bei allen geprüften Querproben sind Pressnähte enthalten. In keinem Fall wurde ein Bruch in unmittelbarer Nähe der Pressnaht festgestellt. Die Härte liegt im Bereich von 74 bis 85 HB.

Die typischen Werte der abgearbeiteten Schweissverbindung liegen für Rp0.2 bei 130 MPa, für Rm bei 210 MPa und für A100 bei 10%. Eine so hohe Dehnung ist aussergewöhnlich. Dies wirkt sich im Crashfall sehr günstig aus. Auch hier werden nach etwa 90 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur noch höhere Werte für Rp0.2 erreicht.

Zur Dokumentation der mechanischen Eigenschaften im Schweissnahtbereich wurden aus 6 mm dicken geschweissten Profilabschnitten parallel zur Schweissrichtung 2 mm dicke Zugproben in definierten Abständen (Positionen) von der Schweissnahtmitte herausgearbeitet und geprüft (je Position 4 Zugproben). Die Ergebnisse sind in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Zugversuch parallel zur Schweissnaht in der Wärmeeinflusszone

SG-AlMg5-Zusatzwerkstoff

5	Position		Rp0.2	Rm	Ag	A5
		mm	MPa	MPa	%	%
10	1	0	108	214	17.2	20.9
	2	9	117	221	21.3	27.7
	3	15	118	181	15.5	22.7
	4	27	136	210	16.4	21.3
	5	84	159	245	17.4	19.5

15

Zugversuch parallel zur Schweissnaht in der Wärmeeinflusszone

SG-AlSi5-Zusatzwerkstoff

20	Position		Rp0.2	Rm	Ag	A5
		mm	MPa	MPa	%	%
25	1	0	106	205	14.7	16.2
	2	9	111	195	20.7	25.7
	3	15	140	207	17.0	22.1
	4	27	154	238	19.6	21.9
	5	84	159	240	17.3	18.6

30

Die Positionen sind in Abstand zur Mitte der Schweissnaht angegeben. Position 1 liegt ganz im Schweissgut, Position 5 im unbeeinflussten Grundmaterial.

35 Die Ergebnisse zeigen, dass die Festigkeit innerhalb der Schweissnaht (Schweissgut und Wärmeeinflusszone) im Vergleich zum Grundmaterial relativ wenig abfällt, und dass im

ganzen Bereich eine hohe Duktilität vorhanden ist.

Die Ermittlungsprüfungen haben zu folgendem Ergebnis geführt:

5

Ermüdung $N^*) = 10^4 > 10^7$
 $\Delta\sigma$ $\Delta\sigma$
 [MPa] [MPa]

10

Grundmaterial (längs)		95	
Stumpfstoss (MIG)	85	45	mit Nahtüberhöhung
	95	50	ohne Nahtüberhöhung

15

*) N = Anzahl Lastwechsel

Die Ermüdungsprüfungen wurden an Profilen aus der gleichen Produktion wie beim Zustand T6 durchgeführt.

20

Die Streuung der mechanischen Kennwerte zwischen Stranganfang und -ende des stranggepressten Profils sind bei der erfindungsgemässen Legierung geringer als bei der Legierung AA6005A. Dies ist auf das gleichmässiger Gefüge und die geringere Abschreckempfindlichkeit zurückzuführen. Als Beispiel seien die Werte eines Betriebsversuchs über die Auspresslänge aufgeführt:

25

Zugversuch	Grundmaterial	160°C 10 h	längs	
n = 6	Rp0.2	Rm	Ag	A5
Mittelwert	241	291	10.8	12.9
Standardabweichung	1.4	2.1	0.3	0.5
Minimum	239	288	10.4	12.3

30

35

	Zugversuch n = 6	Grundmaterial Rp0.2	140°C 8 h Rm	längs Ag	A5
	Mittelwert	165	255	18.6	23.3
5	Standardabweichung	0.5	0.3	0.4	0.4
	Minimum	164	255	17.9	22.9

Crashverhalten

10

Das Verhalten im Crashfall hängt wesentlich von den Materialeigenschaften, von Gestalt und Dimension des verwendeten Crash-Elements ab. Eine erste Voraussetzung für die Eignung eines Werkstoffs in einer bestimmten Gestalt und Dimension ist eine Faltung ohne frühzeitigen Bruch. Zur Prüfung des Crashverhaltens dienen Abschnitte von Rohren oder von Hohlprofilen rechteckigen Querschnittes, die gestaucht werden. In einer ersten Versuchsreihe wurden die Legierungen A, B und C, in einer zweiten Versuchsreihe die Legierungen B, D und E mit den nachstehenden Zusammensetzungen verglichen.

20

		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	V	Ti
	A	0.45	0.21	0.02	0.02	0.43	--	0.03	--	0.02
25	B	0.54	0.21	--	0.08	0.59	--	--	--	0.01
	C	0.62	0.26	0.16	0.07	0.56	--	--	0.10	0.01
	D	0.52	0.21	--	0.08	0.57	--	--	0.09	0.01
	E	0.51	0.21	0.11	0.06	0.49	--	--	0.10	0.01

30

Bei den durchgeführten Stauchversuchen der ersten Versuchsreihe erreichte immer die erfindungsgemäss eingesetzte Legierung C die höchsten Werte der absorbierten Energie bezogen auf die Masse des Crash-Elementes. Bei dieser Legierung wurde auch im Zustand T64 und T6 bei einem dünnen Rohr noch eine Faltung ohne Bruch und eine höhere Energieabsorption als im Zustand T4 erreicht.

35

Bei den an rechteckförmigen Hohlprofilen mit einem Querschnitt von 56 x 65mm, einer Länge von 300mm sowie einer Dicke von 1mm durchgeführten Stauchversuchen der zweiten Versuchsreihe erreichten immer die erfindungsgemäss eingesetzten Legierungen D und E die höchsten Werte der absorbierten Energie bezogen auf die Masse des Crash-Elementes. In den angegebenen Beispielen wurde der Zustand T72 mit einer Wärmebehandlung von 5 Stunden bei 205°C, der Zustand T6 durch eine Glühung von 10 Stunden bei 160°C erreicht.

Die Ergebnisse der Stauchversuche der beiden Versuchsreihen sind in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

15

Crash - Test an Rohrelementen

	Leg.	Zustand	Durchm. [mm]	Dicke [mm]	Art der Faltung*)	Absorbierte Energie/Masse [kJ/kg]
20						
	A	T4	92	1.5	as	14.4
	B	T4	92	1.5	as	17.8
	C	T4	92	1.5	as	22.1
25	C	T64	92	1.5	as	25
	C	T6	92	1.5	as	25.7
	A	T4	70	5	rs	52
	B	T4	70	5	rs	47
30	C	T4	70	5	rs	58

*) as = asymmetrisch mit Knotenpunkten

rs = ringsymmetrisch

35

Crash - Test an rechteckförmigen Hohlprofilelementen

	Leg.	Kühlung an der Presse	Absorbierte Energie/Masse	
			[kJ/kg]	
5			T72	T6
	B	Gebläse	14.6	17.6
	D	Gebläse	19.0	18.8
10	E	Gebläse	20.9	20.0
	B	Wassersprühung	19.1	16.8
	D	Wassersprühung	19.8	18.2
	E	Wassersprühung	21.6	18.2
15				

Gefüge

- 20 Die Legierung rekristallisiert beim Pressen feinkörnig, wobei in den Körnern noch ein Rest einer Verformungsstruktur verbleibt. Dies ist die wichtigste Grundlage für die unter vielen Aspekten besseren Eigenschaften im Vergleich zur Legierung AA6005A. Die feinkörnige Rekristallisation erfordert einen ausreichenden Umformgrad bezogen auf die Zeit.
- 25

Schweisverhalten

- 30 Die erfindungsgemässe Legierung ist gut schweisbar. Bei Stumpfstössen aus Profilabschnitten, die aus Grossprofilen herausgearbeitet und mit SG-AlMg4,5Mn-Zusatzwerkstoff geschweisst wurden, sind bei Wanddicken bis 6 mm nie signifikante Korngrenzenöffnungen beobachtet worden.

Korrosion

Es wurden vergleichende Korrosionsuntersuchungen an Legierung B T6, AA6005A T6 und an der erfindungsgemässen Legierung C T6 und T64 durchgeführt. Ein RID-Test wurde am Grundmaterial, der Salzsprühtest an geschweissten Probenabschnitten durchgeführt. Beim RID-Test (24 h in einer Lösung von 3% NaCl + 0.5% HCl bei Raumtemperatur) zeigte sich eine klare Differenzierung: Angegriffen wurde die Legierung AA6005A bis etwa 250 µm Tiefe. Die übrigen Legierungen und Zustände zeigten nur vereinzelt Ansätze von interkristalliner Korrosion. Im Salzsprühtest nach DIN 50021 SS (5% NaCl-Lösung bei 35+/-2°C) zeigte sich nach 1000 h noch keine Differenzierung zwischen den Legierungen und Zuständen. Eine besondere Korrosionsanfälligkeit einer der Werkstoffe kann aus den durchgeführten Versuchen nicht abgeleitet werden.

Schlussfolgerungen

Die erfindungsgemässe Legierung ist gut geeignet für den Einsatz im Fahrzeugbau. Die für das Grundmaterial und die Schweissverbindung geforderten Kennwerte des Zugversuchs werden sicher erreicht. Die Legierung ist für kleine und für grosse Profile in gleicher Weise einsetzbar. Sie ist für Crash-Elemente und für Bauteile, die durch Innenhochdruckumformen hergestellt werden, gleichermassen geeignet.

Die Produktionssicherheit ist aufgrund der geringeren Abschreckempfindlichkeit und der feinkörnigen Rekristallisation der erfindungsgemässen Legierung wesentlich besser als bei der Legierung AA6005A.

Die Pressgeschwindigkeit kann im Vergleich zu AA6005A generell um mehr als 50% erhöht werden.

Pressnähte wirken sich nicht negativ auf die mechanischen

Eigenschaften aus.

Beim Schweißen mit SG-AlMg-Zusatzwerkstoffen werden im Dickenbereich, in dem die Legierung feinkörnig rekristallisiert, keine Korngrenzenöffnungen einer Grösse gebildet, die einen signifikanten Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Schweissverbindung ausüben, wenn die Erstarrungsschrumpfung nicht extrem behindert wird. Dies wirkt sich in einer guten Dehnbarkeit aus. Insbesondere die Variante teilausgehärtet T64 zeichnet sich durch einen geringen Abfall der Kennwerte der Schweissverbindung gegenüber dem Grundmaterial aus.

Insgesamt hat sich die erfindungsgemässe Legierung als eine Legierung mit einer guten Eigenschaftskombination von Festigkeit, Dehnung, Schweissbarkeit und Produktionssicherheit erwiesen. Dies gilt sowohl für den teilausgehärteten als auch für den vollausgehärteten Zustand.

Patentansprüche

1. Bauteil aus einer Legierung vom Typ AlMgSi, mit hohem Aufnahmevermögen für kinetische Energie durch plastische Verformung,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Legierung in Gew.-%

Silizium	0.40	bis	0.80
Magnesium	0.40	bis	0.70
Eisen	max.	0.30	
Kupfer	max.	0.20	
Mangan	max.	0.15	
Vanadium	0.05	bis	0.20
Chrom	max.	0.10	
Titan	max.	0.10	
Zink	max.	0.10	

sowie weitere Legierungselemente einzeln max. 0.05, insgesamt max. 0.15 und Aluminium als Rest enthält.

2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung in Gew.-%

Silizium 0.45 bis 0.75, vorzugsweise 0.55 bis 0.65,
und
Magnesium 0.45 bis 0.65, vorzugsweise 0.50 bis 0.60

enthält.

3. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung in Gew.-%

Silizium 0.40 bis 0.60, vorzugsweise 0.45 bis 0.55,
und

Magnesium 0.40 bis 0.60, vorzugsweise 0.45 bis 0.55

enthält.

4. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.18 bis 0.25 Gew.-% Eisen enthält.
5. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.12 bis 0.16 Gew.-% Kupfer enthält.
6. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.05 bis 0.10 Gew.-% Mangan enthält.
7. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0.06 bis 0.15 Gew.-% Vanadium enthält.
8. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0.08, vorzugsweise max. 0.01 Gew.-% Chrom enthält.
9. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0.05 Gew.-% Titan enthält.
10. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung nach einer Wärmebehandlung während 4 bis 16 h bei 120 bis 170°C im teilausgehärteten Zustand T64 vorliegt.
11. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung nach einer Wärmebehandlung während 1 bis 5h bei 190 bis 230°C im überalterten Zustand T72 vorliegt.

12. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es als Profil durch Strangpressen hergestellt ist.
13. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es durch Innenhochdruckumformen aus einem stranggepressten Profil hergestellt ist.
14. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es durch Schmieden hergestellt ist.
15. Verwendung eines Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Sicherheitsteil im Fahrzeugbau.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH 97/00193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C22C21/08 C22C21/02 C22F1/05 C22F1/043

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 C22C C22F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 32 43 371 A (ALUSUISSE) 15 March 1984 see claims 1,3 ---	1-15
P,X	US 5 527 404 A (WARREN ALLISON S) 18 June 1996 see claims 1-60 ---	1-15
A	DE 44 21 744 A (FUCHS FA OTTO) 12 January 1995 see claims 1,8 ---	1,15
A	W.HUFNAGEL: "ALUMINIUM TASCHENBUCH" 1983, ALUMINIUM VERLAG, DUSSELDORF XP002010466 see page 141 - page 143 --- -/--	10,11,13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 July 1997

Date of mailing of the international search report

16.07.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Gregg, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 97/00193

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 004 (C-1149), 6 January 1994 & JP 05 247610 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD), 24 September 1993, see abstract ---	1
A	WO 96 12829 A (PECHINEY RHENALU ;BECHET DENIS (FR); WARNER TIMOTHY (FR)) 2 May 1996 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/CH 97/00193

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3243371 A	15-03-84	CA 1217663 A EP 0104139 A US 4525326 A	07-02-87 28-03-84 25-06-85
US 5527404 A	18-06-96	NONE	
DE 4421744 A	12-01-95	NONE	
WO 9612829 A	02-05-96	FR 2726007 A	26-04-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 97/00193

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 C22C21/08 C22C21/02 C22F1/05 C22F1/043

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 C22C C22F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 32 43 371 A (ALUSUISSE) 15.März 1984 siehe Ansprüche 1,3 ---	1-15
P,X	US 5 527 404 A (WARREN ALLISON S) 18.Juni 1996 siehe Ansprüche 1-60 ---	1-15
A	DE 44 21 744 A (FUCHS FA OTTO) 12.Januar 1995 siehe Ansprüche 1,8 ---	1,15
A	W.HUFNAGEL: "ALUMINIUM TASCHENBUCH" 1983, ALUMINIUM VERLAG, DUSSELDORF XP002010466 siehe Seite 141 - Seite 143 --- -/-	10,11,13

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 - "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
 - "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
 - "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 - "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
 - "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 2.Juli 1997	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 16.07.97
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Gregg, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH 97/00193

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 004 (C-1149), 6.Januar 1994 & JP 05 247610 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD), 24.September 1993, siehe Zusammenfassung ---	1
A	WO 96 12829 A (PECHINEY RHENALU ;BECHET DENIS (FR); WARNER TIMOTHY (FR)) 2.Mai 1996 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 97/00193

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3243371 A	15-03-84	CA 1217663 A	07-02-87
		EP 0104139 A	28-03-84
		US 4525326 A	25-06-85
US 5527404 A	18-06-96	KEINE	
DE 4421744 A	12-01-95	KEINE	
WO 9612829 A	02-05-96	FR 2726007 A	26-04-96