

(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  
14. Februar 2013 (14.02.2013)



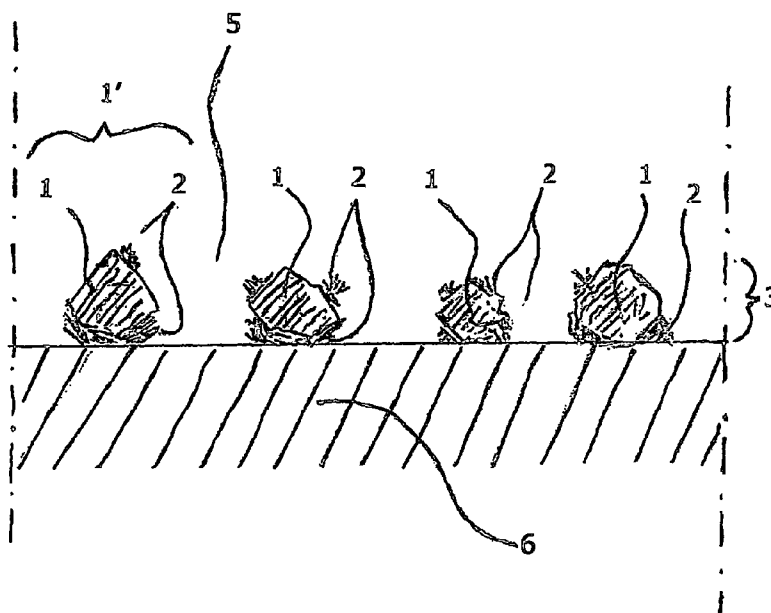
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/020679 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
C23C 16/513 (2006.01) F16B 2/00 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/003307
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
2. August 2012 (02.08.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2011 052 447.9  
5. August 2011 (05.08.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** IP PLASMA & BRANDS GMBH [DE/DE]; Schütterlettenweg 6, 85053 Ingolstadt (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** SPETH, Willy [DE/DE]; c/o TecPro Intelligence, Gozzoltstraße 26, 85283 Wolnzach (DE).
- (74) **Anwalt:** KUHLEN & WACKER; Patent- und Rechtsanwaltsbüro, Prinz-Ludwig-Strasse 40A, 85354 Freising (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** COATING INCREASING THE FRICTION COEFFICIENT AND PRODUCTION THEREOF BY MEANS OF ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA COATING

(54) **Bezeichnung :** REIBWERTERHÖHENDE BESCHICHTUNG UND HERSTELLUNG DERSELBEN MITTELS ATMOSPÄRENDRUCKPLASMA-BESCHICHTUNG

FIG. 2



(57) **Abstract:** The present invention provides an advantageous method for producing a coating which increases the friction coefficient (3) on a surface (5) of a component (6), wherein the method comprises the following steps: a) activating hard particles (1) that are coated in part or entirely by an adhesive (2) in a non-thermal plasma (low-temperature plasma) under atmospheric pressure; and b) producing the layer (3) which increases the friction coefficient on the surface (5) of the component (6) by depositing the hard particles (1) activated by the non-thermal atmospheric pressure plasma and coated with the adhesive (2) on the surface (5) of the component (6). Said method is particularly more economic for components with complex forms or large dimensions than known methods. No matrix or intermediary layers are required for anchoring the hard particles. The hard particles engage directly in the contact surfaces.

(57) **Zusammenfassung:**  
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/020679 A1



---

Die vorliegende Erfindung stellt ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Beschichtung (3) auf einer Oberfläche (5) eines Bauteils (6) bereit, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: a) Aktivieren von mit einem Haftmittler (2) teilweise oder vollständig ummantelten Hartpartikeln (1) in einem nicht thermischen Plasma (Niedertemperaturplasma) unter Atmosphärendruck; und b) Erzeugen der reibwerterhöhenden Schicht (3) auf der Oberfläche (5) des Bauteils (6) durch Abscheiden der mit dem nicht-thermischen Atmosphärendruck-Plasma aktivierten, mit dem Haftmittler (2) ummantelten Hartpartikel (1) auf der Oberfläche (5) des Bauteils (6). Dieses Verfahren ist besonders für komplex geformte oder groß dimensionierte Bauteile wirtschaftlicher als bekannte Verfahren. Es sind keine Matrix-bzw. Zwischenschichten zur Verankerung der Hartpartikel erforderlich. Der Eingriff der Hartpartikel erfolgt unmittelbar in den Fügeflächen selbst.

## Beschreibung

### **Reibwerterhöhende Beschichtung und Herstellung derselben mittels Atmosphärendruckplasma-Beschichtung**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Beschichtung mittels nicht-thermischer Atmosphärendruckplasma-Beschichtung sowie ein Bauteil mit einer reibwerterhöhenden Beschichtung, die mit dem zuvor genannten  
10 Verfahren hergestellt ist.

Kraftschlüssige Verbindungen dienen bei Bauteilen und Komponenten dazu Kräfte zu übertragen. Insbesondere in allen Bereichen des Maschinenbaus wird diese Verbindungsart zur Übertragung von Drehmomenten und Querkräften eingesetzt. Dabei  
15 bestimmen Adhäsionskräfte die Höhe der zwischen den kraftschlüssig miteinander verbundenen Fügeflächen übertragbaren Querkräfte. Als Maß dafür, mit welchem Anteil eine Querkraft gegenüber einer anliegenden Normalkraft noch angelegt werden kann bevor ein "Gleiten" erfolgt, dient der Haftbeiwert  $\nu$ . Er hängt ab von der für die kraftschlüssige Verbindung verwendeten Werkstoffpaarung, Rauheit, Schmierungs-  
20 zustand und Beanspruchung der Fügeflächen. Bei einer trockenen Verbindung von Stahloberflächen beträgt der Haftbeiwert  $\nu$  etwa 0,15.

Eine Erhöhung des Haftbeiwerts  $\nu$  kann durch reibwerterhöhende Beschichtungen erzielt werden. Im Stand der Technik werden zum Herstellen einer reibwerterhöhenden  
25 Beschichtung Hartpartikel in einem Galvanisierungsbad zusammen mit einer als Matrixschicht dienenden Metallschicht auf die Oberfläche eines Bauteils aufgebracht. Die in dem Galvanisierungsbad dispergierten Hartpartikel werden hierbei in die im Bad anwachsende Metallschicht eingebaut. Das Material für die Hartpartikel besitzt eine höhere Druck- und Scherfestigkeit als das der Fügeflächen, sodass die Hartpartikel  
30 einen zusätzlichen Formschluss (im  $\mu\text{m}$ -Bereich) ermöglichen indem diese bei entsprechender Normalkraft in die Bauteiloberflächen teilweise eindringen.

Nachteil des Herstellens einer reibwerterhöhenden Beschichtung durch den kontinuierlichen Einbau von in dem Galvanisierungsbad dispergierten Hartpartikeln in eine Matrixschicht ist, dass die am Ende des Beschichtungsvorgangs eingebauten Partikel nur zum geringen Teil von der Matrixschicht umschlossen sind und daher darin nicht fest verankert sind. Die am Ende des Beschichtungsvorgangs eingebauten Partikel neigen deshalb bei diesem Verfahren zur Ablösung. Als Lösung für dieses Problem wird in der DE 101 48 831 A1 ein Mehrschichtmatrixsystem vorgeschlagen, bei dessen Herstellung das Galvanisierungsbad für die zuletzt aufgebrauchte Matrixschicht keine darin dispergierten Hartpartikel aufweist, um sicherzustellen, dass alle Hartpartikel in dem Matrixschichtsystem fest verankert sind. Jedoch können bei Mehrschichtmatrixsystemen Fehlstellen in den Grenzflächen zwischen den Matrixschichten auftreten und es infolgedessen zu einer Ablösung einer oder mehrerer Schichten kommen. Die Ablösung von Hartpartikeln oder von Matrixschichten stellt für die Anwendung der beschichteten Bauteile im Betrieb ein großes Problem dar, da abgelöste Hartstoffpartikel oder Matrixschichten zu vorzeitigem Verschleiß oder zu einem Funktionsausfall führen können.

Ein weiterer Nachteil des Herstellens von reibwerterhöhenden Beschichtungen in Galvanisierungsbädern liegt bei großen sperrigen Bauteilen darin, dass auch die Galvanisierungsbäder dementsprechend groß dimensioniert sein müssen, und das Verfahren dadurch aufwendig und unwirtschaftlich wird. Zudem müssen beim Herstellen einer reibwerterhöhenden Beschichtung in einem Galvanisierungsbad Oberflächenbereiche des zu beschichtenden Bauteils, auf die keine reibwerterhöhende Beschichtung aufgebracht werden soll, vor dem Eintauchen des Bauteils in das Galvanisierungsbad aufwendig maskiert werden. Bei kompliziert geformten Bauteilen kann eine Maskierung bestimmter Oberflächenbereiche auch gänzlich unmöglich sein. Um die Probleme beim Herstellen einer reibwerterhöhenden Beschichtung auf großen und/oder kompliziert geformten Bauteilen zu umgehen, wird in der DE 198 23 928 A1 vorgeschlagen, eine separate, dünne, flexible Schicht mit darin eingebauten Partikeln als Verbindungselement zwischen die Fügeflächen einer kraftschlüssigen Verbindung einzulegen anstatt reibwerterhöhende Beschichtungen direkt auf den Fügeflächen abzuschneiden. Jedoch bedeutet die Verwendung dieses zwischen die Fügeflächen

einzubringenden separaten Verbindungselementes einen Zusatzaufwand bei der Montage von Bauteilen zur Herstellung einer kraftschlüssigen Verbindung.

Aus der DE 10 2007 043 291 A1 ist die Herstellung von Beschichtungen bekannt,  
5 bei der ein für die Beschichtung verwendetes Pulver vor dem Aufbringen auf ein Substrat mit einem Atmosphärendruckplasma aktiviert wird. Jedoch ist es bisher nicht gelungen, damit reibwerterhöhende Beschichtungen guter Qualität abzuscheiden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine reibwerterhöhende Beschichtung  
10 auf Bauteilen mit einem Verfahren herzustellen, das die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermeidet. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein wirtschaftlicheres Verfahren bereitzustellen, mit dem reibwerterhöhende Beschichtungen hergestellt werden können, bei denen keine Gefahr der Ablösung von Partikeln und/oder von Matrixschichten besteht.

15

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Herstellungsverfahren nach Anspruch 1. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es in wirtschaftlicher Art und Weise möglich, auch bei großen und/oder kompliziert geformten Bauteilen eine reibwerterhöhende Beschichtung direkt auf die Oberfläche eines Bauteils aufzubringen. Bei dem  
20 erfindungsgemäßen Verfahren wird durch eine Ummantelung der Hartpartikel mit einem Haftmittler erreicht, dass sich die aufgetragenen Hartpartikel beim Transport und bei der Montage des Bauteils nicht von der Bauteiloberfläche ablösen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen  
25 angegeben.

Besonders hohe Haftbeiwerte von Bauteilen mit der reibwerterhöhenden Beschichtung lassen sich bei Verwendung von Diamant oder von Siliziumcarbid als Material für die Hartpartikel erzielen.

30

Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird Metall als Haftmittler verwendet. Eine Metallummantelung ist besonders geeignet, eine vorzeitige Ablösung der Hartpartikel von der beschichteten Bauteiloberfläche zu verhindern.

5 Geringe Ablösung und hohe Haftbeiwerte zeigen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Beschichtungen insbesondere bei einer bevorzugten Ausführungsform, bei der die Belegung der Hartpartikel mit Haftmittler nach der Beschichtung in Verfahrensschritt a) zwischen 20% und 80% der Hartpartikeloberfläche beträgt. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Ablöseigenschaften und der  
10 Haftbeiwerte werden erzielt wenn die Belegung der Hartpartikel mit Haftmittler nach der Beschichtung in Verfahrensschritt a) zwischen 30% und 70% der Hartpartikeloberfläche beträgt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der mittlere Durchmesser der  
15 Hartpartikel zwischen  $3\mu\text{m}$  und  $45\mu\text{m}$ . Besonders gute Eigenschaften können mit einem mittleren Durchmesser der Hartpartikel von  $10\mu\text{m}$  bis  $30\mu\text{m}$  erzielt werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die beschichtete Oberfläche mittels eines Atmosphärendruckplasmas nachbehandelt.  
20 Dadurch lassen sich die Ablöseigenschaften der reibwerterhöhenden Beschichtung weiter optimieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bildet die in Verfahrensschritt b) gebildete reibwerterhöhende Beschichtung keine  
25 geschlossene Schicht zum Bauteil.

Besonders hohe Haftbeiwerte lassen sich erzielen, wenn die in Verfahrensschritt b) erzeugte reibwerterhöhende Beschichtung auf der Oberfläche des Bauteils eine gleichmäßige Flächenbelegung mit Hartpartikeln zwischen 10% und 30% der  
30 Oberfläche des Bauteils bildet.

Im Folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Figuren erläutert. In den Figuren zeigen:

5 Fig. 1 einen teilweise mit einem Haftmittler ummantelten Partikel, wie er zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Beschichtung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet wird;

10 Fig. 2 einen Querschnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte reibwerterhöhende Beschichtung auf einer als Fügefläche bestimmten Bauteiloberfläche; und

Fig. 3 eine Draufsicht auf die in Fig. 2 dargestellte reibwerterhöhende Beschichtung.

15 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Hartpartikel 1 verwendet, die mit einem Haftmittler 2 vollständig oder teilweise ummantelt sind. Dabei bestehen die Hartpartikel 1 aus einem harten Material wie z.B. Diamant, Siliziumcarbid (SiC), Borcarbid (B<sub>4</sub>C), Wolframcarbid (WC), Nitriden, wie z.B. Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) oder kubischem Bornitrid (c-BN), Borid, Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) oder Aluminiumoxid  
20 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Diese Materialien zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei den jeweiligen Einsatzbedingungen chemisch weder mit den Werkstoffen der zu fügenden Werkstücke noch mit den Umgebungsmedien reagieren, also chemisch inert sind. Zudem zeichnen sich diese Materialien für die Hartpartikel 1 dadurch aus, dass sie eine hohe Druck- und Scherfestigkeit aufweisen. Entscheidend für die Funktion der reibwerterhöhenden  
25 Beschichtung 3 ist, dass die Hartpartikel 1 eine höhere Druck- und Scherfestigkeit als das Material der Fügeflächen 5 besitzt, so dass die Hartpartikel 1 beim Zusammendrücken der Fügeflächen 5 einen zusätzlichen Formschluss ermöglichen, indem diese in die Bauteiloberflächen 5 teilweise eindringen, wie oben beim Stand der Technik beschrieben. Vorzugsweise bestehen die Hartpartikel 1 aus Siliziumcarbid oder  
30 Diamant. Der mittlere Durchmesser der bei dem Verfahren verwendeten Hartpartikel 1 beträgt 3 µm bis 45 µm, vorzugsweise 10 µm bis 30 µm. Die Größe der dabei verwendeten Hartpartikel 1 ergibt sich durch die Vorgabe, dass die Fügeflächen 5 nicht

durch das Eindrücken der Hartpartikel 1 in die Fügeflächen 5 in unzulässigem Ausmaß beschädigt werden dürfen. Die Größenverteilung der Körnung besitzt eine Streuung von nicht mehr als +/- 50% um einen angegebenen Nominaldurchmesser.

5 Der für die Ummantelung der Hartpartikel 1 verwendete Haftmittler 2 besteht aus Polymer, Metall oder einer organischen Substanz.

Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ein metallischer Haftmittler 2 verwendet, der mittels chemischer Galvanisierung auf die Hartpartikel 1 aufgebracht  
10 wird. Ein mit dem Haftmittler 2 teilweise ummantelter Hartpartikel 1 ist in Fig. 1 gezeigt. Vorzugsweise beträgt die Belegung der Hartpartikel 1 mit Haftmittler 2 zwischen 20% und 80% der Hartpartikeloberfläche 4. Bei einer Belegung der Hartpartikel 1 mit Haftmittler 2 von weniger als 20% haften die Hartpartikel nicht mehr zuverlässig an der Oberfläche des Bauteils. Bei einer Belegung von mehr als 80% wird  
15 hingegen der Haftbeiwert gering, da ein zu hoher Anteil des Haftmittlers für Gleiteigenschaften der Hartpartikel im Fügespalt verantwortlich ist. Als besonders vorteilhaft hat sich eine Belegung zwischen 30% und 70% der Hartpartikeloberfläche 5 mit dem Haftmittler 2 erwiesen.

20 Nachdem die Hartpartikel 1 teilweise oder vollständig mit dem Haftmittler 2 beschichtet wurden, werden diese beschichteten/ummantelten Hartpartikel 1' in einem Atmosphärendruckplasma aktiviert und die aktivierten Hartpartikel 1' mit der Haftmittlerummantelung 2 auf eine Bauteiloberfläche 5 aufgebracht, um die reibwerterhöhende Beschichtung 3 bestehend aus den Hartpartikeln 1 und dem  
25 Haftmittler 2 auf dieser Bauteiloberfläche 5 abzuscheiden. Dabei wird eine Vorrichtung zur Atmosphärendruckplasma-Beschichtung verwendet wie sie z.B. in der DE<sup>20</sup>2007<sup>019</sup>184 U1 beschrieben wird. Bei der erfindungsgemäßen Atmosphärendruckplasma-Beschichtung wird das aus den ummantelten Hartpartikeln 1' bestehende Beschichtungspulver unter Ausschluss der Umgebungsluft mit einem Trägergas  
30 vermischt und in eine oder mehrere Reaktionszonen eines Plasmajets transportiert. In dieser Reaktionszone wird der Plasmastrahl und das Trägergas enthaltende Gas-



/Partikelgemisch vermischt. Innerhalb dieses/dieser Reaktionsbereiche(s) wird die Plasmaenergie an den Gas-/Partikelstrom größtenteils übertragen.

Die Elektronen des Plasmastrahls zersputtern die metallische Ummantelung der eingespeisten Pulverpartikel und schmelzen diese aufgrund der dort noch relativ hohen Temperatur, insbesondere der hohen Elektronentemperatur, des Plasmas auf. Durch den Energieverbrauch für das Aufschmelzen und auf dem weiteren Weg des Plasmas zur Düsenöffnung kommt es zu einer Abkühlung, so dass das feinkörnige, die Beschichtung der Substratoberfläche bildende Pulver relativ kühl auf die Substratoberfläche gelangt.

Die Substrattemperatur erhöht sich daher während der Atmosphärendruckplasma-Beschichtung nur wenig. Die Temperaturerhöhung des Substrates durch den Beschichtungsvorgang liegt während und unmittelbar nach dem Beschichtungsprozess mit dem feinkörnigen Pulver unterhalb von 100°C. Man spricht daher auch von einer nicht-thermischen Atmosphärendruckplasma-Beschichtung (ein nicht-thermisches Plasma wird auch als Niedertemperaturplasma bezeichnet). Gleichwohl wird bei Verwendung des nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmas eine gute Haftung des aufgetragenen Pulvers erreicht. Die Substratoberfläche bedarf keiner speziellen Vorbehandlung. Die Oberflächenreinigung erfolgt durch den Plasmastrahl selbst.

Nachdem das aktivierte Gemisch aus Trägergas und ummantelten Hartpartikeln 1' auf die Bauteiloberfläche 5 trifft, wird diese mit den ummantelten Hartpartikeln 1' beschichtet. Da dabei der Plasmastrahl selbst nur zu einem geringen Teil mit der Oberfläche 5 in direkten Kontakt kommt, werden die Strukturen und Eigenschaften der zu beschichtenden Oberfläche 5 bei der Atmosphärendruckplasma-Beschichtung nicht beschädigt und/oder nachhaltig beeinträchtigt. Die Haftungsmechanismen zwischen der aus den ummantelten Hartpartikeln 1' bestehenden reibwerterhöhenden Beschichtung und der Oberfläche 5 des damit beschichteten Bauteils 6 basieren auf dem für die Atmosphärendruckplasma-Beschichtungstechnologie zu Grunde liegenden Grenzflächeneffekte. Der Haftmittler 2 stellt die Bindephease zwischen der Oberfläche des Bauteils 6 und dem Hartpartikel 1 dar. Eine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte reibwerterhöhende Beschichtung 3 auf einer Bauteiloberfläche 5 ist im

Querschnitt in Fig. 2 gezeigt und Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf die in Fig. 2 dargestellte reibwerterhöhende Beschichtung.

Die Haftung der Hartpartikel 1 auf der beschichteten Bauteiloberfläche 5 wird nach dem Aufbringen der reibwerterhöhenden Beschichtung 3 weiter verbessert durch eine nachgeschaltete Plasmaaktivierung der Oberfläche, bei der ein Plasmastrahl in direktem Kontakt mit der zu behandelnden Oberfläche ist und daher direkt auf die reibwerterhöhende Beschichtung 3 einwirkt.

Beim Fügen bzw. Verpressen einer Fügefläche 5 eines ersten Bauteils mit einer mit der reibwerterhöhenden Beschichtung 3 beschichteten Fügefläche 5 eines anderen Bauteils dringen die Hartstoffpartikel 1 in die Oberflächen der Fügeflächen 5 ein und übertragen die auftretenden Querkräfte direkt ohne dass der Haftmittler 2 an dieser Kraftübertragung beteiligt ist. Die verfügbare Normalkraft muss hierbei ausreichend sein, um die Hartpartikel 1 in die Oberflächen 5 der Bauteile (Fügeflächen) einzudrücken. Die Anzahl der Hartpartikel 1 pro Flächeneinheit der Kontaktflächen der zu fügenden Bauteile beträgt vorzugsweise zwischen 5% und 40% der Fügefläche 5. Bei einer geringeren Belegung der Fügeflächen mit Haftpartikeln 1 als 5% der Fügefläche können die zu erwartenden Querkräfte nicht sicher übertragen werden. Bei einer Flächenbelegung von mehr als 40% der Fügeflächen 5 ist in der Regel die verfügbare Normalkraft nicht mehr ausreichend, die Hartpartikel 1 in die Fügeflächen 5 ausreichend tief einzudrücken.

Anschließend an die Herstellung der reibwerterhöhenden Beschichtung 3 wie oben beschrieben wird die reibwerterhöhende Beschichtung 3 von lose aufsitzenden Hartpartikeln 1 befreit. Dies kann z.B. in einem Ultraschallbad oder aber durch Abblasen mit Druckluft erfolgen.

Die mit dem oben beschriebenen Verfahren hergestellte reibwerterhöhende Beschichtung 3 weist eine über die Verfahrensparameter reproduzierbare, definierte Anzahl an Hartpartikeln 1 auf. Die reibwerterhöhende Beschichtung 3 ist dadurch gekennzeichnet, dass über den an den Hartpartikeln angelagerten Haftmittler 2 während

und nach dem Beschichtungsvorgang die Adhäsion zur Bauteiloberfläche 5 erfolgt. Bei dem Zusammenfügen einer beschichteten mit einer nicht beschichteten Bauteiloberfläche dringen die Hartpartikel 1 teilweise in die Fügeflächen 5 ein und führen zu einem Mikro-Formschluss. Dadurch erfolgt eine signifikante Erhöhung der erzielbaren Quer- und Scherkräfte gegenüber unbehandelten Oberflächen gleicher Materialpaarungen.

Zum Aufbringen der Beschichtung wurde wie folgt vorgegangen: Das zu beschichtende Werkstück (Schwungmasse) wurde in einer Vorrichtung positioniert. Bereiche der zu beschichtenden Fügefläche (Stirnseite) welche nicht in Kontakt mit den Beschichtungsmaterialien kommen durften (z.B. Verzahnungsbereich) wurden mit für das Atmosphärendruckplasma-Beschichtungsverfahren üblichen Methoden (z.B. Schattenmasken) geschützt.

Während des Beschichtungsvorgangs wurde die Schwungmasse mittels einer xy-Verfahreinheit unter der Beschichtungsdüse der Plasmaanlage in einem definierten Abstand und definierter Geschwindigkeit bewegt. Der eigentliche Beschichtungsvorgang erfolgte wie oben beschrieben. Durch die so erzeugte reibungswerterhöhende Beschichtung konnte bei der speziellen Ausführungsform der Haftbeiwert  $\nu$  um einen Faktor 4 verbessert werden.

Bei der obigen Ausführungsform wurde der Beschichtungsvorgang mit einer xy-Verfahreinheit beschrieben. Jedoch kann auch eine beliebige andere Handhabungseinrichtung, z.B. ein 6-Achs-Roboter, verwendet werden. Alternativ kann das zu beschichtende Bauteil (bei der speziellen Ausführungsform die Schwungmasse) auf einer Vorrichtung statisch positioniert und die Beschichtungsdüse der Plasmaanlage selbst über das zu beschichtende Bauteil bewegt werden.

Die obige Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde so beschrieben, dass der Plasmastrahl während der eigentlichen Abscheidung selbst nur zu einem geringen Teil mit der Oberfläche 5 in direkten Kontakt kommt und nach der eigentlichen Abscheidung eine nachgeschaltete Plasmaaktivierung durchgeführt wird.

Es ist aber auch möglich, das Verfahren so durchzuführen, dass der Plasmastrahl während des Abscheidens mit der Oberfläche in Kontakt kommt. Je nach Einwirkzeit des Plasmastrahls auf die Oberfläche während der eigentlichen Abscheidung ist auch für diesen Fall eine nachgeschaltete Plasmaaktivierung vorteilhaft.

5

Als metallischer Haftmittler wurde bei der obigen Ausführungsform Nickel verwendet. Es ist jedoch auch möglich, andere Metalle, wie z.B. Kupfer als Haftmittler zu verwenden. Polymere als Haftmittler soweit thermisch beständig wären ebenfalls möglich.

10

### Ansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Beschichtung (3) auf einer Oberfläche (5) eines Bauteils (6), wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
- a) Aktivieren von mit einem Haftmittler (2) teilweise oder vollständig ummantelten Hartpartikeln (1) in einem nicht thermischen Plasma unter Atmosphärendruck; und
  - 10 b) Erzeugen der reibwerterhöhenden Beschichtung (3) auf der Oberfläche (5) des Bauteils (6) durch Abscheiden der mit dem nicht-thermischen Atmosphärendruck-Plasma aktivierten, mit dem Haftmittler (2) ummantelten Hartpartikel (1) auf der Oberfläche (5) des Bauteils (6).
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die reibwerterhöhenden Hartpartikel (1) aus Diamant, Borcarbid oder Siliziumcarbid bestehen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Haftmittler (2) ein Metall oder ein Polymer ist.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Belegung der Hartpartikel (1) mit Haftmittler (2) in Verfahrensschritt a) zwischen 20% und 80% der Hartpartikeloberfläche (4), besonders bevorzugt zwischen 30% und 70% der Hartpartikeloberfläche, beträgt.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Hartpartikel (1) einen mittleren Durchmesser von 3 $\mu$ m bis 45 $\mu$ m, besonders bevorzugt von 10 $\mu$ m bis 30 $\mu$ m, aufweisen.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Verfahren nach dem Schritt b) folgenden weiteren Verfahrensschritt aufweist:

c) Nachaktivierung der beschichteten Oberfläche (5) mittels eines Atmosphärendruckplasmas.

- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die in Verfahrensschritt b) gebildete reibwerterhöhende Beschichtung (3) keine geschlossene Schicht zum Bauteil (6) bildet.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die in Verfahrensschritt b) erzeugte reibwerterhöhende Beschichtung (3) auf der Oberfläche des Bauteils (6) eine gleichmäßige Flächenbelegung mit Hartpartikeln (1) zwischen 5% und 40%, besonders bevorzugt zwischen 10% und 30%, der Oberfläche (5) des Bauteils (6) bildet.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Temperaturerhöhung des Substrates durch den Beschichtungsvorgang während und unmittelbar nach dem Beschichtungsprozess unterhalb von 100°C liegt.
- 20 10. Bauteil mit einer reibwerterhöhenden Beschichtung (3), die mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auf einer Oberfläche (5) eines Bauteils (6) hergestellt wurde.

FIG. 1

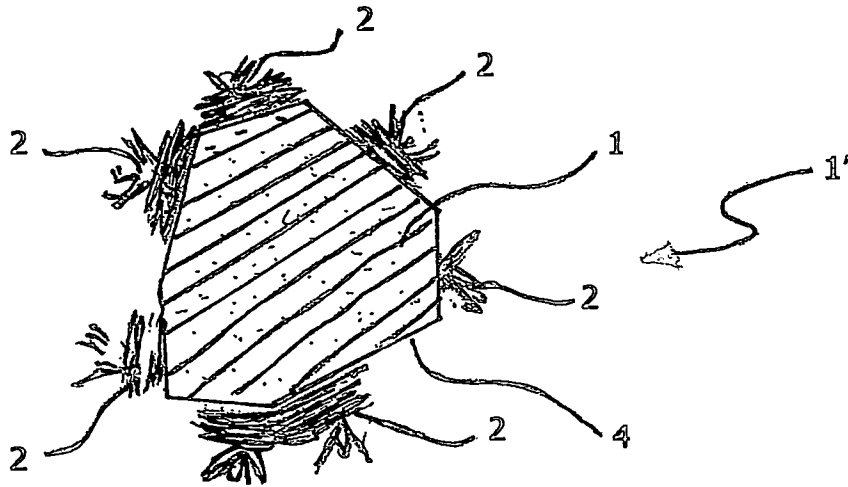
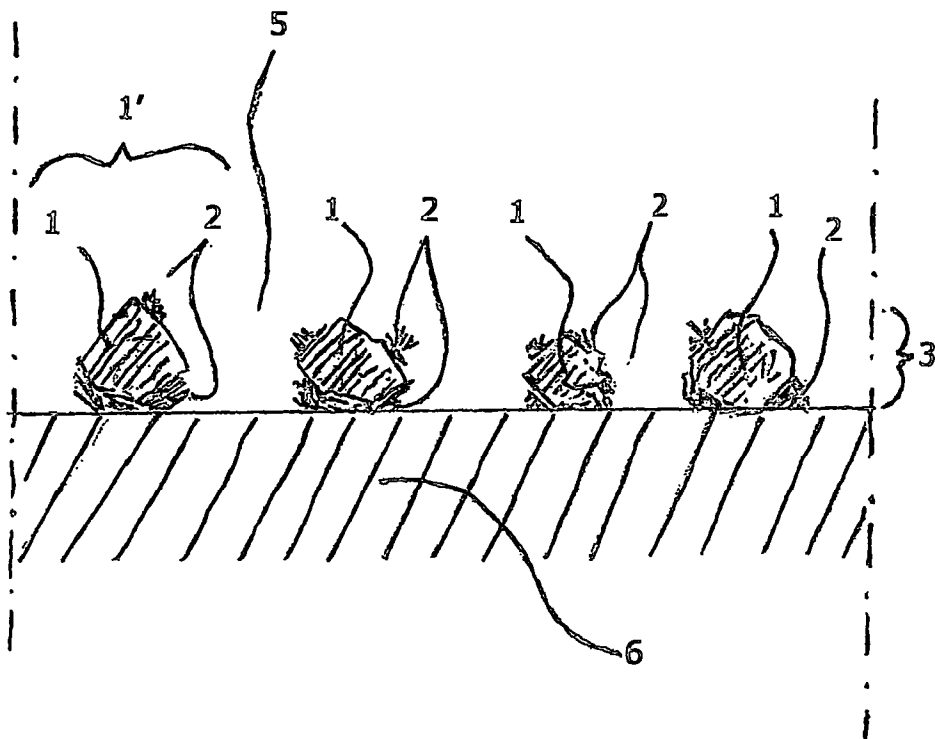


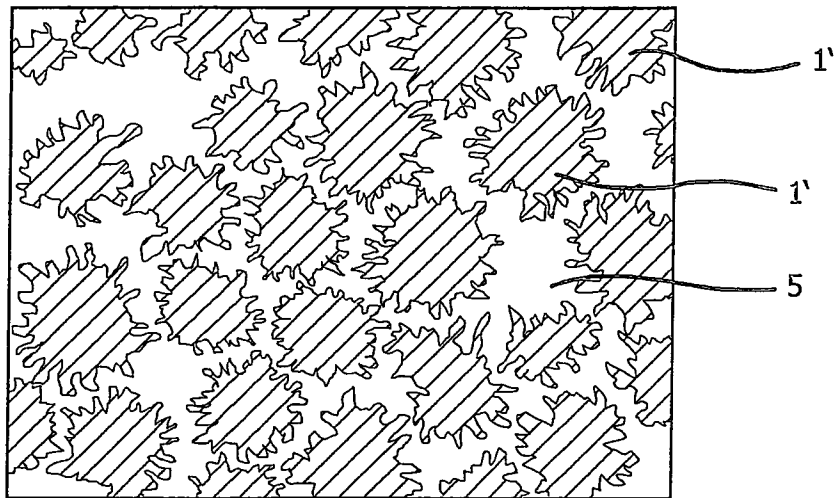
FIG. 2





3/3

FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/003307

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C23C16/513 F16B2/00  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
C23C F16C F16B F16H F16D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 300 485 A1 (WACKER CHEMIE GMBH [DE]) 9 April 2003 (2003-04-09) paragraph [0017]; figure 1 -----	10
X	US 3 692 341 A (BROWN KENNETH G WYNNE ET AL) 19 September 1972 (1972-09-19) column 2, line 25 - line 48; figure 1 -----	10
A	WO 2010/104442 A1 (SKF AB [SE]; SVENSSON BO [SE]) 16 September 2010 (2010-09-16) page 3, line 5 - line 20; figure 1 -----	1,10
A	DE 10 2008 017029 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 8 October 2009 (2009-10-08) paragraphs [0029], [0030] -----	1,10
A	US 2010/304045 A1 (BISGES MICHAEL [DE]) 2 December 2010 (2010-12-02) paragraph [0028]; figure 2 -----	1,10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  2 November 2012	Date of mailing of the international search report  09/11/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Kudelka, Stephan
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/003307
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1300485	A1	09-04-2003	DE 10148831 A1 24-04-2003 EP 1300485 A1 09-04-2003 JP 2003155576 A 30-05-2003 US 2003087097 A1 08-05-2003
-----			
US 3692341	A	19-09-1972	NONE
-----			
WO 2010104442	A1	16-09-2010	EP 2406503 A1 18-01-2012 WO 2010104442 A1 16-09-2010
-----			
DE 102008017029	A1	08-10-2009	CN 101555938 A 14-10-2009 DE 102008017029 A1 08-10-2009
-----			
US 2010304045	A1	02-12-2010	AT 524953 T 15-09-2011 CN 101810060 A 18-08-2010 DE 102007043291 A1 02-04-2009 DE 202007019184 U1 30-12-2010 EP 2206417 A1 14-07-2010 ES 2373502 T3 06-02-2012 JP 2010539644 A 16-12-2010 KR 20100051594 A 17-05-2010 US 2010304045 A1 02-12-2010 WO 2009033522 A1 19-03-2009
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. C23C16/513 F16B2/00  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 C23C F16C F16B F16H F16D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 300 485 A1 (WACKER CHEMIE GMBH [DE]) 9. April 2003 (2003-04-09) Absatz [0017]; Abbildung 1 -----	10
X	US 3 692 341 A (BROWN KENNETH G WYNNE ET AL) 19. September 1972 (1972-09-19) Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 48; Abbildung 1 -----	10
A	WO 2010/104442 A1 (SKF AB [SE]; SVENSSON BO [SE]) 16. September 2010 (2010-09-16) Seite 3, Zeile 5 - Zeile 20; Abbildung 1 -----	1,10
A	DE 10 2008 017029 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) Absätze [0029], [0030] -----	1,10
A	US 2010/304045 A1 (BISGES MICHAEL [DE]) 2. Dezember 2010 (2010-12-02) Absatz [0028]; Abbildung 2 -----	1,10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. November 2012

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/11/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kudelka, Stephan

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/003307

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1300485	A1	09-04-2003	DE 10148831 A1 24-04-2003
			EP 1300485 A1 09-04-2003
			JP 2003155576 A 30-05-2003
			US 2003087097 A1 08-05-2003
-----			
US 3692341	A	19-09-1972	KEINE
-----			
WO 2010104442	A1	16-09-2010	EP 2406503 A1 18-01-2012
			WO 2010104442 A1 16-09-2010
-----			
DE 102008017029	A1	08-10-2009	CN 101555938 A 14-10-2009
			DE 102008017029 A1 08-10-2009
-----			
US 2010304045	A1	02-12-2010	AT 524953 T 15-09-2011
			CN 101810060 A 18-08-2010
			DE 102007043291 A1 02-04-2009
			DE 202007019184 U1 30-12-2010
			EP 2206417 A1 14-07-2010
			ES 2373502 T3 06-02-2012
			JP 2010539644 A 16-12-2010
			KR 20100051594 A 17-05-2010
			US 2010304045 A1 02-12-2010
			WO 2009033522 A1 19-03-2009
-----			