



(11)

**EP 3 314 031 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.11.2018 Patentblatt 2018/45**

(51) Int Cl.:  
**C22C 21/06<sup>(2006.01)</sup> C22F 1/047<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **16732581.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/064530**

(22) Anmeldetag: **23.06.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2016/207274 (29.12.2016 Gazette 2016/52)**

(54) **HOCHFESTES UND GUT UMFORMBARES ALMG-BAND SOWIE VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG**

HIGH STRENGTH AND EASILY REFORMABLE ALMG TAPE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

BANDE ALMG FACILEMENT DÉFORMABLE ET TRÈS RÉSISTANTE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

(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**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 769 564 US-A1- 2015 159 250**  
**US-A1- 2015 159 251**

(30) Priorität: **25.06.2015 EP 15173888**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.05.2018 Patentblatt 2018/18**

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

(72) Erfinder:  
• **ENGLER, Olaf**  
**53229 Bonn (DE)**  
• **BRINKMAN, Henk-Jan**  
**53175 Bonn (DE)**

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

- **W.C. LIU ET AL: "Comparison of recrystallization and recrystallization textures in cold-rolled DC and CC AA 5182 aluminum alloys", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A, Bd. 358, Nr. 1-2, 1. Oktober 2003 (2003-10-01), Seiten 84-93, XP055085246, ISSN: 0921-5093, DOI: 10.1016/S0921-5093(03)00264-8**
- **ZHAO P Z ET AL: "Development of twin -belt cast AA5XXX series aluminum alloy materials for automotive sheet applications", ALUMINUM ALLOYS: FABRICATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS II : PROCEEDINGS OF SYMPOSIA SPONSORED BY THE LIGHT METALS DIVISION OF THE MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (TMS) ; HELD DURING TMS 2009 ANNUAL MEETING & EXHIBITION, SAN FRANCISCO, C, Bd. 11-17, 15. Februar 2009 (2009-02-15), Seiten 11-17, XP009150266, ISBN: 978-0-87339-735-3**

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).

**EP 3 314 031 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumbandes oder -blechs aus einer Aluminiumlegierung sowie ein Aluminiumlegierungsband oder -blech und dessen Verwendung.

**[0002]** In aktuellen Leichtbaukonzepten von Automobilen spielen gewalzte Aluminiumlegierungsbleche eine zunehmende Rolle, da sie im Vergleich zu gleichwertigen Lösungen aus Stahl ein geringeres Gewicht aufweisen können. In hochbeanspruchten Fahrzeugkomponenten spielt die Festigkeit, also beispielsweise die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  und die Zugfestigkeit  $R_m$  eine übergeordnete Rolle, da hierdurch die Dicke des jeweiligen Aluminiumblechs für die Fahrzeugkomponente bestimmt wird und damit auch das Gewicht der Fahrzeugkomponente. Fahrzeugkomponenten, zum Beispiel Teile des sogenannten "Body-in-White" (BIW-Komponenten) benötigen häufig komplex geformte Geometrien, sodass auch ein gutes Umformverhalten zur Bereitstellung der komplexen Geometrien eine weitere, sehr wichtige Vorgabe für den Einsatz von Aluminiumlegierungsblechen als Fahrzeugkomponente darstellt. Zwar ist das Korrosionsverhalten von Aluminiumlegierungsblechen im Allgemeinen schon sehr gut, allerdings muss sowohl bei den aushärtbaren Aluminiumlegierungen der Klasse AA6XXX als auch bei den nicht aushärtbaren Legierungen der Klasse AA5XXX die interkristalline Korrosion berücksichtigt werden, da diese zum Versagen von Bauteilen führen kann.

**[0003]** Bisher wurden die hochbeanspruchten Fahrzeugkomponenten bevorzugt aus Aluminiumblechen bestehend aus einer aushärtbaren Al-Mg-Si-Legierung der Klasse AA6XXX hergestellt. Aluminiumlegierungsbleche dieser Klasse werden im lösungsgeglühten Zustand T4 umgeformt und anschließend einer Warmauslagerung zur Erzielung einer höheren Endfestigkeit im Zustand T6 unterzogen. Dieser komplizierte Fertigungsweg führt zu höheren Produktionskosten, insbesondere auch aufgrund des logistischen Aufwands zur Verarbeitung der Bleche im Zustand T4 und der Warmauslagerung der Bleche zur Erreichung des Zustands T6. Bisher wurden Bauteile aus nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierungen vom Typ AA5XXX durch Umformen von weichgeglühten Aluminiumlegierungsblechen hergestellt. Nachteilig dabei ist jedoch, dass diese Bleche nur in den Bereichen hoher Umformgrade eine Erhöhung der Festigkeit, insbesondere der Streckgrenze  $R_{p0,2}$  zeigen. Die nicht umgeformten Bereiche verbleiben dagegen im weichen Zustand. Hieraus folgt, dass das Leichtbaupotenzial bei Fahrzeugkomponenten bestehend aus wirtschaftlich günstig herstellbaren, nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierungen bisher nicht voll genutzt werden konnte, da aufgrund der weichen Bereiche der Formteile die Blechdicken der Fahrzeugkomponenten entsprechend gewählt werden müssen.

**[0004]** AlMg-Legierungen vom Typ AA 5xxx mit Mg-Gehalten von mehr als 3 Gew.-%, insbesondere mehr als 4 Gew.-% neigen zunehmend zur interkristallinen Korrosion, wenn sie beispielsweise erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind. Bei Temperaturen von 70 - 200°C scheiden sich  $\beta$ -Al<sub>5</sub>Mg<sub>3</sub> Phasen entlang der Korngrenzen aus, welche als  $\beta$ -Partikel bezeichnet werden und in Anwesenheit eines korrosiven Mediums selektiv aufgelöst werden können. Dies trifft auch auf die Bauteile eines Kraftfahrzeugs, insbesondere die Bauteile des sogenannten "Body-in-White" des Kraftfahrzeugs zu, welche üblicherweise einer kathodischen Tauch-Lackierung (KTL) unterzogen und anschließend in einem Einbrennvorgang getrocknet werden. Bereits durch diesen Einbrennvorgang bei üblichen Aluminiumlegierungsbändern kann eine Sensibilisierung bezüglich interkristalliner Korrosion hervorgerufen werden. Darüber hinaus muss für den Einsatz im Automobilbereich die Umformung bei der Herstellung eines Bauteils sowie die anschließende Betriebsbelastung des Bauteils berücksichtigt werden.

**[0005]** Die Anfälligkeit gegen interkristalline Korrosion wird üblicherweise in einem Standardtest gemäß ASTM G67 geprüft, bei welchem die Proben einer Salpetersäure ausgesetzt werden und der Massenverlust des Aluminiumblechs gemessen wird. In der vorliegenden Anmeldung wird bei den Standardtests gemäß ASTM G67 durch eine vorherige Sensibilisierungsglühung bei Temperaturen von 130°C für 17h eine entsprechende Wärmebelastung der Bauteile im Anwendungsfall simuliert. Gemäß ASTM G67 beträgt der Massenverlust bei Werkstoffen, welche nicht resistent gegen interkristalline Korrosion sind, mehr als 15 mg/cm<sup>2</sup>.

**[0006]** Die Herstellung eines in Bezug auf interkristalline Korrosion beständiges, weichgeglühtes Aluminiumlegierungsblech für eine Fahrzeugkomponente offenbart die auf die Anmelderin zurückgehende internationale Patentanmeldung WO 2014/029853 A1. Die hier offenbarten Aluminiumlegierungsbleche weisen zwar eine gute Zugfestigkeit  $R_m$  sowie hervorragende Werte für die Gleichmaßdehnung  $A_g$  bei guter Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion auf. Allerdings sind die Werte für die Streckgrenze  $R_{p0,2}$ , welche ein Maß für den Widerstand des Blechs gegen plastische Verformung darstellt, zu gering, um eine deutliche Reduzierung der Blechdicken und damit eine weitere Gewichtseinsparung bei der Herstellung von Fahrzeugkomponenten zu erzielen. Als Fahrzeugkomponenten im Sinne der vorliegenden Patentanmeldung werden umgeformte Bleche der inneren Struktur eines Kraftfahrzeugs, auch als Bauteile des "Body-in-White" (BIW) bezeichnet, verstanden, sowie Fahrwerkskomponenten und Teile der Fahrzeugkarosserie.

**[0007]** Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2009 008 282 A1 ist die Herstellung eines Blechbauteils für hochbeanspruchte Fahrzeugkomponenten aus nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierungen bekannt. Es wird vorgeschlagen, kaltverfestigte und rückgeglühte Aluminiumlegierungsbleche in einem Warmumformprozess bei Temperaturen von bis zu 250 °C umzuformen. Hinweise auf spezifische Aluminiumlegierungszusammensetzungen oder Herstellverfahren für Aluminiumlegierungsbleche sind aus der genannten deutschen Offenlegungsschrift nicht bekannt. Zudem werden Angaben über spezifische mechanische Eigenschaften eines kaltverfestigten und rückgeglühten Aluminiumlegierungs-

bandes in der genannten deutschen Offenlegungsschrift nicht offenbart. US 2015/159250 A1 offenbart weitere Aluminiumbänder. Hiervon ausgehend ist es daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs aus einer nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierung zur Verfügung zu stellen, aus welchem Formteile für Fahrzeugkomponenten, insbesondere von BIW-Komponenten einfach herstellbar sind und weitere Gewichtseinsparungen erzielt werden können. Darüber hinaus liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Aluminiumlegierungsband oder -blech aus einer aushärtbaren Aluminiumlegierung vorzuschlagen, das neben einem hohen Gewichtseinsparpotenzial im Kraftfahrzeug kostengünstig herstellbar ist. Schließlich sollen auch vorteilhafte Verwendungen des Aluminiumlegierungsbandes vorgeschlagen werden.

Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung löst die zuvor genannte Aufgabe ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumbandes oder -blechs aus einer Aluminiumlegierung mit folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-%:

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

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

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

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

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 %, in Summe max. 0,15%, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Gießen eines Walzbarrens bestehend aus der genannten Aluminiumlegierung,
- Homogenisieren des Walzbarrens bei 480 °C bis 550 °C für mindestens 0,5 h,
- Warmwalzen des Walzbarrens bei einer Temperatur von 280 °C bis 500 °C zu einem Warmband,
- Kaltwalzen des Aluminiumlegierungsbandes nach dem Warmwalzen mit einem Abwalzgrad von 10 % bis 45 % unmittelbar vor einer letzten Zwischenglühung,
- Durchführen mindestens einer letzten Zwischenglühung des kaltgewalzten Aluminiumlegierungsbandes bei 300 °C bis 500 °C, derart dass das kaltgewalzte Aluminiumlegierungsband ein rekristallisiertes Gefüge nach der Zwischenglühung aufweist,
- Kaltwalzen des zwischengeglühten Aluminiumlegierungsbands mit einem Abwalzgrad von 30 % bis 60% an Enddicke und
- Rückglühen des Aluminiumlegierungsbandes im Coil an Enddicke, wobei die Metalltemperatur 190 - 250 °C für mindestens 0,5 h beträgt.

**[0008]** Bei der weiteren Verarbeitung können dann aus dem Aluminiumlegierungsband Bleche abgetafelt werden. Der Magnesiumgehalt der erfindungsgemäß zu verwendenden Aluminiumlegierung von 3,6 Gew.-% bis 6 Gew.-%, vorzugsweise von 4,2 Gew.-% bis 6 Gew.-%, besonders bevorzugt von 4,2 Gew.-% bis 5,2 Gew.-% trägt dazu bei, dass die Aluminiumlegierung bei guten Umformeigenschaften gleichzeitig hohe Festigkeitswerte, insbesondere Streckgrenzwerte  $R_{p0,2}$  und Zugfestigkeitswerte  $R_m$  erreicht. Unerwünschte Aushärtungs- und Ausscheidungseffekte von Si werden durch eine Begrenzung des Si-Gehaltes auf maximal 0,4 Gew.-% reduziert. Um die Eigenschaften der Aluminiumlegierung nicht negativ zu beeinflussen, sollte der Fe-Gehalt auf maximal 0,5 Gew.-% beschränkt werden. Dies gilt auch für den

Kupfergehalt, welcher auf maximal 0,15 Gew.-% beschränkt werden soll. Mangan führt zu einer Festigkeitssteigerung und auch zu einer Verbesserung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion. Allerdings muss der Mangangehalt beschränkt werden, da ansonsten die Umformungseigenschaften der rückgeglühten Aluminiumlegierungsbänder negativ beeinflusst werden. Darüber hinaus führen zu hohe Mn-Gehalte bei der letzten Zwischenglühung zu mittleren Korndurchmesser von weniger als 20  $\mu\text{m}$ . Aus diesem Grunde soll der Mn-Gehalt 0,1 Gew.-% bis 0,4 Gew.-% betragen. Chrom führt selbst in kleinsten Mengen bereits dazu, dass die Umformungseigenschaften, beispielsweise die Gleichmaßdehnung  $A_g$  oder auch die Brucheinschnürung  $Z$  sinken, sodass die Umformungseigenschaften verschlechtert werden. Weiterhin führt Cr ebenfalls zu kleinen Korngrößen nach der Zwischenglühung. Insofern ist der Chrom-Gehalt auf Werte von weniger als 0,05 Gew.-%, bevorzugt weniger als 0,01 Gew.-% zu beschränken. Gleiches gilt prinzipiell auch für Zr, das hier, da es in der Regel zulegiert werden muss, nicht im Einzelnen aufgeführt ist. Zink könnte sich negativ auf die Korrosionsbeständigkeit des Aluminiumlegierungsbandes auswirken und ist daher auf maximal 0,2 Gew.-% zu beschränken. Titan wird üblicherweise beim Stranggießen der Aluminiumlegierung als Kornfeinungsmittel zum Beispiel in Form von Ti-Borid-Draht oder -Stangen hinzugegeben. Allerdings wirken sich zu hohe Ti-Gehalte wiederum negativ auf die Umformungseigenschaften, sodass eine Beschränkung des Ti-Gehalts auf maximal 0,20 Gew.-% gewünscht ist.

**[0009]** Durch das Gießen und Homogenisierung des Walzbarrens bei 480 °C bis 550 °C für mindestens 0,5 Stunden kann ein Walzbarren für das Warmwalzen zur Verfügung gestellt werden, welcher eine sehr homogene Verteilung der Legierungsbestandteile aufweist. Am Ende des Warmwalzens wird ein homogenes rekristallisiertes Warmband durch Warmwalzen in einem Temperaturbereich von 280 °C bis 500 °C bereitgestellt. Vor der letzten Zwischenglühung beträgt der Abwalzgrad beim Kaltwalzen des Aluminiumlegierungsbandes erfindungsgemäß nur 10 % bis 45 %, da der Abwalzgrad vor der letzten Zwischenglühung die Entstehung des Korngefüges beim Rekristallisieren während der Zwischenglühung entscheidend beeinflusst. Ist der Abwalzgrad zu groß, wird bei der Rekristallisierung während der letzten Zwischenglühung bei einer Temperatur von 300 °C bis 500 °C ein relativ feines Gefüge mit mittleren Korndurchmessern, d.h. einer mittleren Korngröße von weniger als 20  $\mu\text{m}$  erzeugt. Die verringerten Korndurchmesser wirken sich aber negativ auf das Korrosionsverhalten des Aluminiumlegierungsbandes aus. Bei geringen Abwalzgraden von 10% bis 45% beim Kaltwalzen vor der Zwischenglühung werden bei der letzten Zwischenglühung bei der erfindungsgemäßen Zusammensetzung mittlere Korndurchmesser von mehr als 20  $\mu\text{m}$  erzeugt, welche die Korrosionsbeständigkeit des Aluminiumlegierungsbandes positiv beeinflussen. Die Zwischenglühung als solche ermöglicht die Bereitstellung eines rekristallisierten Gefüges für den letzten Kaltwalzschritt, welcher mit einem Abwalzgrad von 30 % bis 60 % an Enddicke durchgeführt wird. Der Schlussabwalzgrad ermöglicht es, im Gegensatz zu weichgeglühten Varianten, die Streckgrenze des herzustellenden Aluminiumlegierungsbandes durch Kaltverfestigung auf die gewünschte Anwendung, beispielsweise auf eine Streckgrenze von mehr als 190 MPa nach der sich anschließenden Schlussglühung durchgehend zu erhöhen. Das abschließende Rückglühen des Aluminiumlegierungsbandes im Coil bei Metalltemperaturen von 190 °C bis 250 °C für mindestens 0,5 Stunden führt dazu, dass die Umformungseigenschaften, insbesondere die Gleichmaßdehnung  $A_g$  sowie die Brucheinschnürung  $Z$  durch den Erholungsprozess im Gefüge des Aluminiumlegierungsband verbessert werden. Die gegenüber dem weichen Zustand höhere Streckgrenze  $R_{p0,2}$  bleibt aber zumindest weitgehend erhalten. Mit dem Herstellverfahren kann damit ein Aluminiumlegierungsband bereitgestellt werden, das einerseits gut, beispielsweise zu einer Fahrzeugkomponente umgeformt werden kann und andererseits auch in den nicht umgeformten Bereichen hohe Streckgrenzen bereitstellt. Das hergestellte Aluminiumlegierungsband ist gleichzeitig auch beständig gegen interkristalline Korrosion und aufgrund des einfachen Fertigungsweges kostengünstiger als bisher verwendete AA6XXX-Legierungsbänder.

**[0010]** Wird gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Kaltwalzen vor der letzten Zwischenglühung der Abwalzgrad auf 20 % bis 30 % beschränkt, werden nach dem letzten Zwischenglühen größere Korndurchmesser im Aluminiumlegierungsband bereitgestellt und damit die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion im rückgeglühten Aluminiumlegierungsband verbessert.

**[0011]** Beträgt der Abwalzgrad gemäß einer nächsten Ausgestaltung des Verfahrens beim Kaltwalzen an Enddicke nach der letzten Zwischenglühung 40 % bis 60 %, kann die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  auf Werte oberhalb von 200 MPa eingestellt werden, ohne dass die Umformungseigenschaften, beispielsweise die Gleichmaßdehnung  $A_g$  bzw. die Brucheinschnürung  $Z$  negativ beeinflusst werden.

Wie bereits zuvor ausgeführt, ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Bereitstellung von Aluminiumlegierungsbändern und -blechen für die Umformung zu Fahrzeugkomponenten, beispielsweise Body-in-White-(BIW-)Komponenten. Wird das Aluminiumlegierungsband gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens auf eine Dicke von 0,5 mm bis 5,0 mm, bevorzugt auf 1,0 mm bis 3,0 mm Enddicke kaltgewalzt, können Formteile aus einer nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierung für Fahrzeugkomponenten hergestellt werden, welche kostengünstig Gewichtseinsparpotenziale im Kraftfahrzeugbau realisieren können.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens beträgt die Temperatur bei der Rückglühung des Aluminiumlegierungsbandes 220 °C bis 240 °C. Durch die Wahl der höheren Temperatur beim Rückglühen wird durch Erholungsvorgänge das Umformvermögen des Aluminiumlegierungsbandes bei einer Erhöhung der Gleichmaßdehnung  $A_g$  und

### EP 3 314 031 B1

der Brucheinschnürung Z prozesssicher bereitgestellt. Außerdem führen die hohe Rückglühtemperaturen von 220 °C bis 240 °C zu einer verbesserten Langzeitstabilität von aus dem erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsband hergestellten Bauteilen bei einer etwaigen thermischen Belastung im Betrieb.

Gemäß einer zweiten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgeführte Aufgabe durch ein kaltgewalztes und rückgeglühtes Aluminiumlegierungsband oder -blech gelöst, welches mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist, bestehend aus einer Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen:

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

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

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

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

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 %, in Summe max. 0,15%, wobei das Aluminiumlegierungsband

eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 190 MPa,

eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mindestens 14 %,

eine Brucheinschnürung Z von mehr als 50% und

im Korrosionstest gemäß ASTM G67 nach einer vorherigen Sensibilisierungsglühung für 17h bei 130°C einen Massenverlust von weniger als 15 mg/cm<sup>2</sup> aufweist.

**[0012]** Es hat sich herausgestellt, dass die Bereitstellung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs mit der oben genannten Aluminiumlegierungszusammensetzung mit einer Streckgrenze von mehr als 190 MPa, mit einer Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mindestens 14 % sowie einer Brucheinschnürung Z von mehr als 50 % bei gleichzeitiger Beständigkeit im Korrosionstest gemäß ASTM G67 mit einem Massenverlust von weniger als 15 mg/cm<sup>2</sup> nach einer vorherigen Sensibilisierungsglühung für 17h bei 130°C für nicht-aushärtbare Aluminiumlegierungsbänder weitere Anwendungsmöglichkeiten eröffnen, die bisher Aluminiumlegierungsbändern aus aushärtbaren Werkstoffen, insbesondere aus Aluminiumlegierungen vom Typ AA6xxx vorbehalten waren. Es wird erwartet, dass bei der gegebenen Aluminiumlegierungszusammensetzung Streckgrenzen  $R_{p0,2}$  von mehr als 190 MPa bis 300 MPa bei einer Gleichmaßdehnung von 14 % bis 18 % und einer Brucheinschnürung Z von mehr als 50% bis 70 % bei vorgegebener Korrosionsbeständigkeit erzielt werden. Die später dargelegten Ausführungsbeispiele zeigen erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsbänder bzw. -bleche mit Streckgrenzen  $R_{p0,2}$  von mehr als 190 MPa und bis zu 270 MPa bei Beibehaltung eines guten Umformverhaltens aufgrund einer Gleichmaßdehnung von  $A_g$  bis zu 16,6 % und einer Brucheinschnürung Z von bis zu 62 % bei vorhandener Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion. Erwartungsgemäß verhalten sich dabei die Streckgrenzwerte entgegengesetzt zu den erzielten Werten der Gleichmaßdehnung  $A_g$  und der Brucheinschnürung Z. Diese spezifischen Aluminiumlegierungsbänder eröffnen damit weitere Anwendungsmöglichkeiten und insbesondere die Möglichkeit kostengünstig herstellbarer Aluminiumlegierungsbänder und -bleche zur Herstellung von Fahrzeugkomponenten, insbesondere BIW-Komponenten bereitzustellen.

**[0013]** Beträgt gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsband der Mg-Gehalt des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs 4,2 Gew.-% bis 6 Gew.-%, vorzugsweise 4,2 Gew.-% bis 5,2 Gew.-%, kann ein Aluminiumlegierungsband oder -blech mit maximalen Streckgrenzen nach dem letzten Kaltwalzen bereit-

gestellt werden.

**[0014]** Wird der Mangangehalt gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs auf 0,1 Gew.-% bis 0,3 Gew.-% beschränkt, so können trotz des positiven Einflusses von Mangan auf die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs gleichzeitig gute Umformeigenschaften, d.h. hohe Werte für Gleichmaßdehnung  $A_g$  und die Brucheinschnürung  $Z$  mit hoher Prozesssicherheit erreicht werden. Darüber hinaus können bei diesen Mn-Gehalten bei der letzten Zwischenglühung mittlere Korndurchmesser von mehr als 20  $\mu\text{m}$  prozesssicher eingestellt werden, welche die Korrosionsbeständigkeit des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs positiv beeinflussen.

**[0015]** Wie ebenfalls zuvor ausgeführt, beeinflusst der Chrom-Gehalt die Eigenschaften der Aluminiumlegierung selbst in sehr geringen Konzentrationen negativ in Bezug auf das Umformverhalten und begrenzt die Korngröße nach der letzten Zwischenglühung, sodass gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs der Chrom-Gehalt auf weniger als 0,01 Gew.-% beschränkt wird. Dies gilt analog auch für Zirkon sowie Scandium, welche, wenn überhaupt, aber nur in Spuren in der Aluminiumlegierung vorhanden sind.

**[0016]** Weist gemäß einer weiteren Ausgestaltung das Aluminiumlegierungsband oder -blech eine oder mehrere der folgenden Beschränkungen der Anteile der Legierungsbestandteile auf:

$$\text{Si} \leq 0,2 \text{ Gew.-%},$$

$$\text{Fe} \leq 0,35 \text{ Gew.-%}$$

oder

$$\text{Zn} \leq 0,01 \text{ Gew.-%},$$

können negative Einflüsse der genannten Legierungsbestandteile auf die Eigenschaften des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs ausgeschlossen werden.

**[0017]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs weist das Aluminiumlegierungsband eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften auf:

- eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 200 MPa,
- eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mindestens 15 %,
- eine Brucheinschnürung  $Z$  von mindestens 55 % oder
- im Korrosionstest gemäß ASTM G67 nach einer vorherigen Sensibilisierungsglühung für 17h bei 130 °C einen Massenverlust von weniger als 10 mg/cm<sup>2</sup> auf. Das Aluminiumlegierungsband kann durch die Einstellung der spezifischen Eigenschaften Streckgrenze, Gleichmaßdehnung, Brucheinschnürung und Verhalten im Korrosionstest zusätzlich auf die unterschiedlichen Anwendungsbereiche angepasst hergestellt werden. Beispielsweise kann eine höhere Streckgrenze von mehr als 200 MPa eine Reduzierung der Enddicken des Aluminiumlegierungsbandes und damit eine weitere Verringerung des Gewichts des daraus hergestellten Formteils, beispielsweise einer Fahrzeugkomponente ermöglichen. Die Erhöhung der Gleichmaßdehnung auf mindestens 15 % bzw. die Erhöhung der Brucheinschnürung  $Z$  auf mindestens 55 % führt dazu, dass das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband oder -blech in komplexeren Umformverfahren eingesetzt werden kann und beispielsweise komplex gestaltete Formteile mit wenigen Umformschritten hergestellt werden können. Die Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit gegen interkristalline Korrosion im Korrosionstest gemäß ASTM G67 führt wiederum zu einer erhöhten Sicherheit gegen Versagen wegen interkristalliner Korrosion eines aus dem Aluminiumlegierungsband hergestellten Formteils.

**[0018]** Weist das Aluminiumlegierungsband oder -blech gemäß einer weiteren Ausgestaltung eine Dicke von 0,5 bis 5,0 mm, vorzugsweise 1,0 bis 3,0 mm auf, können Formteile aus dem Aluminiumlegierungsband hergestellt werden, welche ähnliche Eigenschaften wie Formteile aus aushärtbaren Aluminiumlegierungen vom Typ AA6XXX aufweisen.

**[0019]** Insbesondere in den Dickenbereichen 1,0 mm bis 3,0 mm ermöglicht das Aluminiumlegierungsband oder -blech gemäß der vorliegenden Ausgestaltung ein deutlich vergrößertes Anwendungsgebiet aufgrund der stark verbesserten Streckgrenzen im Vergleich zu den bisher verwendeten, weichgeglühten Varianten.

**[0020]** Schließlich wird die oben aufgeführte Aufgabe auch durch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs zur Herstellung von Strukturteilen oder Fahrzeugkomponenten, insbesondere BIW-Komponenten eines Kraftfahrzeugs gelöst, da die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbander die Herstellung von Formteilen für die entsprechende Verwendung ermöglichen, welche sehr hohe Umformgrade durchlaufen können, gleich-

zeitig aber hohe Streckgrenzen zur Reduzierung der Materialstärke des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs zur Verfügung stellen und dennoch ein sehr gutes Korrosionsverhalten im Korrosionstest gemäß ASTM G67 aufweisen.

**[0021]** Im Weiteren soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung die Verfahrensschritte eines einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes und

Fig. 2a) und b) in einer schematischen, perspektivischen Darstellung die Ausführungsbeispiele einer vorteilhaften Verwendung des Aluminiumlegierungsbandes.

**[0022]** Figur 1 zeigt zunächst in einer schematischen Darstellung die Verfahrensschritte eines Ausführungsbeispiels zur Herstellung eines Aluminiumbandes auf einer Aluminiumlegierung gemäß der vorliegenden Erfindung. Zunächst wird in Schritt 1 ein Walzbarren bestehend aus einer Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsgehalten gegossen:

$$3,6 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mg} \leq 6 \text{ Gew.}\%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \text{ Gew.}\%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15 \text{ Gew.}\%,$$

$$0,1 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \text{ Gew.}\%,$$

$$\text{Cr} < 0,05 \text{ Gew.}\%,$$

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

$$\text{Ti} \leq 0,20 \text{ Gew.}\%,$$

**[0023]** Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 Gew.%, in Summe max. 0,15 Gew.-%.

**[0024]** Bei einer Temperatur von 480 °C bis 550 °C wird der Walzbarren für eine Dauer von mindestens 0,5 h gemäß Schritt 2 homogenisiert. Anschließend erfolgt das Warmwalzen des Walzbarrens in Schritt 3 bei einer Temperatur von 280 °C bis 500 °C zu einem Warmband. Vor einer letzten Zwischenglühung gemäß Schritt 5 erfolgt ein Kaltwalzen des Aluminiumlegierungsbandes mit einem Abwalzgrad von 10 % bis 45 % gemäß Schritt 4. Die Begrenzung des Abwalzgrads auf 10 % bis 45 % bewirkt, dass bei der anschließenden Zwischenglühung gemäß Schritt 5 durch Rekristallisieren eine mittlere Korngröße von mehr als 20 µm erreicht werden kann. Die Durchführung der letzten Zwischenglühung des kaltgewalzten Aluminiumlegierungsbandes bei 300 °C bis 500 °C stellt für den abschließenden Kaltwalzschritt 6 ein rekristallisiertes Gefüge mit Korngrößen von mehr als 20 µm zur Verfügung. Die Schritte 4 und 5 können ggf. wiederholt werden, um bei Bedarf dünnere Blechdicken an Enddicke zu erzielen. Durch das Kaltwalzen gemäß Schritt 6 wird bei einem Abwalzgrad von 30 % bis 60 % an Enddicke in das rekristallisierte Gefüge Kaltverfestigung eingebracht, welche zu einer Steigerung der Streckgrenze  $R_{p0,2}$  führt. Durch eine Rückglüfung gemäß Schritt 7 wird das kaltgewalzte Gefüge einer Erholung unterzogen, sodass insbesondere die Gleichmaßdehnung  $A_g$  und die Brucheinschnürung  $Z$  wieder höhere Werte annehmen und ein gutes Umformverhalten eingestellt wird. Die beim letzten Kaltwalzen erzielte Steigerung der Streckgrenze  $R_{p0,2}$  bleibt aufgrund der Temperaturwahl nach der Rückglüfung zumindest teilweise erhalten, sodass ein Aluminiumlegierungsband mit einer Streckgrenze von mehr als 190 MPa zur Verfügung gestellt werden kann. Bei Dehnungswerten für die Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mehr als 14 % und Werten für die Brucheinschnürung  $Z$  von mehr als 50 % kann das hergestellte Aluminiumlegierungsband und daraus hergestellte Bleche auch komplexen Umformver-

fahren unterzogen werden.

**[0025]** In dem in Figur 1 dargestellten zusätzlichen Schritt 8 werden aus dem Aluminiumlegierungsband Bleche zu-  
geschnitten, die anschließend in Umformverfahren zu Formteilen, beispielsweise zu Fahrzeugkomponenten des "Body-  
in-White" eines Kraftfahrzeugs, sogenannten BIW-Komponenten, umgeformt werden. BIW-Komponenten weisen häufig  
komplexe Geometrien auf und erfordern daher ein hohes Umformvermögen der Bänder bzw. Bleche, aus denen diese  
hergestellt werden. Um signifikante Gewichtsreduzierungen zu erzielen, benötigen BIW-Komponenten aus einer Alu-  
miniumlegierung auch entsprechend geringe Blechdicken, was hohe Festigkeiten und Streckgrenzen der verwendeten  
Aluminiumlegierungsbänder bzw. -bleche voraussetzt. Die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbänder und die  
aus daraus hergestellten Bleche erfüllen diese Voraussetzung ebenso wie die notwendige Korrosionsbeständigkeit, wie  
Versuche zeigen. Werden Fahrzeugkomponenten, insbesondere BIW-Komponenten daher aus einem erfindungsge-  
mäßigen Aluminiumlegierungsband hergestellt, können diese kostengünstiger als bisherige Komponenten aus AA6XXX-  
Werkstoffen zur Verfügung gestellt werden.

**[0026]** Figur 2a) und 2b) zeigen schematisch Einsatzbereiche des erfindungsgemäß hergestellten Aluminiumlegie-  
rungsbandes in Form verschiedenster Bleche einer Fahrzeugstruktur gemäß Figur 2a) oder beispielsweise eines sche-  
matisch dargestellten Innenteil einer Fahrzeugtür gemäß Figur 2b). Aufgrund des guten Korrosionsverhaltens der Alu-  
miniumlegierungsbänder gemäß der vorliegenden Erfindung eröffnen sich weitere Anwendungsmöglichkeiten für die  
erfindungsgemäßen, nicht-aushärtbaren, also naturharten Aluminiumlegierungsbänder und -bleche im Kraftfahrzeug.

**[0027]** Aus verschiedenen Aluminiumlegierungszusammensetzungen wurden Walzbarren gegossen, einem Homo-  
genisieren bei 480 °C bis 550 °C für mindestens 0,5 h unterzogen, bei 280 °C bis 500 °C zu Warmbändern warmgewalzt  
und anschließend variierenden Bedingungen beim Kaltwalzen vor und nach einem letzten Zwischenglühen unterzogen.  
Tabelle 1 zeigt insgesamt sieben verschiedene Legierungszusammensetzungen. In den zwölf Versuchen wurden neben  
den sieben verschiedenen Legierungen unterschiedliche Parameter für das Kaltwalzen vor und nach der letzten Zwi-  
schenglühung verwendet. Bis zur Fertigstellung der Warmbänder unterschieden sich die hergestellten Versuchsbänder,  
abgesehen von unterschiedlichen Warmbanddicken und unterschiedlichen Aluminiumlegierungen, nicht.

Tabelle 1

Versuch Nr		Legierungsbestandteile [Gew.-%]							
		Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Cr	Zn	Ti
1	Vgl	0,136	0,318	0,031	<u>2,9</u>	0,80	<u>0,068</u>	0,011	0,013
2	Vgl	0,210	0,320	0,028	4,1	<u>0,41</u>	<u>0,120</u>	0,007	0,011
3	Vgl	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
4	Erf	<b>0,031</b>	<b>0,130</b>	<b>0,002</b>	<b>4,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,021</b>
5	Erf	<b>0,031</b>	<b>0,130</b>	<b>0,002</b>	<b>4,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,021</b>
6	Vgl	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
7	Erf	<b>0,073</b>	<b>0,190</b>	<b>0,004</b>	<b>4,4</b>	<b>0,29</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,015</b>
8	Erf	<b>0,031</b>	<b>0,130</b>	<b>0,002</b>	<b>4,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,021</b>
9	Vgl	0,140	0,290	0,060	4,7	<u>0,58</u>	<u>0,090</u>	0,009	0,019
10	Erf	<b>0,050</b>	<b>0,170</b>	<b>0,023</b>	<b>4,9</b>	<b>0,26</b>	<b>0,008</b>	<b>0,003</b>	<b>0,026</b>
11	Erf	<b>0,062</b>	<b>0,190</b>	<b>0,120</b>	<b>5,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,013</b>
12	Erf	<b>0,062</b>	<b>0,190</b>	<b>0,120</b>	<b>5,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,013</b>

**[0028]** In Tabelle 1 sind andere Verunreinigungen, welche in den Ausführungsbeispielen weniger als 0,01 Gew.-%  
betragen, nicht angegeben. Der Restgehalt bestand aus Aluminium.

**[0029]** Ferner sind in Tabelle 1 die Legierungsbestandteile, welche außerhalb des erfindungsgemäß vorgesehenen  
Bereichs liegen, unterstrichen angegeben. Die Versuche 1, 2 und 9 umfassten Aluminiumlegierungen deren Mg-, Mn-  
oder Cr-Gehalt außerhalb des erfindungsgemäßen Bereichs liegen. Im Vergleichsbeispiel Nr. 1 ist der Mg-Gehalt zu  
klein und die Gehalte an Mn und Cr zu groß. Zu hohe Werte für Cr und leicht erhöhte Werte für Mn umfasst auch  
Vergleichsbeispiel Nr. 2. Vergleichsbeispiel Nr. 9 hat wiederum deutlich zu große Werte für Mn und Cr.

**[0030]** Die aus verschiedenen Aluminiumlegierungen bereitgestellten Warmbänder wurden anschließend gemäß der  
Vorgaben in Tabelle 2 im Kaltwalzen vor der letzten Zwischenglühung sowie nach der Zwischenglühung kaltgewalzt.  
Die Rückglühtemperatur betrug bei allen Versuchen 240 °C. Das Rückglühen erfolgte im Coil, wobei die Metalltemperatur



## EP 3 314 031 B1

der Rückglühtemperatur für eine Dauer von mindestens 0,5 h gehalten wurde. In Tabelle 2 sind zudem noch die Enddicken  $a_0$  angegeben, die zwischen 0,7 mm und 1,7 mm etwa liegen.

**[0031]** In Tabelle 2 sind die Abwalzgrade, welche außerhalb des erfindungsgemäßen Bereichs liegen, unterstrichen. Die Vergleichsbeispiel Nr. 1 und 6 weisen zu hohe Abwalzgrade vor dem Zwischenglühen auf, wohingegen Vergleichsbeispiel Nr. 3 einen zu geringen Schlussabwalzgrad nach der Zwischenglühung aufweist.

**[0032]** Bei allen Versuchen wurde nach dem Zwischenglühen die mittlere Korngröße, also der mittlere Korndurchmesser vermessen. Hierzu wurden Proben von den Bändern entnommen und Längsschliffe gemäß der Barker-Methode anodisiert. Unter dem Mikroskop wurden die Proben gemäß ASTM E1382 vermessen und die mittlere Korngröße durch den mittleren Korndurchmesser bestimmt.

**[0033]** Nach der Herstellung der Bänder wurden Proben entnommen und mechanische Kennwerte wie die Streckgrenze  $R_{p0,2}$ , die Zugfestigkeit  $R_m$ , die Gleichmaßdehnung  $A_g$ , die Bruchdehnung  $A_{80mm}$  sowie die Brucheinschnürung  $Z$  gemäß EN 10002-1 bzw. ISO 6892 gemessen. Alle Werte sind in Tabelle 3 neben den ermittelten mittleren Korngröße bzw. dem mittleren Korndurchmesser eingetragen. Zusätzlich zeigt Tabelle 3 auch die Werte des Massenverlustes in einem Korrosionstest gemäß ASTM G67 (NAMLT), bei welchem die Proben vorher einer simulierten Temperaturbelastung für 17h bei 130 °C unterzogen wurden.

Tabelle 2

Versuch Nr	Typ	Abwalzgrad vor dem letzten Zwischenglühen [%]	Schlussabwalzgrad [%]	Rückglühtemperatur [°C]	Enddicke $a_0$ [mm]
1	Vgl	<u>58</u>	40	240	1,488
2	Vgl	25	50	240	1,700
3	Vgl	25	<u>20</u>	240	1,480
4	Erf	24	31	240	1,324
5	Erf	24	40	240	1,482
6	Vgl	<u>61</u>	40	240	1,489
7	Erf	25	50	240	1,231
8	Erf	24	60	240	0,773
9	Vgl	25	50	240	1,337
10	Erf	43	60	240	1,398
11	Erf	26	50	240	1,502
12	Erf	26	60	240	1,211

**[0034]** Wiederum sind die mechanischen Kennwerte, welche außerhalb der für das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband beanspruchten Werte liegen, unterstrichen dargestellt.

Tabelle 3

Versuch Nr	Typ	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_g$ [%]	$A_{80mm}$ [%]	$Z$ [%]	IK (17h / 130°C) [mg/cm <sup>2</sup> ]	Korngröße nach Zwischenglühung [µm]
1	Vgl	227	297	<u>10,6</u>	<u>11,5</u>	<u>49</u>	1,1	10
2	Vgl	244	331	14,6	16,1	<u>45</u>	4,1	15
3	Vgl	<u>159</u>	266	18,8	23,8	71	8,6	29
4	Erf	191	291	15,1	18,1	59	6,8	31
5	Erf	201	298	15,0	18,0	58	6,6	31
6	Vgl	210	304	15,7	18,6	52	<u>18,6</u>	<u>13</u>
7	Erf	217	311	15,5	18,2	62	2,5	33
8	Erf	211	307	16,2	18,4	56	5,8	31
9	Vgl	257	349	12,8	14,3	<u>39</u>	4,2	<u>13</u>

(fortgesetzt)

Versuch Nr	Typ	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_g$ [%]	$A_{80mm}$ [%]	Z [%]	IK (17h / 130°C) [mg/cm <sup>2</sup> ]	Korngröße nach Zwischenglühung [µm]
10	Erf	238	342	16,6	19,2	56	12,6	21
11	Erf	258	353	15,3	16,5	53	6,3	27
12	Erf	270	359	15,6	17,8	55	5,6	27

**[0035]** Die Vergleichsbeispiele 1 und 2 zeigen deutlich den Einfluss der Legierungszusammensetzung auf die Ergebnisse bezüglich der Umformbarkeit. Im Vergleichsbeispiel Nr. 1, welche einen deutlich erhöhten Mn-Gehalt aufweist, sinkt beispielsweise die Gleichmaßdehnung  $A_g$  auf 10,6 % ab. Auch der zu geringe Mg-Gehalt des Vergleichsbeispiels Nr. 1 wirkt großen Dehnungswerten entgegen.

**[0036]** Das Vergleichsbeispiel Nr. 2 mit einem erhöhten Cr-Gehalt bei leicht überhöhtem Mn-Gehalt zeigt dagegen Brucheinschnürungswerte Z, die unterhalb von 50 % liegen, was auf ein verschlechtertes Umformverhalten zurück-schließen lässt. Die Brucheinschnürung Z stellt nämlich gerade die Eigenschaft des Werkstoffes dar, bei großen Umformungen über eine Querschnittsverringerung Material für die Umformung zur Verfügung zu stellen, ohne zu reißen. Aufgrund der höheren Mn-Gehalte bzw. Cr-Gehalte hat die mittlere Korngröße von 10 bzw. 15 µm keinen negativen Einfluss auf die Korrosionseigenschaften dieser Proben.

**[0037]** Vergleicht man das Vergleichsbeispiel Nr. 3 mit dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel Nr. 4 wird deutlich, dass über die Einstellung des Abwalzgrades beim Schlusswalzen nach der Zwischenglühung die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  eingestellt werden kann. Die Ausführungsbeispiele Nr. 4, 5 und 8 zeigen, dass über Schlussabwalzgrade nach der Zwischenglühung von 31 % bis 60 % die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  auf Werte bis zu 211 MPa angehoben werden kann, ohne signifikante Einbußen im Bereich der für die Umformung wichtigen Kennwerte wie die Gleichmaßdehnung  $A_g$  oder Z nach sich zu ziehen.

**[0038]** Nimmt man das Vergleichsbeispiel Nr. 6 hinzu, welches eine identische Aluminiumlegierung wie die Beispiele 3, 4, 5 und 8 aufweist, kann sehr deutlich der Einfluss der Einstellung der mittleren Korndurchmessers durch Begrenzung des Abwalzgrades beim Kaltwalzen vor der letzten Zwischenglühung erkannt werden. Bei einem Abwalzgrad von 61 % beim Kaltwalzen vor der letzten Zwischenglühung wird durch die Zwischenglühung ein relativ feines Korn mit einem mittleren Durchmesser bzw. einer mittleren Korngröße von 13 µm erzeugt, welches die Korrosionseigenschaften negativ beeinflusst. Das Vergleichsbeispiel Nr. 6 wird als nicht beständig gegen interkristalline Korrosion eingestuft.

**[0039]** Die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele zeigen, dass die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  auf Werte bis zu 270 MPa durch Verwendung von Abwalzgraden beim Schlusskaltwalzen von 40 % bis 60 % gesteigert werden. Hier trägt insbesondere der höhere Mg-Gehalt von bis zu 5,2 Gew.-% im Ausführungsbeispiel Nr. 12 zur deutlichen Steigerung der Streckgrenze  $R_{p0,2}$  bei.

**[0040]** Ein Vergleich der erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele Nr. 9, 10 und 11 zeigt, dass die Korrosionsbeständigkeit stark von der Wahl des Abwalzgrades vor dem letzten Zwischenglühen und damit von dem mittleren Korndurchmesser bzw. der mittleren Korngröße abhängt. Bei den Ausführungsbeispielen Nr. 10 und 11 ist der Mg-Gehalt gegenüber Ausführungsbeispiel Nr. 9 erhöht, was prinzipiell zu einer schlechteren Korrosionsbeständigkeit gegenüber interkristalline Korrosion führen könnte. Überraschenderweise ist die Korrosionsbeständigkeit dieser Ausführungsbeispiele gegenüber dem mit kleinerem Korndurchmesser versehenen und einen geringeren Mg-Gehalt aufweisenden Ausführungsbeispiel Nr. 9 jedoch deutlich besser. Hier wird deutlich, dass der bevorzugte Verfahrensweg über die erfindungsgemäßen Beschränkungen der Kaltwalzgrade vor dem letzten Zwischenglühen einen deutlichen Einfluss auf das Endprodukt des rückgeglühten Bandes hat.

**[0041]** Im Ergebnis zeigen die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele, dass ein Aluminiumlegierungsband zur Verfügung gestellt werden kann, welches Streckgrenzwerte, Dehnungswerte und eine Korrosionsbeständigkeit gegen interkristalline Korrosion aufweist, das für den Einsatz in hochbeanspruchten Fahrzeugkomponenten besonders gut geeignet ist und aufgrund der Verwendung einer nicht-aushärtbaren Aluminiumlegierung kostengünstig hergestellt werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumbandes oder -blechs aus einer Aluminiumlegierung mit folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-%:

# EP 3 314 031 B1

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

5

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

10

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

15

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

20

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

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

25

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 %, in Summe max. 0,15%,  
wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

30

- Gießen eines Walzbarrens bestehend aus der genannten Aluminiumlegierung,
- Homogenisieren des Walzbarrens bei 480 °C bis 550 °C für mindestens 0,5 h,
- Warmwalzen des Walzbarrens bei einer Temperatur von 280 °C bis 500 °C zu einem Warmband,
- Kaltwalzen des Aluminiumlegierungsbandes nach dem Warmwalzen mit einem Abwalzgrad von 10 % bis 45 % vor einer letzten Zwischenglühung,
- Durchführen mindestens einer letzten Zwischenglühung des kaltgewalzten Aluminiumlegierungsbandes bei 300 °C bis 500 °C, derart dass das kaltgewalzte Aluminiumlegierungsband ein rekristallisiertes Gefüge nach der Zwischenglühung aufweist,
- Kaltwalzen des zwischengeglühten Aluminiumlegierungsbandes mit einem Abwalzgrad von 30 % bis 60% an Enddicke und - Rückglühen des Aluminiumlegierungsbandes im Coil an Enddicke, wobei die Metalltemperatur 190 - 250 °C für mindestens 0,5 h beträgt.

35

40

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Abwalzgrad beim Kaltwalzen vor der letzten Zwischenglühung 20 % bis 30% beträgt.

45

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Abwalzgrad beim Kaltwalzen an Enddicke nach der letzten Zwischenglühung 40 % bis 60% beträgt.

50

4. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Aluminiumlegierungsband auf eine Enddicke von 0,5 mm bis 5,0 mm, bevorzugt 1,0 bis 3,0 mm kaltgewalzt wird.

55

5. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Temperatur bei der Rückglühung 220 bis 240 °C beträgt.
6. Kaltgewalztes und rückgeglühtes Aluminiumlegierungsband oder -blech, hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bestehend aus einer Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen:

# EP 3 314 031 B1

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

5

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

10

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

15

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

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

20

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

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

25

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 %, in Summe max. 0,15%,  
wobei das Aluminiumlegierungsband

eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 190 MPa,

eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mindestens 14 %,

eine Brucheinschnürung  $Z$  von mehr als 50% sowie

30

im Korrosionstest gemäß ASTM G67 nach einer vorherigen Sensibilisierungsglühung für 17h bei 130°C einen  
Massenverlust von weniger als 15 mg/cm<sup>2</sup> aufweist.

7. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

35

der Mg-Gehalt des Aluminiumlegierungsbandes 4,2 Gew.-% bis 6 Gew.-%, vorzugsweise 4,2 Gew.-% bis 5,2 Gew.-% beträgt.

8. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach Anspruch 6 oder 7,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

40

der Mn-Gehalt des Aluminiumlegierungsbandes 0,1 Gew.-% bis 0,3 Gew.-% beträgt.

9. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Cr-Gehalt des Aluminiumlegierungsbandes weniger als 0,01 Gew.-% beträgt.

45

10. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach einem der Ansprüche 6 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Aluminiumlegierungsband eine oder mehrere der folgenden Beschränkungen der Anteile der Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:

50

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

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

55

oder

$$\text{Zn} \leq 0,01 \, \%$$

11. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach Anspruch 6 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Aluminiumlegierungsband eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften aufweist:

eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 200 MPa,

eine Gleichmaßdehnung  $A_g$  von mindestens 15 %,

eine Brucheinschnürung  $Z$  von mindestens 55% oder

im Korrosionstest gemäß ASTM G67 nach einer vorherigen Sensibilisierungsglühung für 17h bei 130°C einen Massenverlust von weniger als 10 mg/cm<sup>2</sup> aufweist.

12. Aluminiumlegierungsband oder -blech nach einem der Ansprüche 6 bis 11,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Aluminiumlegierungsband eine Dicke von 0,5 bis 5,0 mm, vorzugsweise 1,0 bis 3,0 mm aufweist.

13. Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs nach einem der Ansprüche 6 bis 12 zur Herstellung von Strukturteilen oder Fahrwerkskomponenten eines Kraftfahrzeugs.

## Claims

1. Method for producing an aluminium strip or sheet from an aluminium alloy having the following alloying constituents in wt%:

$$3.6 \, \% \leq \text{Mg} \leq 6 \, \%,$$

$$\text{Si} \leq 0.4 \, \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0.5 \, \%,$$

$$\text{Cu} \leq 0.15 \, \%,$$

$$0.1 \, \% \leq \text{Mn} \leq 0.4 \, \%,$$

$$\text{Cr} < 0.05 \, \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0.20 \, \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0.20 \, \%,$$

with the remainder Al and unavoidable impurities, individually at most 0.05 wt%, in total at most 0.15 wt%, wherein the method comprises the following steps:

- casting a rolling ingot consisting of the specified aluminium alloy,

- homogenising the rolling ingot at 480 °C to 550 °C for at least 0.5 h,

- hot rolling the rolling ingot at a temperature of 280 °C to 500 °C into a hot strip,

- cold rolling the aluminium alloy strip after hot rolling with a degree of rolling of 10 % to 45 % before a last intermediate annealing,

- carrying out at least a last intermediate annealing on the cold-rolled aluminium alloy strip at 300 °C to 500 °C in such a way that the cold-rolled aluminium alloy strip has a recrystallised microstructure after the intermediate annealing,
- cold rolling the intermediate-annealed aluminium alloy strip with a degree of rolling of 30 % to 60 % to a final thickness and
- reverse annealing the aluminium alloy strip in the coil to a final thickness, wherein the metal temperature is 190 - 250 °C for at least 0.5 h.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** the degree of rolling during cold rolling before the last intermediate annealing is 20 % to 30%.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the degree of rolling during cold rolling to a final thickness after the last intermediate annealing is 40 % to 60%.
4. Method according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the aluminium alloy strip is cold rolled to a final thickness of 0.5 mm to 5.0 mm, preferably 1.0 mm to 3.0 mm.
5. Method according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the temperature during reverse annealing is 220 °C to 240 °C.
6. Cold-rolled and reverse annealed aluminium alloy strip or sheet, produced using a method according to any one of Claims 1 to 5, consisting of an aluminium alloy having the following alloying constituents:

$$3.6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0.4 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0.5 \%,$$

$$\text{Cu} \leq 0.15 \%,$$

$$0.1 \% \leq \text{Mn} \leq 0.4 \%,$$

$$\text{Cr} < 0.05 \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0.20 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0.20 \%,$$

with the remainder Al and unavoidable impurities, individually at most 0.05 wt%, in total at most 0.15 wt%, wherein the aluminium alloy strip has  
 a yield strength  $R_{p0.2}$  of more than 190 MPa,  
 a uniform elongation  $A_g$  of at least 14 %,   
 a percentage reduction of area after fracture Z of more than 50 % and  
 in the corrosion test according to ASTM G67, after a prior sensitization heat treatment for 17 h at 130 °C, a mass loss of less than 15 mg/cm<sup>2</sup>.

7. Aluminium alloy strip or sheet according to Claim 6, **characterised in that** the Mg content of the aluminium alloy strip is 4.2 wt% to 6 wt%, preferably 4.2 wt% to 5.2 wt%

## EP 3 314 031 B1

8. Aluminium alloy strip or sheet according to Claim 6 or 7, **characterised in that** the Mn content of the aluminium alloy strip is 0.1 wt% to 0.3 wt%
9. Aluminium alloy strip or sheet according to any one of Claims 6 to 8, **characterised in that** the Cr content of the aluminium alloy strip is less than 0.01 wt%
10. Aluminium alloy strip or sheet according to any one of Claims 6 to 9, **characterised in that** the aluminium alloy strip has one or more of the following restrictions on the proportions of the alloying constituents in wt%:

$$\text{Si} \leq 0.2 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0.35 \%$$

or

$$\text{Zn} \leq 0.01 \%,$$

11. Aluminium alloy strip or sheet according to Claim 6 to 10, **characterised in that** the aluminium alloy strip has one or more of the following properties:

a yield strength  $R_{P0.2}$  of more than 200 MPa,  
a uniform elongation  $A_g$  of at least 15 %,  
a percentage reduction of area after fracture Z of at least 55 % or  
in the corrosion test according to ASTM G67, after a prior sensitization heat treatment for 17 h at 130 °C, a mass loss of less than 10 mg/cm<sup>2</sup>.

12. Aluminium alloy strip or sheet according to any one of Claims 6 to 11, **characterised in that** the aluminium alloy strip has a thickness of 0.5 mm to 5.0 mm, preferably 1.0 mm to 3.0 mm.
13. Use of an aluminium alloy strip or sheet according to any one of Claims 6 to 12 for producing structural parts or chassis components of a motor vehicle.

### Revendications

1. Procédé de fabrication d'une bande ou d'une tôle en aluminium à partir d'un alliage d'aluminium, avec les constituants d'alliage suivants en pourcentage en poids :

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

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

## EP 3 314 031 B1

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

5

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

le reste Al et impuretés inévitables, au maximum individuellement 0,05 %, au maximum au total 0,15 %, où le procédé comprend les étapes suivantes consistant à :

- 10
- Coulage d'un lingot de laminage constitué dudit alliage d'aluminium,
  - Homogénéisation du lingot de laminage à une température allant de 480 °C à 550 °C pendant au moins 0,5 h,
  - Laminage à chaud du lingot de laminage à une température allant de 280 °C à 500 °C pour former une bande à chaud,
  - Laminage à froid de la bande d'alliage d'aluminium après le laminage à chaud avec un degré de laminage de 10 % à 45 % avant un dernier recuit intermédiaire,
  - 15 - Exécution d'au moins un dernier recuit intermédiaire de la bande en alliage d'aluminium laminée à froid à une température allant de 300 °C à 500 °C de sorte que la bande en alliage d'aluminium laminée à froid présente une structure recristallisée après le recuit intermédiaire,
  - Laminage à froid de la bande en alliage d'aluminium recuite avec un degré de laminage de 30 % à 60 % à une épaisseur finale, et
  - 20 - Recuit d'adoucissement partiel la bande en alliage d'aluminium dans l'enroulement à l'épaisseur finale, où la température du métal est de 190 - 250 °C pendant au moins 0,5 h.

- 25
2. Procédé selon la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**  
le degré de laminage lors du laminage à froid avant le dernier recuit intermédiaire est de 20 % à 30 %.
- 30
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,  
**caractérisé en ce que**  
le degré de laminage lors du laminage à froid à l'épaisseur finale après le dernier recuit intermédiaire est de 40 % à 60 %.
- 35
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,  
**caractérisé en ce que**  
la bande en alliage d'aluminium est laminée à froid sur une épaisseur finale de 0,5 mm à 5,0 mm, de préférence de 1,0 à 3,0 mm.
- 40
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4,  
**caractérisé en ce que**  
la température lors du recuit d'adoucissement partiel est de 220 à 240 °C.
6. Bande ou tôle en alliage d'aluminium laminée à froid et recuite par adoucissement partiel, fabriquée avec un procédé selon l'une des revendications 1 à 5, se composant d'un alliage d'aluminium avec les constituants d'alliage suivants :

45

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

50

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

55

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$



## EP 3 314 031 B1

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

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

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

le reste Al et impuretés inévitables, au maximum individuellement 0,05 %, au maximum au total 0,15 %, où la bande en alliage d'aluminium présente une limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  supérieure à 190 MPa, un allongement uniforme  $A_g$  d'au moins 14 %, une striction Z supérieure à 50 % ainsi

qu'une perte de masse inférieure à 15 mg/cm<sup>2</sup> dans un test de corrosion selon ASTM G67 après un précédent recuit de sensibilisation pendant 17 h à 130 °C.

7. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon la revendication 6, **caractérisée en ce que**

la teneur en Mg de la bande en alliage d'aluminium est de 4,2 à 6 % en pourcentage en poids, de préférence 4,2 à 5,2 % en pourcentage en poids.

8. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce que**

la teneur en Mn de la bande en alliage d'aluminium est de 0,1 à 0,3 % en pourcentage en poids.

9. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon l'une de revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que**

la teneur en Cr de la bande en alliage d'aluminium est inférieure à 0,01 % en pourcentage en poids.

10. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisée en ce que**

la bande en alliage d'aluminium présente une ou plusieurs restrictions quantitatives des constituants d'alliage en pourcentage en poids :

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

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

ou

$\text{Zn} \leq 0,01 \%$ .

11. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon la revendication 6 à 10, **caractérisée en ce que**

la bande en alliage d'aluminium présente une ou plusieurs des propriétés suivantes :

une limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  supérieure à 200 MPa,

un allongement uniforme  $A_g$  d'au moins 15 %,

une striction Z d'au moins 55 % ou

une perte de masse inférieure à 10 mg/cm<sup>2</sup> dans un test de corrosion selon ASTM G67 après un précédent recuit de sensibilisation pendant 17 h à 130 °C.

12. Bande ou tôle en alliage d'aluminium selon l'une des revendications 6 à 11, **caractérisée en ce que**

## EP 3 314 031 B1

la bande en alliage d'aluminium présente une épaisseur de 0,5 à 5,0 mm, de préférence jusqu'à 3,0 mm.

13. Utilisation d'une bande ou tôle en alliage d'aluminium selon l'une des revendications 6 à 12 pour la fabrication d'éléments structurels ou composants du train de roulement d'un véhicule automobile.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

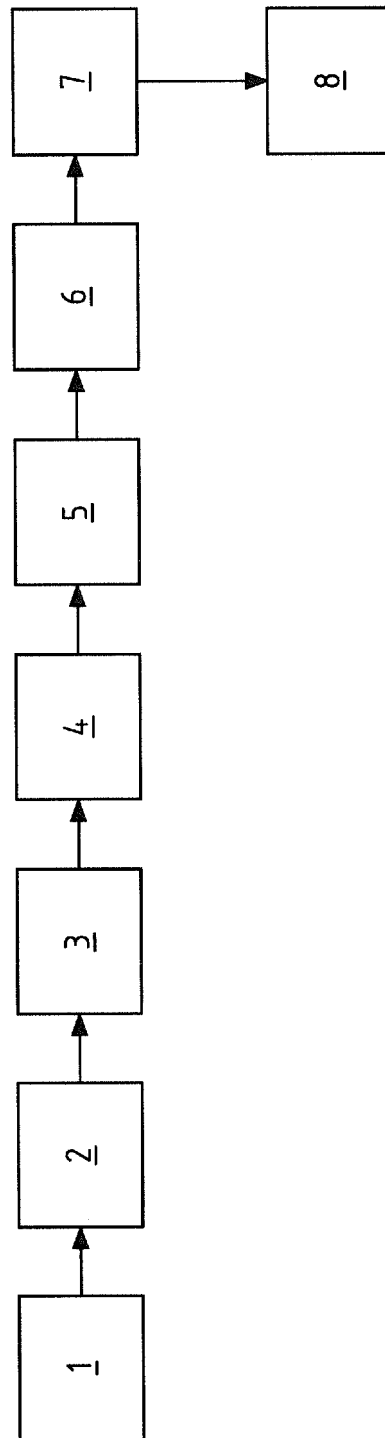


Fig.1

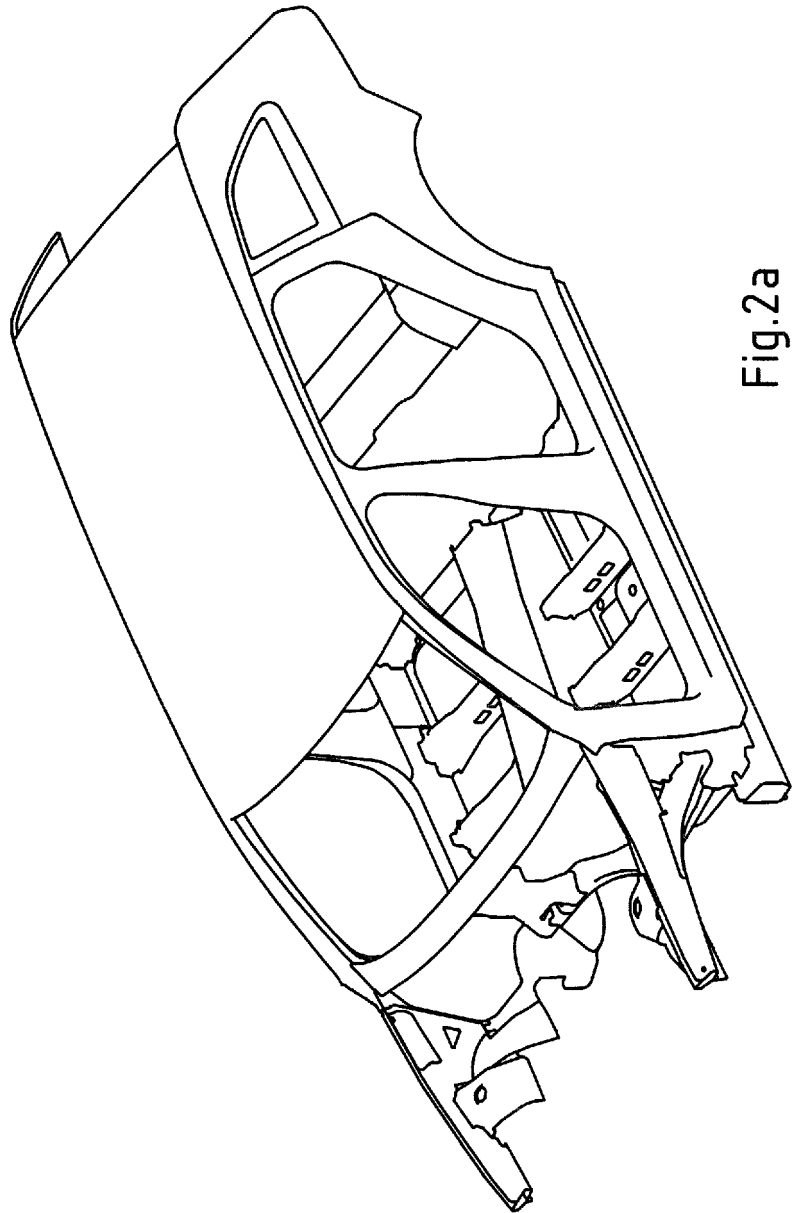


Fig. 2a

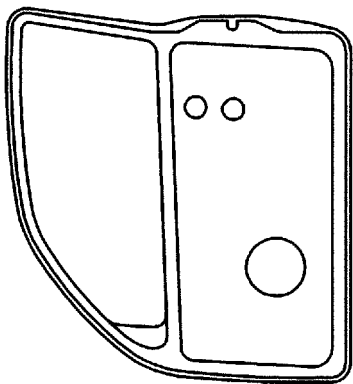


Fig. 2b

**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**

- WO 2014029853 A1 [0006]
- DE 102009008282 A1 [0007]
- US 2015159250 A1 [0007]