

(19)



(11)

EP 3 497 256 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.07.2020 Patentblatt 2020/27

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

(21) Anmeldenummer: **17751111.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/070676

(22) Anmeldetag: **15.08.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/033537 (22.02.2018 Gazette 2018/08)

(54) ALUMINIUMLEGIERUNG UND ALUMINIUMLEGIERUNGSBAND FÜR DEN FUSSGÄNGERAUFPRALLSCHUTZ

ALUMINUM ALLOY AND ALUMINUM ALLOY STRIP FOR PEDESTRIAN IMPACT PROTECTION
ALLIAGE D'ALUMINIUM POUR LA PROTECTION DES PIÉTONS CONTRE LA COLLISION

(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

- **ENGLER, Olaf**
53229 Bonn (DE)
- **RUDAT, Ulrich**
41468 Neuss (DE)

(30) Priorität: **15.08.2016 EP 16184151**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.06.2019 Patentblatt 2019/25

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 936 278 WO-A1-00/52216
US-A- 4 525 326 US-A1- 2007 039 669

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

EP 3 497 256 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Aluminiumlegierungsband hergestellt aus einer Aluminiumlegierung sowie ein Karosserieblechteil eines Kraftfahrzeugs hergestellt aus dem erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsband.

[0002] Aluminiumlegierungen vom Typ AA6xxx werden aufgrund ihrer vorteilhaften Kombination aus guter Umformbarkeit und ihrer Fähigkeit zur Steigerung der Festigkeit durch eine Aushärtung nach einer Wärmebehandlung im Kraftfahrzeugbau eingesetzt. Im Gegensatz zu den üblicherweise verwendeten Aluminiumlegierungsblechen bestehend aus einer AA6xxx Aluminiumlegierung, welche durch eine Aushärtung besonders hohe Streckgrenzen erreichen können, wird für Bleche, die für den Fußgängeraufprallschutz relevant sind, gefordert, dass eine möglichst geringe Aushärtung, beispielsweise nach einer Wärmebehandlung aufgrund einer Lackierung, erfolgt. Einerseits muss ein Blech für den Fußgängeraufprallschutz ein ausreichendes Energieabsorptionsvermögen aufweisen und die Aufprallenergie gezielt in Deformationsenergie umwandeln, so dass es moderate Streckgrenzen aufweisen muss. Andererseits sollen die Eigenschaften eines für den Fußgängeraufprallschutz relevanten Blechs sich im Verlaufe der Zeit nicht oder nur unwesentlich ändern. Neben höher legierten Aluminiumlegierungen vom Typ AA6xxx, bei welchen über spezifische Herstellverfahren die Aushärteeigenschaften reduziert werden, können auch Aluminiumlegierungen vom Typ AA6xxx mit sehr geringen Mg- und/oder Si-Gehalten verwendet werden, um dieses Ziel zu erreichen. Bei höher legierten Aluminiumlegierungen ist das Herstellverfahren und hier insbesondere die Kontrolle der Lösungsglühbedingungen jedoch sehr aufwendig und kostspielig. Darüber hinaus stellen Aluminiumlegierungen mit sehr geringen Magnesiumgehalten von etwa 0,2 Gew.-% nur sehr geringe Streckgrenzen und Zugfestigkeiten bereit. Sie sind daher zu weich, um am Kraftfahrzeug eingesetzt zu werden. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, weiche AA5xxx-Aluminiumlegierungen zu verwenden. Diese sind jedoch zum Teil anfällig für Fließfiguren, sodass sie für den sichtbaren Karosseriebereich nicht verwendet werden können. Andererseits stehen sie einem einheitlichen Legierungskonzept, beispielsweise beruhend auf AA6xxx-Aluminiumlegierungen, entgegen und erschweren damit Recyclingkonzepte.

[0003] Aus der europäischen Patentanmeldung EP 1 533 394 A1 ist ein Karosseriebauteil bekannt, welches beim Aufprall einen großen Teil der kinetischen Energie durch plastische Verformung aufnehmen kann und damit für den Fußgängeraufprallschutz geeignet ist. Die europäische Patentanmeldung schlägt vor, dass die in fester Lösung benötigten Elemente Magnesium und Silizium zur Vermeidung einer Warmaushärtung in Form von ausgeschiedenen Mg_2Si - und/oder Si-Partikeln vorliegen und es somit nur zu geringen Aushärtungseffekten nach einer weiteren Wärmebehandlung, beispielsweise durch Trocknung einer Lackierung, kommt. Um den Ausscheidungszustand zu erreichen, schlägt die europäische Patentanmeldung vor, keine Homogenisierungsglühung des Gießbarrens, nur eine partielle Lösungsglühung mit niedrigeren Temperaturen oder eine partielle Heterogenisierungsglühung an Enddicke der gewalzten Bleche im Coil in einem Kammerofen vorzunehmen. Diese Maßnahmen führen entweder zu deutlich höheren Kosten während der Produktion der Aluminiumlegierungsbänder oder haben negative Auswirkungen auf deren Verarbeitbarkeit. Eine nicht durchgeführte Homogenisierung kann beispielsweise die Qualität der hergestellten Bleche beeinflussen.

[0004] Hiervon ausgehend hat sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe gestellt, eine Aluminiumlegierung für Fahrzeuganwendungen zur Verfügung zu stellen, welche mit konventionellen Verfahrensschritten zu einem Band verarbeitet werden kann, so dass das hergestellte Band bei moderatem Festigkeitsniveau nur eine geringe Neigung zur Aushärtung aus dem Zustand T4 zeigt und ein Einsatz im Bereich des Fußgängeraufprallschutzes möglich ist. Zudem soll ein entsprechendes Aluminiumlegierungsband sowie ein Karosserieblechteil für ein Kraftfahrzeug vorgeschlagen werden.

[0005] Gemäß einer ersten Lehre wird die aufgezeigte Aufgabe für eine Aluminiumlegierungsband aufweisend eine Aluminiumlegierung für Fahrzeuganwendungen dadurch gelöst, dass die Aluminiumlegierung folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent aufweist:

0,40 Gew.-% $\leq Si \leq 0,55$ Gew.-%,
 0,15 Gew.-% $\leq Fe \leq 0,25$ Gew.-%,
 $Cu \leq 0,06$ Gew.-%,
 $0,15 \text{ Gew.-%} \leq Mn \leq 0,40 \text{ Gew.-%}$,
 $0,33 \text{ Gew.-%} \leq Mg \leq 0,40 \text{ Gew.-%}$,
 $Cr \leq 0,03$ Gew.-%,
 $0,005 \text{ Gew.-%} \leq Ti \leq 0,10 \text{ Gew.-%}$,

[0006] Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

[0007] Es hat sich herausgestellt, dass das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband neben einem für den Anwendungsbereich im Fahrzeugbau benötigten Zugfestigkeitsniveau von mindestens 130 MPa eine deutlich abgeschwächte Aushärtung zeigt, sodass der Anstieg der Streckgrenze $R_{p0,2}$ gegenüber den bekannten AA6xxx Aluminiumlegierungen geringer ausfällt. Insbesondere bei einer Anwendung des Aluminiumlegierungsbandes in Wärme belasteten Bereichen zeigt das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband eine deutlich geringere Neigung zur Aushärtung als Aluminiumlegierungsbänder aus Vergleichslegierungen. Für die Aushärtung der Aluminiumlegierung, die das erfin-

dungsgemäße Aluminiumlegierungsband aufweist, sind in der Regel die Silizium- und Magnesium-Anteile der Aluminiumlegierung verantwortlich. Die eng aufeinander abgestimmten Gehalte an Silizium und Magnesium, hier 0,40 Gew.-% bis 0,55 Gew.-% für Silizium sowie 0,33 Gew.-% bis 0,40 Gew.-% für Magnesium, gewährleisten einerseits ein ausreichendes Festigkeitsniveau des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes. Andererseits wird durch den

5 Gehalt an Mangan von 0,15 Gew.-% bis 0,40 Gew.-%, vorzugsweise 0,2 Gew.-% bis 0,4 Gew.-% oder 0,20 Gew.-% bis 0,30 Gew.-% in Verbindung mit dem Eisengehalt von 0,15 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% überschüssiges Silizium durch Bildung von Al-Fe-Mn-Si-Phasen gebunden, sodass weniger Silizium für eine Aushärtung durch Ausscheiden von Silizium-haltigen Partikeln zur Verfügung steht. Hierdurch kann die Aushärtung der Aluminiumlegierung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes verringert werden. Bevorzugt kann zur Verringerung der Aushärtung der Silizium-

10 gehalt auch auf maximal 0,50 Gew.-% begrenzt werden. Kupfer wird in der Regel aus Gründen zur Festigkeitssteigerung der Aluminiumlegierung hinzugefügt. Aufgrund der abgestimmten Gehalte von Silizium, Eisen, Mangan und Magnesium ist dies erfindungsgemäß aber nicht erforderlich. Kupfer kann zudem die Korrosionseigenschaften verschlechtern. Die Aluminiumlegierung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes ist daher nahezu kupferfrei und weist maximal 0,06 Gew.-% Kupfer auf. Da Kupfer häufig auch eine unerwünschte Verunreinigung beim Recycling darstellt, wird

15 hierdurch nicht nur die Korrosionsbeständigkeit des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes verbessert, sondern auch das Recycling des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes erleichtert. Um die Umformbarkeit des Aluminiumlegierungsbandes zu verbessern, ist der Chromgehalt auf maximal 0,03 Gew.-% sowie der Titangehalt auf 0,005 Gew.-% bis 0,10 Gew.-% begrenzt. Titan verbessert die Kornfeinung beim Gießen des Aluminiumlegierungsbandes und ist daher mit mindestens 0,005 Gew.-% in der Aluminiumlegierung, die das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband aufweist, enthalten. Titan ist zur Kornfeinung in der Regel mit bis zu 0,10 Gew.-% enthalten. Der Einsatz von

20 maximal 0,03 Gew.-% Titan ermöglicht es, bei guter Kornfeinung den Titangehalt zu minimieren. Es wurde herausgefunden, dass in dem eng begrenzten Bereich der Legierungszusammensetzung besondere Aushärtungseigenschaften der Aluminiumlegierung, die das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband aufweist, vorliegen, welche insbesondere durch eine niedrige Langzeitaushärtung bei einer Wärmebelastung gekennzeichnet sind. Das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband ist daher hervorragend geeignet, aufgrund der geringeren Aushärtung im Kraftfahrzeugbau für

25 Bleche verwendet zu werden, die durch ihr definiertes Energieabsorptionsvermögen für den Fußgängeraufprallschutz eingesetzt werden.

[0008] Erfindungsgemäß weist das Aluminiumlegierungsband gemäß einer ersten Ausgestaltung einen Mangan-Gehalt von 0,25 Gew.-% bis 0,35 Gew.-% auf. Durch diesen Mangangehalt wird erreicht, dass die Aushärtung der Aluminiumlegierung, die das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband aufweist, noch weiter verringert wird, da noch

30 mehr Mangan zur Verfügung steht, um überschüssiges Silizium durch Bildung von Al-Fe-Mn-Si-Phasen zu binden. Gleichzeitig wird durch die weitere Beschränkung von Mangan einer Festigkeitssteigerung im T4 Zustand entgegen gewirkt.

[0009] Das Korrosionsverhalten des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung dadurch verbessert werden, dass der Kupfergehalt auf unterhalb von 0,05 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-% gesenkt wird.

[0010] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes weist die Aluminiumlegierung einen Silizium-Gehalt von 0,40 Gew.-% bis 0,48 Gew.-% auf. Diese spezifische Reduktion der Obergrenze des Siliziumgehalts ermöglicht es, die Aushärtung der Aluminiumlegierung durch die Verringerung der für die Ausscheidung zur Verfügung stehenden Siliziumatome weiter zu reduzieren.

[0011] Gemäß einer nächsten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes weist die Aluminiumlegierung einen Magnesiumgehalt von 0,35 Gew.-% bis 0,40 Gew.-% auf. Durch diesen Magnesiumgehalt wird erreicht, dass die Aluminiumlegierung bei gleichbleibenden Aushärtungseigenschaften leicht erhöhte Zugfestigkeiten und verbesserte Umformeigenschaften aufgrund der höheren Mg-Gehalte aufweist.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Aluminiumlegierungsbandes weist dieses im Zustand T4 eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 55MPa bis 70MPa sowie eine Zugfestigkeit R_m von 130MPa bis 160MPa gemessen quer zur Walzrichtung auf. Die bevorzugte Kombination von Streckgrenzwerten und Zugfestigkeitswerten dieser Ausgestaltung des Aluminiumlegierungsbandes ermöglicht einen bevorzugten Einsatz zur Herstellung von Karosseriebauteilen, welche für den Fußgängeraufprallschutz geeignet sind. Aufgrund der moderaten Festigkeitssteigerung bzw. aufgrund der reduzierten Aushärtung weisen entsprechende Bleche auch nach längerem Einsatz, auch bei dauerhafter Wärmebelastung, weiterhin gute Eigenschaften für den Fußgängeraufprallschutz auf.

[0013] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes weist dieses im Zustand T6x eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von weniger als 100MPa gemessen quer zur Walzrichtung auf. Als Zustand T6x wird in der vorliegenden Patentanmeldung eine besonders praxisnahe Wärmebehandlung bezeichnet. Diese umfasst ein Lösungsglühen bei 530 °C für 5 Minuten mit einem anschließenden Abschrecken auf Raumtemperatur, eine Kalt-

55 auslagerung für 7 Tage bei Raumtemperatur, eine Erwärmung auf 205 °C für 30 Minuten sowie eine Erwärmung auf 80 °C für 500 Stunden. Die ersten Wärmebehandlungsschritte zur Erzielung des Zustands T6x entsprechen üblichen Bedingungen, wie sie zum Erreichen des Zustands T4 verwendet werden, nämlich der bekannten Abfolge von Wärmebe-

handlungen bestehend aus Lösungsglühen, Abschrecken und Kaltauslagern. Es folgt eine 30-minütige Erwärmung auf 205 °C, welche die Wärmebehandlung des Blechs im Falle einer Lackierung und Trocknung des Lackes simulieren soll (Paint-Bake). Anschließend wird durch eine weitere Wärmebehandlung der Dauereinsatz des Aluminiumlegierungsblechs bei erhöhter Temperatur, beispielsweise beim Einsatz in der Nähe des Motors, simuliert. Hierzu wird das Blech für 500 Stunden auf 80 °C erwärmt. Die Wärmebelastung fördert in der Regel die Aushärtung der Aluminiumlegierung, Das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband zeigt jedoch trotz der erhöhten Wärmebelastung eine deutlich verringerte Aushärtung und kann Streckgrenzen $R_{p0,2}$ von weniger als 100 MPa zur Verfügung stellen.

[0014] Die oben genannte Aufgabe wird gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung durch ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes aus einer Aluminiumlegierung gelöst, wobei das Verfahren die Schritte Gießen eines Walzbarrens oder Gießen eines Gießbandes, Homogenisierung des Walzbarrens, Warmwalzen des Walzbarrens oder des Gießbandes und optionales Kaltwalzen mit oder ohne Zwischenglühung an Enddicke umfasst. Im Gegensatz zur Lehre der europäischen Patentanmeldung EP 1 533 394 A1 umfasst das erfindungsgemäße Verfahren konventionelle Verfahrensschritte und gewährleistet gleichzeitig aufgrund der eng spezifizierten Aluminiumlegierung ein ausreichendes Zugfestigkeitsniveau bei verringerter Aushärtung, insbesondere bei einer lang andauernden Wärmebelastung, beispielsweise wie bei einer Motorhaube eines Kraftfahrzeugs. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Aluminiumlegierungsbander für die Herstellung von Blechen für den Fußgängeraufprallschutz kostengünstig und mit hoher Qualität hergestellt werden.

[0015] Die Homogenisierung des Walzbarrens erfolgt vorzugsweise bei Temperaturen von 450 °C bis 580 °C, bevorzugt 500 °C bis 570 °C für mehr als 1 Stunde. Das Warmwalzen erfolgt vorzugsweise mit Temperaturen von 280 °C bis 550 °C. Denkbar ist auch eine Warmbandfertigung mit Abschreckung des Aluminiumlegierungsbandes am Ende des Warmwalzens, wobei die Warmbandtemperatur mit dem letzten Warmwalzstich auf maximal 230 °C reduziert wird und das Band anschließend aufgewickelt wird. Diese Warmwalzverfahren ermöglichen eine wirtschaftliche Herstellung eines Warmbandes. Optional wird das Warmband einem Kaltwalzen unterzogen, bei welchem abhängig von der Ausgangsdicke des Warmbandes und der zu erreichenden Enddicke des Bandes das Kaltwalzen mit oder ohne Zwischenglühung durchgeführt wird. Bevorzugt werden Bänder für die Herstellung von Karosserieblechen mit einer Dicke von 0,8 mm bis 2,5 mm mit oder ohne Zwischenglühung hergestellt. Die Zwischenglühung kann bei Temperaturen von 280 °C bis 430 °C im Kammerofen für mindestens 30 Minuten oder im Durchlaufofen durchgeführt werden. Anschließend erfolgt ein Lösungsglühen im Durchlaufofen mit nachfolgender Abschreckung, beispielsweise auf Raumtemperatur gefolgt von einer Kaltauslagerung für etwa 3 bis 7 Tage, sodass Bleche und Bänder stabil im Zustand T4 der weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden können. Der Zustand T4 stellt den bevorzugten Ausgangszustand der Bleche dar, da im Zustand T4 in der Regel bei AA6xxx Legierungen maximale Umformgrade zur Verfügung gestellt werden. Das erfindungsgemäße Aluminiumband kann aufgrund der konventionellen Herstellung kostengünstig hergestellt werden und stellt dennoch eine verringerte Aushärtung zur Verfügung.

[0016] Vorzugsweise beträgt die Temperatur des Aluminiumbandes beim Lösungsglühen mindestens 480 °C, bevorzugt mindestens 500 °C für mindestens 20 s. Bei diesen Lösungsglühtemperaturen ist das erfindungsgemäße Band unempfindlich gegenüber Schwankungen oder Veränderung der Temperatur und Dauer beim Lösungsglühen, so dass ein mit gleichbleibendem Lösungszustand ausgestattetes Aluminiumlegierungsband bereitgestellt werden kann.

[0017] Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung wird die aufgeführte Aufgabe durch ein Karosserieblechteil eines Kraftfahrzeugs hergestellt aus einem erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsband gelöst. Das Karosserieblechteil kann besonders kostengünstig zur Verfügung gestellt werden, da aufgrund der Legierungszusammensetzung konventionelle Verfahrensschritte zur Herstellung des Aluminiumlegierungsbandes ausreichen, um ein Blech mit verringerter Aushärtungsneigung und moderaten Festigkeitseigenschaften zur Verfügung zu stellen. Das Karosserieblechteil zeigt aufgrund der geringeren Aushärtungsneigung nur einen geringen Anstieg der Streckgrenze $R_{p0,2}$ im Dauereinsatz. Darüber hinaus ermöglicht ein entsprechendes Aluminiumlegierungsband ein einheitliches Legierungskonzept aus AA6xxx Legierungen mit für das Recycling positiven Legierungsbestandteilen. Hierzu wird insbesondere auf die geringen Anteile an Kupfer, Chrom sowie Titan der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung verwiesen.

[0018] Vorzugsweise ist das Karosserieblechteil ein für den Fußgängeraufprallschutz vorgesehenes Blech, vorzugsweise ein Teil eines Kotflügels, ein Teil einer Motorhaube oder eines Fahrzeugdaches, eines Dachrahmens oder einer Heckklappe. Für den Fußgängeraufprallschutz vorgesehene Karosseriebleche müssen dauerhaft moderate Streckgrenzen $R_{p0,2}$ aufweisen, um im Falle eines Aufpralls durch Verformung die Aufprallenergie aufzunehmen und den Aufprall zu dämpfen. Die Aushärtungseigenschaften der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung sind hier vorteilhaft, da über die Lebensdauer des Karosserieblechteils der Anstieg der Streckgrenze $R_{p0,2}$ moderat bleibt. Darüber hinaus wird ein ausreichendes Festigkeitsniveau der Bleche bereitgestellt, so dass Blechteile für Kotflügel, Motorhaube, Heckklappe, Fahrzeugdach oder Dachrahmen einfach gehandhabt werden können.

[0019] Gemäß einer weiteren Lehre wird die aufgezeigte Aufgabe für eine Aluminiumlegierung für Fahrzeuganwendungen dadurch gelöst, dass die Aluminiumlegierung folgende Legierungsbestandteile in Gewichtsprozent aufweist:

$$0,40 \text{ Gew.}\% \leq \text{Si} \leq 0,55 \text{ Gew.}\%,$$

0,15 Gew.-% $\leq$ Fe $\leq$ 0,25 Gew.-%,
 Cu $\leq$ 0,06 Gew.-%,
 0,20 Gew.-% $\leq$ Mn $\leq$ 0,40 Gew.-%, bevorzugt 0,25 Gew.-% $\leq$ Mn $\leq$ 0,40 Gew.-%,
 0,33 Gew.-% $\leq$ Mg $\leq$ 0,40 Gew.-%,
 5 Cr $\leq$ 0,03 Gew.-%,
 0,005 Gew.-% $\leq$ Ti $\leq$ 0,10 Gew.-%,

[0020] Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

[0021] Es hat sich herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung neben einem für den Anwendungsbereich im Fahrzeugbau benötigten Zugfestigkeitsniveau von mindestens 130 MPa eine deutlich abgeschwächte Aushärtung zeigt, sodass der Anstieg der Streckgrenze $R_{p0,2}$ gegenüber den bekannten AA6xxx Aluminiumlegierungen geringer ausfällt. Insbesondere bei einer Anwendung der Aluminiumlegierung in Wärme belasteten Bereichen zeigt die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung eine deutlich geringere Neigung zur Aushärtung als Vergleichslegierungen. Für die Aushärtung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung sind in der Regel die Silizium- und Magnesium-Anteile der Aluminiumlegierung verantwortlich. Die eng aufeinander abgestimmten, erfindungsgemäßen Gehalte an Silizium und Magnesium, hier 0,40 Gew.-% bis 0,55 Gew.-% für Silizium sowie 0,33 Gew.-% bis 0,40 Gew.-% für Magnesium, gewährleisten einerseits ein ausreichendes Festigkeitsniveau der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung. Andererseits wird durch den Gehalt an Mangan von 0,2 Gew.-% bis 0,4 Gew.-%, 0,25 Gew.-% bis 0,4 Gew.-% oder 0,20 Gew.-% bis 0,30 Gew.-% in Verbindung mit dem Eisengehalt von 0,15 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% überschüssiges Silizium durch Bildung von Al-Fe-Mn-Si-Phasen gebunden, sodass weniger Silizium für eine Aushärtung durch Ausscheiden von Silizium-haltigen Partikeln zur Verfügung steht. Hierdurch kann die Aushärtung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung im Gegensatz zu den bisher bekannten Aluminiumlegierungen verringert werden. Bevorzugt kann zur Verringerung der Aushärtung der Siliziumgehalt auch auf maximal 0,50 Gew.-% begrenzt werden. Kupfer wird in der Regel aus Gründen zur Festigkeitssteigerung der Aluminiumlegierung hinzugefügt. Aufgrund der abgestimmten Gehalte von Silizium, Eisen, Mangan und Magnesium ist dies erfindungsgemäß aber nicht erforderlich. Kupfer kann zudem die Korrosionseigenschaften verschlechtern. Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung ist daher nahezu kupferfrei und weist maximal 0,06 Gew.-% Kupfer auf. Da Kupfer häufig auch eine unerwünschte Verunreinigung beim Recycling darstellt, wird hierdurch nicht nur die Korrosionsbeständigkeit der Aluminiumlegierung verbessert, sondern auch das Recycling der Aluminiumlegierung erleichtert. Um die Umformbarkeit der Aluminiumlegierung zu verbessern, ist der Chromgehalt auf maximal 0,03 Gew.-% sowie der Titangehalt auf 0,005 Gew.-% bis 0,10 Gew.-% begrenzt. Titan verbessert die Kornfeinung beim Gießen der Aluminiumlegierung und ist daher mit mindestens 0,005 Gew.-% in der Aluminiumlegierung enthalten. Titan ist zur Kornfeinung in der Regel mit bis zu 0,10 Gew.-% enthalten. Der Einsatz von maximal 0,03 Gew.-% Titan ermöglicht es, bei guter Kornfeinung den Titangehalt zu minimieren. Es wurde herausgefunden, dass in dem eng begrenzten Bereich der Legierungszusammensetzung besondere Aushärtungseigenschaften der Aluminiumlegierung vorliegen, welche insbesondere durch eine niedrige Langzeitaushärtung bei einer Wärmebelastung gekennzeichnet sind. Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung ist daher hervorragend geeignet, aufgrund der geringeren Aushärtung im Kraftfahrzeugbau für Bleche verwendet zu werden, die durch ihr definiertes Energieabsorptionsvermögen für den Fußgängeraufprallschutz eingesetzt werden.

[0022] Erfindungsgemäß weist die Aluminiumlegierung gemäß einer ersten Ausgestaltung einen Mangan-Gehalt von 0,25 Gew.-% bis 0,35 Gew.-% auf. Durch diesen Mangangehalt wird erreicht, dass die Aushärtung der Aluminiumlegierung noch weiter verringert wird, da noch mehr Mangan zur Verfügung steht, um überschüssiges Silizium durch Bildung von Al-Fe-Mn-Si-Phasen zu binden. Gleichzeitig wird durch die weitere Beschränkung von Mangan einer Festigkeitssteigerung im T4 Zustand entgegen gewirkt.

[0023] Das Korrosionsverhalten der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung dadurch verbessert werden, dass der Kupfergehalt auf unterhalb von 0,05 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-% gesenkt wird.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung weist die Aluminiumlegierung einen Silizium-Gehalt von 0,40 Gew.-% bis 0,48 Gew.-% auf. Diese spezifische Reduktion der Obergrenze des Siliziumgehalts ermöglicht es, die Aushärtung der Aluminiumlegierung durch die Verringerung der für die Ausscheidung zur Verfügung stehenden Siliziumatome weiter zu reduzieren.

[0025] Gemäß einer nächsten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung weist die Aluminiumlegierung einen Magnesiumgehalt von 0,35 Gew.-% bis 0,40 Gew.-% auf. Durch diesen Magnesiumgehalt wird erreicht, dass die Aluminiumlegierung bei gleichbleibenden Aushärtungseigenschaften leicht erhöhte Zugfestigkeiten und verbesserte Umformeigenschaften aufgrund der höheren Mg-Gehalte aufweist.

[0026] Im Weiteren soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 die Prozessschritte zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes,

Fig. 2 in einem Diagramm die Änderung der Streckgrenzwerte nach verschiedenen Wärmebehandlungen ausgehend vom Zustand T4 und

Fig. 3 in einer schematischen, perspektivischen Darstellung ein Kraftfahrzeug mit für den Fußgängeraufprallschutz relevanten Karosserieblechteilen.

[0027] Fig. 1 zeigt in einer sehr schematischen Darstellung den Verfahrensablauf bezüglich eines Ausführungsbeispiels eines Herstellverfahrens für erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsbänder.

[0028] In Schritt 1 wird zunächst ein Walzbarren mit einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gewichtsprozent gegossen:

0,40 Gew.-% $\leq$ Si $\leq$ 0,55 Gew.-%, bevorzugt $\leq$ 0,50 Gew.-%, besonders bevorzugt $\leq$

0,48 Gew.-%,

0,15 Gew.-% $\leq$ Fe $\leq$ 0,25 Gew.-%,

Cu $\leq$ 0,06 Gew.-%,

0,15 Gew.-% $\leq$ Mn $\leq$ 0,40 Gew.-%,

0,33 Gew.-% $\leq$ Mg $\leq$ 0,40 Gew.-%,

Cr $\leq$ 0,03 Gew.-%

0,005 Gew.-% $\leq$ Ti $\leq$ 0,10 Gew.-%,

[0029] Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

[0030] Anschließend wird der Aluminiumlegierungsbarren gemäß Schritt 2 bei Temperaturen von 450 °C bis 580 °C homogenisiert. Die Homogenisierung wird mindestens für eine Dauer von einer Stunde durchgeführt. Alternativ zur Herstellung eines Walzbarrens gemäß Schritt 1 kann auch gemäß Schritt 3 ein Gießband unmittelbar aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung gegossen werden.

[0031] Gemäß Schritt 4 wird der Walzbarren oder das Gießband warmgewalzt. Das Warmwalzen findet bei einer Temperatur von 280 °C bis 550 °C statt. Anschließend wird das Warmband aufgewickelt. Das Warmband kann aber auch beispielsweise mit einer Abschreckung innerhalb der letzten beiden Warmwalzstiche auf eine Temperatur unterhalb von 230 °C hergestellt und anschließend aufgewickelt werden. Ein so hergestelltes Warmband kann gemäß Schritt 5 ebenfalls einem Lösungsglühen, Abschrecken und einer anschließenden Kaltauslagerung unterzogen werden, um ein Warmband bestehend aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung im Zustand T4 zur Verfügung zu stellen.

[0032] Die Warmbänder können Dicken von etwa 2 mm bis 12 mm aufweisen. Gemäß Schritt 5 werden die Warmbänder in den Zustand T4 überführt, um maximale Umformeigenschaften zur Herstellung von Blechteilen aus den Bändern bereitzustellen. Der Zustand T4 kann beispielsweise durch ein Lösungsglühen bei 530 °C für 5 Minuten, ein Abschrecken auf Raumtemperatur und eine anschließende Kaltauslagerung bei Raumtemperatur für 7 Tage erreicht werden. Dabei hat es sich gezeigt, dass das erfindungsgemäße Aluminiumlegierungsband aufgrund der relativ geringen Mg- und Si-Gehalte relativ unempfindlich gegenüber den Lösungsglühparametern, speziell der Lösungsglühtemperatur ist, solange die Temperatur mindestens 480 °C, bevorzugt mindestens 500 °C beträgt.

[0033] Optional kann das Warmband zuerst einem Kaltwalzen 6 unterzogen werden, welches von einer Zwischenglühung 7 gefolgt ist, wobei die Zwischenglühung 7 bevorzugt am Coil in einem Temperaturbereich von 300 °C bis 450 °C für mindestens 30 Minuten in einem Kammerofen erfolgt. Die Zwischenglühung kann aber auch in einem Durchlaufofen erfolgen. Das abschließende Kaltwalzen an Enddicke gemäß Schritt 8 wird durchgeführt, sofern eine Zwischenglühung notwendig ist. Andernfalls kann auch bereits nach dem Kaltwalzen 6 das Band einem Lösungsglühen, Abschrecken auf Raumtemperatur und einer Kaltauslagerung gemäß Schritt 9 zugeführt werden. Die so hergestellten Aluminiumlegierungsbänder im Zustand T4 weisen Enddicken von typischerweise 0,8 mm bis 2,5 mm auf und werden im Karosseriebau von Kraftfahrzeugen bevorzugt verwendet.

[0034] Es wurden nun 6 verschiedene Aluminiumlegierungen durch ein Verfahren gemäß Fig. 1 verarbeitet. Aus diesen 6 verschiedenen Aluminiumlegierungen wurden gemäß Schritt 1 Walzbarren im Stranggussverfahren gegossen, die anschließend gemäß Schritt 2 für 2 Stunden bei Temperaturen von 550 °C homogenisiert wurden. Die homogenisierten Walzbarren wurden dann gemäß Schritt 4 bei Temperaturen von 280 °C bis 550 °C an eine Warmbanddicke von 8 mm warmgewalzt und anschließend an Raumtemperatur abgekühlt. Die so entstandenen Warmbänder wurden gemäß Schritt 6, 7 und 8 mit einer Zwischenglühung bei einer Zwischendicke von 3,5 mm an Enddicken von 1,0 bis 1,5 mm kaltgewalzt. Dabei erfolgte die Zwischenglühung bei einer maximalen Temperatur von 350 °C für eine Stunde in einem Kammerofen.

[0035] Die verschiedenen Aluminiumlegierungen sind in Tabelle 1 mit ihren Legierungsbestandteilen angegeben. Für alle Legierungen in Tabelle 1 sind die Werte in Gewichtsprozent angegeben. Für alle Legierungen gilt: Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-% und in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

Tabelle 1

	Legierung	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	Cr [%]	Ti [%]
Vgl.	A	0,44	0,2	0,0012	0,081	0,25	<0.0005	0.0165
Vgl.	B	0,43	0,18	0,003	0,049	0,37	0,0021	0.0063
Vgl.	C	0,46	0,21	0,0017	0,141	0,36	0,0011	0.0068
Erf.	D	0,48	0,21	0,0016	0,25	0,37	0,0011	0.0065
Vgl.	E	0,4	0,19	0,037	0,064	0,37	0,021	0.016
Vgl.	F	0,59	0,19	0,056	0,086	0,38	0,0041	0,0252

[0036] Alle Vergleichslegierungen A, B, C, E und F weisen im Vergleich zur erfindungsgemäßen Legierung zu geringe Mn-Gehalte auf. Es wird davon ausgegangen, dass erst der erfindungsgemäße Mn-Gehalt in Kombination mit den Gehalten an Si, Fe und Mg die Verringerung der Aushärtung Aluminiumlegierung im Zustand T6 oder T6x verursacht. Legierung A hat zudem einen zu geringen Magnesiumanteil. Die Legierung F enthält mit 0,59 Gew.-% zu viel Silizium.

[0037] Die hergestellten Aluminiumlegierungsbänder wurden zunächst in den Zustand T4 durch ein Lösungsglühen bei 530 °C für 5 Minuten mit einer anschließenden Kaltauslagerung für eine Woche bei Raumtemperatur gebracht und sowohl die Streckgrenze $R_{p0,2}$ als auch die Zugfestigkeit R_m quer zur Walzrichtung gemäß dem internationalen Standard ISO 6892-1:2009 gemessen. Es ergaben sich für die Vergleichslegierung A deutlich zu geringe Messwerte für die Streckgrenze $R_{p0,2}$ sowie die Zugfestigkeit R_m . Ein entsprechendes Aluminiumblech wäre zu weich, um die Aufprallenergie eines Fußgängers auszunehmen. Die Vergleichslegierung F weist dagegen deutlich zu hohe Streckgrenzwerte $R_{p0,2}$ bereits im Zustand T4 auf und ist daher nicht optimal für Bleche, die im Bereich des Fußgängeraufprallschutzes eingesetzt werden, geeignet.

[0038] Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel der Aluminiumlegierung D liegt mit den Vergleichslegierungen B und C in dem bevorzugten Festigkeitsbereich im Zustand T4 von einer Streckgrenze $R_{p0,2}$ von etwa 55 MPa bis 70 MPa bei Zugfestigkeiten R_m von 130 MPa bis 160 MPa gemessen quer zur Walzrichtung. Die Vergleichslegierung E fällt leicht hinter die Legierungen B, C und D bezüglich der Zugfestigkeiten R_m und der Streckgrenze $R_{p0,2}$ zurück. Die Messwerte des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels sowie der Vergleichsbeispiele im Zustand T4 sind in Tabelle 2 dargestellt. Die zu hohen Messwerte für die Streckgrenze und die Zugfestigkeit des Vergleichsbeispiels F wird auf den erhöhten Si-Gehalt und den im Vergleich zum erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel deutlich verringerten Mangengehalt zurückgeführt. Das insgesamt zu niedrige Niveau bezüglich der Streckgrenze bzw. Zugfestigkeit des Vergleichsbeispiels A wird auf den verringerten Magnesiumgehalt von 0,25 Gew.-% zurückgeführt.

Tabelle 2

Legierung	Wärmebehandlung: T4	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]
A	5 Min. bei 530°C + 7d RT	46	118
B	5 Min. bei 530°C + 7d RT	55	132
C	5 Min. bei 530°C + 7d RT	56	129
D(Erf.)	5 Min. bei 530°C + 7d RT	58	134
E	5 Min. bei 530°C + 7d RT	50	124
F	5 Min. bei 530°C + 7d RT	77	167

[0039] In Tabelle 3 sind nun die Messwerte für die Vergleichsbeispiele und das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung für den Wärmebehandlungszustand T6 dargestellt. Die Wärmebehandlung T6 simuliert nach dem Lösungsglühen, Abschrecken und Kaltauslagern den Effekt einer Lackierung und das Einbrennen des Lackes durch eine Erwärmung auf 205 °C für 30 Minuten. Zwar zeigt die Tabelle 3, dass das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel in Bezug auf die absolute und die relative Erhöhung der Streckgrenze und Zugfestigkeit insbesondere im Vergleich zum Vergleichsbeispiel der Legierung C nicht die geringste Steigerung dieser Werte aufweist, allerdings bleiben die Steigerungen der Zugfestigkeit R_m und der Streckgrenze $R_{p0,2}$ des Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung D gering und deutlich unterhalb von 10 MPa.

Tabelle 3

Legierung	Wärmebehandlung T6	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	ΔR _{p0,2(abs)} [MPa]	ΔR _{p0,2(rel)}
A	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	51	117	5,0	11%
B	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	63	127	7,5	14%
C	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	61	125	4,5	8%
D(Erf.)	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	65	131	7,0	12%
E	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	59	124	9,0	18%
F	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C	119	174	42,0	55%

[0040] Eine deutlich verringerte Aushärtung zeigt das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel D, sofern eine Wärmebehandlung untersucht wird, welche eine Langzeitwärmebelastung eines Bauteils widerspiegelt. Das Langzeitverhalten wurde über den Wärmebehandlungszustand T6x ermittelt. Der Zustand T6x wird ausgehend vom Zustand T6, wie er oben bereits geschrieben wurde, erreicht, indem anschließend eine Warmauslagerung bei 80 °C für 500 Stunden durchgeführt wird. Die Warmauslagerung bei 80 °C für 500 Stunden simuliert den praktischen Einsatz der Aluminiumlegierungsbleche in der Anwendung, beispielsweise im Kraftfahrzeug, bei Wärmebelastung. Da Wärme die Aushärtungseffekte in AA6xxx Legierungen verstärkt, steigen in der Regel die Werte für die Streckgrenze relativ stark an.

Tabelle 4

Legierung	Wärmebehandlung T6x	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	ΔR _{p0,2(abs)} [MPa]	ΔR _{p0,2(rel)}
A	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	68	135	22,0	48%
B	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	89	152	34,0	62%
C	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	80	145	23,5	42%
D(Erf.)	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	77	147	19,5	34%
E	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	76	142	26,0	52%
F	5 Min. bei 530°C + 7d RT + 30 Min. bei 205°C + 500h 80°C	140	197	63,5	83%

[0041] Anders als die übrigen Vergleichslegierungen zeigt das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel D einen deutlich verringerten Anstieg der Streckgrenze nach der Auslagerung für 500 Stunden bei 80 °C. Nicht nur die absolute Erhöhung der Streckgrenze um 19,5 MPa, sondern auch die relative Erhöhung der Streckgrenze von nur 34 Gew.-% ist deutlich geringer als die relative oder absolute Erhöhung der Streckgrenzen aller anderen Aluminiumlegierungen. In Bezug auf das Langzeitverhalten der Aluminiumlegierung konnte damit eine unerwartete Verringerung der Aushärtung beobachtet werden, welche auf die Bildung von Al-Fe-Mn-Si-Phasen zurückgeführt wird. Es wird davon ausgegangen, dass diese Al-Fe-Mn-Si-Phasen nicht zur Ausscheidungshärtung der Aluminiumlegierung beitragen und damit den Effekt von Siliziumausscheidungen verringern.

[0042] In den Tabellen 5 und 6 sind die Aluminiumlegierungsbänder im Zustand T6 mit 2% bzw. 5% Kaltverformung vermessen worden. Die Zustände T6 (2 %) sowie T6 (5%) sollen eine Umformung des Blechteils mit anschließender Lackierung simulieren. Hierzu wird das Blech einer Wärmebehandlung mit einer Dauer von 20 Minuten bei einer Temperatur von 185 °C unterzogen.

[0043] Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel der Aluminiumlegierung D ist auch bei diesen, die anwendungsnahe Verarbeitung der Bleche im Bereich des Fahrzeugbaus simulierenden Wärmebehandlungen ebenfalls mit den geringsten Werten bezüglich der absoluten oder relativen Steigerung der Streckgrenze R_{p0,2} in den Zustand T6 mit 2 % Kaltverformung oder 5 % Kaltverformung gemessen worden.

[0044] Die Messwerte der relativen Streckgrenzenerhöhung ausgehend vom Zustand T4 sind in dem Diagramm der Fig. 2 noch einmal dargestellt. Das positive Aushärtungsverhalten der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung kann anhand des Ausführungsbeispiels D im Vergleich zu den übrigen Varianten insbesondere aus dem Vergleich im Zustand T6x abgelesen werden.

[0045] Karosserieblechteile eines Kraftfahrzeugs, welche für den Fußgängeraufprallschutz vorgesehen sind, zeigt schematisch Fig. 3 in einer perspektivischen Ansicht. Die Motorhaube 10, der Kotflügel 11, das Fahrzeugdach bzw. der Dachrahmen 12 sowie die angedeutete Heckklappe 13 eines Kraftfahrzeugs sind prinzipiell Karosserieblechteile, welche für den Fußgängeraufprallschutz ausgelegt werden müssen. Sie müssen daher ein spezifisches Energieabsorptionsverhalten aufweisen, das insbesondere auch bei längerer Wärmebelastung noch vorhanden ist. Werden Teile dieser für den Fußgängeraufprallschutz vorgesehenen Bleche aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung hergestellt, kann auch in Wärme belasteten Bereichen die Langzeitaushärtung der Bleche verringert werden. Wie anhand des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels der Legierung D erkennbar ist, ist es vorteilhaft entsprechende Karosserieblechteile eines Kraftfahrzeugs aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung herzustellen, da diese ein besonders vorteilhaftes Aushärtungsverhalten bei moderaten Streckgrenzwerten und Zugfestigkeitswerten aufweisen.

Tabelle 5

Legierung	Wärmebehandlung T6 (2%)	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	$\Delta R_{p0,2(ABS)}$ [MPa]	$\Delta R_{p0,2(REL)}$ (%)
A	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	77	130	30,5	66%
B	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	91	147	36,0	65%
C	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	87	141	31,0	55%
D(Erf.)	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	88	143	30,5	53%
E	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	83	137	33,0	66%
F	5 Min. bei 530°C+7dRT+2Gew.-%+20 Min. bei 185°C	113	175	36,5	48%

Tabelle 6

Legierung	Wärmebehandlung T6(5%)	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	$\Delta R_{p0,2(ABS)}$ [MPa]	$\Delta R_{p0,2(REL)}$ (%)
A	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	100	144	53,5	116%
B	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	117	162	61,5	112%
C	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	110	154	54,0	96%
D(Erf.)	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	111	155	53,0	92%
E	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	108	152	57,5	115%
F	5 Min. bei 530°C+7dRT+5Gew.-%+20 Min. bei 185°C	143	191	66,0	86%

Patentansprüche

1. Aluminiumlegierungsband aufweisend eine Aluminiumlegierung für Fahrzeuganwendungen mit folgenden Legierungsbestandteilen in Gewichtsprozent:

$0,40 \text{ Gew.}\% \leq \text{Si} \leq 0,55 \text{ Gew.}\%$,
 $0,15 \text{ Gew.}\% \leq \text{Fe} \leq 0,25 \text{ Gew.}\%$,
 $\text{Cu} \leq 0,06 \text{ Gew.}\%$,
 $0,15 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mn} \leq 0,40 \text{ Gew.}\%$,
 $0,33 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mg} \leq 0,40 \text{ Gew.}\%$,
 $\text{Cr} \leq 0,03 \text{ Gew.}\%$
 $0,005 \text{ Gew.}\% \leq \text{Ti} \leq 0,10 \text{ Gew.}\%$,

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

2. Aluminiumlegierungsband nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung einen Mn-Gehalt in Gewichtsprozent von $0,20 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mn} \leq 0,40 \text{ Gew.}\%$ aufweist.
3. Aluminiumlegierungsband nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung einen Mn-Gehalt in Gewichtsprozent von $0,25 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mn} \leq 0,35 \text{ Gew.}\%$ aufweist.
4. Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung einen Cu-Gehalt in Gewichtsprozent von $\text{Cu} < 0,05 \text{ Gew.}\%$ aufweist.
5. Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung einen Si-Gehalt in Gewichtsprozent von $0,40 \text{ Gew.}\% \leq \text{Si} \leq 0,48 \text{ Gew.}\%$.
6. Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung einen Mg-Gehalt in Gewichtsprozent von $0,35 \text{ Gew.}\% \leq \text{Mg} < 0,40 \text{ Gew.}\%$.
7. Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Aluminiumlegierungsband im Zustand T4 eine Streckgrenze von 55 MPa bis 70 MPa und eine Zugfestigkeit von 130 MPa bis 160 MPa gemessen quer zur Walzrichtung aufweist.
8. Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Aluminiumlegierungsband nach einem Lösungsglühen bei 530 °C für 5 Minuten, einem anschließenden Abschrecken auf Raumtemperatur, einer Kaltauslagerung für 7 Tage bei Raumtemperatur, einer Erwärmung auf 205 °C für 30 Minuten und einer Erwärmung auf 80 °C für 500 Stunden im Zustand T6x eine Streckgrenze von weniger als 100 MPa gemessen quer zur Walzrichtung aufweist.
9. Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Verfahren die Verfahrensschritte Gießen eines Walzbarrens oder eines Gießbandes, Homogenisieren des Walzbarrens, Warmwalzen des Walzbarrens oder des Gießbandes und optionales Kaltwalzen mit oder ohne Zwischenglühung an Enddicke umfasst.
10. Karosserieblechteil eines Kraftfahrzeugs hergestellt aus einem Aluminiumlegierungsband nach einem der Ansprüche 7 oder 8.
11. Karosserieblechteil nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Karosserieblechteil als ein für den Fußgängeraufprallschutz vorgesehenes Blech eines Kraftfahrzeug ausge-

bildet ist.

12. Karosserieblechteil nach Anspruch 10 oder 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Karosserieblechteil als ein Teil eines Kotflügels (11), ein Teil einer Motorhaube (10), eines Dachrahmens oder eines Fahrzeugdachs (12) oder einer Heckklappe (13) ausgebildet ist.

Claims

1. Aluminium alloy strip having an aluminium alloy for vehicle applications with the following alloy constituents in percent by weight:

$0.40 \text{ wt}\% \leq \text{Si} \leq 0.55 \text{ wt}\%$,

$0.15 \text{ wt}\% \leq \text{Fe} \leq 0.25 \text{ wt}\%$,

$\text{Cu} \leq 0.06 \text{ wt}\%$,

$0.15 \text{ wt}\% \leq \text{Mn} \leq 0.40 \text{ wt}\%$,

$0.33 \text{ wt}\% \leq \text{Mg} \leq 0.40 \text{ wt}\%$,

$\text{Cr} \leq 0.03 \text{ wt}\%$,

$0.005 \text{ wt}\% \leq \text{Ti} \leq 0.10 \text{ wt}\%$,

the remainder Al and unavoidable impurities, individually at most 0.05 wt%, in total at most 0.15 wt%.

2. Aluminium alloy strip according to claim 1,

characterised in that

the aluminium alloy has a Mn content in percent by weight of $0.20 \text{ wt}\% \leq \text{Mn} \leq 0.40 \text{ wt}\%$.

3. Aluminium alloy strip according to claim 1 or 2,

characterised in that

the aluminium alloy has a Mn content in percent by weight of $0.25 \text{ wt}\% \leq \text{Mn} \leq 0.35 \text{ wt}\%$.

4. Aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 3,

characterised in that

the aluminium alloy has a Cu content in percent by weight of $\text{Cu} < 0.05 \text{ wt}\%$.

5. Aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 4,

characterised in that

the aluminium alloy has a Si content in percent by weight of $0.40 \text{ wt}\% \leq \text{Si} \leq 0.48 \text{ wt}\%$.

6. Aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 5,

characterised in that

the aluminium alloy has an Mg content in percent by weight of $0.35 \text{ wt}\% \leq \text{Mg} < 0.40 \text{ wt}\%$.

7. Aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 6,

characterised in that

the aluminium alloy strip has, in the T4 condition, a yield strength of 55 MPa to 70 MPa and a tensile strength of 130 MPa to 160 MPa measured transverse to the rolling direction.

8. Aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 7,

characterised in that

the aluminium alloy strip has a yield strength of less than 100 MPa measured transverse to the rolling direction after solution annealing at 530°C for 5 minutes, subsequent quenching to room temperature, natural aging for 7 days at room temperature, heating to 205°C for 30 minutes and heating to 80°C for 500 hours, in the T6x condition.

9. Method for manufacturing an aluminium alloy strip according to one of the claims 1 to 8, wherein the method comprises the method steps of casting a rolling ingot or a cast strip, homogenising the rolling ingot, hot rolling the rolling ingot or the cast strip and optionally cold rolling with or without intermediate annealing to end thickness.

10. Sheet metal body part of a motor vehicle manufactured from an aluminium alloy strip according to one of the claims 7 or 8.

11. Sheet metal body part according to claim 10,

characterised in that

the sheet metal body part is configured as sheet metal of a motor vehicle provided for pedestrian impact protection.

12. Sheet metal body part according to claim 10 or 11,

characterised in that

the sheet metal body part is configured as a part of a wing (11), a part of an engine bonnet (10), a roof frame or a vehicle roof (12) or a tailgate (13).

Revendications

1. Bande d'alliage d'aluminium comprenant un alliage d'aluminium pour des applications de véhicules avec les constituants d'alliage suivants en pourcentage en poids:

0,40 % en poids $\leq$ Si $\leq$ 0,55 % en poids,

0,15 % en poids $\leq$ Fe $\leq$ 0,25 % en poids,

Cu $\leq$ 0,06 %, en poids,

0,15 % en poids $\leq$ Mn $\leq$ 0,40 % en poids,

0,33 % en poids $\leq$ Mg $\leq$ 0,40 % en poids,

Cr $\leq$ 0,03 % en poids,

0,005 % en poids $\leq$ Ti $\leq$ 0,10 % en poids,

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

2. Bande d'alliage d'aluminium selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a un teneur en Mn en pourcentage en poids de 0,20 % en poids $\leq$ Mn $\leq$ 0,40 % en poids.

3. Bande d'alliage d'aluminium selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a un teneur en Mn en pourcentage en poids de 0,25 % en poids $\leq$ Mn $\leq$ 0,35 % en poids.

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

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a un teneur en Cu en pourcentage en poids de

5. Bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a un teneur en Si en pourcentage en poids de 0,40 % en poids $\leq$ Si $\leq$ 0,48 % en poids.

6. Bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 5

caractérisé en ce que

l'alliage d'aluminium a un teneur en Mg en pourcentage en poids de 0,35 % en poids $\leq$ Mg $<$ 0,40 % en poids.

7. Bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 6,

caractérisé en ce que

la bande d'alliage d'aluminium en état T4 a une limite d'élasticité de 55 MPa à 70 MPa et une résistance à la traction de 130 MPa à 160 MPa mesurée transversalement à la direction du laminage.

8. Bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 7,

caractérisé en ce que

la bande d'alliage d'aluminium a une limite d'élasticité inférieure à 100 MPa mesurée transversalement à la direction de laminage après un traitement thermique en solution à 530°C pendant 5 minutes, une trempe ultérieure ment à

EP 3 497 256 B1

la température ambiante, un vieillissement naturel pendant 7 jours à la température ambiante, un réchauffement à 205°C pendant 30 minutes et un réchauffement à 80°C pendant 500 heures à l'état T6x.

5 9. Procédé de production d'une bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 1 à 8, le procédé comprenant les étapes de coulée d'un lingot de laminage ou d'une bande coulée, d'homogénéisation du lingot de laminage, de laminage à chaud du lingot de laminage ou de la bande coulée, et éventuellement de laminage à froid avec ou sans recuit intermédiaire jusqu'à l'épaisseur finale.

10 10. Tôle de carrosserie d'un véhicule automobile fabriquée à partir d'une bande d'alliage d'aluminium selon l'une des revendications 7 ou 8.

15 11. Tôle de carrosserie selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la partie de carrosserie est formée comme une partie d'un véhicule à moteur prévu pour la protection contre les impacts de piétons.

20 12. Tôle de la carrosserie selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** la partie de carrosserie sont constituées d'une partie d'aile (11), d'une partie de capot (10), d'un cadre de toit ou d'un toit de véhicule (12) ou d'un hayon (13).

25

30

35

40

45

50

55

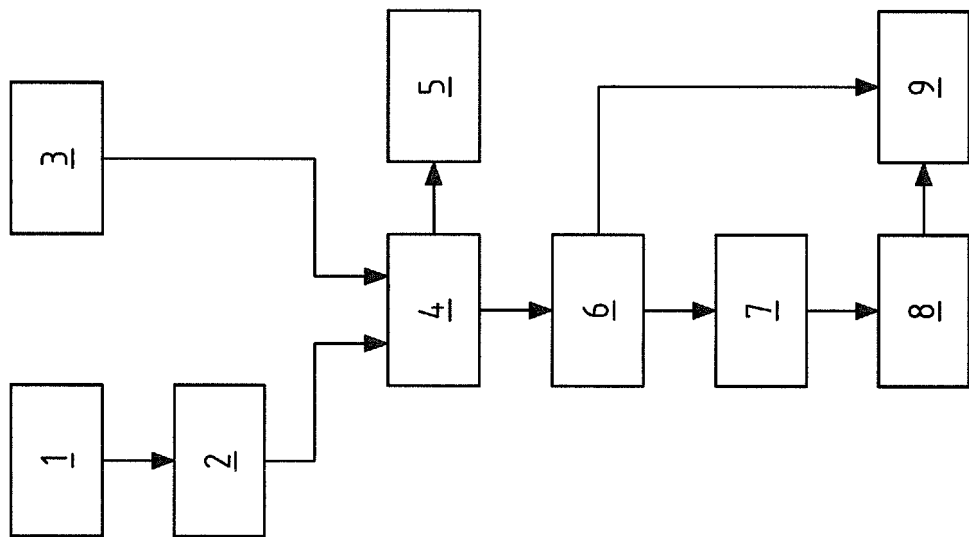


Fig.1

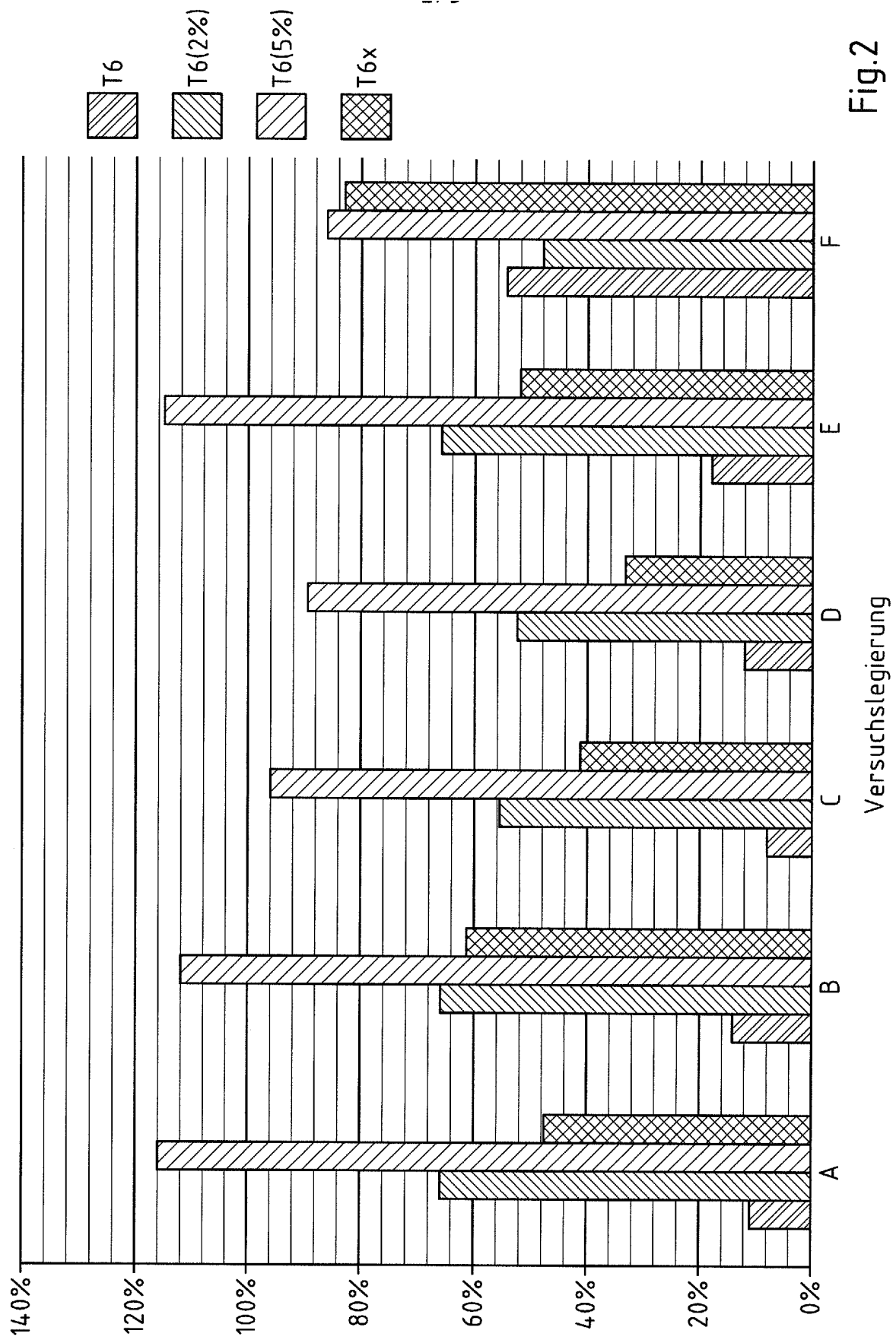


Fig.2

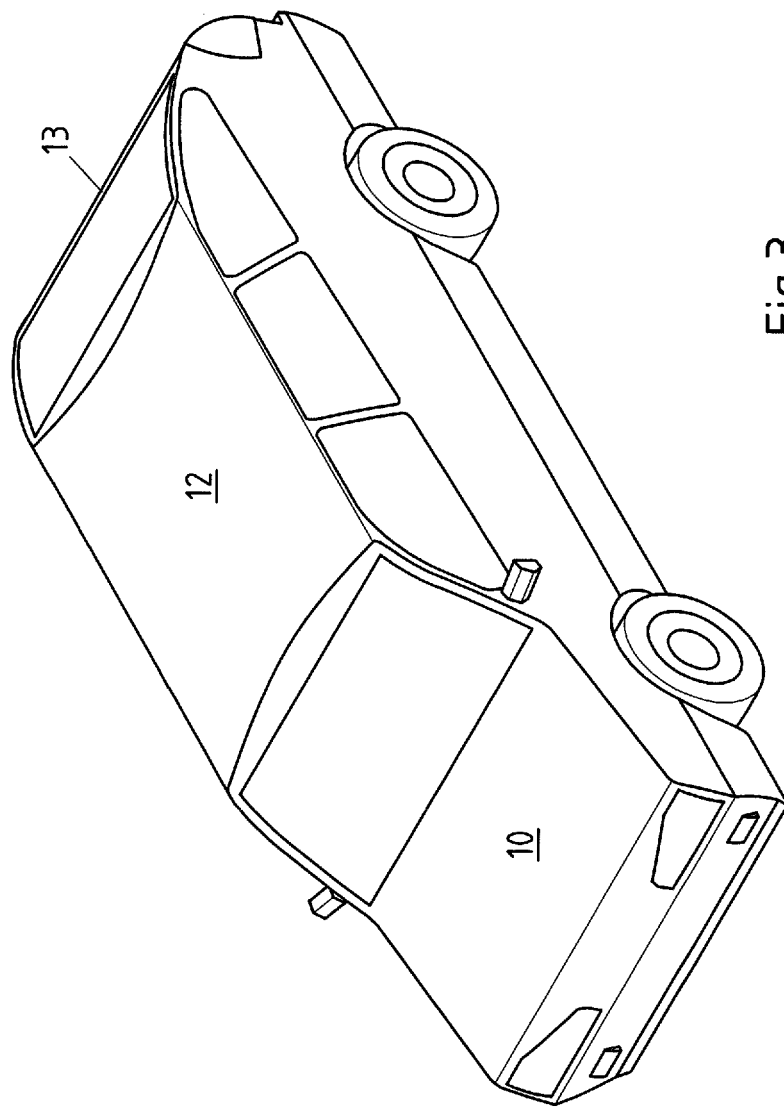


Fig.3

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 1533394 A1 [0003] [0014]