



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: F 16 D 69/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



12 PATENTSCHRIFT A5

11

633 868

21 Gesuchsnummer: 10987/77

73 Inhaber:  
Schweizerische Aluminium AG, Chippis,  
Zustelladresse, Neuhausen am Rheinfall

22 Anmeldungsdatum: 07.09.1977

24 Patent erteilt: 31.12.1982

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 31.12.1982

72 Erfinder:  
Kurt Burkhard, Schaffhausen  
Peter Kunzmann, Flurlingen

54 **Verschleissfeste Beschichtung der Arbeitsoberfläche von scheibenförmigen Maschinenteilen aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen.**

57 Arbeitsflächen von scheibenförmigen Maschinenteilen, insbesondere Brems- und Kupplungsscheiben für den Motorrad- und Automobilbau, werden üblicherweise aus Stahl oder einem ähnlichen verschleiss- und abriebfesten Material hergestellt. Zur Verringerung der ungefederten Masse ist die Beschichtung von Maschinenteilen aus Aluminium mit Stahl zwecks Erhöhung der Verschleissfestigkeit erprobt, aber aus wirtschaftlichen Gründen wieder aufgegeben worden.

Optimales Verschleiss- und Reibverhalten kann bei scheibenförmigen Maschinenteilen aus Aluminium- oder Aluminiumlegierungen erhalten werden, wenn deren Arbeitsoberflächen mit einer thermisch aufgetragenen Cermetschicht mit aluminiumhaltiger Metallkomponente versehen wird. Als keramische Komponente eignet sich Material der Gruppe  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3+TiO_2$ ,  $Al_2O_3+ZrO_2$  und  $Al_2O_3+Cr_2O_3$ .

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verschleissfeste Beschichtung der Arbeitsoberfläche von scheibenförmigen Maschinenteilen aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen, dadurch gekennzeichnet, dass diese aus Cermetbeschichtung mit aluminiumhaltiger Metallkomponente besteht.

2. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die keramische Komponente aus Metalloxiden besteht.

3. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die keramische Komponente aus einem Material der Gruppe, gebildet aus  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3+TiO_2$ ,  $Al_2O_3+ZrO_2$  und  $Al_2O_3+Cr_2O_3$ , besteht.

4. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aluminiumhaltige Komponente Reinaluminium, eine siliziumhaltige- oder eine magnesiumhaltige Aluminiumlegierung ist.

5. Verschleissfeste Beschichtung nach Ansprüchen 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichts-Verhältnis der Komponenten Keramik zu Metall zwischen 90:10 und 60:40 liegt.

6. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichts-Verhältnis Keramik zu Metall zwischen 85:15 und 75:25 liegt.

7. Verschleissfeste Beschichtung nach Ansprüchen 1–6, dass sich zwischen Grundmaterial und Cermetbeschichtung eine Haftschrift aus Aluminium befindet.

8. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftschrift aus Aluminium 10–100  $\mu m$  dick ist.

9. Verschleissfeste Beschichtung nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass sie von die Festigkeit der scheibenförmigen Maschinenteile nicht nachteilig beeinflussen den Löchern durchsetzt ist, welche einen Zwischenraum von mindestens 6 mm und Verbindungsgeraden mit einem Winkel von mindestens  $30^\circ$  zu einer durch ein Loch gehenden Radiallinie der Scheibe aufweisen.

10. Verschleissfeste Beschichtung nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass sie von die Festigkeit der scheibenförmigen Maschinenteile nicht nachteilig beeinflussen den Schlitz durchsetzt ist, wobei die Achsen der Schlitz mit einer einen Schlitz der Scheibe schneidenden Radiallinie einen Winkel von  $30-60^\circ$  aufweisen.

11. Verschleissfeste Beschichtung nach einem der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschinenteile Bremscheiben und Kupplungsscheiben sind.

12. Verschleissfeste Beschichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschinenteile Bremscheiben von Motorrädern oder Kupplungsscheiben von Automobilen sind.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine verschleissfeste Beschichtung der Arbeitsoberfläche von scheibenförmigen Maschinenteilen aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen.

Nach dem bisherigen Stand der Technik ist es üblich, Brems- und Kupplungsscheiben aus Stahl, einem für die gestellten Anforderungen genügend verschleiss- und abriebfesten Material, herzustellen. Es hat sich deshalb erübrigt, für diesen Werkstoff spezielle Oberflächenbehandlungen vorzusehen. Im Fahrzeugbau wirken sich die verhältnismässig schweren Bremscheiben aus Stahl nachteilig aus, weil die ungefederte Masse gross ist, was sich in einem geringeren Fahrkomfort ausdrückt. Bei Kupplungsscheiben ist eine möglichst niedrige Masse erwünscht, weil damit der Energieaufwand für die Rotationsbewegung gering gehalten werden kann.

Fahrzeug- bzw. Maschinenbauer sind schon vor einiger Zeit dazu übergegangen, den Werkstoff Stahl durch das wesentlich

leichtere Aluminium zu ersetzen. Aluminium ist jedoch gegen Reib-Verschleissbeanspruchung wenig widerstandsfähig, weshalb die Reibflächen mit einem verschleissfesteren Material beschichtet werden müssen. Die Beschichtung von Aluminium mit Stahl zwecks Erhöhung der Verschleissfestigkeit ist wohl erprobt, aber aus wirtschaftlichen Gründen wieder aufgegeben worden.

Die Erfinder haben sich deshalb die Aufgabe gestellt, eine verschleissfeste Beschichtung der Arbeitsoberfläche von scheibenförmigen Maschinenteilen zu schaffen, wobei diese Maschinenteile ein minimales Gewicht, ein optimales Reibverhalten, eine ausreichende Lebensdauer und minimale Herstellungskosten haben. Diese beschichteten Maschinenteile, insbesondere Brems- und Kupplungsscheiben, sollen für eine Fertigung in grosstechnischem Stil geeignet sein.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Arbeitsoberflächen der Maschinenteile aus Cermetbeschichtungen mit aluminiumhaltiger Metallkomponente bestehen.

Cermet-Werkstoffe haben zwei Komponenten: Eine keramische und eine metallische. Die erfindungsgemäss eingesetzten keramischen Werkstoffe müssen hart und verschleissfest sein, wozu sich Metalloxide mit entsprechenden Eigenschaften vorteilhaft anbieten. Oxidkeramische Materialien, die aus  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3+TiO_2$ ,  $Al_2O_3+ZrO_2$ ,  $Cr_2O_3$  oder  $Al_2O_3+Cr_2O_3$  bestehen, haben ausgezeichnete Resultate erbracht. Die metallische Komponente des Cermets kann sowohl aus Reinaluminium als auch aus einer silizium- oder magnesiumhaltigen Aluminiumlegierung bestehen.

Cermets der beschriebenen Art können unter anderem durch pulvermetallurgische Verfahren hergestellt werden; für das Auftragen von Cermet-Schichten auf Substrate aller Art bieten sich die bekannten thermischen Spritzverfahren an, wie z. B. Flamm- oder Plasmaspritzen.

Bei der Festlegung des Verhältnisses zwischen keramischem und metallischem Anteil des Cermets muss berücksichtigt werden, dass die keramische Komponente Härte und Verschleissfestigkeit, die metallische Komponente Duktilität und Schlagunempfindlichkeit bewirkt. Bei verschleissfesten Arbeitsoberflächen hat man das Bestreben, den metallischen Anteil derart zu minimalisieren, dass gerade noch die erforderliche Duktilität und Schlagunempfindlichkeit erreicht wird. Dies ist der Fall, wenn das Gewichts-Verhältnis Keramik zu Metall zwischen 90:10 und 60:40 liegt. Für die vorzugsweise verwendete Zusammensetzung der Cermets ist ein Gewichts-Verhältnis von Keramik zu Metall, das zwischen 85:15 und 75:25 liegt, besonders geeignet. Diese Mischungen zeigen auch eine genügend hohe Wärmeleitfähigkeit, um die beim Bremsen erzeugte Wärme an das Grundmaterial Aluminium weiterleiten zu können.

Vor dem Aufbringen des Cermets kann eine vorzugsweise 10–100  $\mu m$  dicke Haftschrift aus Aluminium aufgetragen werden, in welcher der Cermet verankert wird.

Eine qualitativ hochwertige verschleissfeste Arbeitsoberfläche kann nur erreicht werden, wenn beide Komponenten des Cermets beim thermischen Spritzprozess vollständig aufgeschmolzen werden. Die Spritztemperatur ist einerseits dadurch begrenzt, dass die keramische Komponente vollständig aufgeschmolzen werden muss, und andererseits die metallische Komponente nicht verdampfen darf. Das Verdampfen der metallischen Komponente kann verhindert werden, indem eine geeignet grosse Körnung gewählt wird, beispielsweise von 20 bis 60  $\mu m$ . Die für das Aufschmelzen der keramischen Komponente notwendige Temperatur wird vorteilhaft mit einer Plasmaspritzapparatur erzeugt. Eine wirtschaftliche Herstellung solcher Brems- bzw. Kupplungsscheiben kann nur dann gewährleistet sein, wenn ein Plasmabrenner mit hoher Spritzleistung zur Verfügung steht. Dazu eignet sich im besonderen Masse ein wasserstabilisierter Plasmabrenner mit 200 kW elektrischer Leistung.

Wenn bei Bremsscheiben aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung nach bisher üblichen Konstruktionsplänen für Bremsscheiben aus Stahl Löcher angebracht werden und nach den oben beschriebenen Verfahren eine Beschichtung aufgebracht wird, hat sich gezeigt, dass diese Schicht die auf sie ausgeübten Scherkräfte nicht aushält. Als Folge davon zeigen sich nach verhältnismässig kurzer Zeit Risse in der aufgespritzten Schicht, welche von den angebrachten Löchern ausgehen und in radialer Richtung der Scheibe verlaufen.

Unsere Versuche haben gezeigt, dass diese Rissbildung vor allem auftritt, wenn zwei Löcher, die auf einer Radiallinie der Scheibe liegen, einen zu geringen Abstand haben. Überraschend hat sich gezeigt, dass dieses Phänomen der Rissbildung durch eine besondere Anordnung der Löcher vollständig unterdrückt werden kann. Diese Löcher werden so angeordnet, dass der Zwischenraum zwischen zwei Löchern mindestens 6 mm beträgt, und dass die Verbindungsgeraden von zwei beliebigen Löchern mit der durch eines der beiden Löchern gehenden Radiallinie einen Winkel von mindestens 30° aufweist.

Die Anzahl, die Anordnung und der Durchmesser dieser Löcher dürfen die Festigkeit der Brems- bzw. Kupplungsscheibe nicht nachteilig beeinträchtigen. Im Gegensatz zu der Anordnung liegen die Anzahl und der Durchmesser der angebrachten Löcher durchaus im Rahmen der üblichen Bremsscheiben aus Stahl. Aus wirtschaftlichen Gründen durchsetzen diese Löcher vorteilhaft nicht nur die Arbeitsfläche, sondern die ganze Brems-scheibe.

Anstelle der Löcher können auch höchstens 20 Schlitzte angebracht werden, wobei die Achsen der Schlitzte mit einer sie schneidenden Radiallinie einen Winkel aufweisen, der vorzugsweise zwischen 30 und 60° liegt. Die Dimensionen (Länge und Breite) der Schlitzte werden dadurch begrenzt, dass die Festigkeit der Bremsscheibe nicht beeinträchtigt werden darf. In der Praxis haben sich Schlitzte mit einer Breite von 4–6 mm und einer Länge, die höchstens die Hälfte der Scheibenbreite ausmacht, gut bewährt.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung werden die scheibenförmigen Maschinenteile für Bremsscheiben, insbesondere für Motorräder, oder Kupplungsscheiben, insbesondere in Automobilen, verwendet. Die verschleissfesten Maschinenteile können jedoch auch als Bremsscheiben in Maschinen für die spanabhebende Metallbearbeitung, beispielsweise bei Scheibenbremsen von Drehbänken, eingesetzt werden.

In Motorrädern eingesetzte Bremsscheiben werden entgegen den Erwartungen nicht so heiss, dass das Aluminium wegschmelzen oder zumindest alle Festigkeitseigenschaften verlieren würde. Die meisten schweren Motorräder haben zwei Bremsscheiben am Vorderrad, bei welchen es sich gezeigt hat, dass die Luftkühlung so stark ist, dass Aluminiumbremsscheiben selbst bei einer Vollbremsung nicht wärmer als ca. 300°C werden können. Die eingesetzten Aluminiumlegierungen halten diese Wärmebelastungen ohne unerwünschte Festigkeitsverluste aus.

Die erfindungsgemässe Beschichtung genügt den harten Anforderungen an eine Brems- bzw. Kupplungsscheibe, auch

bezüglich Haftung und Schlagunempfindlichkeit. Die Kombination von oxidkeramischer und metallischer Phase bewirkt eine Paarung von hoher Verschleissfestigkeit und hinreichender Duktilität. Sie genügt ausserdem den Anforderungen hoher Korrosionsfestigkeit.

Die Erfindung wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele näher beschrieben:

#### Beispiel 1

Zur Herstellung einer Bremsscheibe wird ein Rohling in Form einer planen Scheibe aus einer warmfesten, korrosionsbeständigen, schmiedbaren Aluminiumlegierung in der erforderlichen Dicke plangedreht. Der Aussendurchmesser dieser 4,5 mm dicken Scheibe beträgt 260 mm, der Innendurchmesser 144 mm. In diese Scheiben werden je 20 Löcher in einem radialen Abstand von 96, 109 und 122 mm vom Zentrum der Scheibe derart gebohrt, dass je drei Löcher auf einer Geraden liegen, welche mit der Radiallinie durch das innere Loch der Dreiergruppe einen Winkel von 40° bildet. Der Durchmesser der angesenkten Löcher beträgt 6 mm. Anschliessend wird die plangedrehte Scheibe mit Korund (Körnung 0,2–1,2 mm) sandgestrahlt, bis eine Oberflächenrauigkeit von min. Sa 2,5 erreicht ist. Die auf einer Achse rotierende Scheibe wird gleichzeitig hinten und vorne mit je einer Düse sandgestrahlt.

Anschliessend wird die kalte Scheibe mit einer 200 kW wasserstabilisierten Plasmaspritzpistole beschichtet. Das Spritzmaterial besteht aus 80 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Körnung 15–40 µm) und 20 % Reinaluminium (Körnung 20–50 µm).

Die aufgespritzte Schichtdicke beträgt ca. 500 µm.

Abschliessend wird die Scheibe mit einer keramisch gebundenen Siliziumkarbid-scheibe geschliffen.

#### Beispiel 2

Die Reibfläche einer marktüblichen Kupplungsscheibe mit den Abmessungen von 23 cm als äusserem und 18 cm als innerem Durchmesser wird mit Korund (Körnung 0,2–1,2 mm) sandgestrahlt, bis eine Oberflächenrauigkeit von min. Sa 2,5 erreicht ist. Anschliessend wird die Scheibe, wie in Beispiel 1 beschrieben, beschichtet und geschliffen.

#### Beispiel 3

Eine Bremsscheibe mit den Dimensionen und Lochanordnungen gemäss Beispiel 1 wird mit einem Bunsenbrenner auf eine Temperatur von 180°C vorgewärmt. Dann wird mit einer Lichtbogenspritzapparatur eine Schicht von 50 µm Aluminium aufgetragen. Anschliessend wird die Scheibe nach dem in Beispiel 1 beschriebenen Verfahren beschichtet und geschliffen.

#### Beispiel 4

Eine Bremsscheibe mit den Dimensionen und Lochanordnungen gemäss Beispiel 1 wird mit einem Bunsenbrenner auf eine Temperatur von 180°C vorgewärmt. Dann wird die Scheibe, wie unter Beispiel 1 beschrieben, beschichtet und geschliffen.