



(11) **EP 2 570 509 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.02.2014 Patentblatt 2014/08**

(51) Int Cl.:  
**C22F 1/05 (2006.01) B62D 29/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11181519.7**

(22) Anmeldetag: **15.09.2011**

(54) **Herstellverfahren für AlMgSi-Aluminiumband**

Production method for AlMgSi-aluminium strip

Procédé de fabrication pour une bande d'aluminium AlMgSi

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.03.2013 Patentblatt 2013/12**

(73) Patentinhaber: **Hydro Aluminium Rolled Products GmbH**  
**41515 Grevenbroich (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Kehl, Werner**  
**21635 Jork (DE)**  
• **Schröder, Dietmar**  
**41515 Grevenbroich (DE)**  
• **Brinkman, Henk-Jan**  
**53175 Bonn (DE)**

- **Hörster, Natalie**  
**50859 Köln (DE)**
- **Karhausen, Kai-Friedrich**  
**53121 Bonn (DE)**
- **Brünger, Eike**  
**41541 Dormagen-Stürzelberg (DE)**
- **Wirtz, Thomas**  
**22175 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 270 249 WO-A1-96/07768**  
**DE-A1-102008 004 163 US-A1- 2011 017 370**

**EP 2 570 509 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer AlMgSi-Legierung, bei welchem ein Walzbarren aus einer AlMgSi-Legierung gegossen wird, der Walzbarren einer Homogenisierung unterzogen wird, der auf Walztemperatur gebrachte Walzbarren warmgewalzt wird, anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt und das fertig gewalzte Band lösungsgelüht und abgeschreckt wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung vorteilhafte Verwendungen eines entsprechend hergestellten AlMgSi-Aluminiumbandes.

**[0002]** Vor allem im Kraftfahrzeugbau aber auch in anderen Anwendungsgebieten, beispielsweise dem Flugzeugbau oder Schienenfahrzeugbau werden Bleche aus Aluminiumlegierungen benötigt, welche sich nicht nur durch besonders hohe Festigkeitswerte auszeichnen, sondern gleichzeitig ein sehr gutes Umformverhalten aufweisen und hohe Umformgrade ermöglichen. Im Kraftfahrzeugbau sind typische Anwendungsgebiete die Karosserie und Fahrwerkteile. Bei sichtbaren, lackierten Bauteilen, beispielsweise außen sichtbaren Karosserieblechen, kommt hinzu, dass das Umformen der Werkstoffe so erfolgen muss, dass die Oberfläche nach der Lackierung nicht durch Fehler wie Fließfiguren oder Zugrilligkeit (Roping) beeinträchtigt ist. Dies ist beispielsweise für die Verwendung von Aluminiumlegierungsblechen zur Herstellung von Motorhauben und anderen Karosseriebauteilen eines Kraftfahrzeuges besonders wichtig. Es schränkt die Werkstoffwahl hinsichtlich der Aluminiumlegierung allerdings ein. Insbesondere AlMgSi-Legierungen, deren Hauptlegierungsbestandteile Magnesium und Silizium sind, weisen relativ hohe Festigkeiten im Zustand T6 auf bei gleichzeitig gutem Umformverhalten im Zustand T4 sowie hervorragender Korrosionsbeständigkeit. AlMgSi-Legierungen sind die Legierungstypen AA6XXX, beispielsweise der Legierungstyp AA6016, AA6014, AA6181, AA6060 und AA6111. Üblicherweise werden Aluminiumbänder aus einer AlMgSi-Legierung durch Gießen eines Walzbarrens, Homogenisieren des Walzbarrens, Warmwalzen des Walzbarrens und Kaltwalzen des Warmbandes hergestellt. Die Homogenisierung des Walzbarrens erfolgt bei einer Temperatur von 380 bis 580 °C für mehr als eine Stunde. Durch ein abschließendes Lösungsglühen bei typischen Temperaturen von 500 °C bis 570 °C mit nachfolgendem Abschrecken und Kaltauslagern etwa bei Raumtemperatur für mindestens drei Tage können die Bänder im Zustand T4 ausgeliefert werden. Der Zustand T6 wird nach dem Abschrecken durch eine Warmauslagerung bei Temperaturen zwischen 100 °C und 220 °C eingestellt.

**[0003]** Problematisch ist, dass in warmgewalzten Aluminiumbändern aus AlMgSi-Legierungen grobe Mg<sub>2</sub>Si-Ausscheidungen vorliegen, welche im anschließenden Kaltwalzen durch hohe Umformgrade gebrochen und verkleinert werden. Warmbänder einer AlMgSi-Legierung werden in der Regel in Dicken von 3 mm bis 12 mm hergestellt und einem Kaltwalzen mit hohen Umformgraden zugeführt. Da der Temperaturbereich in dem sich die AlMgSi-Phasen bilden, beim konventionellen Warmwalzen sehr langsam durchlaufen wird, bilden sich diese Phasen sehr grob aus. Der Temperaturbereich zur Bildung der obengenannten Phasen ist legierungsabhängig. Er liegt aber zwischen 230°C und 550°C also im Bereich der Warmwalztemperaturen. Es konnte experimentell nachgewiesen werden, dass diese groben Phasen im Warmband die Dehnung des Endprodukts negativ beeinflussen. Das bedeutet, dass das Umformverhalten von Aluminiumbändern aus AlMgSi-Legierungen bisher nicht vollständig ausgeschöpft werden konnte.

**[0004]** Aus der veröffentlichten europäischen Patentanmeldung EP 2 270 249 A1, welche auf die Anmelderin zurückgeht, wurde vorgeschlagen, dass das AlMgSi-Legierungsband unmittelbar nach dem Auslauf aus dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von maximal 130 °C aufweist und mit dieser oder einer geringeren Temperatur aufgewickelt wird. Durch das Abschrecken des Warmbandes mit diesem Verfahren konnten Aluminiumbänder im Zustand T4 hergestellt werden, welche im Zustand T4 eine Bruchdehnung von A80 von mehr als 30 % oder eine Gleichmaßdehnung Ag von mehr als 25 % aufweist. Darüber hinaus ergaben sich auch sehr hohe Werte für die Bruchdehnung im Zustand T6. Es hat sich aber gezeigt, dass dieser Temperaturbereich am Auslauf des letzten Warmwalzstiches zu Problemen bei der Planheit des Warmbandes führt, so dass die nachfolgenden Fertigungsschritte gestört wurden. Darüber hinaus konnte die vorgegebene Abkühlrate nur mit verringerten Produktionsgeschwindigkeiten erreicht werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumbandes aus einer AlMgSi-Legierung zur Verfügung zu stellen, mit welchem AlMgSi-Aluminiumbänder mit sehr gutem Umformverhalten im Zustand T4 prozesssicher hergestellt werden können.

**[0005]** Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die aufgezeigte Aufgabe für ein Verfahren dadurch gelöst, dass das Warmband unmittelbar nach dem Auslauf aus dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von mehr als 130 °C, vorzugsweise 135 °C bis maximal 250 °C, bevorzugt 135 °C bis maximal 230 °C aufweist und das Warmband mit dieser Temperatur aufgewickelt wird.

**[0006]** Im Gegensatz zu dem bekannten Verfahren mit besonders niedrigen Aufwickeltemperaturen zeigte sich überraschenderweise, dass sich die mechanischen Eigenschaften in Bezug auf die das Umformverhalten bestimmende Gleichmaßdehnung Ag trotz der geänderten Aufwickeltemperaturen nicht oder nur unwesentlich veränderte. Die erfindungsgemäß gefertigten AlMgSi-Legierungsblätter im Zustand T4 zeigten weiterhin eine Gleichmaßdehnung von mehr als 25 % im Zugversuch gemäß DIN EN. Darüber hinaus zeigten sie die sehr gute Aushärtbarkeit im Zustand T6, wie dieses aus der Voranmeldung der Anmelderin bekannt ist. Allerdings konnte das Herstellverfahren deutlich stabilisiert und eine höhere Produktionsgeschwindigkeit erreicht werden.

**[0007]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt dieser Abkühlvorgang

innerhalb der letzten beiden Warmwalzstiche, d.h. die Abkühlung auf mehr als 130 °C, vorzugsweise 135 °C bis 250 °C, bevorzugt 135 °C bis 230 °C erfolgt innerhalb von Sekunden, maximal innerhalb von fünf Minuten. Es hat sich gezeigt, dass bei dieser Vorgehensweise die erhöhten Gleichmaßdehnungswerte bei üblichen Festigkeits- bzw. Dehngrenzwerten im Zustand T4 und die verbesserte Aushärtbarkeit im Zustand T6 besonders prozesssicher erreicht werden.

**[0008]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein prozesssicheres Abkühlen des Warmbandes dadurch erreicht, dass das Warmband unter Verwendung von mindestens einem Platinenkühler und der mit Emulsion beaufschlagten Warmwalzstiche selbst auf Aufwickeltemperatur abgeschreckt wird. Ein Platinenkühler besteht aus einer Anordnung von Kühl- bzw. Schmiermitteldüsen, welche eine Walzemulsion auf das Aluminiumband sprühen. Der Platinenkühler kann in einem Warmwalzwerk vorhanden sein, um gewalzte Warmbänder vor dem Warmwalzen auf Walztemperatur zu kühlen und um höhere Produktionsgeschwindigkeiten erreichen zu können..

**[0009]** Beträgt die Temperatur des Warmbandes vor Start des Abkühlprozesses, welcher vorzugsweise innerhalb der letzten beiden Walzstiche stattfindet, mindestens 400 °C, vorzugsweise 470 °C bis 490 °C, wird gemäß einer nächsten Ausgestaltung des Verfahrens erreicht, dass besonders kleine Mg<sub>2</sub>Si-Ausscheidungen im abgeschreckten Warmband vorhanden sind, da der größte Anteil der Legierungsbestandteile Magnesium und Silizium bei diesen Temperaturen in gelöstem Zustand in der Aluminiummatrix vorliegen. Dieser vorteilhafte Zustand des Warmbandes wird durch das Abschrecken quasi "eingefroren".

**[0010]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens beträgt die Temperatur des Warmbandes nach dem vorletzten Walzstich 290 °C bis 310 °C. Es hat sich gezeigt, dass diese Temperaturen sowohl eine ausreichendes Einfrieren der Ausscheidungen ermöglicht und andererseits gleichzeitig der letzte Walzstich ohne Probleme durchgeführt werden kann.

**[0011]** Hat das gewalzte Warmband am Auslauf unmittelbar nach dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von 200°C bis 230 °C kann eine optimale Prozessgeschwindigkeit beim Warmwalzen erreicht werden, ohne die Eigenschaften des hergestellten Aluminiumbandes zu verschlechtern.

**[0012]** Die Dicke des fertigen Warmbandes beträgt 3 mm bis 12 mm, vorzugsweise 5 mm bis 8 mm, so dass übliche Kaltwalzgerüste für das Kaltwalzen verwendet werden können.

**[0013]** Vorzugsweise ist die verwendete Aluminiumlegierung vom Legierungstyp AA6xxx, vorzugsweise AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 oder AA6181. Allen Legierungstypen AA6xxx ist gemein, dass sie ein besonders gutes Umformverhalten gekennzeichnet durch hohe Dehnungswerte im Zustand T4 sowie hohe Festigkeiten bzw. Dehngrenzen im Einsatzzustand T6, beispielsweise nach einem Warmauslagern bei 205 °C / 30 Min. aufweisen.

**[0014]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das fertig gewalzte Aluminiumband einer Wärmebehandlung unterzogen, wobei das Aluminiumband nach dem Lösungsglühen und Abschrecken auf mehr als 100 °C erwärmt wird und anschließend mit einer Temperatur von mehr als 55 °C, vorzugsweise mehr als 85 °C aufgewickelt und ausgelagert. Diese Ausführungsform des Verfahrens ermöglicht es nach der Kaltauslagerung durch eine kürzere Erwärmungsphase mit niedrigeren Temperaturen den Zustand T6 in dem Band oder Blech einzustellen, in welchem die zu Bauteilen umgeformten Bleche oder Bänder in der Anwendung eingesetzt werden. Diese schnell aushärtende Aluminiumbänder werden hierzu lediglich auf Temperaturen von etwa 185 °C für lediglich 20 Min. erwärmt, um die höheren Streckgrenzwerte im Zustand T6 zu erreichen.

**[0015]** Zwar liegen die Bruchdehnungswerte A<sub>80</sub> der mit dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Aluminiumbänder im Zustand T4 leicht unterhalb von 29 %. Das erfindungsgemäß hergestellte Aluminiumband zeichnet sich aber nach der Auslagerung im Zustand T4 weiterhin durch eine sehr gute Gleichmaßdehnung Ag von mehr als 25 % aus. Unter der Gleichmaßdehnung Ag versteht man die maximale Dehnung der Probe, bei welcher sich beim Zugversuch keine Einschnürung der Probe zeigt. Die Probe wird im Bereich der Gleichmaßdehnung also gleichmäßig gedehnt. Der Wert für die Gleichmaßdehnung lag bisher bei ähnlichen Werkstoffen bei maximal 22 % bis 23 %. Die Gleichmaßdehnung beeinflusst maßgeblich das Umformverhalten, da diese den in der Praxis verwendeten maximalen Umformgrad des Werkstoffs bestimmt. Insofern kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Aluminiumband mit sehr guten Umformeigenschaften zur Verfügung gestellt werden, welches auch über eine beschleunigte Warmauslagerung (185°C/ 20 Min.) in den Zustand T6 überführt werden kann.

**[0016]** Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6016 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

$$0,25 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%,$$

$$1,0 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,5 \%,$$

## EP 2 570 509 B1

$$\text{Cu} \leq 0,2 \text{ \%},$$

5

$$\text{Mn} \leq 0,2 \text{ \%},$$

$$\text{Cr} \leq 0,1 \text{ \%},$$

10

$$\text{Zn} \leq 0,1 \text{ \%},$$

$$\text{Ti} \leq 0,1 \text{ \%}$$

15

und Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.

**[0017]** Bei Magnesiumgehalten von weniger als 0,25 Gew.-% ist die Festigkeit des Aluminiumbandes, welches für Strukturanwendungen vorgesehen ist zu gering, andererseits verschlechtert sich die Umformbarkeit bei Magnesiumgehalten oberhalb von 0,6 Gew.-%. Silizium ist im Zusammenspiel mit Magnesium im Wesentlichen für die Aushärtbarkeit der Aluminiumlegierung verantwortlich und somit auch für die hohen Festigkeiten, welche im Anwendungsfall beispielsweise nach einem Lackiereinbrennen erzielt werden können. Bei Si-Gehalten von weniger als 1,0 Gew.-% ist die Aushärtbarkeit des Aluminiumbandes verringert, so dass im Anwendungsfall nur verringerte Festigkeiten bereitgestellt werden können. Si-Gehalte von mehr als 1,5 Gew.-% führen zu keiner Verbesserung des Aushärteverhaltens der Legierung. Der Fe-Anteil sollte auf maximal 0,5 Gew.-% begrenzt werden, um grobe Ausscheidungen zu verhindern. Eine Beschränkung des Kupfergehalts auf maximal 0,2 Gew.-% führt vor allem zu einer verbesserten Korrosionsbeständigkeit der Aluminiumlegierung in der spezifischen Anwendung. Der Mangangehalt von weniger als 0,2 Gew.-% verringert die Tendenz zur Bildung von größeren Mangangausscheidungen. Chrom sorgt zwar für ein feines Gefüge, ist aber auf 0,1 Gew.-% zu beschränken, um ebenfalls grobe Ausscheidungen zu vermeiden. Das Vorhandensein von Mangan verbesserte dagegen die Schweißbarkeit durch Verringerung der Rissneigung beziehungsweise Abschreckempfindlichkeit des erfindungsgemäßen Aluminiumbandes. Eine Reduzierung des Zink-Gehaltes auf maximal 0,1 Gew.-% verbessert insbesondere die Korrosionsbeständigkeit der Aluminiumlegierung bzw. des fertigen Blechs in der jeweiligen Anwendung. Dagegen sorgt Titan für eine Kornfeinung während des Gießens, sollte aber auf maximal 0,1 Gew.-% beschränkt werden, um eine gute Gießbarkeit der Aluminiumlegierung zu gewährleisten.

20

25

30

**[0018]** Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6060 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

$$0,35 \text{ \%} \leq \text{Mg} \leq 0,6 \text{ \%},$$

35

$$0,3 \text{ \%} \leq \text{Si} \leq 0,6 \text{ \%},$$

40

$$0,1 \text{ \%} \leq \text{Fe} \leq 0,3 \text{ \%}$$

45

$$\text{Cu} \leq 0,1 \text{ \%},$$

50

$$\text{Mn} \leq 0,1 \text{ \%},$$

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

55

$$\text{Zn} \leq 0,10 \text{ \%},$$

## EP 2 570 509 B1

$$\text{Ti} \leq 0,1 \%$$

und

5 Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.

**[0019]** Die Kombination aus genau vorgegebenem Magnesiumgehalt mit einem im Vergleich zur ersten Ausführungsform reduzierten Si-Gehalt und eng spezifiziertem Fe-Gehalt ergibt eine Aluminiumlegierung, bei welcher besonders gut die Bildung  $\text{Mg}_2\text{Si}$  Ausscheidungen nach dem Warmwalzen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verhindert werden kann, so dass ein Blech mit einer verbesserten Dehnung und hohen Dehngrenzen im Vergleich zu konventionell hergestellten Blechen bereitgestellt werden kann. Die geringeren Obergrenzen der Legierungsbestandteile Cu, Mn und Cr verstärken den Effekt des erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich. Hinsichtlich der Auswirkungen der Obergrenze von Zn und Ti wird auf die Ausführungen zur ersten Ausführungsform der Aluminiumlegierung verwiesen.

10 **[0020]** Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6014 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

15

$$0,4 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%,$$

20

$$0,3 \% \leq \text{Si} \leq 0,6 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,35 \%$$

25

$$\text{Cu} \leq 0,25 \%,$$

30

$$0,05 \% \leq \text{Mn} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Cr} \leq 0,20 \%,$$

35

$$\text{Zn} \leq 0,10 \%,$$

40

$$0,05 \% \leq \text{V} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,1 \%$$

und

Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.

45 **[0021]** Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6181 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

50

$$0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 1,0 \%,$$

$$0,8 \% \leq \text{Si} \leq 1,2 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,45 \%$$

55

$$\text{Cu} \leq 0,10 \%,$$

## EP 2 570 509 B1

$$\text{Mn} \leq 0,15 \text{ \%,}$$

5

$$\text{Cr} \leq 0,10 \text{ \%,}$$

$$\text{Zn} \leq 0,20 \text{ \%,}$$

10

$$\text{Ti} \leq 0,1 \text{ \%}$$

und

Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.

15

**[0022]** Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6111 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

$$0,5 \text{ \%} \leq \text{Mg} \leq 1,0 \text{ \%,}$$

20

$$0,7 \text{ \%} \leq \text{Si} \leq 1,1 \text{ \%,}$$

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

25

$$0,50 \text{ \%} \leq \text{Cu} \leq 0,90 \text{ \%,}$$

30

$$0,15 \text{ \%} \leq \text{Mn} \leq 0,45 \text{ \%,}$$

$$\text{Cr} \leq 0,10 \text{ \%,}$$

35

$$\text{Zn} \leq 0,15 \text{ \%,}$$

40

$$\text{Ti} \leq 0,1 \text{ \%}$$

und

Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %. Die Legierung AA6111 zeigt grundsätzlich aufgrund des erhöhten Kupfergehaltes höhere Festigkeitswerte im Einsatzzustand T6, ist aber als korrosionsanfälliger anzustufen.

45

**[0023]** Alle aufgezeigten Aluminiumlegierungen sind spezifisch in ihren Legierungsbestandteilen auf unterschiedliche Anwendungen angepasst. Wie bereits ausgeführt, zeigen Bänder aus diese Aluminiumlegierungen, welche unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt wurden, besonders hohe Gleichmaßdehnungswerte im Zustand T4 gepaart mit einer besonders ausgeprägten Steigerung der Dehngrenze beispielsweise nach einem Warmauslagern bei 205 °C / 30 Min.. Dies gilt auch für die nach dem Lösungsglühen einer Wärmebehandlung unterzogenen Aluminiumbändern im Zustand T4.

50

**[0024]** Aufgrund der hervorragenden Kombination zwischen guter Umformbarkeit im Zustand T4, hoher Korrosionsbeständigkeit sowie hohen Werten für die Dehngrenze Rp0,2 im Einsatzzustand (Zustand T6) wird die oben aufgeführte Aufgabe gemäß einer zweiten Lehre der vorliegenden Erfindung durch die Verwendung eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten AlMgSi-Legierungsband für ein Bauteil, Fahrwerks- oder Strukturteil und -blech im Kraftfahrzeug-, Flugzeug- oder Schienenfahrzeugbau, insbesondere als Komponente, Fahrwerksteil, Außen- oder Innenblech im Kraftfahrzeugbau, vorzugsweise als Karosseriebauelement, gelöst. Vor allem sichtbare Karosserieteile, beispiels-

55

## EP 2 570 509 B1

weise Motorhauben, Kotflügel etc. sowie Außenhautteile eines Schienenfahrzeugs oder Flugzeugs profitieren von den hohen Dehngrenzen  $R_{p0,2}$  bei guten Oberflächeneigenschaften auch nach einem Umformen mit hohen Umformgraden.

**[0025]** Ein schnell aushärtendes AlMgSi-Legierungsband mit hervorragenden Umformigenschaften kann daher durch ein erfindungsgemäß hergestelltes Aluminiumlegierungsband, welches nach dessen Herstellung einem Lösungsglühen mit anschließender Wärmebehandlung unterzogen wird bereitgestellt werden. Im Zustand T4 weist es, wie bereits ausgeführt, eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mehr als 25 % beispielsweise bei einer Dehngrenze  $R_{p0,2}$  von 80 bis 140 MPa auf. Mit dieser Variante kann ein schnellaushärtbares und zugleich sehr gut umformbares AlMgSi-Legierungsband zur Verfügung gestellt werden. Die Warmauslagerung zur Erzielung des Zustandes T6 kann 185 °C für 20 Min. erfolgen, um die erforderlichen

**[0026]** Dehngrenzsteigerungen zu erzielen.

**[0027]** Ein erfindungsgemäß hergestelltes Aluminiumlegierungsband weist gemäß einer nächsten Ausgestaltung eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mehr als 25 % in Walzrichtung, quer zur Walzrichtung und diagonal zur Walzrichtung auf, so dass ein besonders isotropes Umformvermögen ermöglicht werden.

**[0028]** Vorzugsweise weisen die erfindungsgemäß hergestellten Aluminiumbänder eine Dicke von 0,5 mm bis 12 mm auf. Aluminiumbänder mit Dicken von 0,5 mm bis 2 mm werden bevorzugt für Karosserieteile beispielsweise im Kraftfahrzeugbau verwendet, während Aluminiumbänder mit größeren Dicken von 2 bis 4,5 mm beispielsweise in Fahrwerksteilen im Kraftfahrzeugbau Anwendungen finden. Einzelne Komponenten können im Kaltband auch mit einer Dicke von bis 6 mm gefertigt werden. Daneben können in spezifischen Anwendungen auch Aluminiumbänder mit Dicken von bis zu 12 mm verwendet werden. Diese Aluminiumbänder mit sehr großer Dicke werden üblicherweise nur durch Warmwalzen bereitgestellt.

**[0029]** Die Erfindung soll nun anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert werden.

**[0030]** Die Zeichnung zeigt in der einzigen Figur 1 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Bandes aus einer MgSi-Aluminiumlegierung mit den Schritten a) Herstellen und Homogenisieren des Walzbarrens, b) Warmwalzen, c) Kaltwalzen und d) Lösungsglühen mit Abschrecken.

**[0031]** Zunächst wird ein Walzbarren 1 aus einer Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gewichtsprozent gegossen:

$$0,25 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%,$$

$$1,0 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Mn} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Cr} \leq 0,10 \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,15 \%$$

und

Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.

**[0032]** Der so hergestellte Walzbarren wird bei einer Homogenisierungstemperatur von etwa 550 °C für 8 h in einem Ofen 2 homogenisiert, so dass die zulegierten Legierungsbestandteile besonders homogen verteilt im Walzbarren vor-

liegen, Fig 1a).

**[0033]** In Fig 1b) ist dargestellt, wie der Walzbarren 1 in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens durch ein Warmwalzgerüst 3 reversierend warmgewalzt wird, wobei der Walzbarren 1 eine Temperatur von 400 bis 550 °C während des Warmwalzens aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel hat nach Verlassen des Warmwalzgerüsts 3 und vor dem vorletzten Warmwalzstich das Warmband 4 vorzugsweise eine Temperatur von mindestens 400 °C, vorzugsweise 470 °C bis 490 °C. Vorzugsweise erfolgt bei dieser Warmbandtemperatur die Abschreckung des Warmbandes 4 unter Verwendung eines Platinenkühlers 5 und der Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3. Vorzugsweise wird das Warmband hier auf eine Temperatur von 290 °C bis 310 °C vor dem letzten Warmwalzstich abgekühlt. Hierzu besprüht der Platinenkühler 5, nur schematisch dargestellt, das Warmband 4 mit kühlender Walzemulsion und sorgt für eine beschleunigte Abkühlung des Warmbandes 4 auf die zuletzt genannten Temperaturen. Die Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3 sind ebenfalls mit Emulsion beaufschlagt und kühlen das Warmband 4 beim letzten Warmwalzstich weiter herunter. Nach dem letzten Walzstich hat das Warmband 4 am Ausgang des Platinenkühlers 5' im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Temperatur von 200 °C bis 230 °C und wird anschließend über die Aufwickelhaspel 6 mit dieser Temperatur aufgewickelt.

**[0034]** Dadurch, dass das Warmband 4 unmittelbar am Auslauf des letzten Warmwalzstichs eine Temperatur von mehr als 135 °C bis 250 °C, bevorzugt 200 °C bis 230 °C aufweist bzw. optional in den letzten beiden Warmwalzstichen unter Verwendung des Platinenkühlers 5 und der Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3 auf die genannten Temperaturen gebracht wird, weist das Warmband 4 trotz der erhöhten Aufwickeltemperatur einen eingefrorenen Kristallgefügezustand auf, welcher zu sehr guten Gleichmaßdehnungseigenschaften Ag von mehr als 25 % im Zustand T4 führt. Es kann aufgrund der höheren Aufwickeltemperatur dennoch schneller und besser verarbeitet werden. Das Warmband mit einer Dicke von 3 bis 12 mm, vorzugsweise 5 bis 8 mm wird über die Aufwickelhaspel 6 aufgewickelt. Wie bereits ausgeführt, beträgt die Aufwickeltemperatur im vorliegenden Ausführungsbeispiel bevorzugt 135 °C bis 250 °C.

**[0035]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können sich in dem aufgewickelten Warmband 4 jetzt keine oder nur wenige grobe Mg<sub>2</sub>Si-Ausscheidungen bilden. Das Warmband 4 hat einen für die Weiterverarbeitung sehr günstigen Kristallzustand und kann von der Abwickelhaspel 7 abgewickelt beispielsweise einem Kaltwalzgerüst 9 zugeführt und wieder auf einer Aufwickelhaspel 8 aufgewickelt werden, Fig. 1c).

**[0036]** Das resultierende, kaltgewalzte Band 11 wird aufgewickelt. Anschließend wird es einem Lösungsglühen bei Temperaturen von 520 °C bis 570 °C und einem Abschrecken 10 zugeführt, Fig. 1d). Hierzu wird es erneut vom Coil 12 abgewickelt, in einem Ofen 10 lösungsgeglüht und abgeschreckt wieder zu einem Coil 13 aufgewickelt. Das Aluminiumband kann dann nach einer Kaltauslagerung bei Raumtemperatur im Zustand T4 mit maximaler Umformbarkeit ausgeliefert werden. Alternativ (nicht dargestellt) kann das Aluminiumband 11 in einzelne Bleche vereinzelt werden, welche nach einem Kaltauslagern im Zustand T4 vorliegen.

**[0037]** Bei größeren Aluminiumbanddicken, beispielsweise bei Fahrwerksanwendungen oder Komponenten wie beispielsweise Bremsankerplatten können auch alternativ Stückglühungen durchgeführt werden und die Bleche anschließend abgeschreckt werden.

**[0038]** Im Zustand T6 wird das Aluminiumband oder das Aluminiumblech durch eine Warmauslagerung bei 100 °C bis 220 °C gebracht, um maximale Werte für die Dehngrenze zu erzielen. Beispielsweise kann eine Warmauslagerung auch bei 205 °C / 30 Min. durchgeführt werden.

**[0039]** Die gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel hergestellten Aluminiumbänder weisen nach dem Kaltwalzen beispielsweise eine Dicke von 0,5 bis 4,5 mm auf. Banddicken von 0,5 bis 2 mm werden üblicherweise für Karosserieanwendungen bzw. Banddicken von 2,0 mm bis 4,5 mm für Fahrwerksteile im Kraftfahrzeugbau verwendet. In beiden Anwendungsbereichen sind die verbesserten Gleichmaßdehnungswerte bei der Herstellung der Bauteile von entscheidendem Vorteil, da zumeist starke Umformungen der Bleche durchgeführt werden und trotzdem hohe Festigkeiten im Einsatzzustand (T6) des Endprodukt benötigt werden.

**[0040]** In Tabelle 1 sind die Legierungszusammensetzungen von Aluminiumlegierungen angegeben, aus welchen konventionell oder erfindungsgemäß Aluminiumbänder hergestellt wurden. Neben den gezeigten Gehalten an Legierungsbestandteilen enthalten die Aluminiumbänder als Restanteil Aluminium und Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-% und in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

Tabelle 1

Bänder	Si Ges.-%	Fe Gew.-%	Cu Gew.-%	Mn Gew.-%	Mg Gew.-%	Cr Gew.-%	Zn Ges.-%	Ti Gew.-%
251	1,3	0,19	-	0,06	0,3	-	0,01	0,02
252	1,3	0,19	-	0,06	0,3	-	0,01	0,02
491-1	1,39	0,18	0,002	0,062	0,30	0,0006	0,01	0,0158

## EP 2 570 509 B1

(fortgesetzt)

Bänder	Si Ges.-%	Fe Gew.-%	Cu Gew.-%	Mn Gew.-%	Mg Gew.-%	Cr Gew.-%	Zn Ges.-%	Ti Gew.-%
491-11	1,40	0,18	0,002	0,063	0,31	0,0006	0,0104	0,0147

**[0041]** Die Bänder (Proben) 251 und 252 wurden mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt, bei welchem das Warmband innerhalb der letzten beiden Warmwalzstiche von etwa 470 °C bis 490 °C auf 135 °C bis 250 °C unter Verwendung eines Platinenkühlers sowie der Warmwalzen selbst abgekühlt und aufgewickelt wurde. In Tabelle 2 sind die Messwerte dieser Bänder mit "Inv." gekennzeichnet. Anschließend erfolgte ein Kaltwalzen auf eine Enddicke von 0,865 mm.

**[0042]** Die Bänder (Proben) 491-1 und 491-11 wurden mit einem konventionellen Warmwalzen und Kaltwalzen hergestellt und mit einem "Konv." gekennzeichnet.

**[0043]** Die in Tabelle 2 dargestellten Resultate der mechanischen Eigenschaften zeigen deutlich den Unterschied in den erzielbaren Gleichmaßdehnungswerten Ag.

Tabelle2

Bänder		Dicke (mm)	T4				T6 205 °C / 30 Min.			
			Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	A80 (%)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	ΔRp0,2 (MPa)
251 L	Inv.	0,865	93	207	26,3	30,4				
251 Q	Inv.	0,865	86	203	26,4	29,0	193	249	12,4	107
251 D	Inv.	0,865	87	203	27,0	30,0				
252 L	Inv.	0,865	93	206	26,1	31,5				
252 Q	Inv.	0,865	88	205	26,6	29,0	185	244	12,2	97
252 D	Inv.	0,865	87	202	27,3	31,1				
491-1	Konv.	1,09	92	202	23,1	27,8	180	235	10,7	88
491-11	Konv.	1,04	88	196	23,0	27,4	179	232	11,2	91

**[0044]** Zur Erzielung des T4-Zustands wurden die Bänder einem Lösungsglühen mit nachfolgender Abschreckung und einer anschließender Kaltauslagerung für acht Tage bei Raumtemperatur unterworfen. Der T6-Zustand wurde durch eine an die Kaltauslagerung anschließende Warmauslagerung bei 205 °C für 30 Minuten erreicht.

**[0045]** Die mit L bezeichneten Proben wurden in Walzrichtung, die mit Q bezeichneten Proben quer zur Walzrichtung und die mit D bezeichneten Proben diagonal zur Walzrichtung ausgeschnitten. Die Proben 491-1 und 491-11 wurden jeweils quer zur Walzrichtung vermessen.

**[0046]** Es zeigte sich, dass das vorteilhafte Gefüge, welches über das erfindungsgemäße Verfahren in den Bänder 251 und 252 eingestellt wurde, bei identischer Dehngrenze Rp0,2 und Festigkeit Rm eine deutliche Steigerung der Gleichmaßdehnung Ag ermöglicht. Die Gleichmaßdehnung Ag erhöhte sich von 23,0 % auf maximal 26,6 % quer zur Walzrichtung bei den erfindungsgemäß hergestellten Bändern im Vergleich zu den konventionell hergestellten Bändern.

**[0047]** Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eingestellte Gefüge führt zu der besonders vorteilhaften Kombination aus hoher Gleichmaßdehnung Ag von mehr als 25 % bei sehr hohen Werten für die Dehngrenze Rp0,2 von 80 bis 140 MPa. Im Zustand T6 steigt die Dehngrenze Rp0,2 bis auf mindestens 185 MPa an, wobei die Gleichmaßdehnung Ag weiterhin bei mehr als 12 % verbleibt. Die Aushärtbarkeit mit einem ΔRp0,2 von 97 bzw. 107 MPa ist bei den erfindungsgemäß gefertigten Bändern weiterhin sehr gut.

**[0048]** Im Zustand T6 konnte die Steigerung der Gleichmaßdehnung Ag im Vergleich zu konventionell hergestellten Bändern nahezu konserviert werden.

**[0049]** Die Bruchdehnungswerte Ag und A80, die Dehngrenzwerte Rp0,2 und die Zugfestigkeitswerte Rm in den Tabellen wurden nach DIN EN gemessen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bands aus einer AlMgSi-Legierung, bei welchem ein Walzbarren aus einer AlMgSi-Legierung gegossen wird, der Walzbarren einer Homogenisierung unterzogen wird, der auf Warmwalztemperatur gebrachte Walzbarren warmgewalzt, anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt und das fertig gewalzte Band lösungsgelüht und abgeschreckt wird,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Warmband unmittelbar nach dem Auslauf aus dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von mehr als 130 °C bis 250 °C, vorzugsweise bis 230 °C aufweist und das Warmband mit dieser Temperatur aufgewickelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Warmband unter Verwendung von mindestens einem Platinenkühler und der emulsionsbeaufschlagten Warmwalzstiche selbst auf die Auslauftemperatur abgeschreckt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Warmbandes vor dem Start des Abkühlprozesses während des Warmwalzens mehr als 400 °C beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Warmbandes nach dem vorletzten Walzstich mehr als 250 °C beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Warmbandes nach dem letzten Walzstich vor dem Aufhaspeln 200 °C bis 230 °C beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des fertigen Warmbandes 3 mm bis 12 mm, vorzugsweise 5 mm bis 8 mm beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Aluminiumlegierung vom Legierungstyp AA6xxx, vorzugsweise AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 oder AA6181 ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das fertig gewalzte Aluminiumband einer Wärmebehandlung unterzogen, bei welcher das Aluminiumband nach dem Lösungsglühen und Abschrecken auf mehr als 100 °C erwärmt wird und anschließend mit einer Temperatur von mehr als 55 °C, vorzugsweise mehr als 85 °C aufgewickelt und ausgelagert wird.
9. Verwendung eines Aluminiumbands hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für ein Bauteil, Fahrwerks- oder Strukturteil bzw. Blech im Kraftfahrzeug-, Flugzeug- oder Schienenfahrzeugbau, insbesondere als Komponente, Fahrwerksteil, Außen- oder Innenblech im Kraftfahrzeugbau, vorzugsweise als Karosseriebauelement.

## Claims

1. A method for manufacturing a strip from an AlMgSi alloy, in which a rolling ingot is cast from an AlMgSi alloy, the rolling ingot undergoes homogenization, the rolling ingot which has been brought to rolling temperature is hot rolled then optionally cold rolled to final thickness, and the finished rolled strip is solution annealed and quenched, **characterized in that** immediately after being discharged from the last hot rolling pass, the hot strip is at a temperature of more than 130°C to 250°C, preferably to 230°C, and the hot strip is coiled at this temperature.
2. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the hot strip is quenched to the outlet temperature using at least one plate cooler and the hot rolling pass itself, loaded with emulsion.
3. The method as claimed in claim 1 or claim 2, **characterized in that** prior to the start of the cooling process, the temperature of the hot strip is more than 400°C.

## EP 2 570 509 B1

4. The method as claimed in one of claims 1 to 3, **characterized in that** the temperature of the hot strip after the penultimate rolling pass is more than 250°C.
5. The method as claimed in one of claims 1 to 4, **characterized in that** the temperature of the hot strip after the last rolling pass prior to coiling is 200°C to 230°C.
6. The method as claimed in one of claims 1 to 5, **characterized in that** the thickness of the prepared hot strip is 3 mm to 12 mm, preferably 5 mm to 8 mm.
7. The method as claimed in one of claims 1 to 6, **characterized in that** the aluminium alloy is of alloy type AA6xxx, preferably AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 or AA6181.
8. The method as claimed in one of claims 1 to 7, **characterized in that** the finished, rolled aluminium strip undergoes a heat treatment, in which the aluminium strip is heated to more than 100°C after solution annealing and quenching and then coiled and aged at a temperature of more than 55 °C, preferably more than 85°C.
9. Use of an aluminium strip manufactured by a method as claimed in one of claims 1 to 8 for a component, chassis or structural part or panel in automotive, aircraft or railway vehicle engineering, in particular as component, chassis part, external or internal panel in automotive engineering, preferably as a bodywork component.

### Revendications

1. Procédé de fabrication d'une bande en alliage d'AlMgSi, dans lequel une barre laminée est coulée dans un alliage d'AlMgSi, la barre laminée subit une homogénéisation, la barre laminée amenée à température de laminage à chaud est laminée à chaud puis laminée à froid à son épaisseur définitive en option et la bande laminée finie est recuite dans une solution et trempée, **caractérisé en ce que** la bande chaude présente, juste après sa sortie de la dernière passe de laminage à chaud, une température de plus de 130 °C à 250 °C, de préférence allant jusqu'à 230 °C, et que la bande chaude est enroulée à cette température.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bande chaude est trempée à la température de sortie en utilisant au moins un refroidisseur à platine et la passe de laminage à chaud recevant l'émulsion elle-même.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température de la bande chaude s'élève à plus de 400 °C pendant le laminage à chaud avant le début du processus de refroidissement.
4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la température de la bande chaude s'élève à plus de 250 °C après l'avant-dernière passe de laminage.
5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la température de la bande chaude est de 200 °C à 230 °C après la dernière passe de laminage avant l'enroulement.
6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la bande chaude finie est de 3 mm à 12 mm, de préférence 5 mm, à 8 mm.
7. Procédé selon une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'alliage d'aluminium est du type AA6xxx, de préférence Axa6014, AA6016, AA6060, AA6111 ou AA6181.
8. Procédé selon une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la bande en aluminium laminée finie subit un traitement thermique dans lequel la bande en aluminium est chauffée à plus de 100 °C après recuit dans la solution et trempage puis enroulée et évacuée à une température de plus de 55 °C, de préférence plus de 85 °C.

## EP 2 570 509 B1

9. Utilisation d'une bande en aluminium fabriquée par un procédé selon une des revendications 1 à 8 pour une pièce de construction, pièce de train de roulement ou de structure ou tôle dans la construction de véhicules automobiles, avions ou véhicules ferroviaires, en particulier comme composant, pièce de train de roulement, tôle extérieure ou intérieure dans la construction de véhicules automobiles, de préférence sous forme d'élément de construction de carrosserie.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

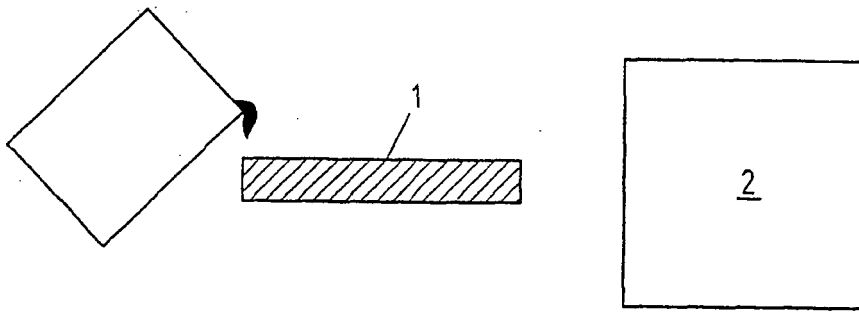


Fig. 1a

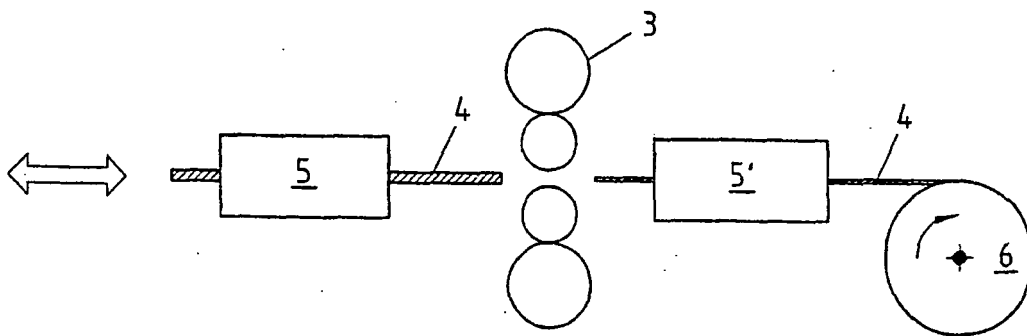


Fig. 1b

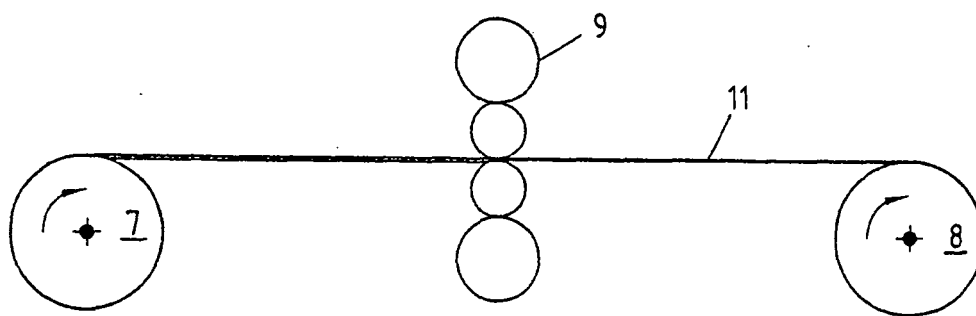


Fig. 1c

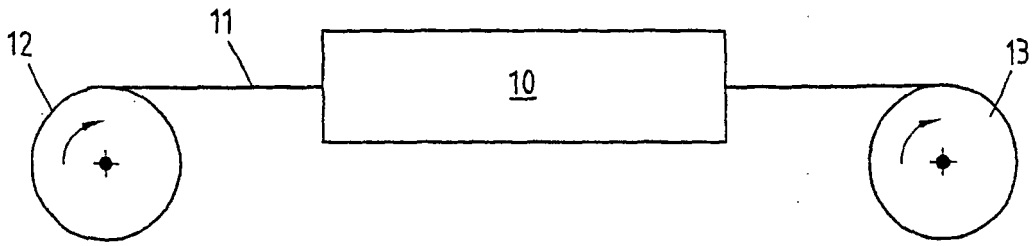


Fig. 1d

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2270249 A1 [0004]