

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 863 220 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.09.1998 Patentblatt 1998/37

(51) Int. Cl.⁶: **C22C 21/06**, C22F 1/053

(21) Anmeldenummer: **97810129.3**

(22) Anmeldetag: **06.03.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

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

(72) Erfinder:
• **Schwellinger, Pius
D-78250 Tengen (DE)**
• **Schröder, Dietmar
D-78259 Mühlhausen-Ehingen (DE)**

(54) Verbindungselement

(57) Zur Herstellung von zur Verbindung von Bauteilen aus Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen geeigneten Verbindungselementen wird eine Aluminiumlegierung vom Typ AlZnMgCu vorgeschlagen, die aus

6,0 bis 8,0	Gew.-% Zink
2,0 bis 3,5	Gew.-% Magnesium
1,0 bis 3,0	Gew.-% Kupfer
0,05 bis 0,30	Gew.-% Zirkonium
max. 0,30	Gew.-% Chrom
max. 0,50	Gew.-% Mangan
max. 0,10	Gew.-% Titan
max. 0,20	Gew.-% Silizium
max. 0,20	Gew.-% Eisen

andere einzeln max. 0,05 Gew.-%, insgesamt max. 0,15 Gew.-%, und als Rest Aluminium und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht. Das Verbindungselement zeichnet sich aus durch eine hohe Festigkeit bei ausreichender Dehnung sowie durch eine hohe Korrosionsbeständigkeit.

EP 0 863 220 A1

Beschreibung

Die Verbindung betrifft ein Verbindungselement aus einer Aluminiumlegierung vom Typ AlZnMgCu, mit einem Schaft zur Verbindung von Bauteilen aus Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen, insbesondere eine Schraube oder ein Niet.

Bei der Verbindung von Bauteilen werden häufig Schrauben und Stanznieten in der Form von Voll- oder Halbhohl- nieten eingesetzt. Eine selbststanzende Befestigungsvorrichtung zur Herstellung einer Nietverbindung unter Verwen- dung von Halbhohl- nieten ist beispielsweise aus der WO-A-95/09307 bekannt.

Ein wichtiges Einsatzgebiet derartiger Verbindungselemente ist der Fahrzeugbau. Mit zunehmenden Einsatz von Aluminium- und Magnesiumwerkstoffen in diesem Bereich gewinnt auch der Einsatz von Schrauben und Stanznieten aus Aluminiumwerkstoffen an Bedeutung. Bisher wurden überwiegend Stahlschrauben und Stahlstanznieten verwen- det, die aus Gründen der galvanischen Korrosion und der Spaltkorrosion aus Edelstahl gefertigt werden mussten. Die Unterschiede zwischen Aluminium und Stahl bezüglich der physikalischen Eigenschaften wie Wärmeausdehnungskoeffizient, Elastizitätsmodul u.a. können, insbesondere bei einem Temperaturwechsel, zu zusätzlichen Spannungen oder zu einer Lockerung der Verbindung führen. Der Einsatz eines Werkstoffs mit ähnlichen chemischen, elektroche- mischen und physikalischen Eigenschaften für die Verbindungselemente wäre daher von grossem Nutzen.

Die Herstellung von Schrauben und Stanznieten aus Aluminiumwerkstoffen ist technisch möglich. In beschränktem Umfang werden beispielsweise Schrauben aus dem bekannten Werkstoff AA7075 gefertigt, wobei eine Zugfestigkeit von etwa 500 bis 600 MPa erreicht wird. Eine Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten wäre nur dann möglich, wenn die genannten Verbindungselemente aus Werkstoffen mit höherer Festigkeit wirtschaftlich gefertigt werden könnten. Bekannte Werkstoffe mit höherer Festigkeit sind die Legierungen AA7049, 7049A, 7149, 7249, 7349, 7449 und 7055, deren Herstellung jedoch nicht einfach ist. Wegen ihrer Neigung zu Rissen bei der Erstarrung sind diese Werkstoffe nicht einfach zu giessen und die Herstellung grosser Barren und Bolzen als Ausgangsmaterial zum Walzen oder Fres- sen gestaltet sich sehr aufwendig und ist damit unwirtschaftlich. Hinzu kommt, dass diese Werkstoffe in allen Wärme- behandlungszuständen empfindlich auf Spannungsrisskorrosion und Schichtkorrosion sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Legierung bereitzustellen, mit der sich Verbindungselemente der eingangs genannten Art mit hoher Festigkeit einfach und wirtschaftlich herstellen lassen.

Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass die Legierung aus

6,0 bis 8,0 Gew.-% Zink
2,0 bis 3,5 Gew.-% Magnesium
1,0 bis 3,0 Gew.-% Kupfer
0,05 bis 0,30 Gew.-% Zirkonium
max. 0,30 Gew.-% Chrom
max. 0,50 Gew.-% Mangan
max. 0,10 Gew.-% Titan
max. 0,20 Gew.-% Silizium
max. 0,20 Gew.-% Eisen

andere einzeln max. 0,05 Gew.-%, insgesamt max. 0,15 Gew.-%, und als Rest Aluminium und unvermeidbaren Verun- reinigungen besteht.

Der erfindungsgemäss eingesetzte Werkstoff ist gegenüber vergleichbaren hochfesten Werkstoffen der Gruppe AA7xxx leichter giessbar und durch Pressen und Walzen auch leichter warm zu verarbeiten. Die Korrosionsbeständig- keit ist ebenfalls wesentlich besser als bei vergleichbaren Legierungen nach dem Stand der Technik.

Aufgrund der ähnlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften von Aluminium- und Magnesiumwerkstof- fen wird die Verbindung von Bauteilen aus Magnesiumwerkstoffen oder aus Aluminium- und Magnesiumwerkstoffen bevorzugt mit dem erfindungsgemässen Element aus einer Aluminiumlegierung durchgeführt.

Für die einzelnen Legierungselemente gelten die folgenden Vorzugsbereiche (Gew.-%):

Zink	6,6 bis 7,3,	insbesondere 6,7 bis 7,1
Magnesium	2,3 bis 3,2,	insbesondere 2,6 bis 2,9
Kupfer	1,3 bis 2,1,	insbesondere 1,6 bis 1,8
Zirkonium	max. 0,20,	insbesondere 0,13 bis 0,18

(fortgesetzt)

Chrom	max. 0,10,	insbesondere max. 0,05
Mangan	max. 0,25,	insbesondere max. 0,15
Titan	max. 0,05	
Silizium	max. 0,15,	insbesondere max. 0,12
Eisen	max. 0,15,	insbesondere max. 0,12.

Geeignetes Vormaterial zur Fertigung von Schrauben und Nieten sind stranggepresste Stangen, wobei als Vormaterial für Stanznieten beispielsweise auch der Einsatz von Blech denkbar ist.

Bei der Herstellung von Verbindungselementen über Stangenmaterial wird zunächst die Legierung zu einem Pressbolzen vergossen und der Bolzen nach einer Homogenisierungsglühung zu einem stangenförmigen Vormaterial verpresst. Nach einem Lösungsglühen und Abschrecken des Vormaterials wird dieses in der Regel durch Kaltumformen zu den Verbindungselementen verarbeitet, die anschliessend zur Erzielung der gewünschten Festigkeit bei ausreichender Dehnung einer Warmaushärtung unterworfen werden. Bei einer besonders bevorzugten Fertigungsverfahren, die einen höheren Kaltumformungsgrad mit entsprechend erhöhter Festigkeit zulässt und zudem zu einer besseren Korrosionsbeständigkeit führt, wird vor dem Kaltumformen des Vormaterials zur Schraube oder zum Niet eine Rückbildungsglühung bei einer Temperatur von etwa 180 bis 260° C während einer Zeitdauer von etwa 5 sec bis 120 min durchgeführt. Hierbei gilt eine kurze Behandlungszeit für eine hohe Wärmebehandlungstemperatur.

Beim erfindungsgemässen Verbindungselement können mit einer Warmaushärtung zum Zustand T 6 oder T 7 Festigkeiten bis zu 740 MPa erzielt werden.

Die fertig wärmebehandelten Schrauben oder Nieten können je nach Anwendungsbereich eloxiert, beschichtet, lackiert oder auf andere Weise gegen Korrosionseinflüsse weiter geschützt werden. Zur verbesserten Lösbarkeit der Verbindung können Schrauben beispielsweise auch mit einer Teflon- oder einer Ormocere-Schicht versiegelt sein. In gewissen Fällen ist auch eine Dichtung und Verklebung entsprechend dem bekannten Sped-Cap-Verfahren vorteilhaft.

Die Vorteilhaftigkeit der erfindungsgemässen eingesetzten Legierungen ergibt sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele.

Beispiele

7 Legierungen mit einer Zusammensetzung gemäss Tabelle 1 wurden zu je einem Stanggussbolzen von 220 mm ϕ und einer Länge von etwa 1500 mm vergossen. Eine Kornfeinung mit TI5B1-Draht wurde direkt in der Giessrinne durchgeführt.

Der Strangguss wurde bei allen Legierungen unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Absenkgeschwindigkeit 6,5 bis 7 m/min
 Kühlwasser 75 l/min
 Meniskusstand 42 mm
 Wasserstand 40 cm unter der Kokille

Vor dem Aufteilen zu je zwei 660 mm langen Bolzen wurde eine Glühung bei 460° während 6 h durchgeführt. Anschliessend erfolgte eine Hochglühung bei 470°/3h + 480°/18h (Legierung 6 wurde mit 470°C/21 h geglüht).

In jeder Legierung wurde ein Flachprofil 10 x 50 mm und eine Rundstange 40 mm Durchmesser indirekt gepresst. Die Bolzentemperatur betrug ca. 230 bis 260°C, die Rezipiententemperatur lag bei etwa 300°C. Die Pressgeschwindigkeit betrug etwa 2 bis 2,8 m/min.

Die Lösungsglühung erfolgte bei einer Temperatur von $470 \pm 3^\circ\text{C}$ während einer Zeitspanne von 0,5 h.

In Tabelle 2 sind die Daten aller Legierungen, die am Flachprofil 10 x 50 mm gewonnen wurden, wiedergegeben.

Die Wärmebehandlung wurde in jedem Fall wie folgt durchgeführt:

Lösungsglühen: 470°C/0,5 h

Recken: $\leq 1\%$

Zwischenlagern: $\leq$ Tag

Aushärten: Zustand T 651: 130°C/14h

EP 0 863 220 A1

Zustand T 7351: 105°C/5h + 175°C/7h

Von allen Legierungen wurden Zugversuche und Kerbzugversuche in Längsrichtung durchgeführt. Die bruchmechanischen Kennwerte wurden bei allen Legierungen in Querrichtung gemessen.

Bei den in Tabelle 2 angegebenen Festigkeitswerten ist zu bedenken, dass die Zugfestigkeit am Verbindungselement höhere Werte erreicht, da eine Kaltverfestigung hinzukommt.

Alle Legierungen in den beiden Wärmebehandlungszuständen wurden einem Spannungsrisskorrosionstest unterzogen. Alle Proben überstanden die Prüfung ohne Spannungskorrosionsrisse.

Tab. 1

Leg. Nr.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr
1	0.008	0.02	1.8	-	2.7	-	6.9	0.14
2	0.10	0.06	1.8	-	2.7	-	6.9	0.15
3	0.10	0.19	1.7	-	2.7	-	6.9	0.15
4	0.10	0.20	1.9	0.20	2.7	-	6.9	0.14
5	0.04	0.06	1.8	0.20	2.7	-	6.8	0.14
6	0.04	0.06	1.9	-	2.0	-	8.8	0.15
7	0.04	0.06	1.7	0.23	2.7	0.25	6.0	-

Tab. 2

Leg.Nr.	Zustand	Zug- richtung	R _m (MPa)	R _{p0.2} (MPa)	A ₅ (%)	Ag (%)	R _{mK} / R _{p0.2}	K _{C_m} ^{1/2} MPa
1	T651	L	708	680	10.5	6.6	1.06	23.0
		Q	654	532	12.7	7.6	-	
	T7351	L	614	578	10.0	4.77	1.15	27.4
		Q	578	524	12.5	6.5	-	
2	T651	L	698	670	10.2	5.40	1.05	20.7
		Q	644	584	12.7	8.5	-	
	T7351	L	610	576	9.4	4.28	0.81	33.4
		Q	556	494	12.7	6.8	-	
3	T651	L	700	676	10.4	4.54	0.857	19.8
		Q	634	585	11.5	6.1	-	
	T7351	L	602	559	9.9	5.03	1.04	33.0
		Q	550	491	12.3	7.6	-	
4	T651	L	702	671	10.3	5.99	0.88	22.2
		Q	642	583	10.8	6.9	-	
	T7351	L	614	585	8.1	4.07	0.92	30.8
		Q	570	498	11.5	6.8	-	
5	T651	L	713	686	11.0	5.77	1.03	(37)
		Q	653	589	12.2	7.1	-	28
	T7351	L	624	592	9.1	4.37	1.10	(60)
		Q	582	524	12.6	7.2	-	32.1
6	T651	L	720	675	11.9	5.55	1.10	29.2
		Q	634	577	12.1	6.5	-	
	T7351	L	574	513	12.6	5.06	1.22	73.8
		Q	521	460	13.4	6.4	-	
7	T651	L	682	634	11.2	7.84	0.867	34.5
		Q	622	522	12.1	8.6	-	
	T7351	L	609	576	9.2	4.41	0.971	45.7
		Q	547	456	12.0	7.6	-	

Patentansprüche

1. Verbindungselement aus einer Aluminiumlegierung vom Typ AlZnMgCu, mit einem Schaft zur Verbindung von Bauteilen aus Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen, insbesondere Schraube oder Niet,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Legierung aus

6,0 bis 8,0 Gew.-% Zink
2,0 bis 3,5 Gew.-% Magnesium
1,0 bis 3,0 Gew.-% Kupfer
0,05 bis 0,30 Gew.-% Zirkonium
max. 0,30 Gew.-% Chrom
max. 0,50 Gew.-% Mangan
max. 0,10 Gew.-% Titan
max. 0,20 Gew.-% Silizium
max. 0,20 Gew.-% Eisen

andere einzeln max. 0,05 Gew.-%, insgesamt max. 0,15 Gew.-%, und als Rest Aluminium und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht.
2. Verbindungselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 6,6 bis 7,3, vorzugsweise 6,7 bis 7,1 Gew.-% Zink enthält.
3. Verbindungselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 2,3 bis 3,2, vorzugsweise 2,6 bis 2,9 Gew.-% Magnesium enthält.
4. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 1,3 bis 2,1, vorzugsweise 1,6 bis 1,8 Gew.-% Kupfer enthält.
5. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,20, vorzugsweise 0,13 bis 0,18 Gew.-% Zirkonium enthält.
6. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,10, vorzugsweise max. 0,05 Gew.-% Chrom enthält.
7. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,25, vorzugsweise max. 0,15 Gew.-% Mangan enthält.
8. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,05 Gew.-% Titan enthält.
9. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,15, vorzugsweise max. 0,12 Gew.-% Silizium enthält.
10. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung max. 0,15, vorzugsweise max. 0,12 Gew.-% Eisen enthält.
11. Verfahren zur Herstellung eines Verbindungselementes nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durch Giessen der Legierung zu einem Pressbolzen, Homogenisierungsglühen des Bolzens und Verpressen des Bolzens zu einem Vormaterial, Lösungsglühen und Abschrecken des Vormaterials, Verarbeitung des Vormaterials zu Verbindungselementen durch Kaltumformen und Warmaushärten der Verbindungselemente, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Kaltumformen eine Rückbildungsglühung bei einer Temperatur von 180 bis 260°C während 5 sec bis 120 min durchgeführt wird.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0129

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	WO 96 34993 A (MC DONNELL DOUGLAS CORP) 7.November 1996 * Seite 6, Zeile 17 - Zeile 18 *	1-10	C22C21/06 C22F1/053
A	W. HUFNAGEL: "ALUMINIUM-SCHLÜSSEL " 1983 , ALUMINIUM VERLAG , DÜSSELDORF XP002033949 * LEGIERUNG AA 7050 * * Seite 79 *	1-10	
A	MATERIALS SCIENCE FORUM, Bd. 13/14, 1987, DIE SCHWEIZ, Seiten 593-598, XP000677136 K.BANIZS: "HEAT-TREATMANTS OF HIGH-STRENGTH ALUMINIUM SCREWS" * Seite 594, Absatz 1 - Absatz 3 *	1	
A	DE 23 14 183 A (ROTH HELMUT DIPL ING) 3.Oktober 1974 * Anspruch 2 *	1	
A	FR 2 482 982 A (FRAIMANT JEAN JACQUES) 27.November 1981 * Anspruch 1 *	1	
A	WO 92 02655 A (ALCAN INT LTD) 20.Februar 1992 * Beispiel 1 *	11	
A	W.HUFNAGEL: "ALUMINIUM-TASCHENBUCH" 1983 , ALUMINIUM-VERLAG , DÜSSELDORF XP002033950 * Seite 632 - Seite 634 * * Seite 643 - Seite 647 *	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27.Juni 1997	Prüfer Gregg, N
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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)