



(11) **EP 2 270 249 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.05.2013 Patentblatt 2013/22

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

(21) Anmeldenummer: **09164221.5**

(22) Anmeldetag: **30.06.2009**

(54) **AlMgSi-Band für Anwendungen mit hohen Umformungsanforderungen**

AlMgSi-sheet for applications with high shaping requirements

Bande AlMgSi pour applications ayant des exigences de déformation élevées

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.2011 Patentblatt 2011/01

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

(72) Erfinder:
• **Brinkman, Henk-Jan**
53175 Bonn (DE)
• **Wirtz, Thomas, Dr.**
22175 Hamburg (DE)
• **Schröder, Dietmar**
41515 Grevenbroich (DE)
• **Brünger, Eike**
41541 Dormagen-Stürzelberg (DE)

• **Karhausen, Kai-Friedrich**
53121 Bonn (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 533 394 WO-A1-96/07768
US-A- 4 808 247

- "DIN EN ISO 6892-1: 2009-12, Anhang NA", 2009
- 'DIN 50145: Zugversuch, S.128-143',
- 'Aluminiumtaschenbuch, 1 Grundlagen und Werkstoffe, 16. Auflage, S.136,137,682-685',

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

EP 2 270 249 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 und anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Aluminiumband aus einer AlMgSi-Legierung sowie dessen vorteilhafte Verwendung.

[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 auf bei gleichzeitig gutem Umformverhalten 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 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] US-4808247A offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Aluminiumband aus einer AlSiMg-Legierung, wobei die Warmwalzendtemperatur nicht mehr als 350°C beträgt. Im Beispiel weist ein kaltgewalztes Blech im Zustand T4 eine Streckgrenze von 109 MPa und eine Bruchdehnung von 32% auf.

[0004] EP-1533394 A offenbart ein warm- und kaltgewalztes Aluminiumband aus AA6016, welches im Zustand T4 eine Streckgrenze von 115 MPa und einer Bruchdehnung A_{80} von 25.4% aufweist.

[0005] Problematisch ist, dass in warmgewalzten Aluminiumbändern aus AlMgSi-Legierungen grobe Mg_2Si -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 aber liegt zwischen 550°C und 230°C. 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.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumbandes aus einer AlMgSi-Legierung sowie ein Aluminiumband zur Verfügung zu stellen, welches im Zustand T4 eine höhere Dehnung aufweist und insofern höhere Umformgrade bei der Herstellung von beispielsweise Strukturbauteilen ermöglicht. Darüber hinaus liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, vorteilhafte Verwendungen eines aus dem erfindungsgemäßen Aluminiumband hergestellten Blechs vorzuschlagen.

[0007] Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe für ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer AlMgSi-Legierung dadurch gelöst, dass das Warmband unmittelbar nach dem Auslauf aus dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von maximal 130 °C, vorzugsweise eine Temperatur von maximal 100 °C aufweist und das Warmband mit dieser oder einer geringeren Temperatur aufgewickelt wird.

[0008] Es hat sich gezeigt, dass die Größe der Mg_2Si -Ausscheidungen in einem Warmband einer AlMgSi-Legierung durch ein Abschrecken, d.h. durch eine beschleunigte Abkühlung, deutlich verringert werden kann. Durch das schnelle Abkühlen von einer Warmbandtemperatur zwischen 230 °C und 550 °C auf maximal 130 °C, vorzugsweise maximal 100 °C am Auslauf des letzten Warmwalzstichs wird der Gefügestand des Warmbandes eingefroren, so dass sich grobe Ausscheidungen nicht mehr bilden können. Das resultierende Aluminiumband weist nach einem Lösungsglühen und Abschrecken an Enddicke eine deutlich verbesserte Dehnung bei üblichen Festigkeiten im Zustand T4 auf und eine gleiche oder sogar verbesserte Aushärtbarkeit zum Zustand T6. Diese Eigenschaftskombination ist bei Bändern aus AlMgSi-Legierungen bisher nicht erreicht worden.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt dieser Abkühlvorgang innerhalb der letzten beiden Warmwalzstiche, d.h. die Abkühlung auf 130 °C und weniger erfolgt innerhalb von Sekunden,

maximal innerhalb von fünf Minuten. Es hat sich gezeigt, dass bei dieser Vorgehensweise die erhöhten Dehnungswerte bei üblichen Festigkeits- bzw. Dehngrenzwerten im Zustand T4 und die verbesserte Aushärtbarkeit im Zustand T6 besonders prozesssicher erreicht werden.

[0010] Gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine besonders wirtschaftliche Realisierung des Verfahrens dadurch erzielt, 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 ist häufig in einem Warmwalzwerk vorhanden, um gewalzte Warmbänder vor dem Warmwalzen auf Walztemperatur zu kühlen und die Aufwickeltemperatur einzustellen. Das erfindungsgemäße Verfahren kann somit auf konventionellen Anlagen ohne spezielle Zusatzeinrichtungen zum Einsatz gebracht werden. Per Definition liegt die Warmwalztemperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur eines Metalls, also bei Aluminium oberhalb ca. 230 °C. Entsprechend der Lehre der vorliegenden Erfindung liegt die Aufwickeltemperatur mit 130 °C aber deutlich unterhalb dieser prozessüblichen Bedingungen.

[0011] Beträgt die Warmwalztemperatur des Warmbandes vor dem vorletzten Warmwalzstich mindestens 230 °C, vorzugsweise über 400 °C, wird gemäß einer nächsten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erreicht, dass besonders kleine Mg₂Si-Ausscheidungen im abgeschreckten Warmband vorhanden sind, da der größte Anteil der Legierungsbestandteile Magnesium und Silizium bei diesen Temperaturen im gelösten Zustand in der Aluminiummatrix vorliegen. Dieser vorteilhafte Zustand des Warmbandes wird durch das Abschrecken quasi "eingefroren".

[0012] Die Dicke des fertigen Warmbandes beträgt 3 mm bis 12 mm, vorzugsweise 3,5 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 sehr hohe Festigkeiten bzw. Dehngrenzen im Einsatzzustand T6, beispielsweise nach einem Warmauslagern bei 205 °C / 30 Min. aufweisen.

[0014] Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6016 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[0015] 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 wer-

den können. Si-Gehalte von mehr als 1,5 Gew.-% führen aber zu Gießproblemen im Hinblick auf die Herstellung des Walzbarrens. 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.

[0016] Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6060 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

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

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

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

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

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

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

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

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

und

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

[0017] 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 Mg_2Si 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.

[0018] Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6014 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

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

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

EP 2 270 249 B1

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

5 $\text{Cu} \leq 0,25 \%,$

10 $0,05 \% \leq \text{Mn} \leq 0,20 \%,$

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

15 $\text{Zn} \leq 0,10 \%,$

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

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

und

25 Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.
[0019] Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6181 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

30 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 1,0 \%,$

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

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

40 $\text{Cu} \leq 0,10 \%,$

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

45 $\text{Cr} \leq 0,10 \%,$

50 $\text{Zn} \leq 0,20 \%,$

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

und

55 Rest Al sowie unvermeidbare Verunreinigungen maximal in Summe 0,15 %, einzeln maximal 0,05 %.
[0020] Eine Aluminiumlegierung vom Typ AA6111 weist folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent auf:

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

[0021] Alle aufgezeigten Aluminiumlegierungen sind spezifisch in ihren Legierungsbestandteilen auf unterschiedliche Anwendungen angepasst. Wie bereits ausgeführt, zeigen sie besonders hohe Dehnungswerte im Zustand T4 gepaart mit einer besonders ausgeprägten Steigerung der Dehngrenze beispielsweise nach einem Warmauslagern bei 205 °C / 30 Min..

[0022] Gemäß einer zweiten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe durch ein Aluminiumband bestehend aus einer AlMgSi-Legierung, dadurch erreicht, dass das Aluminiumband im Zustand T4 eine Bruchdehnung A_{80} von mindestens 30 % bei einer Dehngrenze $R_{p0,2}$ von 80 bis 140 MPa aufweist. Der Auslieferungszustand T4 wird üblicherweise durch ein Lösungsglühen mit Abschrecken und einer anschließenden Lagerung bei Raumtemperatur für mindestens drei Tage erreicht, da dann die Eigenschaften der lösungsgeglühten Bleche oder Bänder stabil sind. Die Kombination aus Bruchdehnung A_{80} und Dehngrenze $R_{p0,2}$ des erfindungsgemäßen Aluminiumbandes ist mit bisher bekannten AlMgSi-Legierungen nicht erreicht worden. Das erfindungsgemäße Aluminiumband ermöglicht daher maximale Umformgrade aufgrund der hohen Dehnungswerte mit maximalen Werten für die Dehngrenze $R_{p0,2}$ im fertigen Blech bzw. Bauteil.

[0023] Vorzugsweise weist das erfindungsgemäße Aluminiumband im Zustand T6, also im Einsatzzustand bzw. Anwendungszustand, eine Dehngrenze $R_{p0,2}$ von mehr als 185 MPa bei einer Dehnung A_{80} von mindestens 15 % auf. Diese Werte wurden bei erfindungsgemäß hergestellten Aluminiumbändern im Zustand T6 gemessen, welche eine Warmauslagerung bei 205 °C/30 Min. nach einem Lösungsglühen und Abschrecken (Zustand T4) durchlaufen haben. Aufgrund der hohen Dehngrenzen im Zustand T6 bei sehr guten Dehnungswerten im Zustand T4 ist das erfindungsgemäße Aluminiumband beispielsweise für die Verwendung im Kraftfahrzeugbau besonders gut geeignet.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das lösungsgeglühte und abgeschreckte Aluminiumband nach einer Warmauslagerung bei 205 °C / 30 Min. im Zustand T6 eine Dehngrenzdifferenz $\Delta R_{p0,2}$ zwischen Zustand T6 und T4 von mindestens 80 MPa auf. Die Steigerung der Dehngrenze vom Zustand T4 in den Zustand T6 ist bei dem erfindungsgemäßen Aluminiumband besonders hoch. Das erfindungsgemäße Aluminiumband kann deshalb im Zustand T4 sehr gut umgeformt und anschließend durch ein Warmauslagern in einen hochfesten Einsatzzustand (Zustand T6) versetzt werden kann. Bei den notwendigen, komplexen Formgebungen und den geforderten hohen Festigkeitswerten bzw. Dehngrenzen, beispielsweise im Kraftfahrzeugbau, ist eine gute Aushärtbarkeit für die Herstellung komplexer Bauteile von besonderem Vorteil.

[0025] Vorzugsweise weisen die Aluminiumbänder eine Dicke von 0,5 mm bis 12 mm auf. Aluminiumbänder mit Dicken

von 0,5 mm bis 2 mm werden vorzugsweise 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.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumbandes ist die Aluminiumlegierung des Aluminiumbandes vom Legierungstyp AA6xxx, vorzugsweise AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 oder AA6181. Hinsichtlich der Vorteile dieser Aluminiumlegierungen wird auf die Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen.

[0027] Aufgrund der hervorragenden Kombination zwischen guter Umformbarkeit im Zustand T4, hoher Korrosionsbeständigkeit sowie hohen Werten für die Dehngrenze $R_{p0,2}$ im Einsatzzustand (Zustand T6) wird die oben aufgeführte Aufgabe gemäß einer dritten Lehre der vorliegenden Erfindung durch die Verwendung eines aus einem erfindungsgemäßen Aluminiumband hergestellten Blechs als 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, beispielsweise 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.

[0028] Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten das erfindungsgemäße Verfahren sowie das erfindungsgemäße Aluminiumband und die Verwendung eines daraus hergestellten Blechs auszugestalten und weiterzubilden. Hierzu wird verwiesen einerseits auf die in den Patentansprüchen 1 und 6 nachgeordneten Patentansprüche sowie auf die Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung.

[0029] Die Zeichnung zeigt in der einzigen Figur 1 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Bandes aus einer AlMgSi-Aluminiumlegierung mit den Schritten a) Herstellen und Homogenisieren des Walzbarrens, b) Warmwalzen, c) Kaltwalzen und d) mit Lösungsglühen mit Abschrecken.

[0030] Zunächst wird ein Walzbarren 1 aus einer Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gewichtsprozent gegossen:

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

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

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

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

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

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

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

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

und

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

[0031] 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 vorliegen, Fig 1a).

[0032] 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 230 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 erfolgt bei dieser Warmbandtemperatur von mindestens 400 °C die Abschreckung des Warmbandes 4 unter Verwendung eines Platinenkühlers 5 und der Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3. Der Platinenkühler 5, nur schematisch dargestellt, besprüht das Warmband 4 mit kühlender Walzemulsion und sorgt für eine beschleunigte Abkühlung des Warmbandes 4. Die Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3 sind mit Emulsion beaufschlagt und kühlen das Warmband 4 weiter herunter. Nach dem letzten Walzstich hat das Warmband 4 am Ausgang des Platinenkühlers 5' im vorliegenden Ausführungsbeispiel lediglich eine Temperatur von 95 °C und wird anschließend über die Aufwickelhaspel 6 aufgewickelt werden.

[0033] Dadurch, dass das Warmband 4 unmittelbar am Auslauf des letzten Warmwalzstichs eine Temperatur von maximal 130 °C bzw. maximal 100 °C aufweist bzw. optional in den letzten beiden Warmwalzstichen unter Verwendung des Platinenkühlers 5 und der Arbeitswalzen des Warmwalzgerüsts 3 auf eine Temperatur unterhalb von 130 °C bzw. unter 100°C gebracht wird, weist das Warmband 4 einen eingefrorenen Kristallgefügezustand auf, da keine zusätzliche Energie in Form von Wärme für nachfolgende Ausscheidungsvorgänge zur Verfügung steht. Das Warmband mit einer Dicke von 3 bis 12 mm, vorzugsweise 3,5 bis 8 mm wird über die Aufwickelhaspel 6 aufgewickelt. Wie bereits ausgeführt, beträgt die Aufwickeltemperatur im vorliegenden Ausführungsbeispiel weniger als 95 °C.

[0034] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können sich in dem aufgewickelten Warmband 4 jetzt keine oder nur wenige grobe Mg₂Si-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).

[0035] Das resultierende, kaltgewalzte Band 11 wird aufgewickelt. Anschließend wird es einem Lösungsglügen und 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.

[0036] Bei größeren Aluminiumbanddicken, beispielsweise bei Fahrwerksanwendungen oder Komponenten wie beispielsweise Bremsankerplatten können auch alternativ durch eine Stückglühungen durchgeführt werden und die Bleche anschließend abgeschreckt werden.

[0037] 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 bei 205 °C/ 30 Min. durchgeführt.

[0038] 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 Karrosserieanwendungen bzw. Banddicken von 2,0 mm bis 4,5 mm für Fahrwerksteile im Kraftfahrzeugsbau verwendet. In beiden Anwendungsbereichen sind die verbesserten Dehnungswerte 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.

[0039] 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

Proben	Si Gew.-%	Fe Gew.-%	Cu Gew.-%	Mn Gew.-%	Mg Gew.-%	Cr Gew.-%	Zn Gew.-%	Ti Gew.-%
409	1,29	0,17	0,001	0,057	0,29	<0,0005	<0,001	0,02
410	1,30	0,17	0,001	0,056	0,29	<0,0005	<0,001	0,0172
491-1	1,39	0,18	0,002	0,062	0,30	0,0006	0,01	0,0158
491-11	1,40	0,18	0,002	0,063	0,31	0,0006	0,0104	0,0147

[0040] Die Bänder 409 und 410 wurden mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt, bei welchem das Warmband innerhalb der letzten beiden Warmwalzstiche von etwa 400°C auf 95 °C unter Verwendung eines Platinenkühlers sowie der Warmwalzen selbst abgekühlt und aufgewickelt wurde. In Tabelle 2 sind die Messwerte dieser Proben mit

EP 2 270 249 B1

"Inv." gekennzeichnet. Anschließend erfolgte ein Kaltwalzen auf eine Enddicke von 1,04 mm.

[0041] Die Proben 491-1 und 491-11 wurden mit einem konventionellen Warmwalzen und Kaltwalzen hergestellt und mit einem "Konv." gekennzeichnet.

[0042] Die in Tabelle 2 dargestellten Resultate der mechanischen Eigenschaften zeigen deutlich den Unterschied in den erzielbaren Dehnungswerten A_{80} .

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle2

Proben			T4			T6 205 °C / 30 Min.			
		Dicke (mm)	Rp0,2 (MPa)	R _m (MPa)	A ₈₀ (%)	Rp0,2 (MPa)	R _m (MPa)	A ₈₀ (%)	ΔRp0,2 (MPa)
409	Inv.	1,04	100	220	31,3	187	251	16,2	87
410	Inv.	1,04	98	217	30,3	195	256	15,5	97
491-1	Konv.	1,04	92	202	27,8	180	235	14,7	88
491-11	Konv.	1,04	88	196	27,4	179	232	14,3	91

[0043] Zur Erzielung des T4-Zustands wurden die Proben einem Lösungsglühen mit nachfolgender Abschreckung und einer anschließender Kaltauslagerung bei Raumtemperatur unterworfen. Der T6-Zustand wurde durch eine Warmauslagerung bei 205 °C für 30 Minuten erreicht.

[0044] Es zeigte sich, dass das vorteilhafte Gefüge, welches über das erfindungsgemäße Verfahren in den Proben 409 und 410 eingestellt wurde, bei gesteigener Dehngrenze Rp0,2 und Festigkeit Rm eine Steigerung der Dehnung A80 ermöglichte. Dieses Gefüge führt zu der besonders vorteilhaften Kombination aus hoher Bruchdehnung A80 von mindestens 30 % bzw. mindestens 30 % bei sehr hohen Werten für die Dehngrenze Rp0,2 von 80 bis 140 MPa. Im Zustand T6 kann die Dehngrenze bis auf über 185 MPa ansteigen, wobei die Dehnung A80 weiterhin bei mehr als 15 % verbleibt. Die Aushärtbarkeit mit einem ΔRp0,2 von 87 bzw. 97 MPa zeigt, dass die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele trotz der erhöhten Dehnungswerte von mehr als 15 % eine sehr gute Steigerung der Dehngrenze im warmausgelagerten Zustand T6 bei einer Warmauslagerung bei 205 °C / 30 Min. erreichen.

[0045] Die Bruchdehnungswerte A80, die Dehngrenzwerte Rp0,2 und die Zugfestigkeitswerte Rm in den nachfolgenden Tabellen wurden nach DIN EN gemessen.

[0046] Die Messwerte konnten im Zustand T4 durch Messungen an weiteren Bändern verifiziert werden. Die Aluminiumlegierung der Proben A und B wiesen folgende Zusammensetzung auf:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[0047] Die Proben A und B wurden unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Abschrecken des Warmbandes innerhalb der letzten zwei Warmwalzstiche auf 95 °C aufgewickelt und anschließend auf eine Enddicke von 1,0 mm respektive 3,0 mm kaltgewalzt. Um den Zustand T4 zu erreichen wurden die Proben A und B lösungsgeglüht und nach einem Abschrecken kalt ausgelagert.

[0048] Folgende Messwerte konnten an beiden Proben ermittelt werden:

Tabelle 3

Proben	Dicke (mm)	T4		
		Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)
A	1,0	107	221	31,1
B	3,0	108	212	32,0

[0049] Die noch einmal gesteigerten Dehnungswerte A80 zeigen die herausragende Eignung dieser Aluminiumbänder

für die Herstellung von Bauteilen, bei welchen sehr hohe Umformgrade während der Herstellung im Zustand T4 mit maximalen Zugfestigkeiten R_m und Dehngrenzen $R_{p0,2}$ im Zustand T6 kombiniert werden müssen.

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 wird und anschließend optional auf Enddicke kaltgewalzt,
dadurch gekennzeichnet, dass das Warmband unmittelbar nach dem Auslauf aus dem letzten Warmwalzstich eine Temperatur von maximal 130 °C, vorzugsweise eine Temperatur von maximal 100 °C aufweist und das Warmband mit dieser oder einer geringeren 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 Warmwalztemperatur des Warmbandes vor dem Abkühlprozess während des Warmwalzens, insbesondere vor vorletzten Warmwalzstich mindestens 230 °C, vorzugsweise über 400 °C liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des fertigen Warmbandes 3 mm bis 12 mm, vorzugsweise 3,5 mm bis 8 mm beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung vom Legierungstyp AA6xxx, vorzugsweise AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 oder AA6181 ist.
6. Aluminiumband bestehend aus einer AlMgSi-Legierung mit, insbesondere hergestellt mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass das Aluminiumband im Zustand T4 eine Bruchdehnung A_{80} von mindestens 30 % bei einer Dehngrenze von $R_{p0,2}$ von 80 bis 140 MPa aufweist.
7. Aluminiumband nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass das lösungsgelühte und abgeschreckte Aluminiumband nach einer Warmauslagerung bei 205 °C / 30 Minuten im Zustand T6 eine Dehngrenze von $R_{p0,2}$ von mehr als 185 MPa. Beschreibung: bei einer Dehnung von A_{80} von mindestens 15 % aufweist.
8. Aluminiumband nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das lösungsgelühte und abgeschreckte Aluminiumband nach einer Warmauslagerung bei 205 °C / 30 Minuten im Zustand T6 eine Dehngrenzendifferenz $\Delta R_{p0,2}$ zwischen Zustand T6 und T4 von mindestens 80 MPa aufweist.
9. Aluminiumband nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass Aluminiumband eine Dicke von 0,5 bis 12 mm aufweist.
10. Aluminiumband einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung vom Legierungstyp AA6xxx, vorzugsweise AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 oder AA6181 ist.
11. Verwendung eines Blechs hergestellt aus einem Aluminiumband nach einem der Ansprüche 6 bis 10 als Bauteil, Fahrwerks- oder Strukturteil bzw. Blech im Kraftfahrzeug-, Flugzeug- oder Schienenfahrzeugbau, insbesondere als Komponente, Fahrwerksteil, Außen- oder Innenblech im Kraftfahrzeugbau, vorzugsweise als Karosseriebauelement.

Claims

- 5 1. A method for producing a strip made of an AlMgSi alloy, in which a rolling ingot is cast of an AlMgSi alloy, the rolling ingot is subjected to homogenization and the rolling ingot, which was brought to the hot-rolling temperature, is hot-rolled and then optionally cold-rolled to its final thickness,
characterized in that
the hot strip has a temperature of at most 130°C, preferably a temperature of at most 100°C, immediately after it exits the last hot rolling pass, and **in that** the hot strip is coiled at this temperature or a lower temperature.
- 10 2. The method according to claim 1,
characterized in that
the hot strip is quenched to the exiting temperature by utilizing at least one plate cooler and by the hot rolling passes themselves that are acted upon by an emulsion.
- 15 3. The method according to claim 1 or 2,
characterized in that
the hot-rolling temperature of the hot strip lies at least at 230°C, preferably above 400°C, prior to the cooling process during the hot-rolling operation, particularly prior to the next-to-last hot rolling pass.
- 20 4. The method according to one of claims 1 to 3,
characterized in that
the thickness of the finished hot strip lies between 3 mm and 12 mm, preferably between 3.5 mm and 8 mm.
- 25 5. The method according to one of claims 1 to 4,
characterized in that
the aluminium alloy consists of the alloy type AA6xxx, preferably AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 or AA6181.
- 30 6. An aluminium strip that consists of an AlMgSi alloy and is produced, in particular, by means of a method according to one of claims 1 to 4,
characterized in that
the aluminium strip has in the state T4 a breaking elongation A_{80} of at least 30% at a proof stress $R_{p0,2}$ between 80 and 140 MPa.
- 35 7. The aluminium strip according to claim 6,
characterized in that
the solution heat-treated and quenched aluminium strip has in the state T6 after artificial aging at 205°C / 30 minutes a proof stress $R_{p0,2}$ in excess of 185 MPa.
- 40 8. The aluminium strip according to claim 6 or 7,
characterized in that
the solution heat-treated and quenched aluminium strip has in the state T6 after artificial aging at 205°C / 30 minutes a differential proof stress $\Delta R_{p0,2}$ between the states T6 and T4 of at least 80 MPa.
- 45 9. The aluminium strip according to one of Claims 6 to 8,
characterized in that
the aluminium strip has a thickness between 0.5 and 12 mm.
- 50 10. The aluminium strip according to one of Claims 6 to 9,
characterized in that
the aluminium alloy consists of the alloy type AA6xxx, preferably AA6014, AA6016, AA6060, AA611.1 or AA6181.
- 55 11. The utilization of a metal sheet produced of an aluminium strip according to one of claims 6 to 10 as a component, chassis or structural member or metal sheet in the construction of motor vehicles, aircraft or rail vehicles, particularly in the form of a component, chassis member, exterior or interior metal sheet in the construction of motor vehicles, preferably a car body element.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une bande en alliage AlMgSi, dans lequel un lingot de laminage est coulé à partir d'un alliage d'AlMgSi, le lingot de laminage subit une homogénéisation, le lingot de laminage amené à une température de laminage à chaud est laminé à chaud puis en option laminé à froid jusqu'à obtenir son épaisseur finale, **caractérisé en ce que** la bande chaude présente juste après sa sortie de la dernière passe de laminage à chaud une température maximale de 130° C, de préférence une température maximale de 100° C, et que la bande chaude est enroulée à cette température ou une température inférieure.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bande chaude est trempée en utilisant au moins un refroidisseur à platine et les passes de laminage recevant une émulsion elles-mêmes à la température de sortie.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température de laminage à chaud de la bande chaude avant le processus de refroidissement, pendant le laminage à chaud, en particulier avant l'avant dernière passe de laminage à chaud, s'élève à au moins 230° C, de préférence plus de 400° C.
4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la bande chaude finie est de 3 mm à 12 mm, de préférence de 3,5 mm à 8 mm.
5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'alliage d'aluminium est du type d'alliages AA6xxx, de préférence AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 ou AA6181.
6. Bande en aluminium composée d'un alliage d'AlMgSi, en particulier fabriquée par un procédé selon une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la bande en aluminium présente en l'état T4 un allongement à la rupture A_{80} d'au moins 30 % avec une limite d'allongement de $R_{p0,2}$ allant de 80 à 140 MPa.
7. Bande en aluminium selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la bande d'aluminium homogénéisée et trempée présente, après un transfert au chaud à 205° C/pendant 30 minutes en l'état T6, une limite d'allongement de $R_{p0,2}$ supérieure à 185 MPa.
8. Bande en aluminium selon la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce que** la bande d'aluminium homogénéisée et trempée présente, après un transfert au chaud à 205° C/pendant 30 minutes en l'état T6, une différence de limite d'allongement $\Delta R_{p0,2}$ entre l'état T6 et T4 d'au moins 80 MPa.
9. Bande en aluminium selon une des revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que** la bande d'aluminium présente une épaisseur de 0,5 à 12 mm.
10. Bande en aluminium selon une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** l'alliage d'aluminium est du type d'alliages AA6xxx, de préférence AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 ou AA6181.
11. Utilisation d'une tôle fabriquée à partir d'une bande en aluminium selon une des revendications 6 à 10 comme pièce de construction, pièce de train de roulement ou structurelle ou tôle dans la construction de véhicules automobiles, d'avions ou de véhicules ferroviaires, en particulier comme composant, élément de train de roulement, tôle intérieure ou extérieure dans la construction de véhicules automobiles, de préférence comme élément de construction de carrosserie.

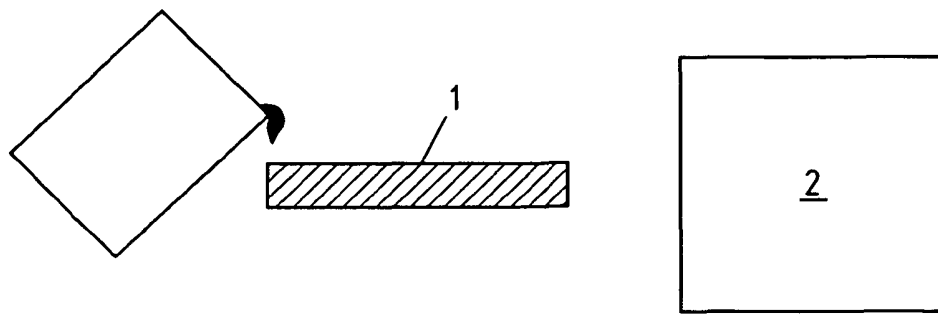


Fig. 1a

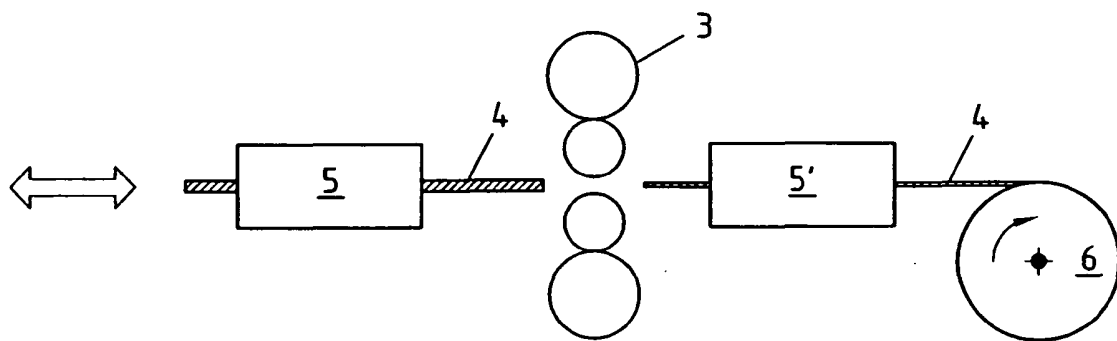


Fig. 1b

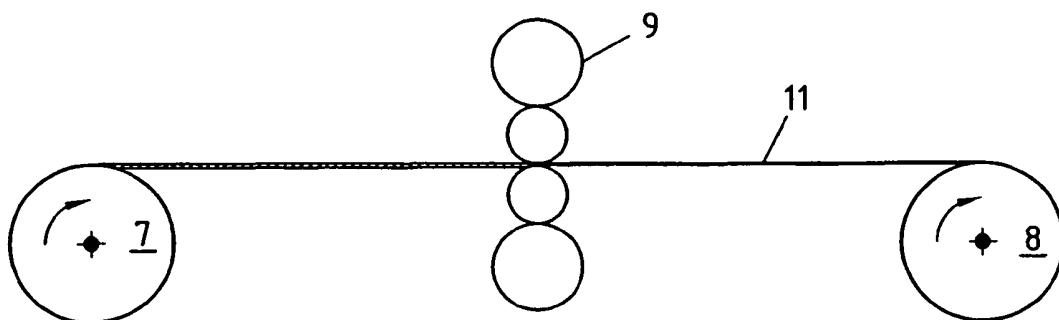


Fig. 1c

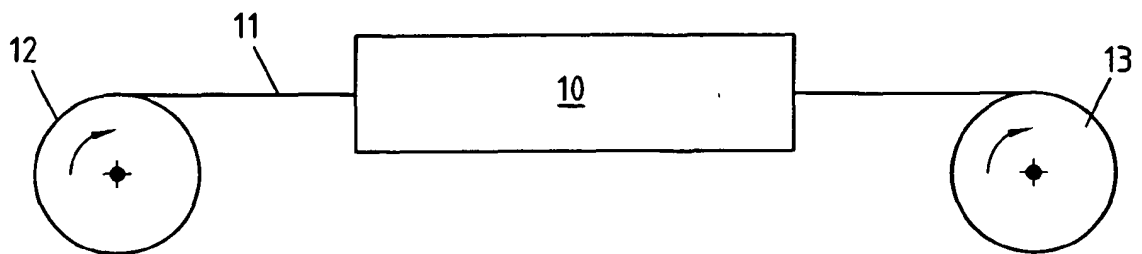


Fig. 1d

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

- US 4808247 A [0003]
- EP 1533394 A [0004]