

(19)



(11)

EP 3 178 952 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.07.2020 Patentblatt 2020/31

(51) Int Cl.:
C22C 21/00 ^(2006.01) **C22C 21/02** ^(2006.01)
C22F 1/043 ^(2006.01) **C22F 1/047** ^(2006.01)
C22F 1/05 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17151174.4**

(22) Anmeldetag: **28.03.2014**

(54) **HOCHUMFORMBARE, MITTELFESTE ALUMINIUMLEGIERUNG ZUR HERSTELLUNG VON HALBZEUGEN ODER BAUTEILEN VON KRAFTFAHRZEUGEN**

HIGH PLASTICITY MODERATE STRENGTH ALUMINIUM ALLOY FOR MANUFACTURING SEMI-FINISHED PRODUCTS OR COMPONENTS OF MOTOR VEHICLES

ALLIAGE D'ALUMINIUM À HAUTE DUCTILITÉ, SEMI-RIGIDE DESTINÉ À LA FABRICATION DE DEMI-PRODUITS OU DE PIÈCES POUR VÉHICULES AUTOMOBILES

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.06.2017 Patentblatt 2017/24

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
14162348.8 / 2 924 135

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

(72) Erfinder:
• **HENTSCHEL, Dr. Thomas
53121 Bonn (DE)**

• **MILLER-JUPP, Dr. Simon
78121 Crespières (FR)**
• **BRINKMAN, Dr. Henk-Jan
53175 Bonn (DE)**
• **ENGLER, Dr. Olaf
53229 Bonn (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- 2006 152 359 JP-A- 2007 277 706

EP 3 178 952 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 eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen sowie ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs bestehend aus einem Aluminiumlegierungsblech.

[0002] Halbzeuge und Bauteile für Kraftfahrzeuge müssen abhängig von Ihrem Einsatzort und Einsatzzweck im Kraftfahrzeug unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Während der Herstellung der Halbzeuge und Bauteile für Kraftfahrzeuge sind die Umformeigenschaften der Aluminiumlegierung bzw. der daraus hergestellten Bänder und Bleche entscheidend. Beim späteren Einsatz im Kraftfahrzeug spielen die Festigkeitswerte aber auch insbesondere die Korrosionseigenschaften eine erhebliche Rolle.

[0003] Beispielsweise werden bei Strukturteilen eines Kraftfahrzeugs, wie beispielsweise Türinnenteilen, die mechanischen Eigenschaften vorwiegend durch die Steifigkeit bestimmt, welche vor allem von der Formgebung der Türinnenteile abhängt. Demgegenüber hat beispielsweise die Zugfestigkeit einen eher untergeordneten Einfluss. Allerdings dürfen die verwendeten Werkstoffe für ein Türinnenteil auch nicht zu weich sein. Eine gute Umformbarkeit ist dagegen für die Einführung von Aluminiumlegierungswerkstoffen in den Kraftfahrzeugbereich besonders wichtig, da die Bauteile und Halbzeuge bei deren Herstellung besonders komplexe Umformprozesse durchlaufen. Dies betrifft insbesondere Bauteile, die in einer einteiligen Blechschalenbauweise hergestellt werden, wie z. B. Blechinnentürteile mit integriertem Fensterahmenbereich. Solche Bauteile haben durch die Einsparung von Fügeoperationen erhebliche Kostenvorteile gegenüber einer beispielsweise gefügten Aluminiumprofillösung für den Fensterrahmen. Ziel ist es beispielsweise Halbzeuge oder Bauteile einteilig aus einer Aluminiumlegierung herstellen zu können und dabei möglichst wenige Umformoperationen anzuwenden. Dies erfordert eine Maximierung des Umformverhaltens der einzusetzenden Aluminiumlegierung. Die für ähnliche Anwendungen gelegentlich eingesetzte Aluminiumlegierung vom Typ AA5005 (AlMg1) erfüllt diese Voraussetzungen nicht, da diese aufgrund von Verfestigungen beim Umformen kein ausreichendes Umformvermögen besitzt.

[0004] Eine weitere wichtige Rolle spielt die Korrosionsbeständigkeit, da Bauteile von Kraftfahrzeugen häufig Schwitzwasser, Spritzwasser und Kondenswasser ausgesetzt sind. Die zu verwendende Aluminiumlegierung sollte daher möglichst korrosionsbeständig, insbesondere im lackierten Zustand gegenüber interkristalliner Korrosion und gegen Filiformkorrosion sein. Unter Filiformkorrosion wird ein Korrosionstyp verstanden, der bei beschichteten Bauteilen auftritt und einen fadenförmigen Verlauf aufweist. Die Filiformkorrosion tritt bei hoher Luftfeuchtigkeit in Gegenwart von Chloridionen auf. Die Aluminiumlegierung vom Typ AA8006 (AlFe1,5Mn 0,5) weist zwar eine ausreichende Festigkeit und eine sehr hohe Umformbarkeit auf, sie ist aber anfällig für Filiformkorrosion. Die Legierung AA8006 ist damit für beschichtete, insbesondere lackierte Bauteile wie Türinnenteile weniger geeignet.

[0005] Aus der bisher noch nicht veröffentlichten internationalen Patentanmeldung der Anmelderin PCT/EP2014/053323 ist eine Aluminiumlegierung als Alternative zur Aluminiumlegierung vom Typ AA8006 bekannt, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:

Fe $\leq$ 0,8 %,
Si $\leq$ 0,5 %,
0,9 % $\leq$ Mn $\leq$ 1,5 %,
Mg $\leq$ 0,25 %,
Cu $\leq$ 0,20 %,

Cr $\leq$ 0,05 %,

Ti $\leq$ 0,05 %,

V $\leq$ 0,05 %,

Zr $\leq$ 0,05 %,

[0006] Rest Aluminium, unvermeidliche Begleitelemente einzeln $< 0,05$ %, in Summe $< 0,15$ %, wobei die Summe der Mg und Cu-Gehalte folgende Relation erfüllt:

$0,15 \% \leq \text{Mg} + \text{Cu} \leq 0,25 \%$.

[0007] Es hat sich gezeigt, dass auch diese Aluminiumlegierung insbesondere in Bezug auf deren Umformverhalten noch verbesserungswürdig ist. Darüber hinaus kann der hohe Mn-Gehalt zu Problemen beim Recycling dieser Aluminiumlegierung führen, wenn sie im Schrottkreislauf mit den in Automobilanwendungen üblicherweise eingesetzten Al-Mg-Si-Legierungen vom Legierungstyp AA6XXX vermischt werden.

[0008] Aus der JP 2006-152358 A ist eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Getränkedosen bekannt, welche eine gute Umformbarkeit und Festigkeit für Getränkedosen zeigt.

[0009] Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen für Kraftfahrzeuge zur Verfügung zu stellen, die hochumformbar, mittelfest und sehr korrosionsbeständig ist. Darüber hinaus soll ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen werden.

[0010] Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe durch eine Alumi-

Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen gelöst, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:

$0,6 \% \leq \text{Si} \leq 0,9 \%$,
 $0,6 \% \leq \text{Fe} \leq 1,0 \%$,
 $\text{Cu} \leq 0,1 \%$,
 $0,6 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \%$,
 $0,5 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$,
 $\text{Cr} \leq 0,05 \%$,

[0011] Rest Al und Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

[0012] Anders als die bisherigen Ansätze geht die vorliegende Aluminiumlegierung von der Erkenntnis aus, dass Al-Mg-Si-Legierungen vom Legierungstyp AA6XXX in weichgeglühtem Zustand eine sehr gute Umformbarkeit aufweisen. Allerdings waren sie für die bisherigen Anwendungen zu weich. Die Untergrenzen der zwangsweise vorgesehenen Legierungselemente von 0,6 Gew.-% für Si, 0,6 Gew.-% für Fe, 0,6 Gew.-% für Mn und 0,5 Gew.-% für Mg gewährleisten, dass die Aluminiumlegierung in weichgeglühtem Zustand ausreichende Festigkeiten bereitstellen kann. Die Obergrenzen von 0,9 Gew.-% für Si, 1,0 Gew.-% für Fe, 0,9 Gew.-% für Mn und 0,8 Gew.-% für Mg verhindern, dass die Bruchdehnung sinkt und damit das Umformverhalten verschlechtert wird. Aus dem gleichen Grund werden auch die Legierungselemente Cu auf maximal 0,1 Gew.-% und Cr auf maximal 0,05 Gew.-% begrenzt. Durch die Kombination der vorgesehenen Legierungsbestandteile an Si, Fe, Mg und Mn wird damit sichergestellt, dass einerseits das sehr gute Umformverhalten der Al-Mg-Si-Legierungen mit einer erhöhten Festigkeit kombiniert wird, ohne zu starke Einbußen in der Duktilität zu besitzen. Die Untersuchungen zeigten, dass die angegebene Aluminiumlegierung in weichgeglühtem Zustand die Anforderungen an die Umformbarkeit und insbesondere an die Korrosionsbeständigkeit erfüllen und damit für die Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen in Kraftfahrzeugen geeignet ist. Mit den genannten Bereichen der zwangsweise vorgesehenen Legierungselemente Si, Fe, Mn und Mg fällt die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung in die Klasse der Al-Mg-Si-Legierungen vom Legierungstyp AA6XXX. Das ermöglicht eine verbesserte Rezyklierbarkeit dieser Aluminiumlegierung, wenn sie im Schrottkreislauf mit den in Automobilanwendungen üblicherweise eingesetzten Al-Mg-Si-Legierungen vom Legierungstyp AA6XXX vermischt werden.

[0013] Gemäß einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung weisen die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg die folgenden Anteile in Gew.-% auf:

$0,7 \% \leq \text{Si} \leq 0,9 \%$,
 $0,7 \% \leq \text{Fe} \leq 1,0 \%$,
 $0,7 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \%$ und
 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$.

[0014] Durch die Anhebung der unteren Grenzen für Si, Fe, Mn und Mg wird erreicht, dass die Festigkeit der Aluminiumlegierung noch weiter zunimmt, ohne das Umformverhalten bzw. die Bruchdehnung der aus Aluminiumlegierung hergestellten, weichen Bleche oder Bänder zu verschlechtern.

[0015] Eine weitere Verbesserung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung in Bezug auf eine maximale Bruchdehnung wird dadurch erreicht, dass die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg die folgenden Anteile in Gew.-% aufweisen:

$0,7 \% \leq \text{Si} \leq 0,8 \%$,
 $0,7 \% \leq \text{Fe} \leq 0,8 \%$,
 $0,7 \% \leq \text{Mn} \leq 0,8 \%$ und
 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 0,7 \%$.

[0016] Es hat sich herausgestellt, dass durch diesen engen Korridor an Zwangsgehalten in Bezug auf die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg ein sehr guter Kompromiss zwischen erzielter Festigkeit und Bruchdehnungseigenschaften, d. h. Umformseigenschaften der Aluminiumlegierung erzielt wird.

[0017] Zwar hat die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung gute Korrosionseigenschaften, allerdings kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Aluminiumlegierung die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion dadurch weiter verbessert werden, dass der Si-Gehalt der Legierung den Mg-Gehalt um maximal 0,2 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,1 Gew.-% übersteigt.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung kann die Bruchdehnung der Aluminiumlegierung dadurch weiter verbessert werden, dass der Cr-Gehalt weiter reduziert wird, auf einen Wert von maximal 0,01 Gew.-%, vorzugsweise auf maximal 0,001 Gew.-%. Es hat sich gezeigt, dass Chrom sich bereits in

sehr geringen Konzentrationen negativ auf die Bruchdehnungseigenschaften auswirkt.

[0019] Einen ähnlichen Effekt hat auch die Reduzierung der Cu-Gehalte auf maximal 0,05 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-%, wobei gleichzeitig die Neigung zur Filiform-Korrosion bzw. interkristallinen Korrosion durch die Reduzierung der Cu-Gehalte allgemein zurückgeht.

[0020] Ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung weist die folgenden Verfahrensschritte auf:

- Gießen eines Walzbarrens,
- Homogenisieren bei einer Temperatur zwischen 500°C und 600°C für mindestens 0,5 h
- Warmwalzen des Walzbarrens bei Temperaturen von 280°C bis 500°C, vorzugsweise bei Temperaturen von 300°C bis 400°C auf eine Dicke von 3 mm bis 12 mm,
- Kaltwalzen mit oder ohne Zwischenglühung mit einem Abwalzgrad von mindestens 50%, bevorzugt mindestens 70% auf eine Enddicke von 0,2 mm bis 5 mm und
- Schlussweichglühung bei 300°C bis 400°C, bevorzugt 330°C bis 370°C für mindestens 0,5 h, vorzugsweise mindestens 2 h in einem Kammerofen.

[0021] Nach dem Gießen sorgt die Homogenisierung bei einer Temperatur von 500°C bis 600°C für mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h dafür, dass ein homogenes Gefüge für die weitere Verarbeitung des Walzbarrens bereitgestellt wird. Die Warmwalztemperaturen ermöglichen dabei eine gute Rekristallisation während des Warmwalzens, sodass das Gefüge nach dem Warmwalzen möglichst feinkörnig ist. Durch das Kaltwalzen wird dieses feinkörnige Gefüge lediglich gestreckt und im Schlussweichglühen erneut rekristallisiert. Bei einer Fertigung ohne Zwischenglühung wird durch das Kaltwalzen eine besonders hohe Anzahl an Versetzungen in dem Gefüge erzeugt, welches bei der Schlussweichglühung ein sehr feinkörniges durchrekristallisiertes Gefüge erzeugt. Hierzu muss der Abwalzgrad an Enddicke vor der Schlussweichglühung mindestens 50%, bevorzugt mindestens 70 % auf die angestrebte Enddicke aufweisen.

[0022] Ein weiterer positiver Einfluss auf die Feinkörnigkeit des Gefüges kann dadurch erreicht werden, dass gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens die Homogenisierung zweistufig erfolgt, wobei der Walzbarren zunächst auf 550°C bis 600°C für mindestens 0,5 h erwärmt wird und anschließend der Walzbarren auf 450°C bis 550° für mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h gehalten wird. Anschließend wird der Walzbarren warmgewalzt.

[0023] Die Korrosionseigenschaften können dadurch verbessert werden, dass der Walzbarren nach dem Gießen oder nach dem Homogenisieren auf der Ober- und Unterseite gefräst wird, um Verunreinigungen von der Ober- und Unterseite des Walzbarrens, welche die Korrosionsbeständigkeit negativ beeinflussen können, auszuschließen.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird mindestens eine Zwischenglühung nach einem ersten Kaltwalzen bei einer Temperatur von 300°C bis 400°C, vorzugsweise bei einer Temperatur von 330°C bis 370°C für mindestens 0,5 h erfolgen, wobei vor und nach der Zwischenglühung der Abwalzgrad mindestens 50 %, bevorzugt mindestens 70 % beträgt. Durch die gewählten Abwalzgrade vor der Zwischenglühung bzw. nach der Zwischenglühung wird erreicht, dass das Gefüge während der Zwischenglühung ausreichend durchrekristallisiert. Die Zwischenglühungsdauer beträgt mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h.

[0025] Findet die Zwischenglühung bei einer Temperatur von 330°C bis 370°C statt, wird sichergestellt, dass aufgrund der angehobenen unteren Temperatur von 330°C eine ausreichende Rekristallisation stattfindet und gleichzeitig durch die Verringerung der Obergrenze eine effiziente Zwischenglühung durchgeführt wird, welche möglichst wenig Wärmeenergie benötigt.

[0026] Ein Aluminiumlegierungsband oder -blech kann aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung hergestellt werden, wobei das Band eine Dicke von 0,2 mm bis 5 mm besitzt und im weichgeglühten Zustand eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von mindestens 45 MPa sowie eine Gleichmaßdehnung A_g von mindestens 23 % und eine Bruchdehnung A_{80mm} von mindestens 35 % aufweist. Insbesondere bei der angegebenen Dicke des Bandes in Verbindung mit der Legierungszusammensetzung und den daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften im weichgeglühten Zustand sind die Voraussetzungen gegeben, dass das Aluminiumlegierungsband bzw. -blech für Bauteile im Kraftfahrzeug verwendet werden kann, welche neben sehr guten Umformeigenschaften auch eine sehr gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion bzw. Filiform-Korrosion aufweisen. Dies gilt insbesondere auch für lackierte bzw. beschichtete Bauteile.

[0027] Insofern löst auch die Verwendung des Aluminiumlegierungsbandes zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen eines Kraftfahrzeugs, insbesondere Strukturteile eines Kraftfahrzeugs, die oben genannte Aufgabe. Insbesondere Strukturteile können mit sehr großen Umformgraden hergestellt werden und sehr komplexe Formen annehmen ohne besonders komplizierte Umformoperationen zu benötigen. Insbesondere sind diese auch in lackierter Form besonders korrosionsbeständig, insbesondere gegen interkristalline Korrosion und Filiform-Korrosion.

[0028] Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung wird die aufgezeigte Aufgabe durch ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs, insbesondere ein Türinnenteil eines Kraftfahrzeugs aufweisend mindestens ein umgeformtes Blech aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung gelöst. Wie bereits zuvor ausgeführt, haben die Untersuchun-

gen gezeigt, dass die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung nicht nur die erforderlichen Umformeigenschaften in weichgeglühtem Zustand bereitstellt, sondern auch gleichzeitig die notwendige Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit der Strukturteile gewährleistet.

[0029] Um die optimalen Umformgrade zu erzielen, wird das erfindungsgemäße Strukturteil aus einem Band hergestellt, welches mit dem beschriebenen Verfahren hergestellt worden ist. Es hat sich gezeigt, dass mit dem Verfahren die Umformeigenschaften sowie auch die Festigkeitseigenschaften des Strukturteils auf prozesssichere Weise erreicht werden können, sodass eine wirtschaftliche Produktion der Strukturteile, welche die genannten Voraussetzungen erfüllen, möglich ist.

[0030] Im Weiteren soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels des Verfahrens zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes,

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm für ein weiteres Ausführungsbeispiel des Verfahrens und

Fig. 3 ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel eines Strukturteils eines Kraftfahrzeugs.

[0031] Ein erstes Ausführungsbeispiel in einem schematischen Ablaufdiagramm zeigt nun Fig. 1. In einem ersten Schritt 2 wird der Walzbarren gegossen, beispielsweise im DC-Stranggussverfahren oder im Bandgussverfahren. Im Verfahrensschritt 4 wird der Barren dann auf eine Temperatur von 500°C bis 600°C erwärmt und für mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h auf dieser Temperatur zur Homogenisierung gehalten. Der so homogenisierte Walzbarren wird anschließend bei einer Temperatur von 280°C bis 500°C, bevorzugt 300°C bis 400°C bis auf eine Enddicke von 3 bis 12 mm warmgewalzt. Anschließend erfolgt im Schritt 8 ein Kaltwalzen auf Enddicke, an welches sich eine rekristallisierende Schlussweichglühung gemäß Schritt 10 anschließt. Beim Kaltwalzen auf Enddicke in einem oder mehreren Stichen muss der Abwalzgrad mindestens 50%, bevorzugt mindestens 70 % betragen, um bei der Schlussweichglühung ein ausreichend feinkörniges Gefüge zu erzeugen. Die Schlussweichglühung, bei welcher das Band erneut rekristallisiert, erfolgt im Kammerofen bei 300°C bis 400°C, bevorzugt bei 330°C bis 370°C im Schritt 10. Trotz der erfindungsgemäßen Legierungskomponenten von Mg, Si, Fe und Mn ist der Einsatz eines Durchlaufofens zur Herstellung des Aluminiumlegierungsbandes nicht möglich, da aufgrund der unterschiedlichen Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten andere Gefüge bereit gestellt würden.

[0032] Alternativ zur Fertigung des Aluminiumlegierungsbandes ohne Zwischenglühung kann gemäß Schritt 14 auch eine Zwischenglühung in einem Kammerofen bei 300°C bis 400°C, vorzugsweise bei 330°C bis 370°C erfolgen, wobei sowohl vor der Zwischenglühung als auch nach der Zwischenglühung ein Abwalzgrad von mindestens 50%, bevorzugt mindestens 70% gewährleistet werden sollte, um die Feinkörnigkeit des Gefüges nach der rekristallisierenden Schlussweichglühung positiv zu beeinflussen. Optional kann nach dem Gießen des Walzbarrens in Schritt 2 auch ein Fräsen gemäß Schritt 12 der Ober- und Unterseite des Walzbarrens erfolgen, um den Einfluss von Verunreinigungen an den Rändern der Barren bei der Walzbarrenherstellung auf das fertige Produkt zu minimieren. Insbesondere hat dies einen positiven Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit der Bauteile.

[0033] Fig. 2 zeigt nun ein weiteres Ablaufdiagramm, welches alternativ zum Schritt 4 den Schritt 16 der Homogenisierung zeigt. Die Homogenisierung hat einen Einfluss auf die Feinkörnigkeit des angestrebten Endgefüges des Bandes oder fertigen Bauteils. Um die Feinkörnigkeit des Gefüges weiter zu verbessern, wird das Homogenisieren mehrstufig ausgeführt. So wird anstelle des Schrittes 4 in Fig. 1 in Fig. 2 ein Homogenisierungsschritt 16 durchgeführt. Der Homogenisierungsschritt 16 weist zunächst eine erste Homogenisierungsphase, Schritt 18, auf, bei welcher der gefräste oder ungefräste Walzbarren auf eine Temperatur von 550°C bis 600°C für mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h erhitzt wird. In einem nächsten Schritt 20 wird der so aufgeheizte Walzbarren auf eine Temperatur von 450°C bis 550°C abgekühlt und für mindestens 0,5 h, bevorzugt mindestens 2 h auf dieser Temperatur gehalten, was in Fig. 2 im Schritt 22 dargestellt ist.

[0034] Alternativ kann der Walzbarren nach dem ersten Homogenisierungsschritt 18 auch in einem Schritt 24 auf Raumtemperatur abgekühlt und in einem nachfolgenden Schritt 26 auf die Temperatur für das zweite Homogenisieren angewärmt werden. Dies ist beispielsweise notwendig, wenn der Walzbarren zwischen dem Homogenisierungsschritt gelagert werden muss. Optional kann diese Phase bei Raumtemperatur dazu verwendet werden, den Walzbarren an Ober- und Unterseite zu fräsen, Schritt 28. Nach dem zweiten Homogenisierungsschritt 22 erfolgt das Warmwalzen wie in Fig. 1 dargestellt mit den dort angegebenen Parametern. Es hat sich gezeigt, dass die mehrstufige Homogenisierung, insbesondere die zweistufige Homogenisierung zu einem feineren Gefüge im Endprodukt führt.

[0035] Der erfindungsgemäße Effekt der Bereitstellung einer mittelfesten und sehr hoch umformbaren Aluminiumlegierung bzw. eines Aluminiumlegierungsbandes wurde anhand von 10 Ausführungsbeispielen nachgewiesen.

[0036] Zunächst wurden 10 verschiedene Walzbarren bestehend aus unterschiedlichen Legierungen im DC-Strang-

EP 3 178 952 B1

guss gegossen. Die Ober- und Unterseiten der Walzbarren wurden nach dem Gießen entsprechend dem Schritt 12 gefräst. Anschließend erfolgte eine zweistufige Homogenisierung, bei welcher zunächst die Walzbarren für 3,5 h bei 600°C und anschließend für 2 h bei 500°C gehalten wurden. Unmittelbar nach dem Homogenisieren wurden die Walzbarren direkt bei ca 500°C zu einem Aluminiumlegierungswarmband mit einer Dicke von 8 mm warmgewalzt. Das 8 mm dicke Warmband wurde schließlich ohne Zwischenglühung jeweils auf eine Enddicke von 1,5 mm kaltgewalzt, d. h. mit einem Abwalzgrad von mehr als 70%. Die rekristallisierende Schlussweichglüfung der kaltgewalzten Aluminiumlegierungsbänder mit einer Dicke von 1,5 mm erfolgte für 1 h bei 350°C in einem Kammerofen. Die verschiedenen, getesteten Aluminiumlegierungen zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1

	(V):Vergleich (E):Erfindung	Aluminiumlegierungsbestandteile in Gew.-%,					
Variante		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr
1	V	0,66	0,66	0,26	0,7	0,62	0,14
2	V	0,53	0,46	0,19	0,52	0,44	0,13
3	V	0,67	0,66	0,27	0,69	0,61	0,0005
4	V	0,73	0,68	0,0016	1,0	0,67	0,0002
5	E	0,72	0,69	0,0016	0,74	0,66	0,0006
6	E	0,67	0,65	0,07	0,69	0,61	0,0005
7	E	0,72	1,0	0,0017	0,72	0,66	0,0004
8	E	0,8	0,68	0,0015	0,72	0,63	0,0003
9	V	0,4	0,41	0,004	0,47	0,41	0,001
10	V	0,5	0,27	0,0013	0,66	0,42	0,0008

[0037] Die Varianten 1 bis 4 sowie 9 und 10 sind Vergleichsbeispiele, welche nicht der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung entsprechen. Die Ausführungsbeispiele 5 bis 8 entsprechen dagegen der erfindungsgemäß beanspruchten Aluminiumlegierungszusammensetzungen.

[0038] An den so hergestellten, kalt gewalzten Aluminiumlegierungsbändern wurden sowohl die Streckgrenze $R_{p0,2}$, die Zugfestigkeit R_m , die Gleichmaßdehnung A_g , die Bruchdehnung A_{80mm} und die beim Streckziehen erreichte Tiefung SZ 32 in Millimeter gemessen. Die Werte für die Dehngrenze $R_{p0,2}$ sowie die Zugfestigkeit R_m wurden im Zugversuch senkrecht zur Walzrichtung des Blechs nach DIN EN ISO 6892-1:2009 gemessen. Gemäß derselben Norm wurden die Gleichmaßdehnung A_g sowie die Bruchdehnung A_{80mm} in Prozent gemessen jeweils senkrecht zur Walzrichtung des Blechs mit einer Flachzug-Probe nach DIN EN ISO 6892-1:2009, Anhang B, Form 2. Das Umformverhalten kann darüber hinaus beispielsweise in einem Streckziehversuch SZ 32 durch eine Tiefungsprüfung nach Erikson (DIN EN ISO 20482) gemessen werden, bei welcher ein Prüfkörper gegen das Blech gedrückt wird, so dass es zu einer Kaltverformung kommt. Während der Kaltverformung werden die Kraft sowie der Stempelweg des Prüfkörpers gemessen, bis es zu einem Lastabfall, welcher die Bildung eines Risses als Ursache hat, kommt. In den vorliegenden Ausführungsbeispielen wurde die Tiefungsprüfung mit einem auf die Blechdecke abgestimmten Stempelkopfdurchmesser von 32 mm und Matrizendurchmesser von 35,4 mm unter Zuhilfenahme einer Teflon-Ziehfolie zur Reduzierung der Reibung durchgeführt. Die Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

Variante	M:Vergleich (E):Erfindung	$R_{p0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A_g %	A_{80mm} %	SZ 32 mm
1	V	65	145	19,6	26,5	15,8
2	V	52	131	21,9	30,3	16,2
3	V	60	135	22,7	30,3	16,4
4	V	51	122	22,3	33,5	15,6
5	E	48	112	23,1	35,3	16,0
6	E	47	118	23,5	35,0	16,5

(fortgesetzt)

Variante	M:Vergleich (E):Erfindung	$R_{p0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A_g %	A_{80mm} %	SZ 32 mm
7	E	50	120	23,4	36,2	16,1
8	E	47	112	23,8	36,6	15,0
9	V	41	98	23,6	37,9	16,5
10	V	41	102	24,2	38,0	16,3

[0039] Die Ausführungsbeispiele zeigen durch den Vergleich beispielsweise der Variante 2 mit den erfindungsgemäßen Varianten 5 bis 8, dass eine zu starke Reduzierung der Gehalte Si, Fe, Mn, Mg mit einer Anhebung der Gehalte für Cu und Cr dazu führt, dass zwar die Streckgrenzwerte oberhalb von 45 MPa verbleibt, allerdings die Bruchdehnung deutlich zurückgeht auf etwa 30 %. Dieser Effekt lässt sich auch nachweisen, wenn allein der Mn-Gehalt beispielsweise 1,0 % beträgt, was bereits die Bruchdehnung A_{80mm} auf unter 35 % drückt, Variante 4. Die Varianten 9 und 10 zeigen den Effekt reduzierter Gehalte an Si, Fe, Mn und Mg. Die Vergleichsbeispiele 9 und 10 zeigen zwar eine sehr gute Bruchdehnung A_{80mm} mit mehr als 35 %, allerdings liegt die Streckgrenze mit 41 MPa unterhalb der der erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele 5 bis 8.

[0040] Die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele zeigten insbesondere bei starken Umformungen ein sehr gutes Umformverhalten, was an den sehr guten Streckziehergebnissen SZ 32 und den hohen Dehnungswerten sowohl bei der Gleichmaßdehnung A_g als auch bei der Bruchdehnung A_{80mm} abgelesen werden kann. Hieran lässt sich erkennen, dass es insgesamt auf das Zusammenspiel der Legierungsgehalte Si, Fe, Mn, Mg ankommt, wobei die Komponenten Cr und Cu besonders niedrig gehalten werden müssen, vorzugsweise ist der Cu-Gehalt $\leq 0,05$ Gew.-%, bevorzugt $\leq 0,01$ Gew.-% und der Chromgehalt $\leq 0,01$ Gew.-%, bevorzugt $\leq 0,001$ Gew.-%. Gekoppelt mit der sehr guten Korrosionsbeständigkeit der Ausführungsbeispiele können für Fahrzeuge Halbzeuge und Bauteile, insbesondere Strukturbau-
teile wie Türinnenteile bereitgestellt werden, welche nicht nur die Spezifikationen des Anwendungsgebietes hinsichtlich mechanischer und chemischer Eigenschaften gewährleisten, sondern noch durch wenige Umformoperationen wirtschaftlich hergestellt werden können.

[0041] Die Aluminiumlegierungsbänder sind daher ideal geeignet, beispielsweise Strukturteile eines Kraftfahrzeugs, wie das in Fig. 3 dargestellte Türinnenteile 30 bereitzustellen bzw. für deren Herstellung verwendet zu werden. Das Türinnenteil ist aus einem Blech aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung mit einer Dicke 1,5 mm gefertigt, welches lediglich durch Umformoperationen, jedoch ohne Fügeoperationen einen Fensterrahmen bereitstellt.

Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen, welche die folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-% aufweist:

0,6 % $\leq$ Si $\leq$ 0,9 %,
 0,6 % $\leq$ Fe $\leq$ 1,0 %,
 Cu $\leq$ 0,1 %,
 0,6 % $\leq$ Mn $\leq$ 0,9 %,
 0,5 % $\leq$ Mg $\leq$ 0,8 %,
 Cr $\leq$ 0,05 %,
 Rest Al und Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg die folgenden Anteile in Gew.-% aufweisen:

0,7 % $\leq$ Si $\leq$ 0,9 %,
 0,7 % $\leq$ Fe $\leq$ 1,0 %,
 0,7 % $\leq$ Mn $\leq$ 0,9 % und
 0,6 % $\leq$ Mg $\leq$ 0,8 %.

3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg die folgenden Anteile in Gew.-% aufweisen:

0,7 % $\leq$ Si $\leq$ 0,8 %,
 0,7 % $\leq$ Fe $\leq$ 0,8 %,
 0,7 % $\leq$ Mn $\leq$ 0,8 % und
 0,6 % $\leq$ Mg $\leq$ 0,7 %.

4. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Aluminiumlegierung folgenden Cr-Gehalt in Gew.-% aufweist:
 Cr $\leq$ 0,01%.

5. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Aluminiumlegierung folgenden Cu-Gehalt in Gew.-% aufweist:
 Cu $\leq$ 0,05 %.

6. Strukturteil, insbesondere Türinnenteil (30), eines Kraftfahrzeugs aufweisend mindestens ein umgeformtes Blech aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

7. Strukturteil nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Blech aus einem Band zugeschnitten ist, welches mit einem Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit folgenden Verfahrensschritten:

- Gießen (2) eines Walzbarrens,
- Homogenisieren (4, 16) bei einer Temperatur zwischen 500 °C und 600 °C für mindestens 0,5 h,
- Warmwalzen (6) des Walzbarrens bei Temperaturen von 280 °C bis 500 °C auf eine Dicke von 3 mm bis 12 mm,
- Kaltwalzen (8) mit oder ohne Zwischenglühung mit einem Abwalzgrad von mindestens 50 %, bevorzugt mindestens 70 % auf eine Enddicke von 0,2 mm bis 5 mm und
- Schlussweichglühung (10) bei 300°C bis 400 °C für mindestens 0,5h in einem Kammerofen hergestellt ist.

Claims

1. Aluminium alloy for the manufacture of semi-finished products or components for motor vehicles, which comprises the following alloy components in % by weight:

0.6% $\leq$ Si $\leq$ 0.9%,
 0.6% $\leq$ Fe $\leq$ 1.0%,
 Cu $\leq$ 0.1%,
 0.6% $\leq$ Mn $\leq$ 0.9%,
 0.5% $\leq$ Mg $\leq$ 0.8%,
 Cr $\leq$ 0.05%,

the remainder Al and impurities, individually up to a maximum of 0.05% by weight, in total up to a maximum of 0.15% by weight.

2. Aluminium alloy according to claim 1, **characterised in that** the alloy components Si, Fe, Mn and Mg have the following contents in % by weight: 0.7% $\leq$ Si $\leq$ 0.9%,

0.7% $\leq$ Fe $\leq$ 1.0%,
 0.7% $\leq$ Mn $\leq$ 0.9% and
 0.6% $\leq$ Mg $\leq$ 0.8%.

3. Aluminium alloy according to claim 2, **characterised in that** the alloy components Si, Fe, Mn and Mg have the following contents in % by weight: 0.7% $\leq$ Si $\leq$ 0.8%,

0.7% $\leq$ Fe $\leq$ 0.8%,

$0.7\% \leq \text{Mn} \leq 0.8\%$ and

$0.6\% \leq \text{Mg} \leq 0.7\%$.

4. Aluminium alloy according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the aluminium alloy has the following Cr content in % by weight:
 $\text{Cr} \leq 0.01\%$.

5. Aluminium alloy according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that** the aluminium alloy has the following Cu content in % by weight:
 $\text{Cu} \leq 0.05\%$.

6. Structural component, in particular interior door part (30), of a motor vehicle comprising at least one formed sheet manufactured from an aluminium alloy according to one of the claims 1 to 5.

7. Structural component according to claim 6, **characterised in that** the sheet is cut from a strip produced using a method for manufacturing a strip from an aluminium alloy according to one of the claims 1 to 5 with following method steps:

- casting (2) of a rolling ingot,
- homogenisation (4,16) at a temperature of between 500°C and 600°C for at least 0.5 h,
- hot rolling (6) of the rolling ingot at temperatures of 280°C to 500°C to a thickness of 3 mm to 12 mm,
- cold rolling (8) with or without intermediate annealing with a degree of reduction of at least 50%, preferably at least 70% to a final thickness of 0.2 mm to 5 mm and
- final soft annealing (10) at 300°C to 400°C for at least 0.5h in a chamber furnace.

Revendications

1. Alliage d'aluminium pour la fabrication de produits semi-finis ou de pièces pour véhicules automobiles présentant des composants d'alliage en % en poids ci-dessous :

$0,6\% \leq \text{Si} \leq 0,9\%$,

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

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

$0,6\% \leq \text{Mn} \leq 0,9\%$,

$0,5\% \leq \text{Mg} \leq 0,8\%$,

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

le reste Al et impuretés, au maximum individuellement 0,05 % en poids, au maximum au total 0,15 % en poids.

2. Alliage d'aluminium selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les composants de l'alliage Si, Fe, Mn et Mg ont les teneurs en % en poids ci-dessous:

$0,7\% \leq \text{Si} \leq 0,9\%$,

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

$0,7\% \leq \text{Mn} \leq 0,9\%$ et

$0,6\% \leq \text{Mg} \leq 0,8\%$.

3. Alliage d'aluminium selon la revendication 2,

caractérisé en ce que

les composants de l'alliage Si, Fe, Mn et Mg ont les teneurs en % en poids ci-dessous :

$0,7\% \leq \text{Si} \leq 0,8\%$,

$0,7\% \leq \text{Fe} \leq 0,8\%$,

$0,7\% \leq \text{Mn} \leq 0,8\%$ et

$0,6\% \leq \text{Mg} \leq 0,7\%$.

4. Alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a la teneur en Cr en % en poids ci-dessous :

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

- 5 5. Alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a la teneur en Cu en % en poids ci-dessous :

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

- 10 6. Élément structurel, particulièrement partie intérieure de la porte (30), d'un véhicule automobile présentant au moins une tôle déformée fabriquée à partir d'un alliage d'aluminium selon la revendication 1 à 5.

7. Élément structurel selon la revendication 6,

caractérisé en ce que

- 15 la tôle est découpée dans une bande, laquelle est fabriquée avec un procédé d'une bande d'alliage d'aluminium selon les revendications 1 à 5 comprenant les étapes suivantes :

- Moulage (2) d'une plaque de laminage,

- Homogénéisation (4,16) à une température entre 500 °C et 600 °C pendant 0,5 h minimum,

- 20 - Laminage à chaud (6) de la plaque de laminage à une température de 280 °C à 500 °C à une épaisseur de 3 mm à 12 mm,

- Laminage à froid (8) avec ou sans recuit intermédiaire avec un niveau de laminage d'au moins 50 %, de préférence au moins 70 % à une épaisseur finale de 0,2 mm à 5 mm et

- Recuit doux final (10) à 300 °C jusqu'à 400 °C pendant au moins 0,5 h dans un four à chambre.

25

30

35

40

45

50

55

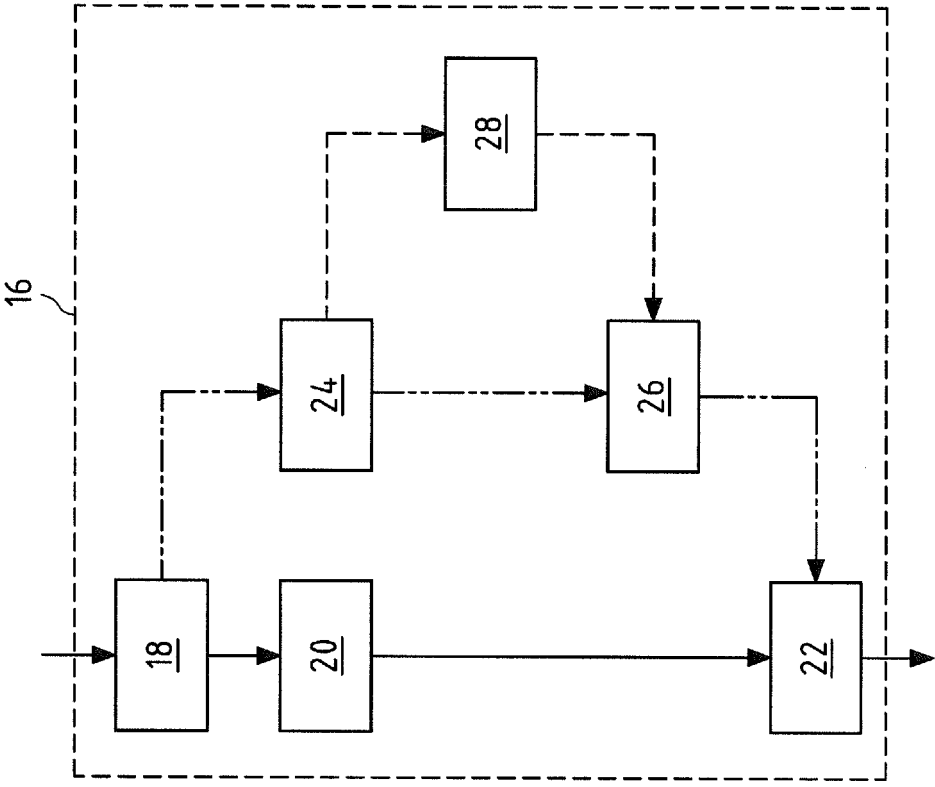


Fig.2

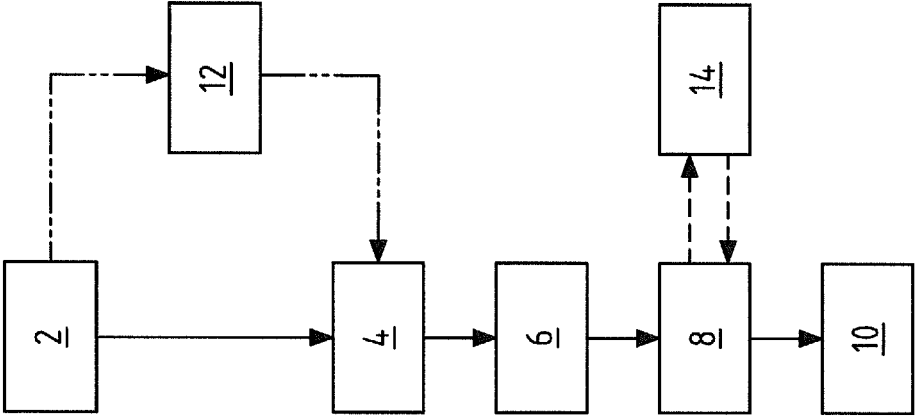


Fig.1

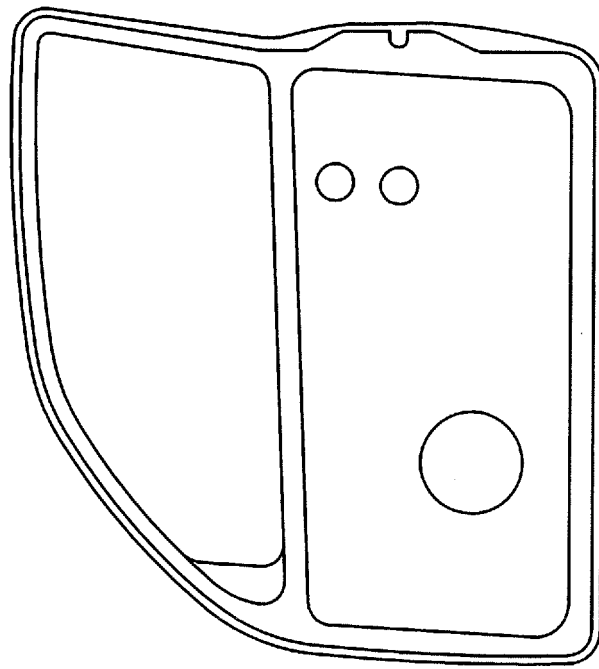


Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2014053323 W [0005]
- JP 2006152358 A [0008]