



(11) **EP 1 832 671 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.09.2007 Patentblatt 2007/37**

(51) Int Cl.:  
**C25D 11/04<sup>(2006.01)</sup> C25D 11/16<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07003253.7**

(22) Anmeldetag: **15.02.2007**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

- **Heinrich, Peter**  
**82110 Germering (DE)**
- **Kreye, Heinrich, Prof., Dr.**  
**22175 Hamburg (DE)**
- **Schmidt, Tobias**  
**59889 Eslohe (DE)**

(30) Priorität: **07.03.2006 DE 10610521**

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer**  
**Patente und Marken**  
**Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14**  
**82049 Pullach (DE)**

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**  
**65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:

- **Gärtner, Frank, Dr.**  
**22043 Hamburg (DE)**

(54) **Verfahren zur Verschleiss- und Korrosionsschutzbeschichtung**

(57) Bei einem Verfahren zur verschleiß- und korrosionsfesten Beschichtung von Oberflächen von Bauteilen aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen wird in einem ersten Schritt, ein anodisch oxidierbarer Alumi-

umwerkstoff auf die Oberfläche als Beschichtung aufgebracht und in einem zweiten Schritt die Beschichtung aus Aluminiumwerkstoff anodisch oxidiert.

**EP 1 832 671 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verschleiß- und Korrosionsschutzbeschichtung von Oberflächen von Bauteilen aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen sowie Aluminiumlegierungen und Bauteile aus solchen Legierungen mit verschleiß- und korrosionsfester Beschichtung.

**[0002]** Magnesium und Magnesiumlegierungen zeichnen sich durch eine besonders hohe Festigkeit im Verhältnis zu ihrem spezifischen Gewicht aus und sind daher als Leichtbauwerkstoff besonders attraktiv für eine Verwendung in der Fahrzeugtechnik und der Luftfahrt. Eingeschränkt wird der Einsatz dieser Werkstoffe jedoch durch eine relativ geringe Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit. Auch für Aluminiumlegierungen wird oft eine erhöhte Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit gewünscht.

**[0003]** Der Verschleiß- und Korrosionsschutz von Bauteilen aus Magnesium und Magnesiumlegierungen sowie Aluminiumlegierungen kann durch eine Beschichtung verbessert werden, z.B. durch Verfahren des thermischen Spritzens. Bei der Beschichtung durch thermische Spritzverfahren besteht jedoch das Problem, dass das Gefüge des Magnesiums und der Magnesiumlegierung bzw. Aluminiumlegierung z.B. durch thermische Vorgänge wie Phasenumwandlungen verändert und dadurch die Festigkeit und andere vorteilhafte Eigenschaften des Magnesiums oder allgemein des Grundwerkstoffs beeinträchtigt werden. Ein weiteres Problem ist die Haftung der Schichten auf dem Magnesium bzw. deren Beeinträchtigung durch Oxidation der Oberfläche und/oder des zugefügten Spritzwerkstoffs, der die Beschichtung ergibt, beim thermischen Spritzprozess. Diese Probleme treten beim Kaltgasspritzen nicht auf, ein Verfahren, bei dem Spritzwerkstoff und Oberfläche nur einer geringen Erwärmung ausgesetzt sind und eine Oxidation praktisch nicht stattfindet. Bei diesem werden die Spritzpartikel in einem Trägergas auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt, jedoch nicht geschmolzen. Im Vergleich zu den herkömmlichen Spritzverfahren wird ein "kaltes" bzw. ein vergleichsweise kälteres Gas verwendet, da es höchstens auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des Materials der Spritzpartikel erwärmt wird. Durch plastische Verformung aufgrund der kinetischen Energie beim Aufprall der Spritzpartikel und daraus resultierender lokaler Wärmefreigabe kommt es zur Kohäsion und Haftung der Partikel auf dem Werkstück und zur Bildung einer Beschichtung. Insbesondere kommt es beim Kaltgasspritzen nicht zur Oxidation und/oder Phasenumwandlung des Trägerwerkstoffs oder eines merklichen Aufschmelzens des Trägerwerkstoffes und Bildung einer Mischung. Die Spritzpartikel werden als Pulver mit einer Partikelgröße von 1 µm bis 200 µm zugeführt. Die kinetische Energie erhalten die Spritzpartikel durch Beschleunigung im Trägergas auf Geschwindigkeiten oberhalb der Schallgeschwindigkeit. Jedoch lassen sich relativ harte und dadurch besonders

verschleißbeständige Materialien nicht gut durch Kaltgasspritzen verarbeiten.

**[0004]** Aluminium und Aluminiumlegierungen können demgegenüber durch Harteloxieren nicht nur gegen Korrosion geschützt werden, sondern auch in ihrer Verschleißbeständigkeit verbessert werden. Bei Kontakt mit der Luft bildet sich durch den Sauerstoff eine Oxidschicht, die ca. 0,01 µm dick ist. Anodisches Oxidieren, als Eloxieren bezeichnet, ermöglicht die Bildung von Oxidschichten, die 100 bis 1000fach dicker sind und als Schutzschicht dienen können. Durch das Verfahren selbst und Beimischungen können die Eigenschaften der entstehenden Schutzschicht, wie etwa deren Härte gesteuert werden. Die anodische Oxidation ist nur bei reinem Aluminium und einigen Aluminiumlegierungen, wie Al-Mg mit Magnesiumgehalten bis zu 5 % gut möglich. Die große Gruppe der siliziumhaltigen Aluminiumgusswerkstoffe gilt dagegen als nicht anodisch oxidierbar oder eloxierbar. Man nimmt an, dass die Ausbildung einer Oxidschicht durch die Ausscheidung von Silizium oder siliziumhaltigen intermetallischen Phasen wie AlSi<sub>3</sub>, Mg<sub>2</sub>Si u.a. behindert wird. Zur Bildung von AlFeSi-Phasen reichen schon die geringen Mengen an Eisen aus, die als Verunreinigung im Material vorhanden sind etwa z.B. bereits 0,08 %. So sind insbesondere die siliziumhaltigen, zum Gießen verwendeten Aluminiumwerkstoffe nach DIN-Norm 1725 mit den Legierungsbezeichnungen AlSi12, AlSi12(Cu), AlSi10Mg, AlSi10Mg(Cu), AlSi9Cu3, AlSi6Cu4, AlSi11, AlSi9Mg, und AlSi7Mg nicht für eine anodische Oxidation geeignet. Ebenfalls schlecht geeignet sind AlSi9MgCo, AlSi12CuMgNi und AlZn10Si8Mg. Aber auch Werkstoffe mit keinen oder nur geringen Siliziumanteilen wie AlCu4Ti und AlCu4TiMg eignen sich nur schlecht. Zusätzlich wird die anodische Oxidation von Aluminiumgusslegierungen erschwert, da diese in der Regel noch Poren aufweisen. Auch bei vielen Aluminiumknetwerkstoffen ist eine anodische Oxidation nicht gut möglich. Reines Magnesium und Magnesiumlegierungen sind nicht anodisch oxidierbar.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem es möglich ist, Oberflächen von Bauteilen aus Magnesium und Magnesiumlegierungen sowie Aluminiumlegierungen mit einer Verschleiß- und Korrosionsschutzbeschichtung zu versehen. Ebenfalls ist es Aufgabe der Erfindung, Bauteile aus solchen Legierungen zur Verfügung zu stellen, die eine Verschleiß- und Korrosionsschutzbeschichtung aufweisen.

**[0006]** Die gestellte Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem in einem ersten Schritt ein anodisch oxidierbarer Aluminiumwerkstoff auf die Oberfläche als Beschichtung aufgebracht wird und in einem zweiten Schritt die Beschichtung aus Aluminiumwerkstoff anodisch oxidiert wird.

**[0007]** Dadurch können auch Werkstoffe aus reinem Magnesium und Magnesiumlegierungen sowie Aluminiumlegierungen mit einer Harteloxierung versehen werden, die für sich nicht auf diese Weise gegen Korrosion

und Verschleiß geschützt werden können. Die Schicht des anodisch oxidierbaren Aluminiumwerkstoffs kann aus einer für diesen Zweck optimierten Legierung bestehen.

**[0008]** In vorteilhafter Ausführung des Verfahrens wird der Aluminiumwerkstoff mittels eines Kaltgasspritzverfahrens aufgebracht.

**[0009]** Die Beschichtung mit dem anodisch oxidierbaren Aluminiumwerkstoff kann durch thermisches Spritzen erfolgen. Wird dabei das Kaltgasspritzverfahren verwendet, so werden sowohl die Oxidation des Trägermaterials als auch eine Durchmischung des Trägermaterials aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen und der Beschichtung aus Aluminiumwerkstoff durch Aufschmelzen oder Festkörperdiffusion weitgehend vermieden. Die Oberfläche des Bauteils ist nach der Beschichtung optimal für die anodische Oxidation geeignet.

**[0010]** In günstiger Ausführung ist die Schicht aus Aluminiumwerkstoff zwischen 30 µm und 3 mm dick ist, vorzugsweise zwischen 100 µm und 300 µm dick.

**[0011]** Diese Schichtdicken sind ausreichend, um die Hartloxierung durchzuführen und sind zugleich ausreichend fest mit dem Trägerwerkstoff verbunden.

**[0012]** Vorteilhaft ist der Aluminiumwerkstoff reines Aluminium. Reines Aluminium besteht industriell aus 99,5 Prozent Aluminium. Möglich ist eine Steigerung bis auf 99,99 Prozent. Reines Aluminium lässt sich optimal anodisch oxidieren.

**[0013]** Vorteilhaft kann der anodisch oxidierbare Aluminiumwerkstoff ein verschleißfester und/oder korrosionsfester Aluminiumwerkstoff sein.

**[0014]** Somit wird der Korrosionsschutz und Verschleißschutz zusätzlich zu der Oxidschicht auch durch die Schicht des Aluminiumwerkstoffs bewirkt und im Fall, dass die Oxidschicht nicht stellenweise nicht richtig gebildet wurde oder zerstört wurde dennoch ein Schutz erreicht.

**[0015]** Die Schicht aus Aluminiumwerkstoff kann vor dem anodischen Oxidieren durch Schleifen, Polieren oder ein Oberflächenbearbeitungsverfahren geglättet oder mit einer Oberflächenstruktur versehen werden.

**[0016]** Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch Bauteile aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen sowie Aluminiumlegierungen gelöst, deren Oberfläche zumindest in Teilbereichen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verschleiß- und korrosionsfest beschichtet wurde.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur verschleiß- und korrosionsfesten Beschichtung von Oberflächen von Bauteilen aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen oder Aluminiumlegierungen bei dem in einem ersten Schritt, ein Aluminiumwerkstoff auf die Oberfläche als Beschichtung aufgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff anodisch

oxidierbar ist und in einem zweiten Schritt die Beschichtung aus Aluminiumwerkstoff anodisch oxidiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff mittels eines Kaltgasspritzverfahrens aufgebracht wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht aus Aluminiumwerkstoff zwischen 30 µm und 3 mm dick ist, vorzugsweise zwischen 100 µm und 300 µm dick ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff reines Aluminium ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der anodisch oxidierbare Aluminiumwerkstoff ein verschleißfester und/oder korrosionsfester Aluminiumwerkstoff ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht aus Aluminiumwerkstoff vor dem anodischen Oxidieren durch Schleifen, Polieren oder ein Oberflächenbearbeitungsverfahren geglättet oder mit einer Oberflächenstruktur versehen wird.

7. Bauteil aus Magnesium oder einer Magnesiumlegierung oder einer Aluminiumlegierung mit zumindest teilweiser verschleißfester Beschichtung und einer Beschichtung aus Aluminiumwerkstoff, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff anodisch oxidierbar ist und die verschleißfeste Beschichtung auf den Aluminiumwerkstoff anodisch oxidiert ist.

8. Bauteil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht aus Aluminiumwerkstoff zwischen 30 µm und 3 mm dick ist, vorzugsweise zwischen 100 µm und 300 µm dick ist.

9. Bauteil nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff reines Aluminium ist.

10. Bauteil nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumwerkstoff mittels eines Kaltgasspritzverfahrens aufgebracht ist.

11. Bauteil nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der anodisch oxidierbare Aluminiumwerkstoff ein verschleißfester und/oder korrosionsfester Aluminiumwerkstoff ist.