



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.11.2012 Patentblatt 2012/48**

(51) Int Cl.:  
**C22C 21/00** (2006.01) **C22C 21/08** (2006.01)  
**C22F 1/04** (2006.01) **C22F 1/05** (2006.01)  
**H01B 1/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11167951.0**

(22) Anmeldetag: **27.05.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(72) Erfinder:  
• **Dr. Engler, Olaf**  
**53229 Bonn (DE)**  
• **Dr. Jupp, Simon**  
**53119 Bonn (DE)**

(71) Anmelder: **Hydro Aluminium Rolled Products GmbH**  
**41515 Grevenbroich (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(54) **Hochleitfähige Aluminiumlegierung für elektrisch leitfähige Produkte**

(57) Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung für elektrisch leitfähige Produkte. Die Aufgabe, eine Aluminiumlegierung vorzuschlagen, welche die notwendigen mechanischen Eigenschaften aufweist und dennoch eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit besitzt, wird durch eine Aluminiumlegierung gelöst, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:  
 $0,25 \% \leq \text{Si} \leq 0,7 \%$ ,  
 $0,25 \% \leq \text{Fe} \leq 0,7 \%$ ,  
 $\text{Cu} < 0,1 \%$ ,  
 $0,25 \% \leq \text{Mn} \leq 0,7 \%$ ,

$0,25 \% \leq \text{Mg} \leq 0,7 \%$ ,  
 $\text{Cr} \leq 0,1 \%$ ,  
 $\text{Zn} \leq 0,1 \%$ ,  
 $\text{Ti} \leq 0,1 \%$ ,

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:  
 $||[\text{Si}\%] - [\text{Fe}\%]|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||[\text{Si}\%] - [\text{Mn}\%]|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||[\text{Si}\%] - [\text{Mg}\%]|| \leq 0,1 \%$ .

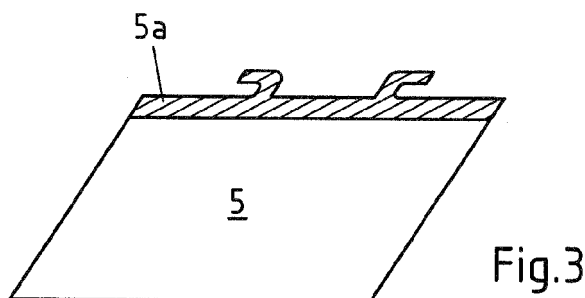


Fig.3

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung für elektrisch leitfähige Produkte, die Verwendung der Aluminiumlegierung, ein Band oder Blech hergestellt aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes oder Blechs.

**[0002]** Aluminium oder Aluminiumlegierungen werden auch für elektrisch leitfähige bzw. stromführende Produkte verwendet, da Aluminium bzw. die Aluminiumlegierungen eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweisen. So liegt die elektrische Leitfähigkeit  $\sigma$  bei hoch reinem Aluminium etwa bei 36,5 MS/m. Hoch reines Aluminium ist allerdings als Konstruktionswerkstoff nicht geeignet, da es häufig die geforderten mechanischen Eigenschaften, beispielsweise eine gewünschte Festigkeit oder Streckgrenze nicht erfüllt. Sind beispielsweise bei elektrisch leitfähigen bzw. stromführenden Produkten auch mechanische Eigenschaften gefragt, muss eine signifikante Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit in Kauf genommen werden, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften bereitzustellen. Darüber hinaus sind die Kosten von hoch reinem Aluminium sehr hoch, so dass entsprechend hergestellte Produkte aus reinem Aluminium relativ teuer in ihrer Herstellung sind. Häufig für die Konstruktion verwendete Aluminiumlegierungen wie beispielsweise die Aluminiumlegierung vom Typ AA 5xxx weisen dagegen elektrische Leitfähigkeiten im Bereich von 15 bis 25 MS/m auf, so dass diese wiederum nicht ideal für die Verwendung in elektrisch leitfähigen Produkten anzusehen sind.

**[0003]** Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung vorzuschlagen, welche die notwendigen mechanischen Eigenschaften aufweist und dennoch eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit besitzt. Darüber hinaus sollen vorteilhafte Verwendungen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung bestehenden Bandes oder Blechs vorgeschlagen werden.

**[0004]** Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die aufgezeigte Aufgabe durch eine Aluminiumlegierung gelöst, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:

0,25 %  $\leq$  Si  $\leq$  0,7 %,  
 0,25 %  $\leq$  Fe  $\leq$  0,7 %,  
 Cu < 0,1 %,  
 0,25 %  $\leq$  Mn  $\leq$  0,7 %,  
 0,25 %  $\leq$  Mg  $\leq$  0,7 %,  
 Cr  $\leq$  0,15 %,
   
 Zn  $\leq$  0,1 %,
   
 Ti  $\leq$  0,1 %,

**[0005]** Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$||\text{Si}\%| - |\text{Fe}\%|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||\text{Si}\%| - |\text{Mn}\%|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||\text{Si}\%| - |\text{Mg}\%|| \leq 0,1 \%$ .

**[0006]** Die Erfinder haben herausgefunden, dass zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit der Ausscheidungsgrad von Legierungsbestandteilen in der Aluminiumlegierung erhöht werden muss, damit die Aluminiumlegierung möglichst wenig Legierungsbestandteile in der Aluminiummatrix in gelöstem Zustand aufweist. Durch die erfindungsgemäße Aluminiumlegierungszusammensetzung wird erreicht, dass die Ausscheidung von intermetallischen Phasen in Form von quaternären intermetallischen Phasen beispielsweise Al(Fe,Mn)Si, ternäre Phasen in Form von beispielsweise AlFeSi und binäre Phasen beispielsweise in Form von Mg<sub>2</sub>Si bei Raumtemperatur unterstützt wird. Im Ergebnis werden die genannten intermetallischen Phasen leichter ausgeschieden. Die Legierungsbestandteile sind in geringerem Maße in der Aluminiummatrix gelöst. Hierdurch wird die elektrische Leitfähigkeit der Aluminiumlegierung deutlich verbessert, da weniger Legierungsbestandteile in gelöstem Zustand vorliegen. Die Anteile an Si, Fe, Mn und Mg liegen zwischen 0,25 Gew.-% bis 0,7 Gew.-%, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften der Aluminiumlegierung zu gewährleisten. Darüber hinaus zeichnet sich die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung dadurch aus, dass für die Anteile an Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$||\text{Si}\%| - |\text{Fe}\%|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||\text{Si}\%| - |\text{Mn}\%|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||\text{Si}\%| - |\text{Mg}\%|| \leq 0,1 \%$ , so dass ein möglichst hoher Anteil an intermetallischen Phasen ausgeschieden wird. Der Kupfergehalt von < 0,1 Gew.-% verbessert zusätzlich das Ausscheidungsverhalten der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung. Dispersoidbildner wie Cr müssen auch relativ geringe Anteile aufweisen, vorliegend maximal

0,1 Gew.-%. Zink und Titan sollten darüber hinaus auch weniger als 0,1 Gew.-% aufweisen, da anderenfalls die Ausscheidung der intermetallischen Phasen sich verschlechtert. Dadurch dass die Legierungsbestandteile Fe, Mn und Mg relativ zu Silizium in einem festen Korridor von +/- 0,1 Gew.-% in der Aluminiumlegierung enthalten sind, wird der Anteil an bei Raumtemperatur in ausgeschiedenem Zustand vorliegenden quaternären und ternären intermetallischen Phasen deutlich erhöht. Bevorzugt gilt dieser enge Korridor auch für die Legierungsbestandteile Fe, Mn und Mg auch untereinander, d.h. bevorzugt gilt zusätzlich:

$$\begin{aligned} &|[Mn\%] - [Fe\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[Mg\%] - [Mn\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[Fe\%] - [Mg\%]| \leq 0,1 \%. \end{aligned}$$

**[0007]** Gemäß einer ersten Ausgestaltung der Aluminiumlegierung weist die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% auf:

$$\begin{aligned} &0,4 \% \leq Si \leq 0,6 \%, \\ &0,4 \% \leq Fe \leq 0,6 \%, \\ &Cu < 0,05 \%, \\ &0,4 \% \leq Mn \leq 0,6 \%, \\ &0,4 \% \leq Mg \leq 0,6 \%, \\ &Cr \leq 0,1 \%, \\ &Zn \leq 0,05 \%, \\ &Ti \leq 0,05 \%, \end{aligned}$$

**[0008]** Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$$\begin{aligned} &|[Si\%] - [Fe\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[Si\%] - [Mn\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[Si\%] - [Mg\%]| \leq 0,1 \%. \end{aligned}$$

**[0009]** Die Beschränkung der Legierungsbestandteile von Si, Fe, Mn und Mg auf einen Korridor von 0,4 Gew.-% bis 0,6 Gew.-%, verbessert die Ausscheidung der intermetallischen Phasen. Zusätzlich wird durch die Verringerung der Anteile an Cu, Zn und Ti erreicht, dass noch weniger Legierungsbestandteile in Lösungen vorliegen. Im Ergebnis kann die elektrische Leitfähigkeit bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften noch einmal gesteigert werden.

**[0010]** Dies gilt auch sofern der Si-Gehalt den Mg-Gehalt übersteigt, da dann Silizium sowohl die bevorzugt ausgebildeten Mg<sub>2</sub>-Si als auch die übrigen quaternären und ternären intermetallischen Phasen bilden kann, welche dann in ausgeschiedenem Zustand in der Aluminiumlegierung bei Raumtemperatur vorliegen.

**[0011]** Schließlich kann die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung in Bezug auf ihre elektrische Leitfähigkeit dadurch weiter verbessert werden, dass für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$$\begin{aligned} &|[Si\%] - [Fe\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[Si\%] - [Mn\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[Si\%] - [Mg\%]| \leq 0,05 \%, \end{aligned}$$

wobei bevorzugt für die Legierungsbestandteile Fe, Mn und Mg untereinander gilt ebenfalls zusätzlich:

$$\begin{aligned} &|[Mn\%] - [Fe\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[Mg\%] - [Mn\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[Fe\%] - [Mg\%]| \leq 0,05 \%. \end{aligned}$$

**[0012]** Fe, Si, Mn und Mg-Gehalt der Aluminiumlegierung liegen dann in einem extrem engen Korridor und führen daher zu einer besonders bevorzugten Ausbildung der intermetallischen, ausgeschiedenen Phasen.

**[0013]** Aufgrund der besonders guten elektrischen Leitfähigkeit ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung für elektrisch leitfähige oder stromführende Produkte besonders vorteilhaft. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung neben der sehr guten elektrischen Leitfähigkeit auch gute mechanische Eigenschaften bereitstellen, so dass entsprechende Produkte auch als Konstruktionsteile verwendbar sind.

**[0014]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung für ein elektrisch leitfähiges Teil einer Schaltungsanordnung, eine Leiterbahn, einen elektrisch leitfähigen Steckverbinder, eine elektrische

Platine, ein Kabel, ein Flachbandkabel oder ein Elektrodenblech verwendet. Allen Verwendungen ist gemein, dass diese einerseits sehr gute elektrische Leitfähigkeiten erfordern, um einen möglichst geringen elektrischen Widerstand aufzuweisen. Andererseits können die elektrisch leitfähigen Teile einer Schaltungsanordnung, also als auch Leiterbahnen, Steckverbinder, Platinen, Kabel, Flachbandkabel aber auch Elektrodenbleche Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften erfüllen, welche von hochleitfähigem Reinaluminium nicht erreicht werden. Mithin können auch in der Konstruktion einsetzbare, hochleitfähige Produkte, welche zumindest teilweise aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung bestehen, bereitgestellt werden.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung wird die aufgezeigte Aufgabe durch ein Band oder Blech bestehend aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung gelöst, wobei das Band oder Blech nach einer Rückglühung bei 250°C für 1 - 4 Stunden eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 140 MPa und eine elektrische Leitfähigkeit von mehr als 31 MS/m, vorzugsweise mehr als 31,5 MS/m bei Raumtemperatur aufweist. Die herausragenden Eigenschaften mit sehr hoher elektrischer Leitfähigkeit und dennoch guter Streckgrenze ermöglichen es, das Band oder das Blech für die unterschiedlichsten Verwendungen, wie sie beispielsweise zuvor genannt worden sind, zu verwenden und gleichzeitig extrem geringe elektrische Widerstände bei der Stromführung bereitzustellen.

**[0016]** Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes oder Blechs aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung bereitgestellt, bei welchem ein Walzbarren aus einer entsprechenden Aluminiumlegierung hergestellt wird, der Walzbarren für einen Zeitraum von 2 - 12 Stunden bei 550°C bis 610°C homogenisiert wird, auf einer Temperatur von 380°C - 500°C abgekühlt und bei dieser Temperatur für mindestens eine Stunde gehalten wird, der Walzbarren anschließend bei einer Temperatur von 280°C - 500°C warm gewalzt wird und optional einer Warmbandglühung bei einer Temperatur von 280°C - 380°C für mehr als einer Stunde unterzogen wird und anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt wird. Der bei der Homogenisierung sich einstellende Ausscheidungsgrad wird durch die Abkühlung auf eine Temperatur von 380°C - 500°C unmittelbar anschließend an das Homogenisieren verbessert. Die Warmwalztemperaturen von 280°C - 500°C sind gegenüber den üblichen Warmwalztemperaturen, welche bis zu max. 550°C betragen, leicht verringert. Hierdurch soll erreicht werden, dass durch das Warmwalzen nicht erneut Legierungsbestandteile in Lösungen übergehen, sondern vielmehr im ausgeschiedenen Zustand verbleiben. Das so hergestellte Warmband weist aufgrund des Ausscheidungsgrades sehr hohe Leitfähigkeiten auf und kann daher kostengünstig zur Herstellung von Kathodenblechen verwendet werden. Dies gilt auch für die sich optional nach der Warmbandfertigung anschließende Warmbandglühung, welche bei relativ niedrigen Temperaturen von 280°C - 380°C durchgeführt wird. Auch hier wird versucht über die moderaten Temperaturen keine weiteren großen Mengen an Legierungsbestandteilen in Lösung übergehen zu lassen. An diesem Lösungszustand ändert sich prinzipiell auch durch das abschließende Kaltwalzen auf Enddicke nichts, so dass ein so hergestelltes Band sehr gute elektrische als auch mechanische Eigenschaften aufweist.

**[0017]** Alternativ kann der Walzbarren nach dem Homogenisieren auch auf Raumtemperatur abgekühlt werden und vor dem Warmwalzen erneut auf eine Temperatur von 380°C - 520°C erwärmt werden. Dies erleichtert die Logistik bei der Herstellung der Bänder, ohne dass es zu signifikanten Einbußen der mechanischen oder elektrischen Eigenschaften kommt. Wiederum erreicht man durch die moderaten Temperaturen, dass in ausgeschiedenem Zustand vorliegende Legierungsbestandteile nicht erneut in Lösung gehen.

**[0018]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden während des Kaltwalzens eine oder mehrere Zwischenglühungen bei einer Temperatur von 300°C - 450°C für eine Stunde bis 4 Stunden durchgeführt. Zwischenglühungen werden üblicherweise zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften des kalt gewalzten Bandes an Enddicke durchgeführt.

**[0019]** Schließlich kann das erfindungsgemäße Verfahren dadurch weiter ausgestaltet werden, dass das fertig gewalzte Band einer Rückglühung bei einer Temperatur von 200°C - 350°C für mindestens eine Stunde unterzogen wird. Durch die Rückglühung in diesem Temperaturbereich wird nicht nur die mechanische Umformbarkeit des Bandes signifikant verbessert, sondern auch die Bildung von ausgeschiedenen intermetallischen Phasen unterstützt. Die elektrische Leitfähigkeit kann bei dem erfindungsgemäßen Band durch eine Rückglühung noch einmal gesteigert werden.

**[0020]** Die Erfindung soll nun anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt in den Figuren 1 bis 5 schematisch Ausführungsbeispiele vorteilhafter Verwendungen der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung.

**[0021]** In Tabelle 1 sind zwei erfindungsgemäße Aluminiumlegierungen mit ihren Legierungsbestandteilen in Gew.-% angegeben. Die Legierungen A und B ähneln sich sehr und unterscheiden sich lediglich signifikant im Titangehalt. Gemäß den in der Tabelle 1 angegebenen Werten entsprechen die Ausführungsbeispiele einer weiter optimierten Aluminiumlegierung mit folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-%:

$$0,40 \% \leq \text{Si} \leq 0,50 \%,$$

$$0,40 \% \leq \text{Fe} \leq 0,50 \%,$$

## EP 2 527 479 A1

$\text{Cu} \leq 0,05 \text{ \%,}$

$0,40 \text{ \%} \leq \text{Mn} \leq 0,50 \text{ \%,}$

$0,35 \text{ \%} \leq \text{Mg} \leq 0,45 \text{ \%,}$

$\text{Cr} \leq 0,03 \text{ \%,}$

$\text{Zn} \leq 0,04 \text{ \%,}$

$\text{Ti} \leq 0,05 \text{ \%,}$

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln max. 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$||[\text{Si}\%] - [\text{Fe}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}$  und

$||[\text{Si}\%] - [\text{Mn}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}$  und

$||[\text{Si}\%] - [\text{Mg}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}.$

Tabelle 1

| Legierung | Si    | Fe     | Cu       | Mn    | Mg    | Cr       | Ni      | Zn       | Ti       |
|-----------|-------|--------|----------|-------|-------|----------|---------|----------|----------|
| A         | 0,43% | 0,45%  | 0,0040 % | 0,44% | 0,41% | 0,0007 % | 0,0064% | 0,0057 % | 0,0055%  |
| B         | 0,44% | 0,46 % | 0,0040 % | 0,44% | 0,41% | 0,0006 % | 0,0063% | 0,0050 % | 0,0081 % |

**[0022]** Die Legierungsbeispiele A und B erfüllen darüber hinaus die Gleichungen:

$||[\text{Mn}\%] - [\text{Fe}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}$  und

$||[\text{Mg}\%] - [\text{Mn}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}$  und

$||[\text{Fe}\%] - [\text{Mg}\%]| \leq 0,05 \text{ \%}.$

**[0023]** Die Legierungsbeispiele A und B wurden dann mit zwei verschiedenen Verfahren gemäß der Variante I und II zu Bändern und anschließend zu Blechen gefertigt, wobei sich die Variante I von der Variante II insbesondere durch das Vorbereiten des Walzbarrens und des Warmwalzens unterscheidet. Gemäß Variante I wurde der Walzbarren für 4 Stunden bei 550°C - 610°C homogenisiert und anschließend über 2 Stunden auf 400°C - 500°C gehalten und dem Warmwalzen zugeführt. Im Gegensatz dazu wurde bei der Verfahrensvariante II eine Homogenisierung für 12 Stunden bei 550°C - 610°C durchgeführt, der Walzbarren anschließend auf Raumtemperatur erkaltet und vor dem Warmwalzen auf 400°C - 500°C erwärmt.

**[0024]** Der Walzbarren wurde dann bei beiden Varianten auf eine Warmbanddicke von 7,5 mm warm gewalzt. Anschließend fand eine Warmbandglühung bei einer Temperatur von 300°C - 350°C für mehr als eine Stunde statt. Das so hergestellte Warmband wurde auf eine Dicke von 2,0 mm mit und ohne Zwischenglühung kalt gewalzt und einer Rückglühung mit verschiedenen Temperaturen zugeführt. Die Rückglühtemperaturen betrugen in den unterschiedlichen Versuchen 200°C, 250°C, 300°C und 350°C. Eine Übersicht über die Parameter der Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

| Variante I                                                                                         | Variante II                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Homogenisierung für 4h bei 550- 610 °C, 2 h auf 400 °C bis 500 °C halten, Zuführung dem Warmwalzen | Homogenisierung für 12h bei 550 °C bis 610 °C, auf Raumtemperatur erkalten lassen, Barren vor dem Warmwalzen auf 400 °C bis 500°C erwärmen |
| Warmwalzen auf 7,5 mm                                                                              |                                                                                                                                            |
| Warmbandglühung bei 300°C bis 350 °C                                                               |                                                                                                                                            |
| Kaltwalzen auf 2,0 mm mit /ohne Zwischenglühung                                                    |                                                                                                                                            |

(fortgesetzt)

| Variante I                                                             | Variante II |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Rückglühung bei einer Temperatur von 200 °C, 250 °C, 300 °C und 350 °C |             |

**[0025]** Die daraus hergestellten Bänder wurden in einem zertifizierten Labor gemäß DIN in Bezug auf die Bruchdehnung  $A_{80mm}$ , auf ihre Streckgrenze  $R_{p0,2}$  und Zugfestigkeit  $R_m$  sowie auf ihre elektrische Leitfähigkeit  $\sigma$  untersucht. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 eingetragen.

Tabelle 3

| Versuch-Nr | Variante | Zwischenglühung | Rückglühung [°C] | $A_{80mm}$ [%] | $R_{p0,2}$ [MPa] | $R_m$ [MPa] | $\sigma$ [S/m] |
|------------|----------|-----------------|------------------|----------------|------------------|-------------|----------------|
| 1          | I        | Warmband        | -                | 44             | 40               | 104         | 32,1           |
| 2          | I        | -               | -                | 5,8            | 174,5            | 192         | 30,88          |
| 3          | I        | -               | 200              | 5,65           | 157              | 168         | 31,23          |
| 4          | I        | -               | 250              | 9,05           | 146              | 151,5       | 31,51          |
| 5          | I        | -               | 300              | 40,4           | 38,5             | 98          | 32,7           |
| 6          | I        | -               | 350              | 38,25          | 39,5             | 99          | 32,6           |
| 7          | I        | Ja              | -                | 5              | 155              | 164,5       | 31,38          |
| 8          | I        | Ja              | 250              | 12,1           | 128              | 139,5       | 31,63          |
| 9          | II       | Warmband        | -                | 42,8           | 38               | 99          | 31,2           |
| 10         | II       | -               | -                | 6,2            | 169              | 185,5       | 31             |
| 11         | II       | -               | 200              | 6,4            | 154              | 167         | 31,5           |
| 12         | II       | -               | 250              | 9,4            | 142              | 149,5       | 31,75          |
| 13         | II       | -               | 300              | 37,85          | 40,5             | 98          | 32             |
| 14         | II       | -               | 350              | 36,8           | 40               | 99          | 31,8           |
| 15         | II       | Ja              | -                | 5,35           | 150,5            | 159,5       | 30,8           |
| 16         | II       | Ja              | 250              | 11,3           | 123,5            | 136         | 31,12          |

**[0026]** Nicht überraschend wurde festgestellt, dass abhängig von der Temperatur der Rückglühung die Werte für die Festigkeit, Bruchdehnung und elektrische Leitfähigkeit stark variieren. Bei einer Rückglühtemperatur von bis zu 250 °C und einer Rückglühdauer von mindestens 1 Stunde betrug die Streckgrenze der gemäß der Variante I und II gefertigten Bleche noch über 140 MPa, während die Bruchdehnung und die elektrische Leitfähigkeit gegenüber dem walzharten Zustand deutlich erhöht werden konnten.

**[0027]** Bei einer Rückglühtemperatur von 300°C und höher sowie einer Rückglühdauer von mehr als 1 Stunde betrug die Streckgrenze der gemäß der Variante I und II gefertigten Bleche ca. 40 MPa. Die Leitfähigkeitswerte konnten durch die Rückglühung signifikant erhöht werden, jedoch bewegen sich diese auch im walzharten Zustand deutlich über denen von konventionellen Aluminiumlegierungen, die im Bereich zwischen 15 und 29 MS/m liegen. Die elektrische Leitfähigkeit von mehr als 30 MS/m liegen nahe an den Werten von hoch reinem Aluminium. Wie nicht anders zu erwarten war, änderte sich zunehmender Rückglühungstemperatur insbesondere auch mit abnehmender Streckgrenze die Bruchdehnung  $A_{80mm}$ , wobei diese auf einen Wert von 37,5 % - 40 % anwuchs. Insgesamt zeigte sich, dass abgesehen von der Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit  $\sigma$  bei Erhöhung der Rückglühtemperaturen unabhängig von den eingestellten mechanischen Eigenschaften sehr hohe elektrische Leitfähigkeiten oberhalb von 30 MS/m zur Verfügung gestellt werden können.

**[0028]** Wie an den Beispielen Nr. 1 und Nr. 9 zu erkennen ist, erreichen auch die Warmbänder bereits sehr hohe Werte für die elektrische Leitfähigkeit. Beispielsweise Kathodenbleche für die Zinkelektrolyse können daher nur durch Warmwalzen und damit sehr kostengünstig aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung hergestellt werden.

**[0029]** Die besonderen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung machen sich insbesondere dann bemerkbar, sofern gute mechanische und sehr gute elektrische Leitfähigkeitseigenschaften gefordert werden.

**[0030]** Dies ist beispielsweise bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Steckverbinder 1 der Fall. Über den Steckverbinder 1 werden zwei stromführende Kabel oder Schienen 2a, 2b miteinander elektrisch leitend verbunden. Die Steckverbinder 1 benötigen dabei eine gute mechanische Festigkeit, um eine ausreichend sichere Verbindung zu den Kabeln respektive Schienen 2a, 2b auszubilden und gleichzeitig einen möglichst geringen elektrischen Widerstand.

**[0031]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel einer vorteilhaften Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zeigt Fig. 2. In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Platine 3 beispielsweise eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Leiterbahnen 4, die Teil einer Schaltungsanordnung sind, bestehen aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung und ergeben somit die notwendige Festigkeit der Platine. Darüber hinaus erleichtert die im Vergleich zu hochreinem Aluminium deutlich verbesserte Festigkeit auch die Herstellung solcher Platinen aufgrund der verbesserten Handhabbarkeit der Leiterbahnen 4, da diese eine höhere Festigkeit aufweisen.

**[0032]** Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Elektrodenblech 5, welches beispielsweise bei der Zinkelektrolyse eingesetzt werden kann und aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung besteht. In Fig. 3 ist zudem ein Kathodenblechhalter 5a schematisch dargestellt, der üblicherweise aber aus einer anderen Aluminiumlegierung besteht. Das Elektrodenblech 5 weist damit die notwendige mechanische Stabilität auf und ermöglicht einen verringerten elektrischen Widerstand bei der Zinkelektrolyse.

**[0033]** Schließlich zeigen die Fig. 4 und 5 ein Kabel 6 bzw. ein Flachbandkabel 7, deren Leiter 6a bzw. 7a aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung bestehen. Auch Kabel 4 bzw. Flachbandkabel 5 müssen mechanische Anforderungen erfüllen, welche durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung ohne weiteres erfüllt werden. Zudem stellt die Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung einen kostengünstigen Ersatz von hochreinem Aluminium in den Kabeln dar.

## Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung für elektrisch leitfähige Produkte, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent aufweist:

0,25 %  $\leq$  Si  $\leq$  0,7 %,  
 0,25 %  $\leq$  Fe  $\leq$  0,7 %,  
 Cu < 0,1 %,  
 0,25 %  $\leq$  Mn  $\leq$  0,7 %,  
 0,25 %  $\leq$  Mg  $\leq$  0,7 %,  
 Cr  $\leq$  0,1 %,  
 Zu  $\leq$  0,1 %,   
 Ti  $\leq$  0,1 %,

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$||[\text{Si}\%] - [\text{Fe}\%]|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||[\text{Si}\%] - [\text{Mn}\%]|| \leq 0,1 \%$  und  
 $||[\text{Si}\%] - [\text{Mg}\%]|| \leq 0,1 \%$ .

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent aufweist:

0,4 %  $\leq$  Si  $\leq$  0,6 %,  
 0,4 %  $\leq$  Fe  $\leq$  0,6 %,  
 Cu < 0,05 %,  
 0,4 %  $\leq$  Mn  $\leq$  0,6 %,  
 0,4 %  $\leq$  Mg  $\leq$  0,6 %,  
 Cr  $\leq$  0,1 %,  
 Zn  $\leq$  0,05 %,   
 Ti  $\leq$  0,05 %,

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:

$$\begin{aligned} &|[\text{Si}\%] - [\text{Fe}\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[\text{Si}\%] - [\text{Mn}\%]| \leq 0,1 \% \text{ und} \\ &|[\text{Si}\%] - [\text{Mg}\%]| \leq 0,1 \%. \end{aligned}$$

- 5     **3.** Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt den Mg-Gehalt übersteigt.
  
- 10    **4.** Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Legierungsanteile der Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg gilt:
 

$$\begin{aligned} &|[\text{Si}\%] - [\text{Fe}\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[\text{Si}\%] - [\text{Mn}\%]| \leq 0,05 \% \text{ und} \\ &|[\text{Si}\%] - [\text{Mg}\%]| \leq 0,05 \%. \end{aligned}$$
  
- 15    **5.** Verwendung einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für elektrisch leitfähige oder stromführende Produkte.
  
- 20    **6.** Verwendung nach Anspruch 5,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aluminiumlegierung für ein elektrisch leitfähiges Teil einer Schaltungsanordnung, eine Leiterbahn, einen elektrisch leitfähigen Steckverbinder, eine elektrische Platine, ein Kabel, ein Flachbandkabel oder ein Elektrodenblech verwendet wird.
  
- 25    **7.** Band oder Blech bestehend aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass**  
       das Band oder Blech nach einer Rückglühung bei 250 °C für 1 bis 4 Stunden eine Streckgrenze Rp0,2 von mehr als 140 MPa und eine elektrische Leitfähigkeit von mehr als 31 MS/m, vorzugsweise mehr als 31,5 MS/m bei Raumtemperatur aufweist.
  
- 30    **8.** Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem ein Walzbarren aus einer entsprechenden Aluminiumlegierung hergestellt wird, der Walzbarren für einen Zeitraum von 2h bis 12h bei 550°C bis 610 °C homogenisiert wird, auf eine Temperatur von 380 °C bis 500 °C abgekühlt und auf dieser Temperatur für mindestens 1h gehalten wird, der Walzbarren anschließend bei einer Temperatur von 280°C bis 500°C warmgewalzt wird und optional einer Warmbandglühung bei einer Temperatur von 280°C bis 380°C für mehr als 1h unterzogen wird und anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt wird.
  
- 35    **9.** Verfahren nach Anspruch 8,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass** alternativ der Walzbarren nach dem Homogenisieren auf Raumtemperatur abgekühlt wird und vor dem Warmwalzen auf eine Temperatur von 380°C bis 520°C erwärmt wird.
  
- 40    **10.** Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,  
       **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Kaltwalzens eine oder mehrere Zwischenglühungen bei einer Temperatur von 300°C bis 450°C für 1h bis 4h durchgeführt werden.
  
- 45    **11.** Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
       das fertig gewalzte Band einer Rückglühung bei einer Temperatur von 200°C bis 350°C für mindestens 1h unterzogen wird.

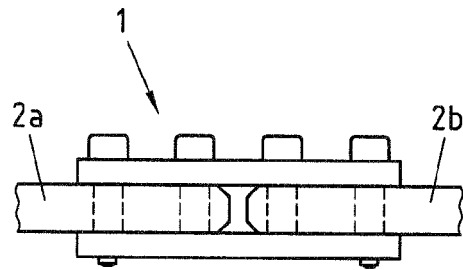


Fig.1

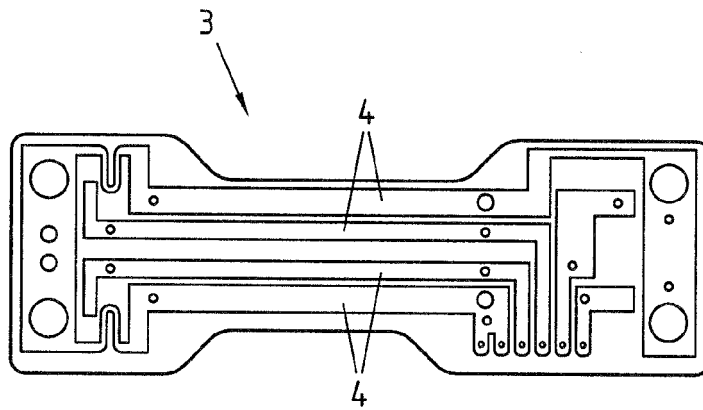


Fig.2

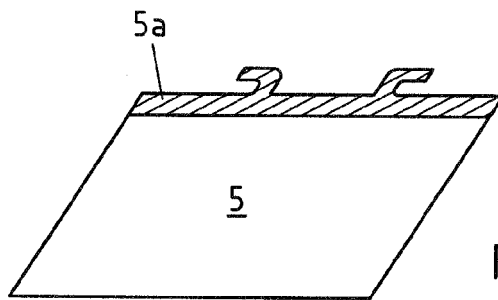


Fig.3

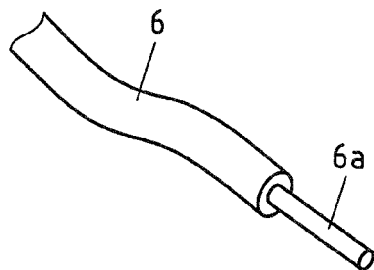


Fig.4

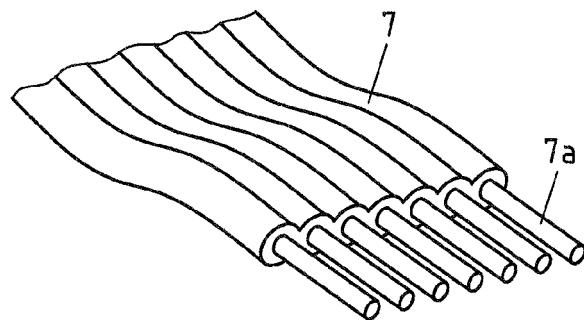


Fig.5



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 11 16 7951

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                 | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2007 308768 A (KOBE STEEL LTD)<br>29. November 2007 (2007-11-29)<br>* Zusammenfassung *<br>* Seite 10; Tabelle 1 *<br>-----      | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | INV.<br>C22C21/00<br>C22C21/08<br>C22F1/04<br>C22F1/05<br>H01B1/02 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 4 128337 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND)<br>28. April 1992 (1992-04-28)<br>* Zusammenfassung *<br>* Seite 5; Tabelle 1 *<br>-----   | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2000 207940 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD)<br>28. Juli 2000 (2000-07-28)<br>* Zusammenfassung *<br>* Seite 6; Tabelle 3 *<br>----- | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | C22C<br>C22F<br>H01B                                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
| Recherchenort<br>München                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br>29. Mai 2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Prüfer<br>Patton, Guy                                              |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                     | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                    |

 1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 16 7951

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

29-05-2012

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| JP 2007308768 A                                    | 29-11-2007                    | JP 4174526 B2                     | 05-11-2008                    |
|                                                    |                               | JP 2007308768 A                   | 29-11-2007                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| JP 4128337 A                                       | 28-04-1992                    | JP 4128337 A                      | 28-04-1992                    |
|                                                    |                               | JP 6037681 B                      | 18-05-1994                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| JP 2000207940 A                                    | 28-07-2000                    | JP 3378819 B2                     | 17-02-2003                    |
|                                                    |                               | JP 2000207940 A                   | 28-07-2000                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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