



(11) **EP 0 902 842 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**06.06.2007 Patentblatt 2007/23**
- (51) Int Cl.:  
**C22C 21/08** (2006.01) **C22C 21/02** (2006.01)  
**C22F 1/05** (2006.01) **C22F 1/043** (2006.01)
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**05.09.2001 Patentblatt 2001/36**
- (86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH1997/000193**
- (21) Anmeldenummer: **97920475.7**
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 1997/044501 (27.11.1997 Gazette 1997/51)**
- (22) Anmeldetag: **16.05.1997**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS**

METHOD OF PRODUCING A COMPONENT

METHODE DE PRODUCTION D'UN ELEMENT DE CONSTRUCTION

- |  |  |                         |                      |                        |                        |                        |                        |                        |  |
|--|--|-------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| <p>(84) Benannte Vertragsstaaten:<br/><b>AT BE CH DE ES FI FR GB IT LI NL SE</b></p> <p>(30) Priorität: <b>22.05.1996 EP 96810325</b></p> <p>(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:<br/><b>24.03.1999 Patentblatt 1999/12</b></p> <p>(73) Patentinhaber: <b>Alcan Technology &amp; Management AG</b><br/><b>8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)</b></p> <p>(72) Erfinder: <b>SCHWELLINGER, Pius</b><br/><b>D-78250 Tengen (DE)</b></p> <p>(74) Vertreter: <b>Wiedmer, Edwin</b><br/><b>Isler &amp; Pedrazzini AG</b><br/><b>Gotthardstrasse 53</b><br/><b>Postfach 1772</b><br/><b>8027 Zürich (CH)</b></p> | <p>(56) Entgegenhaltungen:</p> <table><tr><td><b>EP-B1- 0 787 217</b></td><td><b>WO-A-96/12829</b></td></tr><tr><td><b>DE-A- 3 243 371</b></td><td><b>DE-A- 4 421 744</b></td></tr><tr><td><b>FR-A- 1 325 565</b></td><td><b>FR-A- 2 273 077</b></td></tr><tr><td><b>US-A- 5 527 404</b></td><td></td></tr></table> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>W.HUFNAGEL: "ALUMINIUM TASCHENBUCH" 1983 , ALUMINIUM VERLAG , DUSSELDORF XP002010466 siehe Seite 141 - Seite 143</b></li><li>• <b>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 004 (C-1149), 6.Januar 1994 &amp; JP 05 247610 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD), 24.September 1993,</b></li><li>• <b>DIN EN 515, DEUTSCHE NORM, 1993</b></li><li>• <b>Develay R., "Traitements thermiques des alliages d'aluminium", Techniques de l'ingénieur, M 1290-92, 1983, 17 Seiten</b></li><li>• <b>"Registration Record of International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum alloys", The Aluminum Association, June 1994, Washington, USA, 2 Seiten</b></li><li>• <b>Hufnagel W., "Aluminium-Taschenbuch", 14. Auflage, 1983, Aluminium- Verlag, Düsseldorf, Deutschland, Seiten 1040-1041, 140-141</b></li><li>• <b>Evans D. W. und Aucote J., "The Influence of Silicon Content and Copper, Iron and Manganese Additions on the Relationship between Structure and Toughness in Aluminium-Magnesium-Silicon Alloys" ET 84: Extrusion Productivity through Automation, Vol. 1, Atlanta, 24-26 April 1984, 10 Seiten</b></li></ul> | <b>EP-B1- 0 787 217</b> | <b>WO-A-96/12829</b> | <b>DE-A- 3 243 371</b> | <b>DE-A- 4 421 744</b> | <b>FR-A- 1 325 565</b> | <b>FR-A- 2 273 077</b> | <b>US-A- 5 527 404</b> |  |
| <b>EP-B1- 0 787 217</b>  | <b>WO-A-96/12829</b>   |                         |                      |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| <b>DE-A- 3 243 371</b>   | <b>DE-A- 4 421 744</b>   |                         |                      |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| <b>FR-A- 1 325 565</b>   | <b>FR-A- 2 273 077</b>   |                         |                      |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| <b>US-A- 5 527 404</b>   |  |                         |                      |                        |                        |                        |                        |                        |  |

**EP 0 902 842 B2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Das Crash-Verhalten ist im Fahrzeugbau ein zunehmend wichtiger Aspekt. Dies gilt für den Strassenverkehr ebenso wie für den Schienenverkehr.

[0003] Hersteller von Strassen- und Schienenfahrzeugen gehen immer mehr dazu über, spezielle Bauelemente oder sogar ganze Baugruppen des Fahrzeugs so zu dimensionieren, dass diese bei einem Zusammenstoss möglichst viel Energie absorbieren, um damit das Verletzungsrisiko der Passagiere zu verringern.

[0004] Neben der konstruktiven Gestaltung dieser sogenannten 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 wichtiges Werkstoffmerkmal ist auch eine hohe Dehnung. Fügezonen, wie die Schweisssnaht, sollten sich in ihren mechanischen Eigenschaften möglichst wenig vom Grundmaterial unterscheiden. Bei Strangpressprofilen ist zudem eine gute Dehnung auch in Querrichtung von grosser Bedeutung.

[0005] 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 Kennwerte vorgegeben sein.

[0006] 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 eine weitere Optimierung der Eigenschaften wünschenswert.

[0007] Die zur Zeit im Waggonbau eingesetzte Legierung AA6005A bringt in der Fertigung eine Reihe von Problemen mit sich, 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 Schweiessen verstärkt wird. Dies führt zu einer hohen Zahl von Nonkonformitäten 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 führt. Damit müssen aber grosse Produktivitätsverluste in Kauf genommen werden.

[0008] Im Automobilbau als Sicherheitsteile eingesetzte Bauteile müssen oft nicht die beim Waggonbau vorgeschriebenen hohen 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.

[0009] Eine Legierung nach einem der Merkmale von Anspruch 1 ist in der DE-A- 32 43 371 und in der US-A-5 527 404 offenbart. Aus Aluminium -Taschenbuch (1983), S. 141-143 ist der Verlauf der Warmaushärtung bei AlMgSi, bekannt.

[0010] Der Erfindung liegt 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 geringeres Festigkeitsniveau aufweisen, jedoch eine höhere Fertigungssicherheit und eine höhere Produktivität gewährleisten.

[0011] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1.

[0012] Die eingesetzte 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.

[0013] 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:

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

[0014] 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 Gehaltsbereich 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

[0015] Für die neben Silizium und Magnesium in der erfindungsgemässen Legierung weiter enthaltenen Elemente

gelten die folgenden Vorzugsbereiche in Gew.-%:

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
Titan	max.	0.05

**[0016]** 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.

**[0017]** Die spezielle Wärmebehandlung verleiht dem Bauteil besonders gute Eigenschaften bezüglich Energieabsorption bei gleichzeitig guten Festigkeitswerten.

**[0018]** Die Wärmebehandlung, die insbesondere in der Automobilindustrie auch mit einer Lackeinbrennung kombiniert werden kann, besteht in der Erzeugung des überalterten Zustandes, T72, der durch eine Glühung zwischen 190 und 230°C während einer Glühdauer von 1 bis 5 Stunden erreicht wird.

**[0019]** Die erfindungsgemäss hergestellten 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.

**[0020]** Eine bevorzugte Verwendung des erfindungsgemäss hergestellten Bauteils wird als Sicherheitsteil im Fahrzeugbau gesehen.

**[0021]** Die Vorteile der zur erfindungsgemässen Herstellung von Crash-Elementen eingesetzten Legierungen sowie der speziellen Wärmebehandlung der Ueberalterung werden durch die nachfolgende Darlegung von Versuchsergebnissen weiter untermauert.

**[0022]** 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.

**[0023]** Die mechanischen Eigenschaften der erfindungsgemäss eingesetzten Legierungen wurden im Zugversuch sowie anhand von Ermüdungsprüfungen für die Wärmebehandlungszustände T6 (Vollaushärtung) und T64 (Teilaushärtung) ermittelt.

#### Wärmebehandlungszustand T6

**[0024]** 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.

**[0025]** Die Kennwerte des Zugversuchs können je nach genauer Analyse, Umformgrad, Profildicke und Abkühlbedingungen schwanken. Den bisherigen Erfahrungen entsprechend wurden folgende Mindestwerte festgelegt:

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

**[0026]** 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 infolge des hohen Umformgrades besonders feine Korn im Pressnahtbereich zurückzuführen ist. Die Härte liegt im Bereich von 94 bis 105 HB.

**[0027]** 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.

**[0028]** Bei der Ermüdungsprüfung wurden die folgenden Werte ermittelt:

N*) =	10 <sup>4</sup> $\Delta\delta$ [MPa]	> 10 <sup>7</sup> $\Delta\delta$ [MPa]	
Grundmaterial (längs)		110	
Stumpfstoss (MIG)	90 95	45 55	mit Nahtüberhöhung ohne Nahtüberhöhung
*) N = Anzahl Lastwechsel			

**[0029]** 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

**[0030]** Dieser Zustand wird durch eine Auslagerung von 8 h bei 140°C erreicht.

**[0031]** Als Kennwerte des Zugversuchs im teilausgehärteten Zustand T64 wurde zur Definition der Crash-Toleranz festgelegt:

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

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** Zur Dokumentation der mechanischen Eigenschaften im Schweissnahtbereich wurden aus 6 mm dicken geschweissten Profilschnitten 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.

#### **[0035]** Zugversuch parallel zur Schweissnaht in der Wärmeeinflusszone

SG-AlMg5-Zusatzwerkstoff					
Position		Rp0.2	Rm	Ag	A5
	mm	MPa	MPa	%	%
1	0	108	214	17.2	20.9

## EP 0 902 842 B2

(fortgesetzt)

SG-AlMg5-Zusatzwerkstoff					
Position		Rp0.2	Rm	Ag	A5
	mm	MPa	MPa	%	%
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

### [0036] Zugversuch parallel zur Schweissnaht in der Wärmeeinflusszone

SG-AlSi5-Zusatzwerkstoff					
Position		Rp0.2	Rm	Ag	A5
	mm	MPa	MPa	%	%
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

[0037] Die Positionen sind in Abstand zur Mitte der Schweissnaht angegeben. Position 1 liegt ganz im Schweissgut, Position 5 im unbeeinflussten Grundmaterial.

[0038] 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.

[0039] Die Ermittlungsprüfungen haben zu folgendem Ergebnis geführt:

Ermüdung	N*) =	10 <sup>4</sup> Δδ [MPa]	> 10 <sup>7</sup> Δδ [MPa]	
Grundmaterial (längs) Stumpfstoss (MIG)		85 95	95 45 50	mit Nahtüberhöhung ohne Nahtüberhöhung
*) N = Anzahl Lastwechsel				

[0040] Die Ermüdungsprüfungen wurden an Profilen aus der gleichen Produktion wie beim Zustand T6 durchgeführt.

[0041] 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:

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

## EP 0 902 842 B2

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

### Crashverhalten

**[0042]** 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.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	V	Ti
A	0.45	0.21	0.02	0.02	0.43	--	0.03	--	0.02
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

**[0043]** Bei den durchgeführten Stauchversuchen der ersten Versuchsreihe erreichte immer die 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.

**[0044]** 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 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.

**[0045]** Die Ergebnisse der Stauchversuche der beiden Versuchsreihen sind in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Crash - Test an Rohrelementen					
Leg.	Zustand	Durchm.	Dicke	Art der	Absorbierte
				Faltung*)	Energie/Masse
		[mm]	[mm]		[kJ/kg]
A	T4	92	1.5	as	14.4
B	T4	92	1.5	as	17.8
C	T4	92	1.5	as	22.1
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
C	T4	70	5	rs	58
*) as = asymmetrisch mit Knotenpunkten rs = ringsymmetrisch					

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

## Gefüge

**[0046]** 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.

## Schweissverhalten

**[0047]** Die Legierung ist gut schweisssbar. Bei Stumpfstössen aus Profilabschnitten, die aus Grossprofilen herausgearbeitet und mit SG-AlMg4,5Mn-Zusatzwerkstoff geschweisst wurden, sind bei Waddicken bis 6 mm nie signifikante Korngrenzenöffnungen beobachtet worden.

## Korrosion

**[0048]** Es wurden vergleichende Korrosionsuntersuchungen an Legierung B T6, AA6005A T6 und an der 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

**[0049]** Die 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.

**[0050]** Die Produktionssicherheit ist aufgrund der geringeren Abschreckempfindlichkeit und der feinkörnigen Rekristallisation der Legierung wesentlich besser als bei der Legierung AA6005A.

**[0051]** Die Pressgeschwindigkeit kann im Vergleich zu AA6005A generell um mehr als 50% erhöht werden.

**[0052]** Pressnähte wirken sich nicht negativ auf die mechanischen Eigenschaften aus.

**[0053]** 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.

**[0054]** Insgesamt hat sich die Legierung als eine Legierung mit einer guten Eigenschaftskombination von Festigkeit, Dehnung, Schweissbarkeit und Produktionssicherheit erwiesen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils in der Form eines Crash-Elements für den Fahrzeugbau aus einer Legierung vom Typ AlMgSi enthaltend in Gew.-%

5

10

15

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 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil durch eine Wärmebehandlung während 1 bis 5 h bei 190 bis 230 °C in einen überalterten Zustand (T72) überführt wird.

20

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

25

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. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung in Gew.-%

30

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.

35

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0.18 bis 0.25 Gew.-% Eisen enthält.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0.12 bis 0.16 Gew.-% Kupfer enthält.

40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0.05 bis 0.10 Gew.-% Mangan enthält.

45

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0.06 bis 0.15 Gew.-% Vanadium enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung max. 0.08, vorzugsweise max. 0.01 Gew.-% Chrom enthält.

50

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung max. 0.05 Gew.-% Titan enthält.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil als Profil durch Strangpressen hergestellt ist.

55

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil durch Innenhochdruckumformen aus einem stranggepressten Profil hergestellt ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil durch Schmieden hergestellt ist.

## Claims

1. Process for manufacturing a component in the form of a crash element for the manufacture of vehicles from an alloy of the AlMgSi type containing, in wt. %,

silicon		0.40 to 0.80
magnesium		0.40 to 0.70
iron	max.	0.30
copper	max.	0.20
manganese	max.	0.15
vanadium		0.05 to 0.20
chromium	max.	0.10
titanium	max.	0.10
zinc	max.	0.10

and further elements each individually at most 0.05, in total at most 0.15 and the remainder aluminium, **characterised in that** the component is transferred by a heat-treatment of 1 to 5 h at 190 to 230°C to an overaged condition (T72).

2. Process according to claim 1, the alloy contains, in wt. %,

silicon	0.45 to 0.75, preferably 0.55 to 0.65
and	
magnesium	0.45 to 0.65, preferably 0.50 to 0.60.

3. Process according to claim 1, **characterised in that** the alloy contains, in wt. %,

silicon	0.40 to 0.60, preferably 0.45 to 0.55
and	
magnesium	0.40 to 0.60, preferably 0.45 to 0.55.

4. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains 0.18 to 0.25 wt. % iron.

5. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains 0.12 to 0.16 wt. % copper.

6. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains 0.05 to 0.10 wt. % manganese.

7. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains 0.06 to 0.15 wt. % vanadium.

8. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains at most 0.08, preferably at most 0.01 wt. % chromium.

9. Process according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy contains at most 0.05 wt. % titanium.

10. Process according to one of the claims 1 to 9, **characterised in that** the component is manufactured in the form of a section made by extrusion.

11. Process according to one of the claims 1 to 9, **characterised in that** the component is manufactured from an extruded section subjected to pressure from within.

12. Process according to one of the claims 1 to 9, **characterised in that** the component is manufactured in the form of a forging.

## 5 Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un élément de construction sous forme d'un élément déformable pour la construction de véhicules dans un alliage de type AlMgSi contenant en % en poids

10	silicium	0.40 à 0.80
	magnésium	0.40 à 0.70
	fer	max. 0,30
	cuivre	max. 0.20
15	manganèse	max. 0.15
	vanadium	0.05 à 0.20
	chrome	max. 0.10
	titane	max. 0.10
	zinc	max. 0.10

20 ainsi que d'autres éléments d'alliage max. 0.05 de chacun, au total max. 0.15 et le reste sous forme d'aluminium, **caractérisé en ce que** l'élément de construction est transféré dans l'état surveillé (T72) par un traitement thermique pendant 1 à 5 heures à 190 à 230°C.

- 25 2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'alliage contient en % en poids

30	du silicium	0.45 à 0.75, de préférence 0.55 à 0.65
	et	
	du magnésium	0.45 à 0.65, de préférence 0.50 à 0.60.

3. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'alliage contient en % en poids

35	du silicium	0.40 à 0.60, de préférence 0.45 à 0.55
	and	
	du magnésium	0.40 à 0.60, de préférence 0.45 à 0.55.

- 40 4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient de 0.18 à 0.25 % en poids de fer.

- 45 5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient de 0.12 à 0.16 % en poids de cuivre.

6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient de 0.05 à 0.10 % en poids de manganèse.

- 50 7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient de 0.06 à 0.15 % en poids de vanadium.

8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient au max. 0.08, de préférence max. 0.01 % en poids de chrome.

- 55 9. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'alliage contient au max. 0.05 % en poids de titane.

## EP 0 902 842 B2

10. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'élément de construction est fabriqué sous forme de profilé extrudé.
- 5 11. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'élément de construction est fabriqué par formage sous haute pression intérieure à partir d'un profilé extrudé.
12. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'élément de construction est fabriqué par forgeage.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55