



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 005 078.4**

(22) Anmeldetag: **20.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **12.08.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16B 2/00** (2006.01)

**F16B 4/00** (2006.01)

**F16B 13/02** (2006.01)

**F16B 13/04** (2006.01)

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

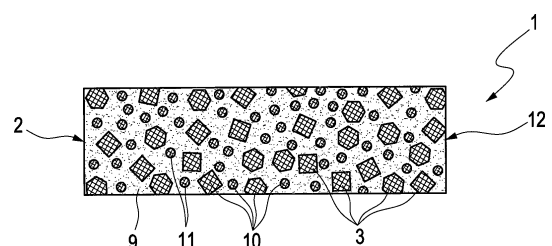
(71) Anmelder:  
**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Özer, Ihsan, 71069 Sindelfingen, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verbindungselement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verbindungselement zur Verwendung in einer Kraftschlussverbindung, insbesondere Stirn-Press-Verbindung, zwischen zwei Bauteilen, mit einer Trägermatrix, die zumindest an ihrer Oberfläche Hartstoffpartikel aufweist. Eine preiswerte Herstellung lässt sich erzielen, wenn die Trägermatrix aus einer Metall-Matrix-Composite-Legierung besteht, welche die Hartstoffpartikel enthält.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verbindungselement zur Verwendung in einer Kraftschlussverbindung zwischen zwei Bauteilen, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

**[0002]** Kraftschlüssige Verbindungen, insbesondere Stirn-Press-Verbindungen, werden in vielen Bereichen des Maschinenbaus, insbesondere des Fahrzeugbaus, zur Übertragung von Querkräften oder Drehmomenten eingesetzt. Die Größe der jeweils übertragenen Kräfte bzw. Momente hängt neben den konstruktiven Gegebenheiten in erster Linie vom Haftreibungsbeiwert der miteinander verbundenen Bauteiloberflächen ab. Um bei derartigen Kraftschlussverbindungen die Haftreibung zwischen den miteinander verbundenen Bauteilen und somit die übertragbaren Kräfte bzw. Momente zu vergrößern, kommen Verbindungselemente der eingangs genannten Art zum Einsatz.

**[0003]** Aus der EP 0 961 038 A1 ist ein derartiges Verbindungselement bekannt. Es umfasst eine Trägermatrix, die an ihrer Oberfläche Hartstoffpartikel aufweist. Beim bekannten Verbindungselement ist die Trägermatrix eine Stahlfolie, in die Hartstoffpartikel eingebracht sind, derart, dass sie beiderseits der Stahlfolie an der Oberfläche vorstehen. Alternativ wird die Verwendung einer Stahlfolie als Trägermatrix vorgeschlagen, deren Oberflächen mit einer Bindephase beschichtet sind, in welche die Hartstoffpartikel eingebettet sind, derart, dass sie über die Oberfläche vorstehen. Typische Hartstoffpartikel sind dabei Karbide, wie SiC, WC und B<sub>4</sub>C, oder Nitride wie Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> und kubische BN oder Boride oder SiO<sub>2</sub> oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder Diamant.

**[0004]** Die Herstellung von Stahlfolien mit darin eingebetteten Hartstoffpartikeln oder die Beschichtung einer Stahlfolie mit einer Bindephase, welche die Hartstoffpartikel enthält, ist vergleichsweise aufwändig.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Verbindungselement der eingangs genannten Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch eine vergleichsweise preiswerte Herstellung auszeichnet.

**[0006]** Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0007]** Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, für die Herstellung des Verbindungselements eine Metall-Matrix-Composite-Legierung, kurz MMC-Legierung, zu verwenden, wobei die Hartstoff-

partikel in dieser MMC-Legierung bereits enthalten sind. Mit anderen Worten, als Trägermatrix für die Hartstoffpartikel wird eine MMC-Legierung verwendet, wobei die Hartstoffpartikel bereits einen Bestandteil der MMC-Legierung bilden.

**[0008]** MMC-Legierungen lassen sich vergleichsweise einfach herstellen, wodurch sich auch die Herstellung der Verbindungselemente aus einer solchen MMC-Legierung vereinfacht. Insbesondere können aufwändige Beschichtungsverfahren entfallen, um die Hartstoffpartikel außen an einem Träger anzubringen, da die MMC-Legierung die Hartstoffpartikel bereits als integralen Bestandteil enthält. Insbesondere sind die Hartstoffpartikel bei der MMC-Legierung nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Inneren der Trägermatrix vorhanden.

**[0009]** Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform kann die MMC-Legierung eine Leichtmetall-MMC-Legierung sein, wobei es sich insbesondere um eine Aluminium-MMC-Legierung handeln kann. Hierdurch wird das Verbindungselement vergleichsweise leicht, was im Hinblick auf eine Gewichtsreduzierung im Fahrzeugbau vorteilhaft ist. Insbesondere die Verwendung einer Aluminium-MMC-Legierung hat den zusätzlichen Vorteil, dass sich an der Oberfläche des Verbindungselements, insbesondere vor dem Einbau in die jeweilige Kraftschlussverbindung, eine Oxid-Schicht ausbildet, die einer Korrosion des Verbindungselements sowie der über die Kraftschlussverbindung miteinander verbundenen Bauteile entgegen wirkt. Darüber hinaus tragen die sehr harten Aluminiumoxide der Oberfläche zur Erhöhung der Reibung und somit zur Verbesserung der Kraftschlussverbindung bei.

**[0010]** Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann eine übereutektische Aluminium-MMC-Legierung verwendet werden, wodurch das Kristallgefüge der MMC-Legierung ebenfalls eine besonders harte Struktur erzeugt, die bei entsprechenden Rauigkeiten die Kraftschlussverbindung verbessert.

**[0011]** Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform kann die MMC-Legierung zusätzlich zu den Hartstoffpartikeln Silizium-Primär-Kristalle enthalten, die zusätzlich zu den Hartstoffpartikeln die Haftreibung und somit die Kraftschlussverbindung verbessern.

**[0012]** Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

**[0013]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kom-

bination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0014]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

**[0015]** Es zeigen, jeweils schematisch,

**[0016]** [Fig. 1](#) eine Schnittansicht eines Rohlings eines Verbindungselements,

**[0017]** [Fig. 2](#) eine Schnittansicht des fertigen Verbindungselements,

**[0018]** [Fig. 3](#) eine Schnittansicht einer Kraftschlussverbindung mit dem Verbindungselement.

**[0019]** Entsprechend den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) umfasst ein Verbindungselement **1** eine Trägermatrix **2**, die Hartstoffpartikel **3** aufweist. Das Verbindungselement **1** kommt in einer in [Fig. 3](#) gezeigten, durch eine geschweißte Klammer angedeuteten Kraftschlussverbindung **4** zur Verwendung, die mit Hilfe des Verbindungselements **1** zwischen zwei Bauteilen **5** und **6** hergestellt wird. Dabei kann es sich insbesondere um eine Stirn-Press-Verbindung **4** handeln, die einerseits mit Anpresskräften entsprechend Pfeilen **7** beaufschlagt ist und andererseits durch Doppelpfeile angedeutete Kräfte **8** übertragen soll. Die Anpressung **7** erfolgt stirnseitig, also jeweils in Richtung des anderen Bauteils **5**, **6**. Die Kraftübertragung **8** erfolgt quer zur Anpressung **7**, also diesbezüglich in Scherichtung. Bei den Bauteilen **5**, **6** kann es sich um Wellen handeln, sodass es sich bei den zu übertragenden Kräften **8** auch um Momente handeln kann.

**[0020]** Die Trägermatrix **2** besteht aus einer Metall-Matrix-Composite-Legierung, die im Folgenden ebenfalls mit **2** bezeichnet und verkürzt mit MMC-Legierung **2** bezeichnet werden kann. Die MMC-Legierung **2** besitzt eine Metallmatrix **9**, in welche Partikel **10** eingelagert oder eingebettet sind. Diese Partikel **10** sind vorzugsweise nicht-metallisch, insbesondere keramisch. Ebenso können jedoch auch metallische Partikel **10** in die Metallmatrix **9** eingebettet sein. Auch können – je nach MMC-Legierung **2** – intermetallische Phasen auftreten, die auch Partikel **10** bilden. Sofern metallische Partikel **10** in die Metallmatrix **9** eingebettet sind, unterscheiden sich die Partikel **10** durch ein von der Metallmatrix **9** abweichendes metallisches Gefüge und/oder durch ein von der Metallmatrix **9** abweichendes Metall bzw. durch eine von der Metallmatrix **9** abweichende Legierung.

**[0021]** Die Hartstoffpartikel **3** bilden solche Partikel

**10**, wobei die Hartstoffpartikel **3** bevorzugt keramisch sind. Sie können aus Korund oder aus Siliziumkarbid (SiC) bestehen. Ferner ist es grundsätzlich möglich, die Hartstoffpartikel **3** durch Karbide, wie SiC, WC und B<sub>4</sub>C, oder durch Nitride, wie Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> und kubisches BN, oder durch Borride oder durch SiO<sub>2</sub> oder durch Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder durch Diamant zu bilden.

**[0022]** Die tribologischen und mechanischen Eigenschaften, wie Elastizitätsmodul, Härte, Streckgrenze, Betriebs- und Dauerfestigkeit, werden sowohl von den verwendeten Hartstoffpartikeln **3**, insbesondere deren Art, Anteil, Größe und Form, als auch von den Eigenschaften der Metallmatrix **9** beeinflusst. Ebenso werden die thermischen Eigenschaften der MMC-Legierung **2**, wie Solidustemperatur, Thermoschockbeständigkeit, Wärmespeicherkapazität, Wärmeleitkoeffizient, Wärmeausdehnungskoeffizient, Wärmestrahlungskoeffizient, Wärmekonvektionskoeffizient, nicht nur durch die verwendeten Hartstoffpartikel **3**, insbesondere deren Art, Anteil, Größe und Form, beeinflusst, sondern auch durch die Eigenschaften der Metallmatrix **9**.

**[0023]** Bevorzugt wird eine Leichtmetall-MMC-Legierung **2**. Besonders vorteilhaft ist dabei eine auf Aluminium basierte Leichtmetall-MMC-Legierung **2**, also insbesondere eine Aluminium-MMC-Legierung **2**. Besonders vorteilhaft ist dabei eine Ausgestaltung, bei welcher die Aluminium-MMC-Legierung **2** übereutektisch konzipiert wird. Insbesondere kann die MMC-Legierung als weitere Partikel **10** Silizium-Primär-Kristalle **11** enthalten, die zusätzlich zu den Hartstoff-Partikeln **3** in der Metallmatrix **9** enthalten sind. Derartige Silizium-Primär-Kristalle **11** besitzen üblicherweise eine Härte zwischen 900–1100 HAV und tragen zusätzlich zu einer wesentlichen Verbesserung der Rauigkeit bzw. der erzielbaren Haftreibung bei.

**[0024]** Darüber hinaus kann die MMC-Legierung **9** weitere Partikel **10** enthalten, die hier nicht dargestellt sind und die bspw. aus intermetallischen Fasern gebildet sein können.

**[0025]** [Fig. 1](#) zeigt einen Rohling **12** des Verbindungselements **1**. Er besteht aus der MMC-Legierung **2**. Erkennbar beinhaltet die MMC-Legierung **2** einerseits die Metallmatrix **9** und andererseits die Partikel **10**, also zumindest die Hartstoffpartikel **3** und hier optional außerdem die Silizium-Primär-Kristalle **11**. Diese Silizium-Primär-Kristalle **11** bilden somit weitere Partikel **10** der MMC-Legierung **2**, die zusätzlich zu den Hartstoffpartikeln **3** in der MMC-Legierung **2** enthalten bzw. in dessen Metallmatrix **9** eingebettet sind.

**[0026]** Bevorzugt handelt es sich bei der hier verwendeten MMC-Legierung **2** um eine mit keramischen Hartstoffpartikeln **3** verstärkte Alumi-

um-MMC-Legierung **2**, die einen relativ hohen Anteil an Silizium-Primär-Kristallen **11** aufweist und dementsprechend eine hypereutektische AISi-MMC-Legierung **2** ist. Bspw. handelt es sich um eine MMC-Legierung **2** mit einer Metallmatrix **9** aus AISi20 mit 10% SiC-Hartstoffpartikeln **3**. Innerhalb der Metallmatrix **9** bilden sich beim Erstarren des Gefüges die Primär-Silizium-Kristalle **11** aus, die dann zusätzliche Partikel **10** repräsentieren.

**[0027]** Derartige Rohlinge **12** lassen sich bspw. mit Sprühkompaktierverfahren herstellen. Sie können umgeformt und insbesondere mechanisch bzw. spanabhebend bearbeitet werden. Um aus dem Rohling **12** das in [Fig. 2](#) wiedergegebene Verbindungselement **1** herzustellen, müssen die Hartstoffpartikel **3** an der Oberfläche des Verbindungselements **1** bzw. der MMC-Legierung **2** und ggf. die Silizium-Primär-Kristalle **11** freigelegt werden. Hierzu eignet sich eine entsprechende Oberflächenbehandlung, insbesondere ein Ätzzvorgang. Hierbei kann ein chemisches oder elektrochemisches Ätzen durchgeführt werden, bspw. mit einem wässrigen Ätzmittel, wie z. B. Natronlauge. Durch diese Oberflächenbehandlung wird aufgrund der werkstoffcharakteristischen und chemischen Eigenschaften der Metallmatrix **9** und der eingelagerten Partikel **10** im Wesentlichen nur die Metallmatrix **9** vom Ätzmittel angegriffen und oberflächlich abgetragen. Hierdurch werden die Hartstoffpartikel **3** und die ggf. vorhandenen Silizium-Primär-Kristalle **11** freigelegt. Darüber hinaus können soweit vorhanden auch – hier nicht dargestellte – kleinere Partikel aus intermetallischen Phasen oberflächlich freigelegt werden.

**[0028]** In [Fig. 2](#) sind durch Klammern Bereiche **13** angedeutet, in denen eine Bearbeitung der Oberfläche des Rohlings **12** stattgefunden hat, um die Partikel **10**, nämlich die Hartstoffpartikel **3** und die hier vorhandenen Silizium-Primär-Kristalle **11** oberflächlich freizulegen. Erkennbar ist die Metallmatrix **9** soweit reduziert bzw. entfernt worden, bis an den Oberflächen **14** der Metallmatrix **9** bzw. der Trägermatrix **2** Hartstoffpartikel **3** und hier außerdem Silizium-Primär-Kristalle **11** freistehen bzw. vorstehen. Die keramischen Hartstoffpartikel **3**, die Silizium-Primär-Kristalle **11** sowie die ggf. vorhandenen anderen intermetallischen Phasen werden vom Ätzmittel nicht oder nicht wesentlich beeinflusst, wodurch die Oberflächen **14** des Verbindungselements **1**, also die in der Kraftschlussverbindung **4** zum Einsatz kommenden Fügeflächen nach dem Ätzzvorgang andere tribologische Eigenschaften wie der Rohling **12** besitzen. Insbesondere wird dabei eine Mikrokontur bzw. eine mikrokonturierte Oberfläche **14** geschaffen, die eine Vielzahl vorstehender Plateauflächen und Kanten besitzt. Diese Plateauflächen und Kanten bestehen aus vom Ätzmittel nicht beeinflussten Bestandteilen der MMC-Legierung **2**, nämlich der Partikel **10**, und besitzen deutlich höhere Härtegrade. Die Rauigkeit

bzw. die Höhe der Plateaus der Mikrostruktur ist durch die Stärke des Ätzmittels und durch die Dauer des Ätzzvorgangs einstellbar.

**[0029]** Die auf diese Weise hergestellten Verbindungselemente **1** sind vergleichsweise preiswert realisierbar. In Verbindung mit den zusätzlich zu den Hartstoffpartikeln **3** vorhandenen Silizium-Primär-Kristallen **11** kann eine zusätzliche Reibwerterhöhung realisiert werden, welche die Kraftübertragung innerhalb der Kraftschlussverbindung **4** verbessert. Insbesondere bilden sich in der Kraftschlussverbindung **4** gemäß [Fig. 3](#) durch die Anpressung **7** im Kontakt der Stirnseiten **15** der Bauteile **5** und **6** mit den Außenseiten oder Oberflächen **14** des Verbindungselements **1** in Bereichen **16** Mikroformschlüsse aus, wobei diese Bereiche **16** in [Fig. 3](#) durch geschweifte Klammern angedeutet sind. Durch diese Mikroformschlüsse in den Bereichen **16**, die durch die einzelnen Hartstoffpartikel **3** und hier auch durch die Silizium-Primär-Kristalle **11** erzeugt sind, ist der Reibwert innerhalb der Kraftschlussverbindung **4** signifikant erhöht. Hierdurch kann die maximale Kraftübertragungsfähigkeit und Drehmomentübertragbarkeit innerhalb der Kraftschlussverbindung **4** verbessert werden. Dies führt innerhalb der Kraftschlussverbindung **4** zu einer verbesserten Betriebsfestigkeit und Betriebssicherheit.

**[0030]** Nach der beschriebenen Oberflächenbehandlung zum Erzeugen der Verbindungselemente **2**, besitzt das Verbindungselement **1** eine sehr hohe metallische Reinheit, was eine deutliche Erhöhung der Adhäsionsneigung und Affinitätsneigung bedeutet. Dies bringt einen technischen Vorteil in den Verwendungen für die Kraftschlussverbindungen **4**. Denn eine hohe Adhäsions- und Affinitätsneigung gegenüber dem jeweiligen anderen Fügepartner, also hier gegenüber den Bauteilen **5,6**, führt insbesondere zu höheren Reibwerten.

**[0031]** Des Weiteren ist die Oberfläche **14** des Verbindungselements **1** durch die chemische Bearbeitung der Oberflächen **14**, insbesondere durch die Behandlung mit dem Ätzmittel, in hohem Maße metallisch aktiviert. Nach dem ersten Luftkontakt im Anschluss an die Oberflächenbehandlung wird die so erzeugte Grenzfläche bzw. die Oberfläche **14** einer gewissen Oxidation unterzogen, wodurch die Oberflächen **14** metallisch passiviert werden. Durch diese gleichmäßige Passivierung der Oberflächen **14** bildet sich eine neue konstante Schicht bzw. eine Oxidschicht konstanter Stärke, die sich als eine verbundstabile Metalloxidschicht charakterisieren lässt. Diese Metalloxid-Schicht ist in [Fig. 2](#) mit **17** bezeichnet. Sie überzieht die Oberfläche **14** zumindest im Bereich der Metallmatrix **9** gleichmäßig und kann sich – je nach Material der Partikel **10** – auch über die über die Metallmatrix **9** vorstehenden Partikel **10** erstrecken.

**[0032]** Die Metalloxid-Schicht **17** bildet einerseits eine Schutzschicht gegen Kontakt- und Reibkorrosion, was die Lebensdauer und die Verbindungsqualität der Kraftschlussverbindung **4** erhöht, und bewirkt andererseits eine Verbesserung der Reibbeiwerte, was auch die Kraftübertragung bzw. Momentübertragung innerhalb der Kraftschlussverbindung **4** unterstützt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 0961038 A1 [\[0003\]](#)

**Patentansprüche**

1. Verbindungselement zur Verwendung in einer Kraftschlussverbindung (4), insbesondere Stirn-Press-Verbindung, zwischen zwei Bauteilen (5, 6), mit einer Trägermatrix (2), die zumindest an ihrer Oberfläche (14) Hartstoffpartikel (3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trägermatrix aus einer Metall-Matrix-Composite-Legierung (2) besteht, welche die Hartstoffpartikel (3) enthält.

2. Verbindungselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die MMC-Legierung (2) eine Leichtmetall-MMC-Legierung ist.

3. Verbindungselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die MMC-Legierung (2) eine Aluminium-MMC-Legierung ist.

4. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die MMC-Legierung (2) zusätzlich zu den Hartstoffpartikeln (3) Silizium-Primär-Kristalle (11) enthält.

5. Verwendung einer Metall-Matrix-Composite-Legierung (2) zum Herstellen eines Verbundelements (1) zur Verwendung in einer Kraftstoffverbindung (4), insbesondere Stirn-Press-Verbindung, zwischen zwei Bauteilen (5, 6).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

