

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
1. Oktober 2015 (01.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/144888 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/056733

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. März 2015 (27.03.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
14162348,8 28. März 2014 (28.03.2014) EP

(71) Anmelder: **HYDRO ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS GMBH** [DE/DE]; Aluminiumstrasse 1, 41515 Grevenbroich (DE).

(72) Erfinder: **HENTSCHEL, Thomas**; Elisabeth-Enseling-Strasse 20, 53121 Bonn (DE). **BRINKMAN, Henk-Jan**; Sibyllenstrasse 75, 53175 Bonn (DE). **ENGLER, Olaf**; Krummfuhr 13, 53229 Bonn (DE). **JUPP, Simon**; Ölbergweg 19, 53227 Bonn (DE).

(74) Anwälte: **COHAUSZ & FLORACK** et al.; ZIEBELL, Arnd, Bleichstrasse 14, 40211 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HIGHLY FORMABLE, MEDIUM-STRENGTH ALUMINUM ALLOY FOR PRODUCING SEMI-FINISHED PRODUCTS OR COMPONENTS OF MOTOR VEHICLES

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

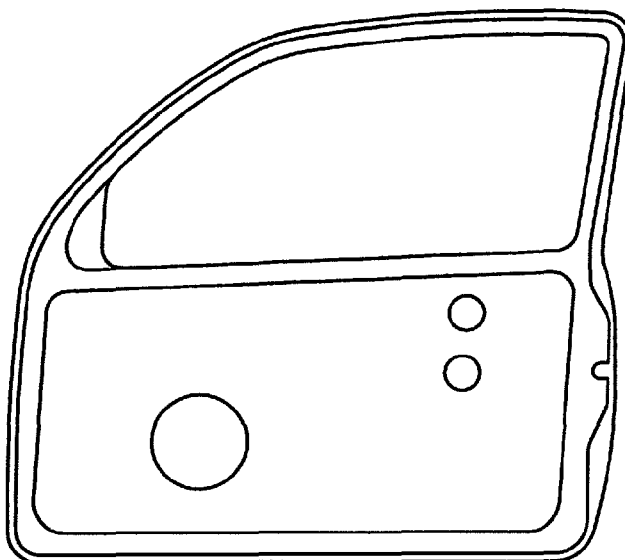


Fig.3

(57) Abstract: The invention relates to an aluminum alloy for producing semi-finished products or components of motor vehicles, to a method for producing a strip from an aluminum alloy according to the invention, to a corresponding aluminum alloy strip or metal sheet, and to a structural part of a motor vehicle made of an aluminum alloy metal sheet. The objective of the invention to provide an aluminum alloy for producing semi-finished products or components for motor vehicles that is highly formable, of medium strength, and very corrosion-resistant, is attained by an aluminum alloy for producing semi-finished products or components of motor vehicles, which comprises the following alloy constituents in weight percent: $0.6\% \leq \text{Si} \leq 0.9\%$, $0.6\% \leq \text{Fe} \leq 1.0\%$, $\text{Cu} \leq 0.1\%$, $0.6\% \leq \text{Mn} \leq 0.9\%$, $0.5 \leq \text{Mg} \leq 0.8\%$, $\text{Cr} \leq 0.05\%$, the remainder being Al and impurities, individually at most 0.05 weight percent, in total maximum 0.15 weight percent.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen, ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung, ein entsprechendes Aluminiumlegierungsband oder -blech sowie ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs bestehend aus einem Aluminiumlegierungsblech. Die Aufgabe, eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen für Kraftfahrzeuge zur Verfügung zu stellen, die hoch-umformbar, mittelfest und sehr korrosionsbeständig ist, wird durch eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen gelöst, welche die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist: $0,6 \% \leq \text{Si} \leq 0,9 \%$, $0,6 \% \leq \text{Fe} \leq 1,0 \%$, $\text{Cu} \leq 0,1 \%$, $0,6 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \%$, $0,5 \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$, $\text{Cr} \leq 0,05 \%$, Rest Al und Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

Hochumformbare, mittelfeste Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen

Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen, ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer
5 erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung, ein entsprechendes Aluminiumlegierungsband oder -blech sowie ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs bestehend aus einem Aluminiumlegierungsblech.

Halbzeuge und Bauteile für Kraftfahrzeuge müssen abhängig von Ihrem Einsatzort
10 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
15 Rolle.

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.

20 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
25 Umformprozesse durchlaufen. Dies betrifft insbesondere Bauteile, die in einer einteiligen Blechschalenbauweise hergestellt werden, wie z. B. Blechinnentürteile mit

integriertem Fensterrahmenbereich. Solche Bauteile haben durch die Einsparung von Fügeoperationen erhebliche Kostenvorteile gegenüber einer beispielsweise gefügten Aluminiumprofillosung für den Fensterrahmen. Ziel ist es beispielsweise Halbzeuge oder Bauteile einteilig aus einer Aluminiumlegierung herstellen zu können und dabei
5 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.

10

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
15 Korrosion und gegen Filiform-Korrosion sein. Unter Filiform-Korrosion wird ein Korrosionstyp verstanden, der bei beschichteten Bauteilen auftritt und ein fadenförmigen Verlauf aufzeigt. Die Filiform-Korrosion tritt bei hoher Luftfeuchtigkeit in Gegenwart von Chlorid-Ionen auf. Die Aluminiumlegierung vom Typ AA8006 (AlFe1,5Mn 0,5) weist zwar eine ausreichende Festigkeit und eine sehr hohe
20 Umformbarkeit auf, sie ist aber anfällig für Filiform-Korrosion. Die Legierung AA8006 ist damit für beschichtete, insbesondere lackierte Bauteile wie Türinnenteile weniger geeignet.

Aus der bisher noch nicht veröffentlichten internationalen Patentanmeldung der
25 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 %,

30 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 %,

5 V $\leq$ 0,05 %,

Zr $\leq$ 0,05 %,

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

10

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

Es hat sich gezeigt, dass auch diese Aluminiumlegierung insbesondere in Bezug auf deren Umformverhalten noch verbesserungswürdig ist. Darüber hinaus kann der
15 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.

Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung daher die
20 Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen für Kraftfahrzeuge zur Verfügung zu stellen, die hoch-umformbar, mittelfest und sehr korrosionsbeständig ist. Darüber hinaus soll ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer entsprechenden Aluminiumlegierung, ein Aluminiumband oder -blech, dessen Verwendung und ein Strukturteil eines Kraftfahrzeugs
25 vorgeschlagen werden.

Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe durch eine Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von Kraftfahrzeugen gelöst, welche die folgenden Legierungsbestandteile in
30 Gew.-% aufweist:

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

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

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

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

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

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

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

- 10 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
- 15
- 20
- 25
- 30

Automobilanwendungen üblicherweise eingesetzten Al-Mg-Si-Legierungen vom Legierungstyp AA6XXX vermischt werden.

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

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

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

10 $0,7 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \% \text{ und}$
 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$.

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
15 bzw. die Bruchdehnung der aus Aluminiumlegierung hergestellten, weichen Bleche oder Bänder zu verschlechtern.

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

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

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

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

25 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 0,7 \%$.

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.
30 Umformeigenschaften der Aluminiumlegierung erzielt wird.

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.-%,

5 vorzugsweise maximal 0,1 Gew.-% übersteigt.

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.-%, 10 vorzugsweise auf maximal 0,001 Gew.-%. Es hat sich gezeigt, dass Chrom sich bereits in sehr geringen Konzentrationen negativ auf die Bruchdehnungseigenschaften auswirkt.

Einen ähnlichen Effekt hat auch die Reduzierung der Cu-Gehalte auf maximal 0,05 15 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-%, wobei gleichzeitig die Neigung zur Filiform-Korrosion bzw. interkristallinen Korrosion durch die Reduzierung der Cu-Gehalte allgemein zurückgeht.

Gemäß einer zweiten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte 20 Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung mit folgenden Verfahrensschritten gelöst:

- Gießen eines Walzbarrens,
- Homogenisieren bei einer Temperatur zwischen 500°C und 600°C für 25 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 30 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.

Nach dem Gießen sorgt die Homogenisierung bei einer Temperatur von 500°C bis
5 600°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
10 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
15 angestrebte Enddicke aufweisen.

Einen weiterer positiver Einfluss auf die Feinkörnigkeit des Gefüges kann dadurch
erreicht werden, dass gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen
Verfahrens die Homogenisierung zweistufig erfolgt, wobei der Walzbarren zunächst
20 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.

Die Korrosionseigenschaften können dadurch verbessert werden, dass der
25 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.

30 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen 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 erfolgt, 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.

Findet die Zwischenglühung bei einer Temperatur bei 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.

Gemäß einer dritten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe durch ein Aluminiumlegierungsband oder -blech hergestellt aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung gelöst, 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.

Insofern löst auch die Verwendung des erfindungsgemäßen 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
5 Korrosion und Filiform-Korrosion.

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
10 erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung gelöst. Wie bereits zuvor ausgeführt, haben die Untersuchungen 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.

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

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

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

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

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

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 an Enddicke, an welches sich eine rekristallisierende Schlussweichglühung gemäß Schritt 10 anschließt. Beim Kaltwalzen an 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 erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes nicht möglich, da aufgrund der unterschiedlichen Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten andere Gefüge bereit gestellt würden.

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
5 einen positiven Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit der Bauteile.

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 Endgefüge des Bandes oder fertigen Bauteils. Um die
10 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
15 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.

20 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
25 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.

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

- 5 Zunächst wurden 10 verschiedene Walzbarren bestehend aus unterschiedlichen Legierungen im DC-Strangguss 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
- 10 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
- 15 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

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.

5

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

10 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

15 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

20 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	(V):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
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

- 5 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
- 10 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
- 15 Ausführungsbeispiele 5 bis 8.

- 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
- 20 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 Strukturbauteile wie Türinnenteile bereitgestellt werden, welche nicht nur die Spezifikationen des Anwendungsgebietes hinsichtlich mechanischer und chemischer Eigenschaften gewährleistet, sondern noch durch wenige Umformoperationen wirtschaftlich hergestellt werden können.

Die erfindungsgemäßen 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.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Aluminiumlegierung zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen von

Kraftfahrzeugen, welche die folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-% aufweist:

- 5 $0,6 \% \leq \text{Si} \leq 0,9 \%$,
 $0,6 \% \leq \text{Fe} \leq 1,0 \%$,
 $\text{Cu} \leq 0,05 \%$,
 $0,6 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \%$,
 $0,5 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$,
10 $\text{Cr} \leq 0,05 \%$,
 Rest Al und Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 Gew.-%, in Summe maximal 0,15 Gew.-%.

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1,

- 15 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Legierungsbestandteile Si, Fe, Mn und Mg die folgenden Anteile in Gew.-% aufweisen:
 $0,7 \% \leq \text{Si} \leq 0,9 \%$,
 $0,7 \% \leq \text{Fe} \leq 1,0 \%$,
20 $0,7 \% \leq \text{Mn} \leq 0,9 \%$ und
 $0,6 \% \leq \text{Mg} \leq 0,8 \%$.

3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2,

- dadurch gekennzeichnet, dass
25 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

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

4. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

5 dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung folgenden Cr-Gehalt in Gew.-% aufweist:
 $\text{Cr} \leq 0,01 \%$.

5. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

10 dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung folgenden Cu-Gehalt in Gew.-% aufweist:
 $\text{Cu} \leq 0,01 \%$.

6. Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus einer Aluminiumlegierung nach einem

15 der Ansprüche 1 bis 5 mit folgenden Verfahrensschritten:
- 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 auf eine
20 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
- Schlussweichglüfung bei 300°C bis 400°C für mindestens 0,5h in einem
25 Kammerofen.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

 dadurch gekennzeichnet, dass
die Homogenisierung mindestens zweistufig erfolgt, wobei der Walzbarren
30 zunächst auf 550°C bis 600°C für mindestens 0,5h erwärmt wird und
anschließend der Walzbarren auf 450°C bis 550°C abgekühlt wird, für

mindestens 0,5 h auf dieser Temperatur gehalten wird und anschließend warmgewalzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,

5 dadurch gekennzeichnet, dass
der Walzbarren nach dem Gießen oder nach dem Homogenisieren auf der Ober- und Unterseite gefräst wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

10 dadurch gekennzeichnet, dass
eine Zwischenglühung nach einem ersten Kaltwalzen bei einer Temperatur von 300°C bis 400 °C für mindestens 0,5h erfolgt, wobei vor und nach der Zwischenglühung der Abwalzgrad mindestens 50% bevorzugt mindestens 70% beträgt.

15

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9,

 dadurch gekennzeichnet, dass
die Zwischenglühung bei einer Temperatur von 330 °C bis 370 °C durchgeführt wird.

20

11. Aluminiumlegierungsband oder -blech hergestellt aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

 dadurch gekennzeichnet, dass
das Band eine Dicke von 0,2 mm bis 5 mm hat und im weichgeglühtem Zustand
25 eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von mindestens 45 MPa und eine Bruchdehnung A_{80mm} von mindestens 35 % aufweist.

12. Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes nach Anspruch 11 zur Herstellung von Halbzeugen oder Bauteilen für Kraftfahrzeuge, insbesondere eines

30 Strukturteile eines Kraftfahrzeugs.

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

- 5 14. Strukturteil nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Blech aus einem Band zugeschnitten ist, welches mit einem Verfahren nach
einem der Ansprüche 6 bis 10 hergestellt ist.

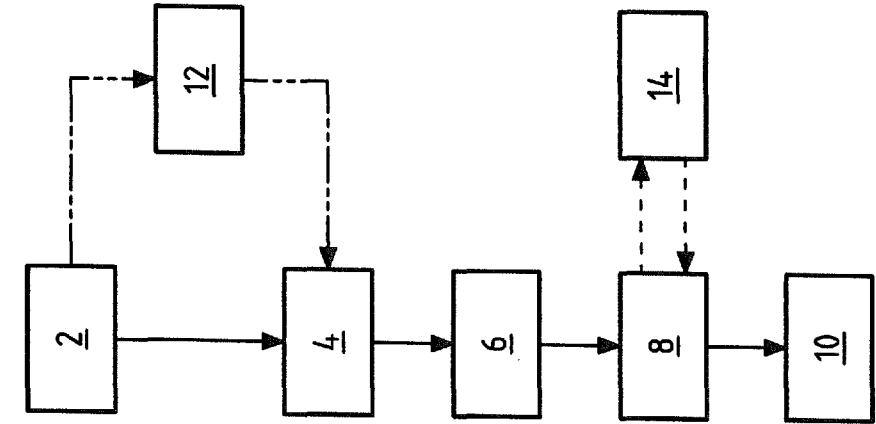


Fig.1

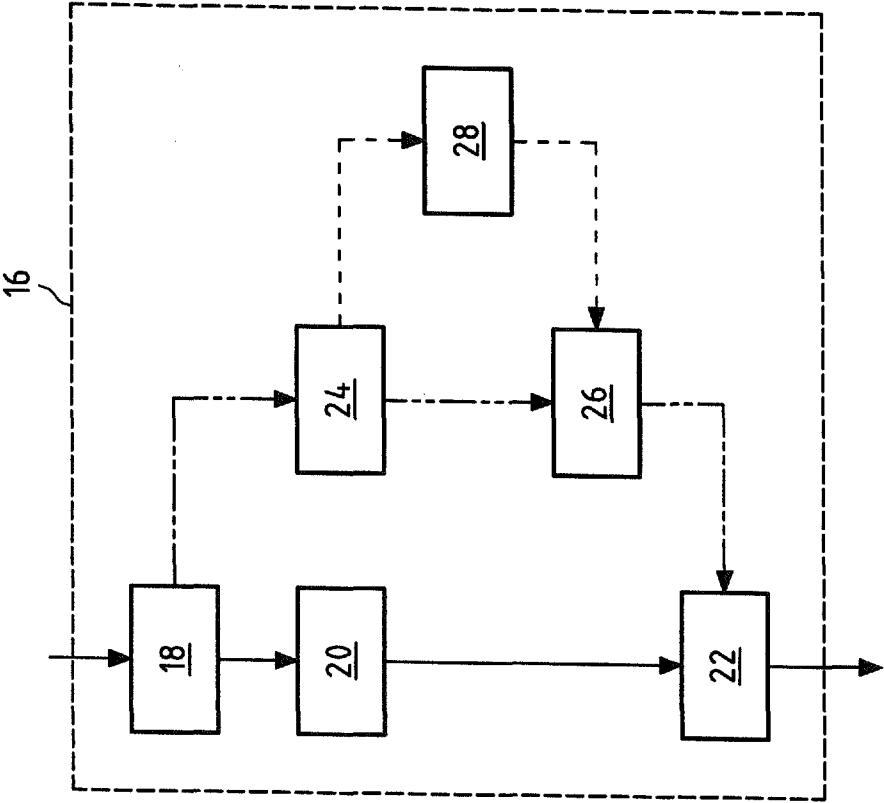


Fig.2

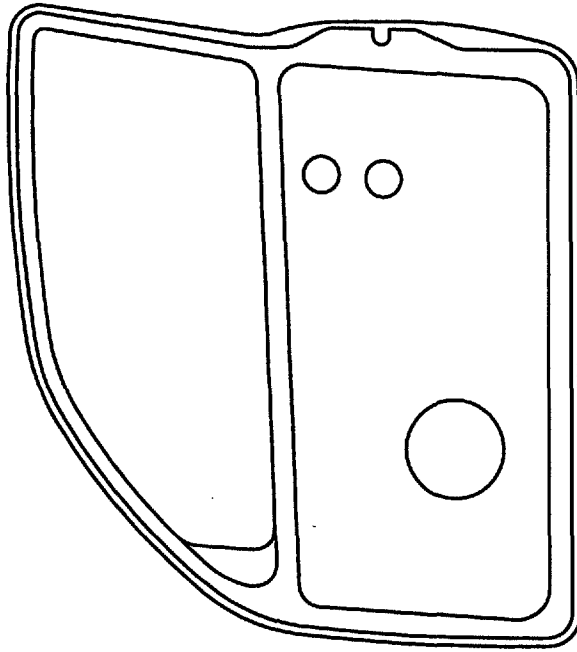


Fig.3