(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 647 607 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(51) Int Cl.:
C22C 21/00 *(2006.01)* ***F28F 21/08*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05019503.1**

(22) Anmeldetag: **08.09.2005**

(54) **Aluminiumknetlegierung und Wärmetauscherkomponente aus dieser Legierung**

Wrought aluminium alloy suitable for a heat exchanger.

Alliage d'aluminium forgeable pour un échangeur de chaleur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **13.10.2004 DE 102004049748**
13.10.2004 DE 202004015805 U

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.04.2006 Patentblatt 2006/16

(73) Patentinhaber: **Erbslöh Aluminium GmbH**
42553 Velbert (DE)

(72) Erfinder: **Sucke, Norbert William**
47269 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **Mentzel, Norbert**
Patentanwälte Dipl.-Phys. Mentzel
Dipl.-Ing. Ludewig,
Kleiner Werth 34
42275 Wuppertal (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-20/04068055
JP-A- 2003 082 428
JP-A- 2003 119 534
US-A- 5 286 316
US-A1- 2002 056 492
US-A1- 2003 121 572

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

EP 1 647 607 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, die eine sehr hohe Korrosionsbeständigkeit und gute Umformeigenschaften aufweist. Aus einer solchen Aluminiumlegierung lassen sich Wärmetauscherkomponenten herstellen, insbesondere Wärmetauscherhohlprofile oder Wärmetauscherrohre, die zusammen mit Sammlerrohren und Lamellen durch Hartlöten zu einem Wärmetauscher verbunden werden.

[0002] Aluminiumwärmetauscher haben eine breite Anwendung gefunden, z.B. im Fahrzeugbau, insbesondere aufgrund ihres leichten Gewichts. Ein solcher Wärmeaustauscher muss für seine Anwendung in der Fahrzeugindustrie eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit und eine hohe Wärmeaustauschleistung besitzen. Für die Herstellung des Wärmetauschers sind auch gute Umformeigenschaften und eine ausreichende Festigkeit des Aluminiumsmaterials wichtig.

[0003] Hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit wurde bisher von den Kraftfahrzeugherstellern gefordert, dass die Wärmetauscher dem sogenannten SWAAT-Test mindestens 20 Tage überstehen. Bei diesem SWAAT-Test wird die Korrosionsbeständigkeit in einer extremen Atmosphäre geprüft. Die Wärmerauscherkomponenten werden dazu einem künstlich hergestellten Meerwasser, welches mit Essigsäure auf einen pH-Wert von ca. 2,9 eingestellt ist, ausgesetzt. Bei einer Lebensdauer von mehr als 20 Tagen in dieser hoch korrosiven Atmosphäre wird davon ausgegangen, dass ein Wärmetauscher, beispielsweise ein Wärmetauscher aus Aluminium-Wärmetauscherkomponenten, die durch Hartlöten miteinander verbunden sind, den Anforderungen im Kraftfahrzeug standhalten kann. Da es trotzdem zu Ausfällen von Wärmetauschern durch Auftreten verschiedenster Korrosionserscheinungen in der Vergangenheit gekommen ist, haben die Kraftfahrzeughersteller die Testbedingungen verschärft. Ein Wärmetauscher muss nunmehr eine Lebensdauer von mehr als 40 Tagen unter SWAAT-Test-Bedingungen zeigen.

[0004] Bisher wurden gute Testergebnisse, d.h. mehr als 20 Tage Lebensdauer unter SWAAT-Test-Bedingungen durch Zinkbeschichtungen oder Chromatieren der Aluminiumoberfläche der Wärmetauscherkomponenten erreicht. Aluminiumbauteile für Kraftfahrzeuge werden seit Inkrafttreten der Altautoverordnung jedoch aufgrund der dort enthaltenen Restriktionen nicht mehr chromatisiert. Zinkbeschichtungen für Wärmetauscherelemente sind weit verbreitet, da eine Zinkbeschichtung vorteilhaft in den Produktionsprozess integriert werden kann. So wird durch Lichtbogenspritzen Zink auf das noch heiße Profil unmittelbar nach Verlassen der Strangpresse aufgetragen. Üblich sind Beschichtungsdicken von 10 g/m2. Wird mehr Zink aufgetragen, so kann dies beim Lötprozess dazu führen, dass an der Verbindungsstelle Zinkoxid oder Zinkhydroxid gebildet wird, welches das Wärmetauscherrohr an dieser Stelle zu einer Opferanode macht. Dies kann infolge dazu führen, dass das Wärmetauscherrohr seine Verbindung zur Lamelle verliert. Die Zinkmenge zu reduzieren führt nicht zu besseren Korrosionsbeständigkeiten, da bei einer Schichtdicke von 8 g/m^2 etwa die technische Grenze erreicht ist. Bei geringeren Mengen kann nicht mehr gewährleistet werden, dass die Oberfläche gleichmäßig beschichtet ist, was wiederum zu schlechteren Korrosionsergebnissen führt. Dies bedeutet, dass allein mit einer Veränderung der Zinkbeschichtung die verschärften SWAAT-Bedingungen nicht erfüllt werden können.

[0005] Es gab bereits in der Vergangenheit viele Bestrebungen, Wärmetauscherelemente aus korrosionsbeständigen Aluminiumlegierungen herzustellen, die keiner Zinkbeschichtung bedürfen. Eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit weist eine reine Aluminiumbasislegierung auf, die wenig Verunreinigungen enthält. Eine solche Legierung zeigt jedoch sehr geringe Festigkeiten, so dass sie für industrielle Anwendungen nicht in Frage kommt. Es ist bekannt, zur Erhöhung der Festigkeit dem Aluminium verschiedenste Legierungselemente zuzusetzen. Diese haben jedoch einen unterschiedlich hohen Einfluss auf die zu erreichenden Korrosionsbeständigkeitseigenschaften der entstehenden Legierung.

[0006] In der europäischen Patentschrift EP 996 754 B1 wird eine Aluminiumlegierung beschrieben, die im Vergleich zu der standardisierten Legierung 3102, einer AlMn0.4-Legierung, eine höhere Korrosionsbeständigkeit aufweist. Dies wird insbesondere auf Legierungselemente wie Zirkonium, Chrom und Zink zurückgeführt, die vorzugsweise in Gehalten von 0,1 bis 0,18 Gew% enthalten sind. Darüber hinaus werden die Anteile an Eisen, Silizium und Mangan niedrig gehalten. In dem europäischen Patent EP 1 017 865 B1 ist eine vergleichbare korrosionsbeständige Aluminiumlegierung offenbart, bei der das Zirkonium durch Titan ersetzt wurde. Diese Aluminiumlegierungen besitzen jedoch aufgrund der niedrigen Mangangehalte für viele Anwendungen keine ausreichende Festigkeit.

[0007] In einem weiteren europäischen Patent EP 866 746 B1 wird für Wärmetauscherrohre eine Aluminiumlegierung offenbart, bei der ebenfalls die Eisen- und Siliziumgehalte streng kontrolliert werden, ebenso auch die Zinkgehalte. Die Kupfergehalte sollen vorzugsweise zwischen 0,5 und 1 Gew.% liegen. Der mögliche Anteil an Mangan wird mit 0,7 bis 1,5 Gew% angegeben. Angaben zur Lebensdauer solcher Wärmertauscherrohre sind nicht enthalten, insbesondere keine vergleichbaren SWAAT-Test-Ergebnisse. Solche hohen Kupfergehalte führen in der Regel zu Kupferausscheidungen, die in nachteiliger Weise als Korrosionselemente wirken können.

[0008] Aus dem Dokument US 5,286,316 ist eine Aluminiumlegierung bekannt, die eine gute Korrosionsfestigkeit und gute Umformeigenschaften aufweist, so dass sie in vorteilhafter Weise für Wärmetauscherprofile eingesetzt werden kann. Ein Wärmetauscher aus einer solchen Legierung besitzt unter SWAAT-Bedingungen keine Lebensdauer von mehr als 40 Tagen.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Aluminiumlegierung, insbesondere für Wärmetauscherkom-

ponenten, zur Verfügung zu stellen, die eine hohe Korrosionsbeständigkeit bei gleichzeitig verbesserten Umformeigenschaften für das Strangpressen aufweist.

[0010] Diese Aufgabe wird mit einer Aluminiumlegierung der Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 erfüllt.

[0011] Bevorzugt ist eine Aluminiumlegierung mit minimalen Anteilen an Verunreinigungen von Eisen, Silizium, Zink, Chrom und Zirkonium. Diese Verunreinigungen sind bereits in der Basislegierung enthalten. Um diese Anteile möglichst gering zu halten, wird als Basiswerkstoff ein reines Aluminiummaterial mit mindestens 99.85 Gew% Aluminium verwendet. Dieser Basiswerkstoff wird aus Frischmetall hergestellt und enthält in der Regel nicht mehr als 0,06 Gew% Silizium sowie 0,06 Gew% Eisen. Einer solchen Basislegierung werden beim Gießen die gewünschten Legierungsbestandteile Mangan, Kupfer und Titan zugesetzt. Titan dient hierbei als Kornfeinerungsmittel, wobei Gehalte von 0,003 bis 0,01 Gew% Titan optimal sind.

[0012] Kupfer wird in Gew% von 0,15 bis 0,5 Gew% zugesetzt, vorzugsweise 0,2 bis 0,4 Gew%, besonders bevorzugt 0,3 Gew% Kupfer. Der Anteil an Kupfer in der Aluminiumlegierung verbessert an sich nicht die Korrosionseigenschaften der Aluminiumlegierung. Es wird lediglich die auftretende Korrosionsform verändert. Ist kein Kupfer oder sind nur sehr geringe Anteile an Kupfer in der Legierung enthalten, so neigt die Aluminiumlegierung zu Lochfraßkorrosion. Die erfindungsgemäßen Anteile an Kupfer in den Legierungen führen, wenn Korrosionserscheinungen auftreten sollten, zu einer Kontaktkorrosion. Diese ist im Gegensatz zu der punktuell auftretenden Lochfraßkorrosion eine über die gesamte Oberfläche gleichmäßig verteilte Korrosionserscheinung, die Aluminiumbauteile in wesentlich geringerem Maße negativ beeinflusst. Mehr als 0,5 Gew% Kupfer sollte der Legierung nicht zugegeben werden, da sich ansonsten die Verpressbarkeit aufgrund auftretender AlCu-Phasen verschlechtert.

[0013] Mangan ist als Verstärkungskomponente in der Aluminiumlegierung und beeinflusst die mechanischen Eigenschaften. Sehr hohe Mangangehalte größer 0,7 Gew%, wie in dem vorbekannten Patent EP 866 746 angeben, führen zu größeren Ausscheidungen in der Legierung, die dann als Korrosionselemente wirken können. Zudem sind Aluminiumlegierungen mit hohen Anteilen an Mangan relativ schlecht umformbar, d.h., eine solche Aluminiumlegierung kann nur mit geringer Pressgeschwindigkeit zu Profilen verarbeitet werden, was insbesondere bei den dünnwandigen Wärmetauscherkomponenten zu einem hohen Werkzeugverschleiß führt. Untersuchungen haben gezeigt, dass Gewichtsanteile von 0,2 Gew% und größer bis zu einem Anteil von weniger als 0,7 Gew% Mangan zu einer Aluminiumlegierung führen, die eine ausreichende Festigkeit bei guter Umformbarkeit aufweist.

[0014] Ein getesteter Wärmetauscher mit Mehrkammerhohlprofilen aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zeigte bei einem SWAAT-Test nach 40 Tagen keinerlei Korrosionserscheinungen. Dies ist des Weiteren darauf zurückzuführen, dass die Fügepartner des Mehrkammerhohlprofils in dem Aluminiumwärmetauscher, nämlich die Sammlerrohre und die Lamellen aus einem Aluminiumwärmestoff bestehen, der unedler ist als die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung. So wurden insbesondere gute Ergebnisse erreicht, wenn es sich bei dem Aluminiumwerkstoff der Fügepartner um eine Aluminiumlegierung mit einem Gewichtsanteil an Zink größer 0,1 Gew%, bevorzugt 1 bis 2 Gew% handelt und/oder einem Gewichtsanteil an Kupfer von weniger als 0,15 Gew%.

Patentansprüche

1. Aluminiumknetlegierung mit guten Umformeigenschaften und einer sehr hohen Korrosionsbeständigkeit, insbesondere einer Lebensdauer von mehr als 40 Tagen unter SWAAT-Bedingungen,
   hergestellt aus einem Aluminiummaterial mit mindestens 99.85 Gew% Aluminium, also mit maximal 0.15 Gew% unvermeidbare Verunreinigungen insgesamt, davon:

maximal 0.1	Gew%	Eisen,
maximal 0.1	Gew%	Silizium,
maximal 0.05	Gew%	Zink,
maximal 0.01	Gew%	Chrom,
maximal 0.01	Gew%	Zirkonium,

   durch Zugabe von Mangan, Kupfer und Titan, so dass sich folgende Zusammensetzung der Aluminiumlegierung ergibt:

0.2 bis kleiner 0.7	Gew%	Mangan,
0.15 bis 0.5	Gew%	Kupfer,
0.003 bis 0,01	Gew%	Titan,

(fortgesetzt)

maximal 0.15	Gew%	unvermeidbare Verunreinigungen insgesamt,
Rest		Aluminium.

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise 0.4 bis 0.6 Gew% Mangan und 0.2 bis 0.4 Gew% Kupfer enthalten sind.

3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** 0.5 Gew% Mangan und 0.3 Gew% Kupfer enthalten sind.

4. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** maximal 0.06 Gew% Eisen, enthalten sind.

5. Wärmetauscherkomponente aus einer Aluminiumknetlegierung gemäß Anspruch 1.

6. Wärmetauscherkomponente nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese durch Strangpressen zu einem Rohr oder Hohlprofil, vorzugsweise zu einem flachen Mehrkammerhohlprofil geformt ist.

7. Wärmetauscher mit Sammlerrohren und Lamellen jeweils aus Aluminiumlegierungsmaterial sowie Wärmetauscherhohlprofile oder Wärmetauscherrohren aus einer Aluminiumknetlegierung gemäß Anspruch 1, wobei die Sammlerrohre oder Lamellen mit den Wärmetauscherhohlprofilen oder Wärmetauscherrohren durch Hartlöten miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammlerrohre und/oder Lamellen aus einer weniger edleren Aluminiumlegierung bestehen als die Wärmetauscherhohlprofile oder Wärmetauscherrohre.

8. Wärmetauscher gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammlerrohre und/oder Lamellen aus einer Aluminiumlegierung mit mehr als 0.1 Gew% Zink, vorzugsweise 1 bis 2 Gew% Zink, bestehen.

9. Wärmetauscher gemäß Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammlerrohre und/oder Lamellen aus einer Aluminiumlegierung mit weniger als 0.1 Gew% Kupfer bestehen.

Claims

1. Wrought aluminium alloy with uniform properties and very high corrosion resistance, especially a service life of more than forty days under SWAAT conditions,
manufactured from an aluminium material with at least 99.85% by weight, i.e. with an overall maximum of 0.15% by weight of unavoidable impurities, consisting of a

maximum of 0.1%	by weight of iron
maximum of 0.1%	by weight of silicon
maximum of 0.05%	by weight of zinc
maximum of 0.01%	by weight of chrome
maximum of 0.01%	by weight of zirconium

and with the addition of manganese, copper and titanium so that the following composition of the aluminium alloy results:

0.2 up to less 0.7%	by weight of manganese
0.15 to 0.5%	by weight of copper
0.003 to 0.01%	by weight of titanium
a maximum of 0.15%	by weight of total unavoidable impurities
Remainder	aluminium

2. Aluminium alloy according to Claim 1, **characterized in that** preferably 0.4 to 0.6% by weight of manganese and 0.2 to 0.4% by weight of copper are contained.

3. Aluminium alloy according to Claim 2, **characterized in that** 0.5% by weight of manganese and 0.3% by weight of copper are contained.

4. Aluminium alloy according to Claim 1, **characterized in that** a maximum of 0.06% by weight of iron is contained.

5. Heat exchanger components of wrought aluminium alloy according to Claim 1.

6. Heat exchanger components according to Claim 5, **characterized in that** these are formed by extrusion into a tubular or hollow profile, preferably in the form of a flat multi-chamber hollow profile.

7. Heat exchanger with collector tubes and fins each consisting of aluminium alloy material and also heat exchanger hollow profiles or heat exchanger tubes of wrought aluminium alloy according to Claim 1, with the collector tubes or fins being joined to the heat exchanger hollow profiles or heat exchanger tubes by brazing, **characterized in that** collector tubes and/or fins consist of aluminium alloy of a lower grade than the heat exchanger hollow profiles or heat exchanger tubes.

8. Heat exchanger according to Claim 7, **characterized in that** the collector tubes and/or fins consist of an aluminium alloy with more than 0.1% by weight of zinc, preferably 1 - 2% by weight of zinc.

9. Heat exchanger according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the collector tubes and/or fins consist of an aluminium alloy with less than 0.15% by weight of copper.

Revendications

1. Alliage d'aluminium forgeable présentant de bonnes caractéristiques de malléabilité et une très haute résistance à la corrosion, notamment une durée de vie supérieure à 40 jours dans des conditions du test SWAAT, fabriqué à partir d'un aluminium contenant au moins 99,85 % pondéraux d'aluminium, soit donc au maximum 0,15% pondéral d'impuretés inévitables, dont

   au maximum 0,1 % pondéral de fer,
   au maximum 0,1 % pondéral de silicium,
   au maximum 0,05 % pondéral de zinc,
   au maximum 0,01 % pondéral de chrome,
   au maximum 0,01 % pondéral de zirconium,

   par ajout de manganèse, cuivre et titane, de sorte à conférer à l'alliage d'aluminium la composition suivante:

   0,2 à moins de 0,7 % pondéral de manganèse,
   0,15 à 0,5 % pondéral de cuivre,
   0,003 à 0,01 % pondéral de titane,
   au maximum 0,15 % pondéral d'impuretés inévitables,
   le reste étant de l'aluminium.

2. Alliage en aluminium selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il contient de préférence entre 0,4 et 0,6 % pondéraux de manganèse, et entre 0,2 et 0,4 % pondéraux de cuivre.

3. Alliage en aluminium selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**il contient 0,5 % pondéraux de manganèse et 0,3 % pondéraux de cuivre.

4. Alliage en aluminium selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il contient au maximum 0,06 % pondéraux de fer.

5. Composant d'échangeur thermique, en un alliage d'aluminium conforme à la revendication 1.

6. Composant d'échangeur thermique selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'on extrude ce composant à la presse pour lui conférer la forme d'un tube ou d'un profilé creux, de préférence d'un profilé creux plat multichambres.

7. Échangeur thermique avec tubes collecteurs et lamelles, respectivement en un alliage à l'aluminium, et profilés

creux pour échangeur thermique ou tubes d'échangeur thermique en alliage d'aluminium forgeable selon la revendication 1, les tubes collecteurs ou lamelles étant reliés par brasage dur avec les profilés creux de l'échangeur thermique ou avec les tubes de l'échangeur thermique,
caractérisé en ce que les tubes collecteurs et/ou lamelles se composent d'un alliage à l'aluminium moins noble que les profilés creux d'échangeur thermique ou les tubes d'échangeur thermique.

8. Échangeur thermique conformément à la revendication 7, **caractérisé en ce que** les tubes collecteurs et/ou les lamelles se composent d'un alliage d'aluminium contenant plus de 0,1 % pondéral de zinc, de préférence 1 à 2% pondéraux de zinc.

9. Échangeur thermique selon les revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les tubes collecteurs et/ou les lamelles se composent d'un alliage d'aluminium contenant moins de 0,15% pondéral de cuivre.

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 996754 B1 **[0006]**
- EP 1017865 B1 **[0006]**
- EP 866746 B1 **[0007]**
- US 5286316 A **[0008]**
- EP 866746 A **[0013]**