



(10) **DE 10 2016 101 684 A1** 2017.08.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 101 684.5**

(22) Anmeldetag: **29.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **03.08.2017**

(51) Int Cl.: **C08J 5/14 (2006.01)**

**C08J 9/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Speth, Willibald, 85283 Wolnzach, DE**

(72) Erfinder:

**gleich Anmelder**

(74) Vertreter:

**Seifert, Bernhard, Dipl.-Phys. Univ., 80538  
München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

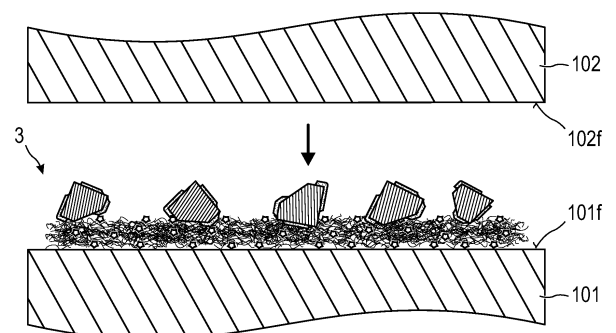
<b>DE</b>	<b>195 30 462</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>696 37 418</b>	<b>T2</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **REIBWERTERHÖHENDE EINLAGE ZUM KRAFTSCHLÜSSIGEN VERBINDEN VON BAUTEILEN,  
VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER REIBWERTERHÖHENDEN EINLAGE UND VERFAHREN ZUR  
HERSTELLUNG EINES PRESSVERBANDS**

(57) Zusammenfassung: Ein Aspekt betrifft eine reibwerterhöhende Einlage. Diese weist einen Kompositräger (1) und eine Vielzahl von harten Kernen (21) auf. Der Kompositräger (1) weist einerseits Glas und/oder Keramik auf, und andererseits Kunststoff. Jeder der harten Kerne (21) besitzt einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser ( $D_{21}$ ) von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$ . Ein Haftvermittler (22) verbindet die harten Kerne (21) jeweils stoffschlüssig mit dem Kompositräger (1). Der unkomprimierte Kompositräger (1) weist eine Dicke ( $d_1$ ) im Bereich von  $25\ \mu\text{m}$  bis  $100\ \mu\text{m}$  auf und/oder die reibwerterhöhende Einlage (3) weist bei unkomprimiertem Kompositräger (1) eine Dicke ( $d_3$ ) von kleiner oder gleich  $420\ \mu\text{m}$  auf.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Einlage zur Herstellung kraftschlüssiger Verbindungen. Kraftschlüssige Verbindungen dienen in vielen Bereichen der Technik dazu, Querkräfte und/oder Drehmomente zwischen Bauteilen (nachfolgend auch als Fügepartner bezeichnet) zu übertragen. Die Reibung zwischen zwei im Kontakt stehenden Partnern ist die Reaktion des vorliegenden tribologischen Systems auf eine zu den Bauteiloberflächen gerichtet wirkende Belastung, bei der Bauteile, während sie gegeneinander gepresst werden, relativ zueinander bewegt, beispielsweise gedreht und/oder verschoben) werden. Dabei bestimmen Adhäsionskräfte die Höhe der zwischen den kraftschlüssig miteinander verbundenen Fügeflächen übertragbaren Querkräfte oder Drehmomente. Die hierbei entstehende Tangentialkraft  $F_t$  hängt linear vom Reibungskoeffizienten  $\mu$  der Werkstoffpaarung und der aufgetragenen Normalkraft  $F_n$  linear ab. Allgemein gilt:  $F_t \leq \mu \cdot F_n$  (Coulomb'sches Reibungsgesetz). Hohe Reibwerte des tribologischen Systems haben demzufolge großes Potential, zur Steigerung der kraftschlüssigen zu übertragenden Kräfte und Momente beizutragen. Bei einer Vervielfachung des Reibungskoeffizienten  $\mu$  können somit entsprechend größere Kräfte und Momente übertragen bzw. die Anzahl an Verbindungselementen (sofern vorhanden; zum Beispiel Schrauben) und deren Abmessungen reduziert bzw. der Volumennutzwert erhöht werden. Typische Vertreter kraftschlüssiger Verbindungen sind z.B. (Stirn-)Pressverbindungen, Flanschverbindungen, Schraubverbindungen, Welle-Nabe-Verbindungen, Kegelpressverbindungen, u.a..

**[0002]** Der Reibungskoeffizient oder Haftbeiwert  $\mu$  ist eine Systemgröße und hängt ab von der für die kraftschlüssige Verbindung verwendeten Werkstoffpaarung der Fügepartner, von der Oberflächenrauheit der Fügepartner, der Schmierung, der Temperatur, der Feuchte, dem Verschleiß, etc.. Bei einer trockenen Verbindung von Stahloberflächen beträgt der Reibungskoeffizient  $\mu$  beispielsweise etwa 0,15, was bei zunehmenden Anforderungen an Maschinenbauteile häufig nicht ausreicht, um eine sichere kraftschlüssige Verbindung zwischen zwei Fügepartnern zu gewährleisten.

**[0003]** Eine Erhöhung des Reibungskoeffizienten  $\mu$  kann dadurch erzielt werden, dass einer der Fügepartner mit einer reibwerterhöhenden Beschichtung versehen wird. Ein solches Verfahren ist beispielsweise in DE 101 48 831 A1 beschrieben. Dazu ist jedoch eine entsprechende Behandlung eines der Fügepartner erforderlich, was mit erheblichem Aufwand verbunden sein kann, beispielsweise wenn der Fügepartner sehr groß ist, komplexe Geometrien aufweist und/oder Bereiche während des Beschichtungsprozesses aufwendig geschützt werden müssen.

**[0004]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Lösung bereitzustellen, mit der sich ein Pressverband mit hohem Reibungskoeffizienten einfach, flexibel und kostengünstig herstellen lässt. Diese Aufgabe wird durch eine reibwerterhöhende Einlage gemäß Patentanspruch 1, durch ein Verfahren zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Einlage gemäß Patentanspruch 15 und durch ein Verfahren zur Herstellung eines Pressverbands gemäß Patentanspruch 21 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0005]** Ein erster Aspekt betrifft eine reibwerterhöhende Einlage. Diese weist einen Kompositräger und eine Vielzahl von harten Kernen auf, von denen jeder einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser von wenigstens 8  $\mu\text{m}$  besitzt. Der Kompositräger weist zum einen Glas und/oder Keramik auf, zum anderen Kunststoff. Jeder der harten Kerne ist mittels eines Haftvermittlers stoffschlüssig mit dem Kompositräger verbunden. Der unkomprimierte Kompositräger weist eine Dicke im Bereich von 10  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$  auf, und/oder die reibwerterhöhende Einlage weist bei unkomprimiertem Kompositräger eine Dicke von kleiner oder gleich 420  $\mu\text{m}$  auf.

**[0006]** Ein zweiter Aspekt betrifft ein Verfahren, mit dem eine reibwerterhöhende Einlage hergestellt wird, die gemäß dem ersten Aspekt ausgebildet ist. Hierzu wird ein Kompositräger bereitgestellt, der zum einen Glas und/oder Keramik aufweist, und zum anderen Kunststoff. Ebenfalls bereitgestellt wird eine Vielzahl harten Kernen, von denen jeder einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser von wenigstens 8  $\mu\text{m}$  aufweist. Die harten Kerne werden mittels eines thermisch und/oder chemisch aktivierten Haftvermittlers stoffschlüssig mit dem Kompositräger verbunden. Der Haftvermittler kann während zumindest einer, d.h. während genau einer oder während einer beliebigen Kombination der folgenden Phasen mit den harten Kernen in Kontakt gebracht werden: vor, während bzw. nach dem Aufbringen der harten Kerne auf den Kompositräger.

**[0007]** Ein dritter Aspekt betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Pressverbands zwischen einem ersten Fügepartner und einem zweiten Fügepartner. Hierzu werden der erste Fügepartner und der zweite Fügepartner, während zwischen ihnen eine gemäß dem ersten Aspekt ausgebildete und/oder dem zweiten Aspekt hergestellte, reibwerterhöhende Einlage angeordnet ist, so gegeneinander gepresst, dass von einer Mehrzahl der harten Kerne jeder jeweils teilweise sowohl in den ersten Fügepartner als auch in den zweiten Fügepartner eingepresst wird.

**[0008]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

**[0009]** Fig. 1A einen Querschnitt durch ein Korn, das einen harten Kern dessen Oberfläche vollständig mit einem Haftvermittler beschichtet ist.

**[0010]** Fig. 1B einen Querschnitt durch ein Korn, das einen harten Kern aufweist, dessen Oberfläche teilweise mit einem Haftvermittler beschichtet ist.

**[0011]** Fig. 2 den unbeschichteten harten Kern eines Korns, wie es in den Fig. 1A und Fig. 1B gezeigt ist.

**[0012]** Fig. 3A einen Querschnitt durch einen Kompositräger, der ein Vlies aufweist.

**[0013]** Fig. 3B einen Querschnitt durch einen Kompositräger, der einen offenporigen Schaum aufweist.

**[0014]** Fig. 3C einen Querschnitt durch einen Kompositräger, der aus Keramik- und/oder Glaspartikeln sowie aus Kunststoffpartikeln gebildet ist.

**[0015]** Fig. 4 einen Querschnitt durch eine reibwerterhöhende Einlage, die einseitig mit harten Kernen versehen ist.

**[0016]** Fig. 5 einen Querschnitt durch zwei Fügepartner, zwischen die zur Ausbildung eines Pressverbands eine reibwerterhöhende Einlage eingebracht wird, vor der Herstellung des Pressverbands.

**[0017]** Fig. 6 einen Querschnitt durch den mit den beiden Fügepartnern und der reibwerterhöhenden Einlage gebildeten Pressverband, wobei der Kompositräger komprimiert ist.

**[0018]** Fig. 7 einen Querschnitt durch zwei Fügepartner, zwischen die zur Ausbildung eines Pressverbands eine reibwerterhöhende Einlage eingebracht wird, die beidseitig mit harten Kernen versehen ist, vor der Herstellung des Pressverbands.

**[0019]** Fig. 8 eine Draufsicht auf eine reibwerterhöhende Einlage.

**[0020]** Fig. 9 eine Draufsicht auf eine reibwerterhöhende Einlage, deren Kompositräger einen Kunststoffträger aufweist, der als Vlies ausgebildet ist.

**[0021]** Fig. 10 eine Draufsicht auf eine reibwerterhöhende Einlage, deren Kompositräger einen Kunststoffträger aufweist, der als offenporiger Schaum ausgebildet ist.

**[0022]** Fig. 11 eine Draufsicht auf eine reibwerterhöhende Einlage, deren Kompositräger einen Kunststoffträger aufweist, der als Gewebe ausgebildet ist.

**[0023]** Fig. 12 ein Verfahren, bei dem der Haftvermittler, mit dem harte Kerne beschichtet sind, mittels

eines Plasmas aktiviert und auf einen Kompositräger aufgebracht werden.

**[0024]** Fig. 13 ein Verfahren, bei dem harte Kerne durch Kalandrieren auf einen Kompositräger aufgebracht werden.

**[0025]** Fig. 14 ein Verfahren, bei dem harte Kerne mittels eines Rakels auf einen Kompositräger aufgebracht werden.

**[0026]** Fig. 15A die reibwerterhöhende Einlage gemäß Fig. 4, wobei zusätzlich eine Schnittebene E1-E1 dargestellt ist.

**[0027]** Fig. 15B einen Querschnitt durch die reibwerterhöhende Einlage gemäß Fig. 15A in der in Fig. 15A gezeigten Schnittebene E1-E1.

**[0028]** Fig. 16 ein Beispiel für die Montage eines Zahnrades an einer Welle unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Einlage.

**[0029]** In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente.

**[0030]** Fig. 1A zeigt einen Querschnitt durch ein Korn **2**, das einen harten Kern **21** aufweist, der mit einem Haftvermittler **22** beschichtet ist. Der harte Kern **21** dient später dazu, die Reibung zwischen zwei kraftschlüssig zu koppelnden Fügepartnern zu erhöhen. Deshalb ist es vorteilhaft, wenn der harte Kern **21** eine große mechanische Härte aufweist. Beispielsweise können derartige harte Kerne **21** jeweils eine Mohs-Härte von wenigstens 8 aufweisen. Solche harten Kerne **21** können beispielsweise aus einem der folgenden Materialien bestehen oder zumindest eines der folgenden Materialien aufweisen: Diamant; ein Carbid (z.B. Siliziumcarbid SiC, Wolframcarbid WC oder Borcarbid B<sub>4</sub>C); ein Nitrid (z.B. Siliziumnitrid Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> oder kubisches Bornitrid BN); ein Borid (z.B. Titanborid); ein Oxid (z.B. Siliziumdioxid SiO<sub>2</sub> oder Aluminiumoxid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Grundsätzlich können jedoch auch beliebige andere harte Materialien verwendet werden.

**[0031]** Die für die harten Kerne **21** genannten Materialien bzw. Materialgruppen zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine höhere Druck- und Scherfestigkeit aufweisen, als die Materialien (z.B. Stahl), die typische Fügepartner an ihren Fügeflächen besitzen. Dies ermöglicht es, dass die harten Kerne **21** beim Aneinanderpressen der Fügeflächen einen guten Formschluss ermöglichen, indem sie jeweils in jeden der Fügepartner teilweise eindringen und dadurch eine Kraftübertragung zwischen den Fügepartnern ermöglichen. Der Kompositräger hingegen bewirkt keine Kraftübertragung zwischen den Fügepartnern.

**[0032]** Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die harten Kerne **21** chemisch inert sind, so dass sie bei den jeweiligen Einsatzbedingungen chemisch weder mit den Werkstoffen der zu fügenden Fügepartner noch mit der umgebenden Atmosphäre reagieren. Hierdurch kann verhindert werden, dass sich die Qualität der herzustellenden kraftschlüssigen Verbindung aufgrund von Korrosionseffekten im Lauf der Zeit verschlechtert.

**[0033]** Wie nachfolgend noch ausführlicher erläutert wird, wird zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Einlage eine Vielzahl von harten Kernen **21** an einem Kompositräger **1** angebracht. Um ein Anhaften der harten Kerne **21** an dem Kompositräger **1** zu ermöglichen, wird ein Haftvermittler **22** eingesetzt.

**[0034]** Gemäß einer Ausführungsform kann Metall als Haftvermittler **22** verwendet werden. Ein metallischer Haftvermittler **22** ist hervorragend dazu geeignet, ein vorzeitiges Ablösen der harten Kerne **21** von der beschichteten Oberfläche des Kompositträgers **1** zu verhindern. Als Metall für den Haftvermittler **22** eignet sich beispielsweise Nickel. Grundsätzlich können jedoch auch andere Metalle, z. B. Kupfer, Cobalt, Chrom, Zink, eine Kupferlegierung, eine Legierung auf Kupfer-Zinn-Basis oder eine Nickellegierung, als Haftvermittler eingesetzt werden. Im Fall eines metallischen Haftvermittlers **22** kann dieser mittels elektrolytischer und/oder chemischer (stromloser) Abscheidung oder mittels eines PVD-Verfahrens auf dem harten Kern **21** erzeugt werden.

**[0035]** Gemäß anderen Ausführungsformen können als Haftvermittler Polymere oder organische Materialien eingesetzt werden, soweit sie thermisch gegenüber den im Herstellungsprozess auftretenden Maximaltemperaturen beständig sind.

**[0036]** Bei dem Beispiel gemäß **Fig. 1A** ist der harte Kern **21** vollständig mit dem Haftvermittler **22** beschichtet, so dass der harte Kern **21** an keiner Stelle frei liegt. Ebenso kann ein harter Kern **21** aber auch nur teilweise mit einem Haftvermittler **22** beschichtet sein, was in **Fig. 1B** gezeigt ist.

**[0037]** Idealerweise liegt der Anteil des Haftvermittlers **22** eines Korns **2** im Bereich von 5 Gew% (Gewichtsprozent) und 80 Gew% vom Gewicht des Korns **2**. Im Fall eines metallischen Haftvermittlers **22** liegt dieser Anteil bevorzugt im Bereich von 30 Gew% und 70 Gew%, im Fall eines Haftvermittlers **22** aus Kunststoff im Bereich von 5 Gew% und 50 Gew%. Bei einer Belegung der Oberfläche von weniger als 5 Gew% besteht die Gefahr, dass der harte Kern **21** später nicht mehr zuverlässig an dem Kompositräger **1** anhaftet. Bei einer Belegung von mehr als 80% der Oberfläche hingegen wird der Effekt der Erhöhung der Haftreibung durch die Gleiteigenschaften des Haftvermittlers **22** verringert. Alternativ oder zu-

sätzlich können die genannten Werte auch für die betreffenden Mittelwerte (arithmetisches Mittel) der Gewichtsanteile gelten, beispielsweise für eine Vielzahl von Körnern **2**, deren harte Kerne **21** später mittels des Haftvermittlers **22** an einem Kompositräger **1** angebracht werden, was nachfolgend noch ausführlicher erläutert wird. Anders ausgedrückt bedeutet das, dass bei einem jeden der bereitgestellten Körner **2** der Haftvermittler **22**, mit dem das betreffende Korn **2** beschichtet ist, einen Gewichtsanteil (ausgedrückt in Gewichtsprozent) ausmacht, wobei der Mittelwert dieser Gewichtsanteile im Bereich von 5 Gew.% bis 80 Gew.% liegt, im Fall eines metallischen Haftvermittlers **22** bevorzugt im Bereich von 30 Gew.% und 70 Gew%, im Fall eines Haftvermittlers **22** aus Kunststoff bevorzugt im Bereich von 5 Gew% und 50 Gew%.

**[0038]** Wie in **Fig. 2** veranschaulicht ist, kann jedem harten Kern **21** ein volumenäquivalenter Kugeldurchmesser D21 zugeordnet werden. Es handelt sich dabei um den Durchmesser D21 einer Kugel, die dasselbe Volumen aufweist wie der harte Kern **21**.

**[0039]** **Fig. 3A** zeigt einen Querschnitt durch einen Kompositräger **1**. Der Kompositräger **1** weist einen aus Kunststoff **11** bestehenden Träger (nachfolgend auch als „Kunststoffträger“ bezeichnet) auf, sowie Glas und/oder Keramik. Das Glas und/oder die Keramik kann beispielsweise in Form von Partikeln **12** vorliegen, die jeweils Glas- und/oder Keramik enthalten oder die jeweils aus Glas und/oder Keramik bestehen. Die Partikel **12** können ebenfalls unter Verwendung eines Haftvermittlers (nicht gezeigt) mit dem Kunststoff **11** verbunden sein. Um dies zu erreichen kann der Kunststoffträger **11** beispielsweise in eine Emulsion getaucht werden, die den Haftvermittler (zum Beispiel ein Harzsystem), ein Lösemittel und die Partikel **12** enthält. Wenn das Lösemittel nach dem Tauchen verdunstet, bewirkt der zurückbleibende Haftvermittler eine Verklebung zwischen den Partikeln **12** und dem Kunststoffträger **11**.

**[0040]** Wie dargestellt kann es sich bei einem aus Kunststoff **11** bestehenden Träger um eine Textilie handeln, d.h. um ein aus zusammenhängenden Fasern bestehendes Gebilde. Die Art und Weise, durch die der Zusammenhalt der Fasern begründet wird, ist grundsätzlich beliebig. Geeignete Arten von Textilien sind beispielsweise Vliese (Vliesstoffe), Gewebe, Gewirke, Gelege, Geflechte, Filze. Bei dem Beispiel gemäß **Fig. 3A** bildet der Kunststoff **11** einen Träger in Form eines Vlieses.

**[0041]** Alternativ kann ein durch den Kunststoff **11** gebildeter Träger auch als offenporiger Schaum ausgebildet sein, was beispielhaft anhand des in **Fig. 3B** dargestellten Kompositträgers **1** gezeigt ist.

**[0042]** Eine weitere Alternative zeigt **Fig. 3C**. Hier liegt der Kunststoff **11** in Form einzelner Kunststoffteilchen vor, zwischen die die Partikel **12** aus Keramik und/oder Glas eingebettet sind. Ein derartiger Kompositräger **1** lässt sich dadurch herstellen, dass eine pulverförmige Mischung aus den Kunststoffteilchen des Kunststoffs **11** und den Partikeln **12** getempert wird, so dass der Kunststoff **11** anschmilzt und nach dem Abkühlen die Partikel **12** miteinander verbindet.

**[0043]** Wie im Ergebnis in **Fig. 4** lediglich beispielhaft anhand des in **Fig. 3A** erläuterten Kompositträgers **1** dargestellt ist, werden unter Verwendung von Körnern **2**, wie sie vorangehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 1A**, **Fig. 1B** und **Fig. 2** erläutert wurden, die harten Kerne **21** angebracht. Dabei sind die harten Kerne **21** der Körner **2** vor dem Anbringen jeweils vollständig oder teilweise mit einem Haftvermittler **22** beschichtet. Aufgrund des Haftvermittlers **22** haften die harten Kerne **21** der Körner **2** an dem Kompositräger **1**. Anstelle eines gemäß **Fig. 3A** ausgebildeten Kompositträgers **1** kann auch jeder andere geeignete Kompositräger **1**, insbesondere jeder der vorangehend erläuterten Kompositräger **1**, verwendet werden. Die Dicke  $d_3$ , die die fertige Einlage **3** im unkomprimierten Zustand des Kompositträgers **1** aufweist, kann, auch bei allen anderen Ausgestaltungen der Erfindung, sehr gering sein, beispielsweise kann sie kleiner oder gleich  $420\ \mu\text{m}$  sein, bevorzugt kleiner oder gleich  $320\ \mu\text{m}$ , und besonders bevorzugt kleiner oder gleich  $200\ \mu\text{m}$ . Je kleiner die Dicke  $d_3$  der Einlage **3** ist, in desto mehr unterschiedlichen Applikationen kann die Einlage **3** eingesetzt werden, ohne dass die Abmessungen der Fügepartner **101** und/oder **102** (siehe die **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 6** und **Fig. 16**) an die Einlage **3**, d.h. an deren Dicke  $d_3$ , angepasst werden müssen.

**[0044]** Die Dicke  $d_1$  nur des Kompositträgers **1** durch den kleinstmöglichen Abstand gegeben, den zwei parallele Ebenen aufweisen können, zwischen denen der unkomprimierte Kompositräger **1** angeordnet werden kann und die den Kompositräger **1** jeweils tangieren.

**[0045]** Analog dazu ist die Dicke  $d_3$  der Einlage **3** ist durch kleinstmöglichen Abstand gegeben, den zwei parallele Ebenen aufweisen können, zwischen denen die Einlage **3** bei unkomprimiertem Kompositräger **1** angeordnet werden kann und die die Einlage **3** jeweils tangieren.

**[0046]** **Fig. 5** zeigt einen Querschnitt durch zwei Fügepartner **101** und **102**, die jeweils eine Fügefläche **101f** bzw. **102f** aufweisen, an denen eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** gebildet werden soll. Hierzu wird eine reibwert erhöhende Einlage **3**, wie sie vorangehend erläutert wurde, zwischen die Fügeflächen **101f** und **102f** und damit zwischen die Fügepartner **101** und **102** einge-

bracht. Danach werden die Fügepartner **101** und **102** mit ihren Fügeflächen **101f** und **102f** gegeneinander gepresst, während sich die reibwert erhöhende Einlage **3** zwischen ihnen befindet. Hierdurch dringen die harten Kerne **21** im Bereich der Fügeflächen **101f** und **102f** in die Fügepartner **101** bzw. **102** jeweils teilweise ein. Nähert man die Fügeflächen **101f** und **102f** ausreichend aneinander an und presst sie mit hohem Anpressdruck aneinander, so lässt sich erreichen, dass die Mehrzahl der harten Kerne **21** jeweils sowohl in den ersten Fügepartner **101** als auch in den zweiten Fügepartner **102** ein Stück weit eingepresst wird, so dass lokal im Bereich der harten Kerne **21** jeweils ein Mikroformschluss entsteht, was insgesamt zu einem hervorragenden Kraftschluss zwischen den Fügepartnern **101** und **102** führt. Der sehr dünne Kompositräger **1** kann durch das Aneinanderpressen zunächst komprimiert und im weiteren Verlauf zerstört werden, da dessen Funktion, die Körner **2** in handhabbarer Weise zu fixieren, nicht mehr benötigt wird. Von daher ist es generell, d.h. unabhängig vom sonstigen Aufbau des Kompositträgers **1**, günstig, wenn dieser gut komprimierbar ist. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn der Kompositräger **1** eine hohe Porosität aufweist. Als „Porosität“ wird dabei das Verhältnis  $V_H/V_G$  zwischen dem in dem Kompositräger **1** enthaltenen Hohlraumvolumen  $V_H$  und dem Gesamtvolumen  $V_G$  des Kompositträgers **1** verstanden. Das Hohlraumvolumen  $V_H$  ist das gesamte in dem Kompositräger **1** enthaltene Gasvolumen (z.B. Luft). Je geringer die Porosität ist, desto höher ist im Allgemeinen die erzielbare mechanische Stabilität des Kompositträgers **1**. Andererseits ist die Komprimierbarkeit des Kompositträgers **1** umso höher, je höher die Porosität ist. Anhand von Versuchen konnte ermittelt werden, dass eine günstiger Bereich für die Porosität des Kompositträgers **1** wenigstens 15% beträgt. Beispielsweise kann die Porosität des Kompositträgers **1** zwischen 30% und 70%, betragen. Je geringer die Porosität ist, desto höher ist im Allgemeinen die erzielbare mechanische Stabilität des Kompositträgers **1**. Andererseits ist die Komprimierbarkeit des Kompositträgers **1** umso höher, je höher die Porosität ist.

**[0047]** Der Kompositräger **1** nimmt somit nicht an der Kraftübertragung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** teil. Im Fall eines metallischen Haftvermittlers **22** sorgt dieser zusätzlich für eine Verklammerung der harten Kerne **21** in den Fügepartnern **101** und **102**, so dass die Verbindung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** ohne Performanceverluste reversibel gelöst und erneut gefügt werden kann.

**[0048]** An ihren dem Kompositräger **1** abgewandten Seiten können die harten Kerne **21** frei liegen, d.h. sie sind dort nicht zwingend von dem Haftvermittler **22** bedeckt. Wenn eine solche Ausgestaltung vorliegt, drücken sich bei dem Fügeprozess die harten Kerne **21** mit ihren frei liegenden Bereichen voran in

denjenigen der Fügepartner **102**, der sich beim Fügevorgang auf der dem Kompositräger **1** abgewandten Seite der Körner **2** befindet.

**[0049]** Um einen guten Kraftschluss zwischen den Fügepartnern **101** und **102** zu erzielen, ist es außerdem vorteilhaft, wenn sich die volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  der harten Kerne **21** der reibwerterhöhenden Einlage **3** nicht allzu sehr unterscheiden. Betrachtet man die Gesamtheit aller harten Kerne **21** der reibwerterhöhenden Einlage **3**, die jeweils einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisen (siehe **Fig. 2**), so lässt sich ein mittlerer volumenäquivalenter Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  dieser harten Kerne **21** bilden, der durch den arithmetischen Mittelwert der volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  der einzelnen dieser harten Kerne **21** gegeben ist. Ein mittlerer volumenäquivalenter Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  der Gesamtheit der harten Kerne **21** im Bereich von  $8\ \mu\text{m}$  bis  $150\ \mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von  $15\ \mu\text{m}$  bis  $100\ \mu\text{m}$ , hat sich als vorteilhaft erwiesen. Bei einem mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  von weniger als  $8\ \mu\text{m}$  dringen die harten Kerne **21** im Schnitt nicht mehr weit genug in die Fügepartner **101** und **102** ein, um einen optimalen Kraftschluss zwischen den Fügepartnern **101** und **102** zu bewirken. Bei einem mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  von mehr als  $150\ \mu\text{m}$  besitzt ein Großteil der harten Kerne **21** einen sehr großen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$ , so dass es bei bestimmten Anwendungen vorkommen kann, dass die verfügbare und/oder zulässige Anpresskraft nicht mehr ausreicht, um die harten Kerne **21** tief in die Fügepartner **101** und **102** einzupressen.

**[0050]** Die Bestimmung des mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  bzw. der Größenverteilung der volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  der harten Kerne **21** kann beispielsweise auf Grundlage der ISO 13320:2009 in der am 13.01.2016 geltenden Fassung durch Laserbeugung erfolgen. Zur Messung geeignet ist zum Beispiel das Partikelgrößenmessgerät „Mastersizer 3000“ von Malvern Instruments Ltd. (UK). Die damit ermittelten Partikelgrößen lassen sich in ausreichend guter Näherung in volumenäquivalente Kugeldurchmesser umrechnen.

**[0051]** Die Größe der Partikel (z.B. der harten Kerne **21** oder der Körner **2**) bzw. deren Größenverteilung kann, beispielweise bevor die Partikel auf den Kompositräger **1** aufgebracht werden, zum Beispiel mit Hilfe von Laserbeugung ermittelt werden. Dabei wird die Intensität des durch die dispergierte Partikelprobe gestreuten Lichts eines Laserstrahls gemessen. Aus dem erzeugten Beugungsmuster wird die Größe der Partikel berechnet.

**[0052]** Um zu erreichen, dass sich die harten Kerne **21** gut in die Fügepartner **101** und **102** einpressen lassen, können die harten Kerne **21** eine Druckfestigkeit und eine Scherfestigkeit aufweisen, die höher ist, als die Druckfestigkeit und die Scherfestigkeit, die ein jeder der Fügepartner **101** und **102** an seiner Fügefläche **101f** bzw. **102f** aufweist. Beispielsweise können derartige harte Kerne **21** jeweils eine Mohs-Härte von wenigstens 8 aufweisen, was ausreicht, damit sie sich auch in technischen Stahl einpressen lassen, wie er üblicherweise im Maschinenbau Verwendung findet.

**[0053]** Im Hinblick auf eine optimale reibwerterhöhende Wirkung, d.h. eine gute, zur Kraftübertragung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** ausreichende Verbindung, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn diejenigen der harten Kerne **21** der Gesamtheit der einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kerne **21**, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von kleiner als  $35\ \mu\text{m}$  aufweisen, eine erste Teilmenge bilden, und diejenigen der harten Kerne **21** der Gesamtheit der einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kerne **21**, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von größer oder gleich  $35\ \mu\text{m}$  aufweisen, eine zweite Teilmenge bilden, derart, dass die harten Kerne **21** der ersten Teilmenge einen ersten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser im Bereich von  $10\ \mu\text{m}$  bis  $30\ \mu\text{m}$  aufweisen, und die harten Kerne **21** der zweiten Teilmenge einen zweiten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser im Bereich von mehr als  $30\ \mu\text{m}$  bis  $145\ \mu\text{m}$ . Die ersten und zweiten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser ergeben sich dabei aus dem arithmetischen Mittel aller volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  der ersten bzw. der zweiten Teilmenge. Eine derartige Größenverteilung der einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kerne **21** kann auch als „bimodal“ bezeichnet werden.

**[0054]** Eine derartige bimodale Größenverteilung der harten Kerne **21** kann die Reibung zwischen den beiden Fügepartnern **101** und **102** im Vergleich zu einer einfachen unimodalen Größenverteilung deutlich erhöhen. Verbindet man zwei Fügepartner **101** und **102** unter Verwendung einer Einlage **3**, bei der der Kompositräger **1** nur mit harten Kernen **21** versehen ist, deren Größenverteilung der Größenverteilung der zweiten Teilmenge entspricht, so ist eine gewisse Anpresskraft erforderlich, um die vergleichsweise großen harten Kerne **21** ausreichend in die Fügepartner **101** und **102** einzupressen. Würde man die Anzahl der vergleichsweise großen harten Kerne **21** erhöhen, so reicht irgendwann die verfügbare Anpresskraft nicht mehr aus, um die vergleichsweise großen harten Kerne **21** so weit in die Fügepartner **101** und

**102** einzupressen, dass die Fügepartner **101** und **102** aneinander oder nahezu aneinander anliegen. In diesem Fall käme es nicht mehr zu einer Fügung auf oder nahe einem Nullspalt. Wählt man nun die Anzahl der vergleichsweise großen harten Kerne **21** der Einlage **3** so, dass ein Fügen auf oder nahe einem Nullspalt bei der verfügbaren Anpresskraft noch möglich ist, und fügt der Einlage **3** gedanklich noch die vergleichsweise kleinen harten Kerne **21** der ersten Teilmenge hinzu, so können diese vergleichsweise kleinen harten Kerne **21** noch mit vergleichsweise wenig Kraft in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst werden, da die vergleichsweise kleinen harten Kerne **21** aufgrund ihrer geringeren Größe weniger Material der Fügepartner **101** und **102** verdrängen und die mit dem Einpressen der vergleichsweise kleinen harten Kerne **21** verbundenen Setzungs Vorgänge nicht so stark sind, wie bei den vergleichsweise großen harten Kernen **21**. Wenn also die Einlage **3** ergänzend mit vergleichsweise kleine harten Kernen **21** versehen wird, so können diese relativ leicht in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst werden und dazu beitragen, die Reibung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** zu erhöhen.

**[0055]** Wie bereits erwähnt weisen diejenigen der harten Kerne **21** der reibwerterhöhenden Einlage **3**, deren volumenäquivalenter Kugeldurchmesser  $D_{21}$  wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  beträgt, einen mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  auf. Optional kann die Größenverteilung dieser harten Kerne **21** so gewählt sein, dass höchstens 10% dieser harten Kerne **21** einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  aufweisen, der um mehr als  $5\ \mu\text{m}$  kleiner ist, als der mittlere volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$ , und dass höchstens 10% dieser harten Kerne **21** einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  aufweisen, der um mehr als  $5\ \mu\text{m}$  größer ist, als der mittlere volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$ . Damit kann erreicht werden, dass eine wesentliche Teilmenge der harten Kerne **21** auch wirkungsvoll dazu beiträgt, die Reibung zwischen den beiden Fügepartnern **101** und **102** zu erhöhen. Beim Aneinanderpressen der Fügepartner **101** und **102** mit der zwischen ihnen befindlichen Einlage **3** werden nämlich zunächst die vergleichsweise sehr großen harten Kerne **21** zuerst in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst, während auf die kleineren der harten Kerne **21** noch keine Anpresskraft wirkt. Wenn nun sehr viele vergleichsweise große harte Kerne **21** vorhanden sind, so kann es sein, dass die verfügbare Anpresskraft bereits von diesen aufgenommen wird und die kleineren der harten Kerne **21** nicht oder zumindest nicht mehr signifikant in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst werden und somit keinen Beitrag zur Reibungserhöhung mehr leisten. Wenn anderenfalls nur sehr wenige vergleichsweise große harte Kerne **21** vorhanden sind, verteilt sich die verfügbare Anpresskraft während des Aneinanderpressens zunächst nur auf diese vergleichsweise großen

harten Kerne **21**. Dies führt dazu, dass diese vergleichsweise großen harten Kerne **21** nahezu vollständig in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst werden mit der Folge, dass im weiteren Verlauf des Aneinanderpressens auch auf die kleineren der harten Kerne **21** eine Anpresskraft wirkt, durch die sie in die Fügepartner **101** und **102** eingepresst werden und somit einen Beitrag zur Reibungserhöhung leisten.

**[0056]** Optional können sämtliche harten Kerne **21** einer reibwerterhöhenden Einlage **3** so ausgewählt sein, dass keiner von ihnen einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von mehr als  $100\ \mu\text{m}$  aufweist. Hierdurch wird das Risiko verringert, dass sich in den Fügepartnern **101**, **102** Risse bilden, die von den in die Fügepartner **101**, **102** eingepressten, harten Kernen **21** ausgehen und sich ausbreiten.

**[0057]** Wie den Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 3C und Fig. 4 zu entnehmen ist, weist der Kompositräger **1** eine erste Hauptseite **1t** und eine der ersten Hauptseite **1t** entgegengesetzte zweite Hauptseite **1b** auf. Als Hauptseiten **1t**, **1b** werden dabei die beiden flächenmäßig größten Seiten des Kompositträgers **1** angesehen. Wie anhand der in Fig. 4 gezeigten, reibwerterhöhenden Einlage **3** beispielhaft dargestellt ist, kann die Gesamtheit der harten Kerne **21** der reibwerterhöhenden Einlage **3**, die jeweils einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisen, nur an und/oder auf der ersten Hauptseite **1t** angeordnet sein, nicht aber an oder auf der zweiten Hauptseite **1b**. Dies reicht zur Erzielung einer reibwerterhöhenden Wirkung aus, da der Kompositräger **1** beim Gegeneinanderpressen des ersten Fügepartners **101** und des zweiten Fügepartners **102** komprimiert wird, so dass die Körner **2** bzw. deren harte Kerne **21** an der zweiten Seite **1b** des komprimierten Kompositträgers **1** aus diesem heraus ragen, weil sie quasi durch den Kompositräger **1** hindurch gepresst werden. Dadurch kann ein harter Kern **21** nach dem Gegeneinanderpressen des ersten Fügepartners **101** und des zweiten Fügepartners **102** einen ersten Abschnitt **21-1** aufweisen, der in den ersten Fügepartner **101** eingepresst ist, und einen zweiten Abschnitt **21-2**, der in den zweiten Fügepartner **102** eingepresst ist, was in Fig. 6 gezeigt ist. Wenn die Gesamtheit der Körner **2** der Einlage **3**, deren harte Kerne **21** jeweils einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisen, nur an und/oder auf der ersten Hauptseite **1t** angeordnet sind, nicht aber an oder auf der zweiten Hauptseite **1b**, so kann dies den Herstellungsprozess vereinfachen.

**[0058]** Selbstverständlich kann von der Gesamtheit der Körner **2** der Einlage **3**, deren harte Kerne **21** jeweils einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8\ \mu\text{m}$  aufweisen, eine erste Teilmenge an und/oder auf der ersten Hauptseite **1t** angeordnet sein, und eine zweite Teilmenge an oder auf

der zweiten Hauptseite **1b**. Ein Beispiel hierfür zeigt **Fig. 7**, in der eine solche reibwerterhöhende Einlage bereits zwischen die Fügepartner **101** und **102** eingebracht ist.

**[0059]** Unabhängig davon, in welcher räumlichen Verteilung die harten Kerne **21** auf dem Kompositräger **1** angeordnet sind, kann der unkomprimierte Kompositräger **1**, unabhängig von seiner sonstigen Ausgestaltung, eine Dicke  $d_1$  aufweisen, die kleiner ist, als der mittlere volumenäquivalente Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  der Gesamtheit aller einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8 \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kerne **21** der Einlage **3**. Hierdurch kann erreicht werden, dass auch ein Kompositräger **1** den Fügeprozess zwischen den Fügepartnern **101** und **102** nicht behindert, insbesondere dann, wenn ein mechanisch stabiler Kompositräger **1** gewählt wird, was nicht grundsätzlich möglich ist. Beispielsweise kann dieser mittlere volumenäquivalente Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  wenigstens  $35 \mu\text{m}$  betragen, und die Dicke  $d_1$  des unkomprimierten Kompositträgers **3** kann kleiner sein, als  $30 \mu\text{m}$ .

**[0060]** Grundsätzlich kann der unkomprimierte Kompositräger **1** aber auch eine Schichtdicke  $d_1$  aufweisen, die größer oder gleich dem genannten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$  ist. Wenn die Schichtdicke  $d_1$  des unkomprimierten Kompositträgers **1** deutlich größer ist, als der genannte mittlere volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $\langle D_{21} \rangle$ , wird der Kompositräger **1** beim Gegeneinanderpressen der Fügepartner **101** und **102** komprimiert, und es kann Material vom Kompositräger **1** aus dem Fügespalt zwischen den Fügepartnern **101** und **102** austreten.

**[0061]** Unabhängig von der räumlichen Verteilung der Körner **2** auf dem Kompositräger **1** wurde als zweckmäßige (d.h. für eine Kraftübertragung zwischen zwei Fügepartnern **101** und **102** optimale) Dicke  $d_1$  des unkomprimierten Kompositträgers **1** eine Dicke  $d_1$  im Bereich von  $10 \mu\text{m}$  bis  $100 \mu\text{m}$  ermittelt.

**[0062]** Beim Gegeneinanderpressen der Fügepartner **101** und **102** bei dazwischen befindlicher, reibwerterhöhender Einlage **3** wird der Kompositräger **1** komprimiert und verteilt sich im Fügespalt zwischen den Fügepartnern **101** und **102**. Werden Betriebstemperaturen zwischen  $250^\circ\text{C}$  und  $300^\circ\text{C}$  erreicht, so zerfällt der Kunststoff **11** des Kompositträgers **1** unter anderem zu Kohlenstoff. Bei noch höheren Dauerbetriebstemperaturen von mehr als  $350^\circ\text{C}$  wird der Kunststoffträger **11** nahezu vollständig zersetzt. Zurück bleiben die im Fügespalt befindlichen harten Kerne **21**, und gegebenenfalls Bestandteile des Haftvermittlers **22**, insbesondere, wenn dieser metallisch ist, sowie winzige Reste des zersetzten Kunststoffträgers **11**. Die harten Kerne **21** behalten auch bei wie-

derholter Demontage und Wiedermontage ihre Performance bei.

**[0063]** Bei Versuchen wurde ermittelt, dass sowohl bei Lastwechseln als auch bei Wiederholmontagen die Performance, d.h. der erzielte Reibwert zwischen den Fügepartnern **101** und **102**, zunimmt. Bei einer solchen Wiederholmontage werden die Fügepartner **101** und **102** getrennt, wobei gegebenenfalls einige wenige harte Kerne **21** abfallen. Die restlichen harten Kerne **21** verbleiben jeweils an einem der Fügepartner **101** oder **102**. Die Fügepartner **101** und **102** können dann wieder gefügt werden, und zwar ohne dass eine neue reibwerterhöhende Einlage **3** zwischen sie eingebracht wird. Der Kraftschluss zwischen den Fügepartnern **101** und **102** wird nämlich durch die Gesamtheit der an den Fügepartnern **101** und **102** verbliebenen harten Kerne **21** bewirkt.

**[0064]** Die deformierende Wirkung der harten Kerne **21** lässt sich nach der Erstmontage durch einen Trainiereffekt steigern. Dies rührt daher, dass beim ersten Fügen noch Setzkräfte beim Einpressen der harten Kerne **21** in die Fügepartner **101**, **102** überwunden werden müssen. Bei weiteren Fügevorgängen verringern sich diese Setzkräfte dann. Infolge dynamischer Effekte findet außerdem eine verbesserte Verklammerung der harten Kerne **21** in den Fügeflächen **101f**, **102f** der Fügepartner **101**, **102** statt. In Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass sich gegenüber einer Einmalmontage durch einmalige Wiederholmontage bis zu 50% höhere Reibwerte erreichen lassen.

**[0065]** Weiterhin ist es für eine gute reibwerterhöhende Wirkung der Einlage **3** vorteilhaft, wenn die Flächenbelegung, mit der der Kompositräger **1** mit einem volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8 \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kernen **21** versehen ist, im Bereich von 5% bis 70% oder sogar im Bereich von 10% bis 40% liegt. Dies ist in **Fig. 8** am Beispiel einer reibwerterhöhenden Einlage **3** veranschaulicht, die – wie in den **Fig. 4**, **Fig. 5** und **Fig. 7** gezeigt – auf und/oder an genau einer ihrer beiden Hauptseiten **1t**, **1b** oder aber auf und/oder an beiden ihrer Hauptseiten **1t**, **1b** mit harten Kernen **21** versehen sind, die jeweils einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8 \mu\text{m}$  aufweisen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist der Haftvermittler **22**, mittels dem die harten Kerne **21** an dem Kompositräger **1** befestigt sind, nicht dargestellt. Die an und/oder auf der ersten Hauptseite **1t** befindlichen harten Kerne **21** sind anhand durchgezogener Linien dargestellt, die an und/oder auf der zweiten Hauptseite **1b** befindlichen harten Kerne **21** sind anhand gestrichelter Linien dargestellt.

**[0066]** Der Kompositräger **1** liegt als im Wesentlichen ebene Schicht vor. Projiziert man die Außenkanten des Kompositträgers **1** mittels einer Ortho-



gonalprojektion in einer senkrecht zu dieser ebenen Schicht verlaufenden Projektionsrichtung (in **Fig. 8** verläuft diese Projektionsrichtung senkrecht zur Zeichenebene) auf eine parallel zu dieser ebenen Schicht verlaufende Projektionsebene, so erhält man die Grundfläche A1 des Kompositrträgers **1**.

**[0067]** Projiziert man sämtliche harten Kerne **21** der Einlage **3**, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser D21 von wenigstens 8 µm aufweisen, mit der vorangehend erläuterten Projektion auf die genannte Projektionsebene, so weisen diese eine Gesamt-Grundfläche A21<sub>GES</sub> auf. Das heißt, A21<sub>GES</sub> ist die Summe über die Grundflächen A21 aller harten Kerne **21**, deren volumenäquivalenter Kugeldurchmesser D21 wenigstens 8 µm beträgt.

**[0068]** Das Verhältnis  $A21_{GES} \div A1$  zwischen der Gesamt-Grundfläche A21<sub>GES</sub> und der Grundfläche A1 des Kompositrträgers **1** kann, wie bereits erwähnt, im Bereich von 0,05 (entsprechend einer Flächenbelegung von 5%) und 0,70 (entsprechend einer Flächenbelegung von 70%) liegen, und bevorzugt im Bereich von 0,10 (entsprechend einer Flächenbelegung von 10%) und 0,40 (entsprechend einer Flächenbelegung von 40%).

**[0069]** Wie den vorangehenden Figuren zu entnehmen ist, bilden die Körner **2** der Einlage **3** keine geschlossene Schicht. Optional kann eine reibwert erhöhende Einlage **3** so ausgebildet sein, dass die Haftvermittler **22** der verschiedenen Körner **2** keine durchgehende Schicht bilden. Vielmehr gilt zumindest für die Mehrzahl (d.h. > 50%) der einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser D21 von wenigstens 8 µm aufweisenden harten Kerne **21**, dass die Bestandteile des Haftvermittlers **22**, mittels dem die harten Kerne **21** jeweils an dem Kompositrträger **1** befestigt sind, paarweise voneinander beabstandet sind, und zwar für beliebige Paare dieser Bestandteile des Haftvermittlers. Dies ist beispielsweise in den **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigt, sowie in den weiteren, noch zu erläuternden **Fig. 9** bis **Fig. 11**.

**[0070]** Die **Fig. 9** bis **Fig. 11** zeigen noch Draufsichten von verschiedenen Beispielen für reibwerterhöhende Einlagen **3**, bei denen der Kunststoff **11** als Kunststoffträger **11** ausgebildet ist. In **Fig. 9** ist der Kunststoffträger als Vlies ausgebildet, in **Fig. 10** als offener Schaum, und in **Fig. 11** als Gewebe. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann der Kunststoff **11** aber beispielsweise auch als Film ausgebildet sein.

**[0071]** Nachfolgend werden noch drei Beispiele zur Herstellung einer reibwerterhöhenden Einlage **3** beschrieben.

**[0072]** Gemäß einem ersten, in **Fig. 12** gezeigten Beispiel wird hierzu ein Plasma **303**, beispielsweise

ein Atmosphärendruckplasma, eingesetzt, das mittels einer Plasmaquelle **300** erzeugt wird. Die vollständig oder teilweise mit einem Haftvermittler **22** beschichteten harten Kerne **21**, die fertig beschichtet gebrauchsfertig zugekauft werden können, werden in das Plasma **303** eingespeist, und/oder sie werden durch den Lichtbogen des Plasmas **303** hindurchgeleitet. Aufgrund der durch das Plasma **303** bzw. den Lichtbogen des Plasmas bewirkten thermischen Beaufschlagung wird der Haftvermittler **22** angeschmolzen. Im Fall des Plasmastrahls **303** zersputtern dessen Elektronen den Haftvermittler **22** und schmelzen ihn aufgrund der noch relativ hohen Temperatur des Plasmas **303**, insbesondere der hohen Elektronentemperatur, an und/oder auf. Auch der Lichtbogen bewirkt ein An- und/oder Aufschmelzen des Haftvermittlers **22**. Durch das An- und/oder Aufschmelzen wird der Haftvermittler **22** aktiviert.

**[0073]** Aufgrund des Energieverbrauchs für das An- und/oder Aufschmelzen und auf dem weiteren Weg der beschichteten harten Kerne **21** zusammen mit dem Plasma **303** zur Düsenöffnung **302** der Plasmaaustrittsdüse **301** kommt es zu einer Abkühlung, so dass die beschichteten harten Kerne **21** die Oberfläche des Kompositrträgers **1** thermisch nicht schädigen. Der Kompositrträger **1** kann, während die Körner **2** mit dem durch das Plasma **303** aktivierten Haftvermittler **22** auf ihn aufgebracht werden, relativ zur Plasmaquelle **300** bewegt werden. Anhand der Geschwindigkeit der Relativbewegung kann die Verteilung (Belegungsdichte), die die harten Kerne **21** auf dem fertigen Kompositrträger **1** aufweisen, eingestellt werden.

**[0074]** Gemäß einem zweiten, anhand von **Fig. 13** erläuterten Verfahren werden die vollständig oder teilweise mit einem Haftvermittler **22** beschichteten harten Kerne **21** möglichst gleichmäßig verteilt auf den Kompositrträger **1** gestreut. Mittels eines physikalischen Verfahrens wird der Haftvermittler **22** thermisch aktiviert, d.h. aufgeheizt und dadurch an- und optional auch aufgeschmolzen. Zum thermischen Aktivieren eines polymeren Haftvermittlers wird dieser auf Temperaturen von mindestens 60°C erwärmt, während ein metallischer Haftvermittler zu seiner thermischen Aktivierung auf Temperaturen von mindestens 200°C erwärmt wird.

**[0075]** Das Aufheizen und damit das Aktivieren des Haftvermittlers **22** kann jedoch auf prinzipiell beliebige Weise erfolgen, beispielsweise durch Kalandrieren, wie es in **Fig. 13** gezeigt ist. Hier werden die mit dem Haftvermittler **22** beschichteten harten Kerne **21**, beispielsweise mittels (zumindest) einer beheizten Walze **201**, **202** erwärmt und gegen den Kompositrträger **1** gepresst. Durch das nachfolgende Abkühlen und Verfestigen des Haftvermittlers **22** werden die harten Kerne **21** durch den Haftvermittler **22** mit dem Kompositrträger **1** im Fall eines metallischen Haftver-

mittlers **22** quasi „verlötet“ oder „verbacken“ (es liegt kein echter Lötprozess vor), oder im Fall eines aus einem Polymer oder einem organischen Materialien gebildeten Haftvermittler **22** „verklebt“, und zwar nicht nur beim Kalandrieren, sondern auch bei allen anderen Verfahren, bei denen der Haftvermittler **22** thermisch aktiviert wird.

**[0076]** Ein polymerer Haftvermittler **22** kann, bevor die Körner **2** auf den Kompositräger **1** aufgebracht werden, anstelle oder zusätzlich zu einer thermischen Aktivierung auch chemisch aktiviert werden, so dass der Haftvermittler **22** funktionale Gruppen ausbildet, die die Entstehung von Adhäsionsbindungen zwischen dem Haftvermittler **22** und dem Kompositräger **1** und damit zwischen den harten Kernen **21** und dem Kompositräger **1** unterstützen.

**[0077]** Gemäß einem dritten, in **Fig. 14** gezeigten Verfahren wird eine Suspension **401**, die den Haftvermittler **22**, die harten Kerne **21** und ein den Haftvermittler **22** aktivierendes Lösemittel **402** enthält, mittels eines Rakels **400** auf den Kompositräger **1** aufgetragen, dadurch gleichmäßig über den Kompositräger **1** verteilt und danach durch Verdampfen des Lösemittels **402** getrocknet.

**[0078]** Unabhängig davon, mit welchem Verfahren die harten Kerne **21** auf den Kompositräger **1** aufgebracht und mit diesem verbunden werden, kann der mit den harten Kernen **21** homogen flächig belegte Kompositräger **1**, d.h. die reibwerterhöhende Einlage **3**, mittels mechanischer (z.B. Stanzen, Schneiden) oder thermischer (Laserschneiden) Verfahren konturgenau auf beliebige Formen zurechtgeschnitten bzw. -gestanzt und auf einen der Fügepartner **101** oder **102** gelegt werden, so dass diesem Fügepartner **101**, **102** eine der Hauptseiten **1t**, **2t** des Kompositträgers **1** zugewandt ist. Dabei ist es, falls sich die Gesamtheit der harten Kerne **21** nur an und/oder auf einer der Hauptseiten **1t**, **1b** befindet, prinzipiell unerheblich, ob dem Fügepartner **101**, **102**, auf den die Einlage **3** aufgelegt wird, der Hauptseite **1t** oder der Hauptseite **1b** zugewandt ist. Beispielsweise kann die Einlage **3** auf einen der Fügepartner **101** oder **102** aufgelegt oder aufgeklebt werden. Falls sich die harten Kerne **21** nur an oder auf einer der Hauptseiten **1t**, **1b** des Kompositträgers **1** befinden (siehe zum Beispiel die **Fig. 4** und **Fig. 5**) und falls die Einlage **3** auf einen der Fügepartner **101**, **102** aufgeklebt wird, wird die Einlage **3** bevorzugt so auf dem betreffenden Fügepartner **101**, **102** angeordnet, dass sich die harten Kerne **21** an und/oder auf der dem Kompositräger **1** abgewandten Seite dieses Fügepartners **101**, **102** befinden, so dass der Kleber diesen Fügepartner **101**, **102** und die diesem zugewandte (nicht mit harten Kernen **21** versehene) Seite der Einlage **3** kontaktiert. Dadurch wird vermieden, dass die harten Kerne **21** unmittelbar von dem Klebstoff überdeckt werden, da dies die Verbindung zwischen den vom Kleb-

stoff überdeckten harten Kernen **21** und dem von der überdeckten Seite her ankommenden der Fügepartner **101** bzw. **102** schwächen würde. Um eine solche Schwächung zu vermeiden oder gering zu halten, ist es – unabhängig davon, in welcher Orientierung die Einlage **3** auf einen der Fügepartner **101**, **102** aufgeklebt wird, vorteilhaft, wenn die Einlage **3** nur mit einzelnen kleinen Punktklebung auf dem betreffenden Fügepartner **101** oder **102** fixiert wird.

**[0079]** Vorsorglich wird jedoch darauf hingewiesen, dass auf die Verwendung eines Klebers auch verzichtet werden kann, beispielsweise wenn die Einlage **3** lose (d.h. ohne dass sie mit zumindest einem der Fügepartner **101**, **102** stoffschlüssig verbunden wird) zwischen die Fügepartner **101** und **102** eingebracht wird. Beispielsweise kann die Einlage **3** lose auf einen der Fügepartner **101** oder **102** aufgelegt oder zwischen diese gehalten und die Fügepartner **101** und **102** mit der zwischen ihnen befindlichen Einlage **3** wie beschrieben gegeneinander gepresst werden.

**[0080]** Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 15A** und **Fig. 15B** noch ein Verfahren erläutert, mit dem die bereits erläuterte Flächenbelegung des Kompositträgers **1** mit harten Kernen **21** in guter Näherung ermittelt werden kann. **Fig. 15A** zeigt nochmals die bereits in **Fig. 4** dargestellte Einlage **3**. Zusätzlich eingezeichnet ist eine Schnittebene E1-E1, die parallel zu der ebenen Einlage **3** durch zumindest einen der harten Kerne **21** verläuft und von dem Kompositräger **1** beabstandet ist. Die Schnittebene E1-E1 weist von dem oder den am weitesten von dem Kompositräger **1** beabstandeten Punkt(en) eines oder mehrerer der harten Kerne **21** bzw. der Körner **2** einen Abstand  $d_0$  auf. Der Abstand  $d_0$  bezieht sich quasi auf die „höchste Erhebung“ bezogen auf die (hier erste) Hauptseite **1t** des Kompositträgers **1**. Die Schnittebene der Ansicht gemäß **Fig. 15A** ist in **Fig. 15B** mit E2-E2 bezeichnet.

**[0081]** Soweit die harten Kerne **21** von der Schnittebene E1-E1 geschnitten werden, weisen die harten Kerne **21** jeweils eine Querschnittsfläche  $Q_{21}$  auf, die von  $d_0$  abhängt und deshalb in **Fig. 15B** für einen der harten Kerne **21** (oben links) mit  $Q_{21}(d_0)$  bezeichnet ist. Die Summe all dieser Querschnittsflächen  $Q_{21}(d_0)$  über die gesamte Einlage **3** wird nachfolgend mit  $Q_{21_{GES}}(d_0)$  bezeichnet. Sie hängt also vom Abstand  $d_0$  ab. Da die harten Kerne **21** im Wesentlichen auf dem Kompositräger **1** aufliegen (d.h. nicht oder kaum in diesen „eintauchen“), steigt  $Q_{21_{GES}}(d_0)$  ausgehend von  $d_0 = 0$  mit zunehmenden  $d_0$  zunächst an. Die dem Maximalwert von  $Q_{21_{GES}}(d_0)$  zugeordnete Schnittebene E1-E1 verläuft außerhalb (in **Fig. 15A** oberhalb) des Kompositträgers **1**.

**[0082]**  $Q_{21_{GES}}(d_0)$  kann nun dadurch ermittelt werden, dass die Einlage **3** optisch erfasst wird, so

dass ihre Oberflächenkontur zumindest im Bereich außerhalb des Kompositrträgers **1** mit großer Genauigkeit ermittelt und rechnergestützt ausgewertet werden kann. Damit kann der Abstand  $d_0$  variiert und die Querschnittsflächen der Körner **2** ermittelt werden. Da die Art und der Anteil des Haftvermittlers **22** bekannt ist, kann statistisch abgeschätzt werden, um wieviel die Querschnittsflächen der einzelnen Körner **2** zu reduzieren sind, um die zugehörigen Querschnittsflächen  $A_{21}(d_0)$  ihrer harten Kerne **21** zu erhalten. Auf diese Weise lässt sich auch der Wert von  $d_0$  ermitteln, bei dem  $Q_{21,GES}(d_0)$  seinen Maximalwert aufweist. Aus diesem Maximalwert wiederum kann auf die Flächenbelegung geschlossen werden, mit der eine der Hauptseiten **1t**, **1b** des Kompositrträgers **1** mit harten Kernen **21** versehen ist. Außerdem kann aus dem Maximalwert auch auf die Größenverteilung der harten Kerne **21** geschlossen werden. Sofern beide Hauptseiten **1t**, **1b** mit harten Kernen **21** versehen sind, muss die erläuterte Untersuchung für jede der beiden Hauptseiten **1t**, **1b** durchgeführt werden. Aus den erzielten Werten lässt sich statistisch die Flächenbelegung abschätzen, mit der der Kompositrträger **1** insgesamt mit harten Kernen **21** versehen ist. Dabei ist statistisch zu berücksichtigen, dass sich auf derselben Projektionsebene die Orthogonalprojektionen von harten Kernen **21**, die sich auf unterschiedlichen Hauptseiten **1t** und **1b** des Kompositrträgers **1** befinden, überlagern können. Soweit es hier in der Projektionsebene zu Überschneidungen kommt, ist darauf zu achten, dass eventuelle Schnittflächen der Projektionsflächen verschiedener harter Kerne **21** nur einfach und nicht doppelt gezählt werden.

**[0083]** Fig. 16 zeigt noch beispielhaft die Verwendung einer erfindungsgemäßen Einlage **3** anhand der Verbindung zwischen einem als Welle ausgebildeten ersten Fügepartner **101** und einem als Zahnrad ausgebildeten zweiten Fügepartner **102**. Wie zu erkennen ist, kann eine Einlage **3** eine Durchgangsöffnung **30** aufweisen, durch die während der Montage eine Schraube **103** hindurchgeführt wird. Zur Montage wird die Einlage **3** zwischen die Fügepartner **101** und **102** eingebracht, wie dies bereits unter Bezugnahme insbesondere auf die Fig. 5 bis Fig. 7 erläutert wurde. Dabei wird die Einlage **3** so zwischen den Fügepartnern **101** und **102** angeordnet, dass ihre Durchgangsöffnung **30** mit einem Gewinde **131** des ersten Fügepartners **101** und einer Durchgangsöffnung **132** des zweiten Fügepartners **102** fluchtet und eine Schraube **103** mit ihrem Gewinde **133** durch die Durchgangsöffnungen **132** und **30** geführt und in das Gewinde **131** eingeschraubt werden kann, so dass die Fügepartner **101** und **102** mit der zwischen ihnen befindlichen Einlage **3** aneinandergespresst werden. Dabei wird von den harten Kernen **21** mehrheitlich jeweils ein Teil in den ersten Fügepartner **101** und ein anderer Teil in den zweiten Fügepartner **102** eingepresst, so dass diese jeweils in beide Fügepartner **101** und

**102** eingreifenden harten Kerne **21** eine Kraftübertragung zwischen den Fügepartnern **101** und **102** bewirken. Dies hat zur Folge, dass eine aktive Drehung eines der Fügepartner **101** oder **102** um die (gestrichpunktet dargestellte) Achslinie dieses Fügepartners **101** oder **102** gedreht wird, der andere Fügepartner **102** bzw. **101** sicher mitgedreht wird.

**[0084]** Eine erfindungsgemäße Einlage **3** kann generell dazu verwendet werden, ein Drehmoment zwischen zwei Fügepartnern **101** und **102** zu übertragen und dabei die Fügepartner **101** und **102** gegen ein unbeabsichtigtes Verdrehen gegeneinander zu sichern. Generell kann eine erfindungsgemäße Einlage **3** dazu verwendet werden, eine relative Gleitbewegung zwischen zwei Fügepartnern **101** und **102** zu verhindern, wenn zwischen den Fügepartnern **101** und **102** eine Kraft und/oder ein Drehmoment übertragen wird.

**[0085]** Eine reibwerterhöhende Einlage **3**, wie sie vorangehend beschrieben wurde, weist eine Reihe von Vorteilen auf:

Erstens eignet sie sich für die Verwendung in Verbindung mit Fügepartnern **101**, **102**, die, beispielsweise aufgrund von Bauteilabmessung, Zugänglichkeit, Restschmutzanforderung, Handlings- und Logistikaufwendungen, u.ä., für eine direkte Beschichtung mit harten Kernen **21** nicht in Frage kommen.

**[0086]** Zweitens tragen die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser  $D_{21}$  von wenigstens  $8 \mu\text{m}$  aufweisenden harten Kerne **21** im Wesentlichen vollständig zum Kraftschluss zwischen den Fügepartnern **101** und **102** bei, da sie nahezu mit ihrem gesamten Volumen im Eingriff mit den Fügepartnern **101** und **102** stehen. Hierdurch lassen sich bei Fügepartnern **101** und **102** aus Stahl oder anderen Metallen Erhöhungen des Reibungskoeffizienten  $\mu$  bis auf das 6-fache des Reibungskoeffizienten erzielen, den die betreffenden Metalle bei direktem flächigem Kontakt ohne die harten Kerne **21** aufweisen würden (ebene Kontaktflächen der Metalle bei direktem flächigem Kontakt vorausgesetzt). Die erzielte Performance ist ähnlich einem herkömmlichen Verfahren, bei dem Körner oder harte Kerne direkt auf einen oder beide Fügepartner **101**, **102** aufgebracht werden.

**[0087]** Drittens ist die Einlage **3** aufgrund des Einsatzes von standardisierten Serienverarbeitungsprozessen wirtschaftlich herstellbar. Dies gilt sowohl für die Herstellung des Kunststoffträgers **11**, als auch das Verbinden der Partikel **12** mit dem Kunststoffträger **11**, als auch für das Verbinden der harten Kerne **21** mit dem Kompositrträger **1**.

**[0088]** Viertens ist die reibwerterhöhende Einlage **3** leicht auch an kompliziert geformte oder nicht ebene Fügeflächen der Fügepartner **101**, **102** anzupassen, und zwar auch in 3D (drei Dimensionen).

**[0089]** Fünftens ist, anders als bei vielen herkömmlichen Verfahren, keine maßliche Berücksichtigung bei der konstruktiven Auslegung der zur Herstellung des betreffenden Pressverbands verwendeten Fügepartner **101** und **102** erforderlich, da die Fügung quasi auf Nullspalt erfolgt.

**[0090]** Sechstens kann die reibwerterhöhende Einlage **3** mit Hilfe von Klebepunkten auf der Fügefläche eines der Fügepartner **101** oder **102** fixiert werden, bevor die Fügepartner **101** und **102** mit dazwischen befindlicher Einlage **3** gegeneinander gepresst werden.

**[0091]** Siebtens lassen sich durch die Verwendung inerte Materialien sowohl für die harten Kerne **21** als auch des Kompositrähers **1** die Gefahr von Passungsrost bzw. elektrochemischer Korrosion vermeiden oder zumindest vermindern.

**[0092]** Achtens hat die räumliche Orientierung der harten Kerne **21** auf den Fügepartnern **101**, **102** keine Auswirkungen auf die erzielbare Reibwerterhöhung.

**[0093]** Eine reibwerterhöhende Einlage **3** lässt sich in Verbindung mit nahezu beliebigen kraftschlüssigen Verbindungen verwenden, beispielsweise bei Flanschverbindungen, bei Stirnpressverbänden, bei Schraubverbindungen, bei Befestigungssystemen, bei Welle-Nabe-Verbindungen.

**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**

- DE 10148831 A1 [0003]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- ISO 13320:2009 [0050]

## Patentansprüche

1. Reibwerterhöhende Einlage, die aufweist:  
einen Kompositräger (1), der aufweist:  
Glas und/oder Keramik (12); sowie  
Kunststoff (11); und  
eine Vielzahl von harten Kernen (21), von denen jeder  
– einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm besitzt; und  
– mittels eines Haftvermittlers (22) mit dem Kompositräger (1) verbunden ist; und  
wobei der unkomprimierte Kompositräger (1) eine Dicke (d1) im Bereich von 10 µm bis 100 µm aufweist; und/oder die reibwerterhöhende Einlage (3) bei unkomprimiertem Kompositräger (1) eine Dicke (d3) von kleiner oder gleich 420 µm aufweist.
2. Reibwerterhöhende Einlage nach Anspruch 1, bei der der Mittelwert (<D21>) der volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) der Gesamtheit der harten Kerne (21) der Einlage (3), die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen, größer ist, als die Dicke (d1) des unkomprimierten Kompositrägers (1).
3. Reibwerterhöhende Einlage nach Anspruch 2, bei der  
die volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) der Gesamtheit der harten Kerne (21) der Einlage (3), die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen, einen Mittelwert (<D21>) aufweisen;  
von der Gesamtheit der harten Kerne (21), die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen  
– höchstens 10% einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) aufweisen, der um mehr als 5 µm kleiner ist, als der Mittelwert (<D21>); und  
– höchstens 10% einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) aufweisen, der um mehr als 5 µm größer ist, als der Mittelwert (<D21>).
4. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Mittelwert (<D21>) der volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) der Gesamtheit der harten Kerne (21) der Einlage (3), die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen, im Bereich von 8 µm bis 150 µm, vorzugsweise im Bereich von 15 µm bis 100 µm liegt.
5. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der von der Gesamtheit der harten Kerne (21) der Einlage, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen,  
diejenigen, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von kleiner als 35 µm aufweisen, eine erste Teilmenge bilden;

diejenigen, die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von größer oder gleich 35 µm aufweisen, eine zweite Teilmenge bilden;  
die harten Kerne (21) der ersten Teilmenge einen ersten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser im Bereich von 10 µm bis 30 µm aufweisen; und  
die harten Kerne (21) der zweiten Teilmenge einen zweiten mittleren volumenäquivalenten Kugeldurchmesser im Bereich von mehr als 30 µm bis 145 µm aufweisen.

6. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die harten Kerne (21) jeweils eine Mohs-Härte von wenigstens 8 aufweisen.

7. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die harten Kerne (21) aus einem der folgenden Materialien bestehen oder zumindest eines der folgenden Materialien aufweisen: Diamant; ein Carbid; ein Nitrid; ein Borid; ein Oxid.

8. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Haftvermittler (22) aus einem der folgenden Materialien besteht oder zumindest eines der folgenden Materialien aufweist: ein Metall; eine Legierung; einen Kunststoff; ein organisches Material.

9. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Kompositräger (1) eine erste Hauptseite (1t) und eine der ersten Hauptseite (1t) entgegengesetzte zweite Hauptseite (1b) aufweist, wobei die Gesamtheit der harten Kerne (21) nur an und/oder auf der ersten Hauptseite (1t) angeordnet sind, nicht aber an oder auf der zweiten Hauptseite (1b).

10. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Kompositräger (1) eine erste Hauptseite (1t) und eine der ersten Hauptseite (1t) entgegengesetzte zweite Hauptseite (1b) aufweist, wobei die Gesamtheit der harten Kerne (21) sowohl an oder auf der ersten Hauptseite (1t) angeordnet als auch an oder auf der zweiten Hauptseite (1b) angeordnet ist.

11. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Kompositräger (1) als Textilie, oder als Schaum ausgebildet ist.

12. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Kunststoff (11) als Kunststoffträger ausgebildet ist und  
– eine der folgenden Strukturen aufweist oder aus einer der folgenden Strukturen besteht: ein Gewebe; ein Vlies; ein Filz; oder  
– als Film ausgebildet ist.

13. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Flächenbelegung, mit der der Kompositräger (1) mit den harten Kernen (21) belegt ist, deren volumenäquivalenter Kugeldurchmesser (D21) wenigstens 8 µm beträgt, 5% bis 70% der Grundfläche (A1) des Kompositträgers (1) ausmacht.

14. Reibwerterhöhende Einlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der für eine Mehrzahl von der harten Kerne (21), die einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweisen, gilt, dass die Haftvermittler (22), mittels denen die harten Kerne (21) dieser Mehrzahl mit dem Kompositräger (1) verbunden sind, keine durchgehende Schicht bilden, sondern, für beliebige Paare von harten Kernen (21) dieser Mehrzahl, paarweise voneinander beabstandet sind.

15. Verfahren, mit dem eine reibwerterhöhende Einlage (3) hergestellt wird, die gemäß einem der vorangehenden Ansprüche ausgebildet ist, mit den Schritten:  
Bereitstellen eines Kompositträgers (1), der aufweist: Glas und/oder Keramik (12); sowie Kunststoff (11);  
Bereitstellen einer Vielzahl von harten Kernen (21), von denen jeder einen volumenäquivalenten Kugeldurchmesser (D21) von wenigstens 8 µm aufweist;  
Aufbringen der harten Kerne (21) auf den Kompositräger (1); und  
stoffschlüssiges Verbinden der harten Kerne (21) mit dem Kompositräger (1) mittels eines thermisch und/oder chemisch aktivierten Haftvermittlers (22).

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Haftvermittler (22) durch Erwärmung auf Temperaturen von wenigstens 60°C thermisch aktiviert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem der Haftvermittler (22) thermisch aktiviert wird, indem die mit dem Haftvermittler (22) vorbeschichteten harten Kerne (21) einem thermischen Plasma (303) und/oder einem Plasmalichtbogen (303) ausgesetzt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, bei dem der Haftvermittler (22) thermisch aktiviert wird, indem die harten Kerne (1) mit dem Haftvermittler (22) vorbeschichtet werden, so dass eine Vielzahl von Körnern (2) vorliegt, von denen jedes einen der mit dem Haftvermittler (22) vorbeschichteten harten Kerne (21) aufweist; und die Körner (2) mittels einer beheizten Walze (201, 202) erwärmt und gegen den Kompositräger (1) gepresst werden, wobei der Haftvermittler (22) thermisch aktiviert wird.

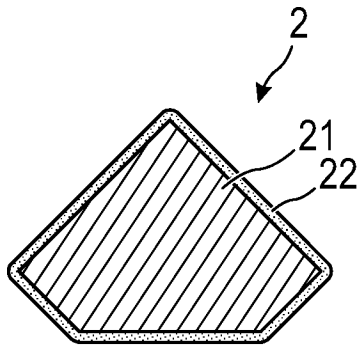
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem eine Suspension (401), die den Haftvermittler (22), die harten Kerne (21) und ein den Haftvermittler (22) aktivierendes Lösemittel (402) enthält, mittels eines Rakels (400) auf den Kompositräger (1) aufgetragen und danach getrocknet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, bei dem bei einem jeden der bereitgestellten Körner (2) der Haftvermittler (22), mit dem das betreffende Korn (2) beschichtet ist, einen Gewichtsanteil am Gewicht des betreffenden Kornes (2) ausmacht, wobei der Mittelwert dieser Gewichtsanteile im Bereich von 5 Gew.% bis 80 Gew.% liegt, im Fall eines metallischen Haftvermittlers (22) bevorzugt im Bereich von 30 Gew.% und 70 Gew.%, im Fall eines Haftvermittlers (22) aus Kunststoff bevorzugt im Bereich von 5 Gew.% und 50 Gew.%.

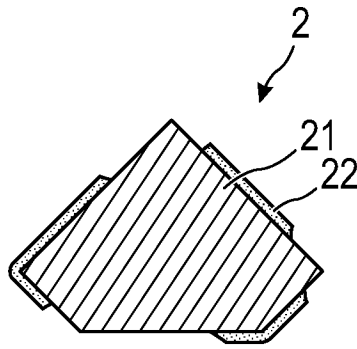
21. Verfahren zur Herstellung eines Pressverbands zwischen einem ersten Fügepartner (101) einem zweiten Fügepartner (102), indem der erste Fügepartner (101) und der zweite Fügepartner (102), während zwischen ihnen eine reibwerterhöhende Einlage, die gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgebildet ist und/oder die gemäß einem der Ansprüche 15 bis 20 hergestellt wurde, angeordnet ist, so gegeneinander gepresst werden, dass von einer Mehrzahl der harten Kerne (21) jeder jeweils teilweise sowohl in den ersten Fügepartner (101) als auch in den zweiten Fügepartner (102) eingepresst wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

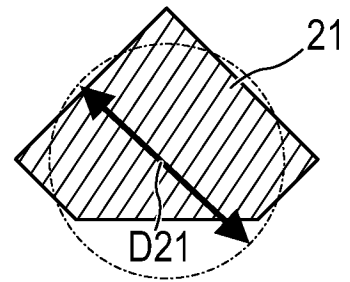
Anhängende Zeichnungen



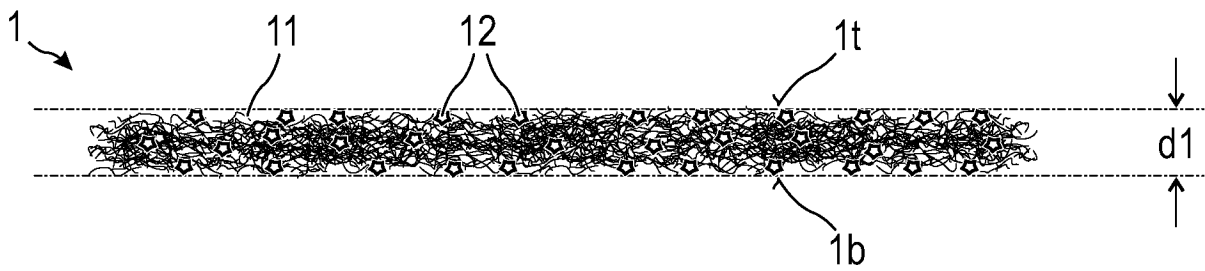
**FIG 1A**



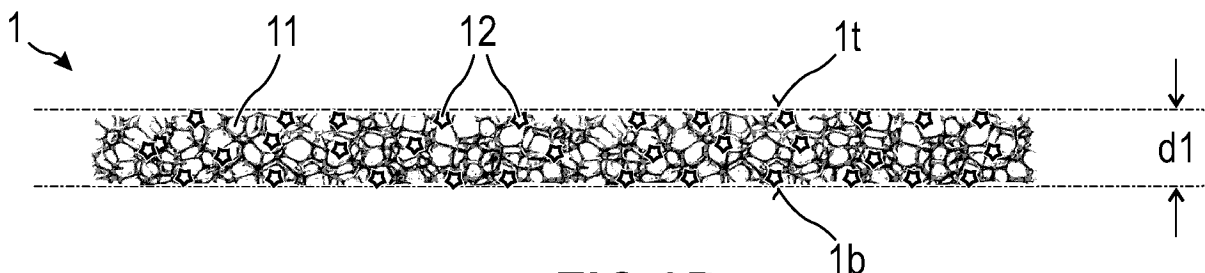
**FIG 1B**



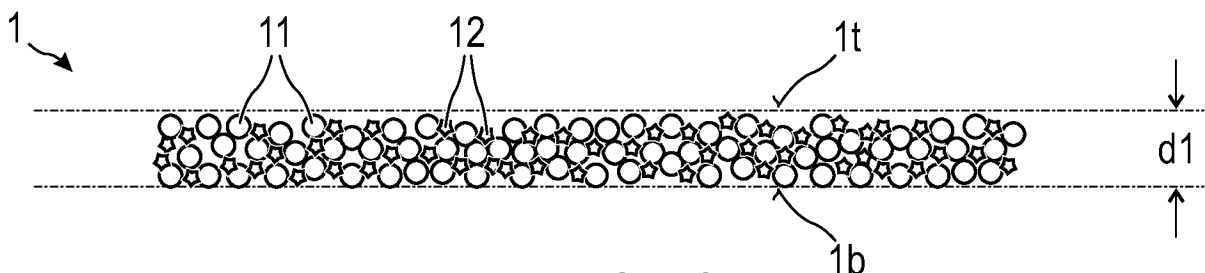
**FIG 2**



**FIG 3A**



**FIG 3B**



**FIG 3C**



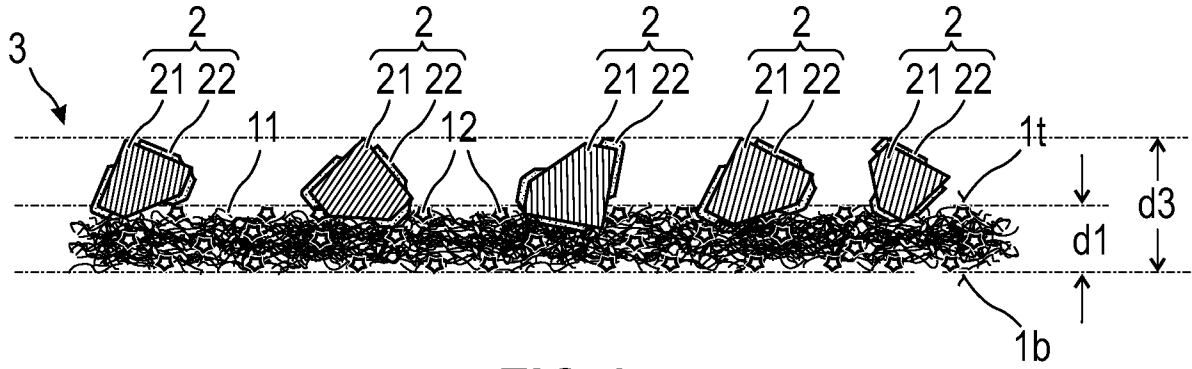


FIG 4

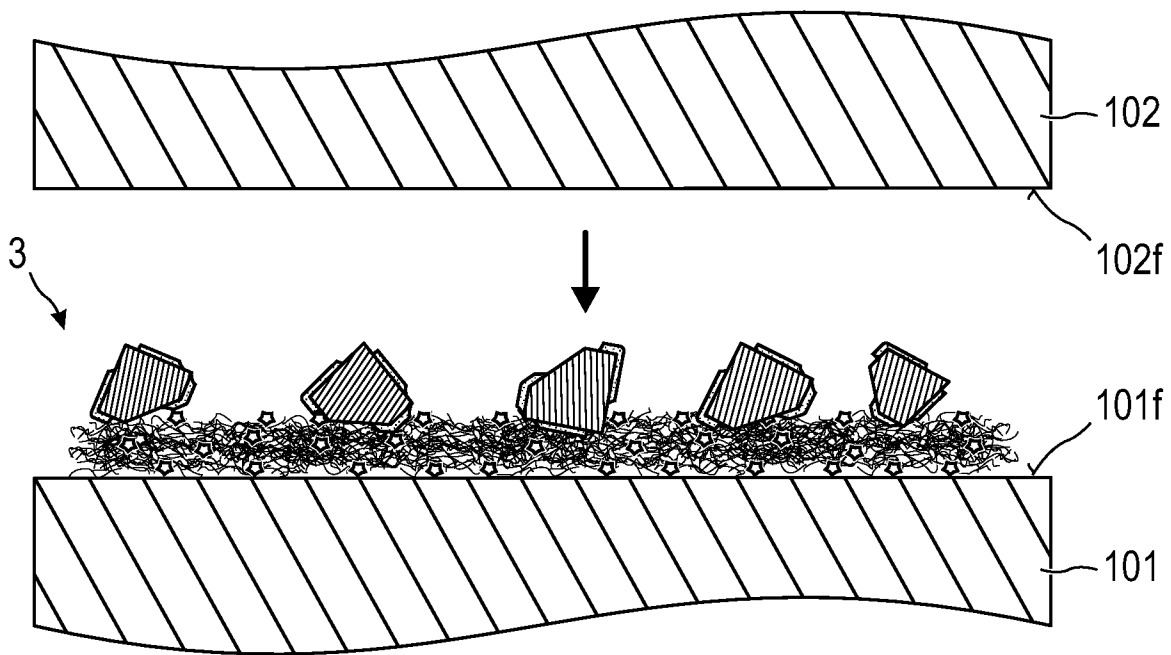


FIG 5

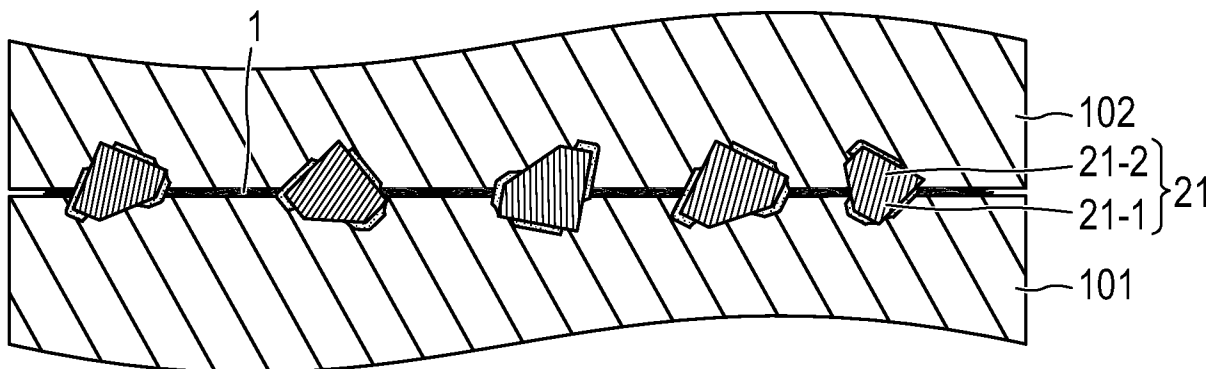
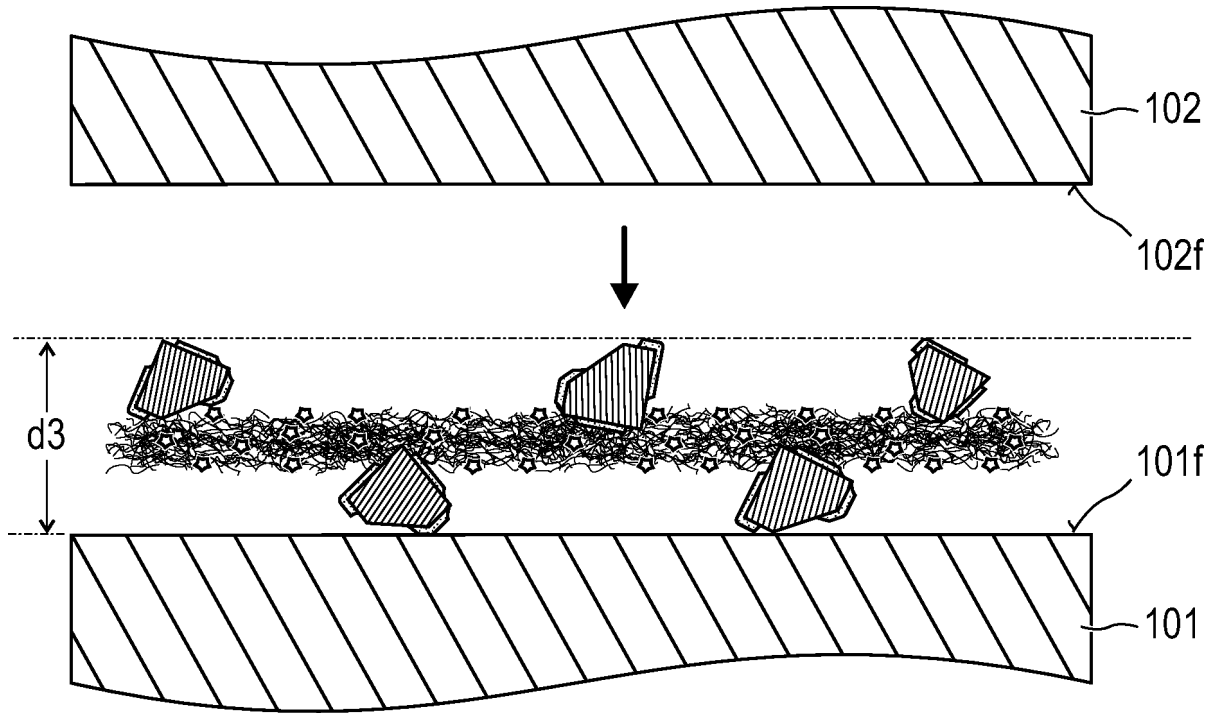
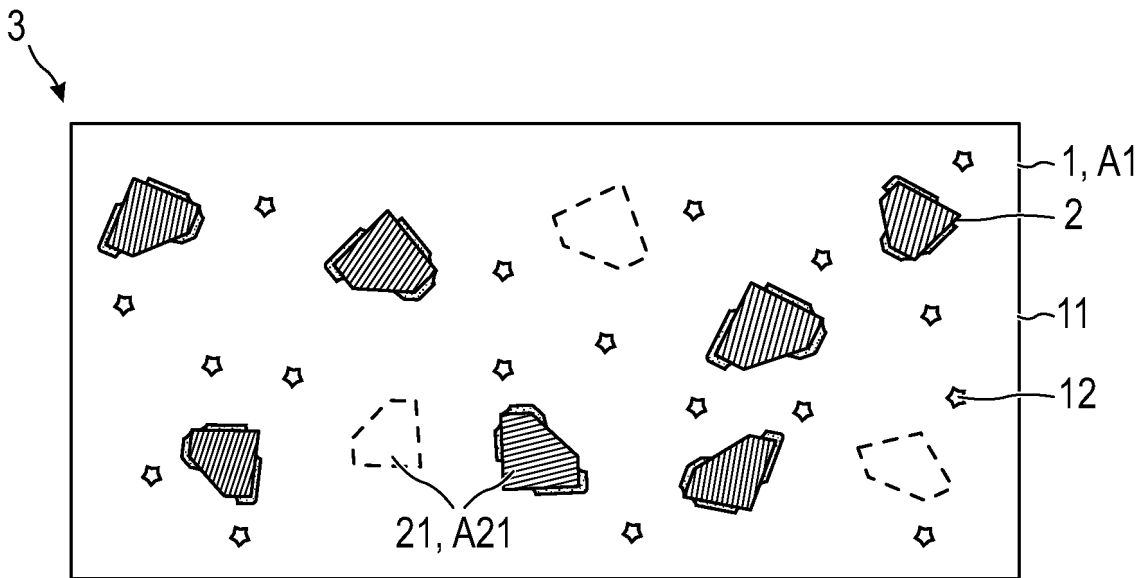


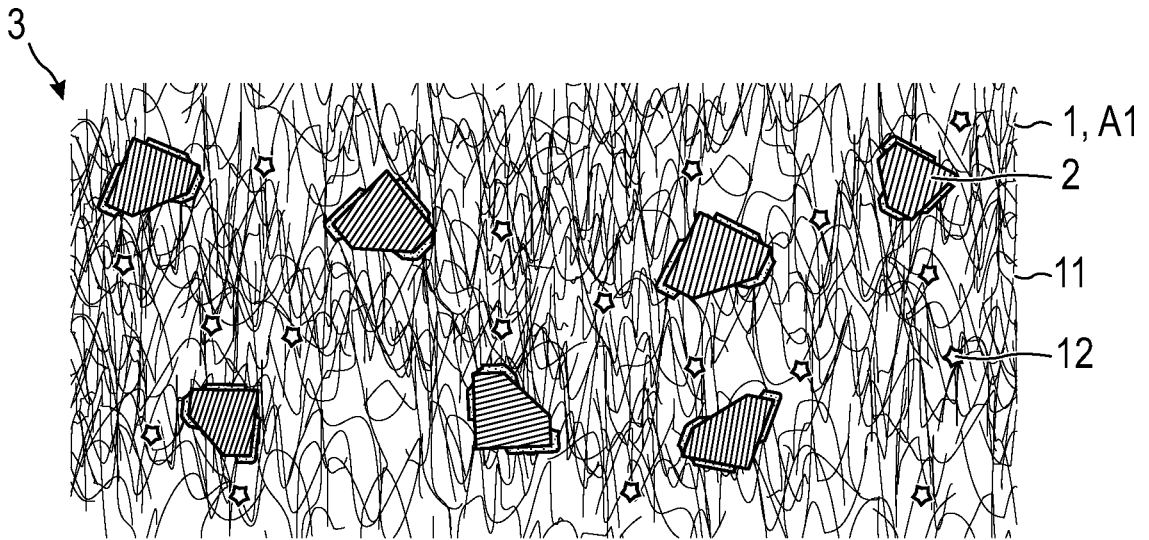
FIG 6



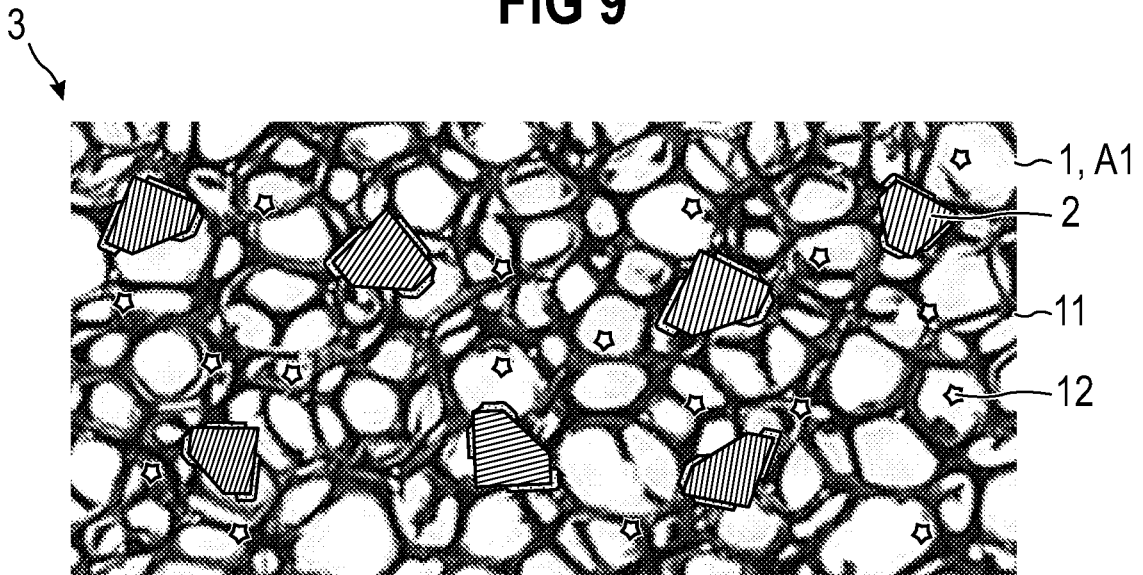
**FIG 7**



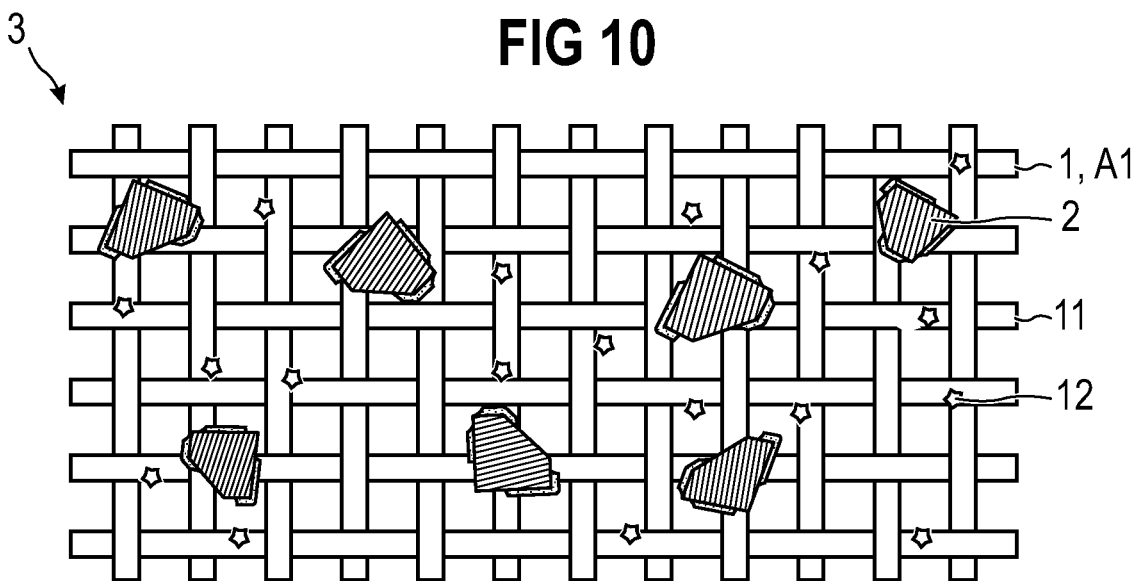
**FIG 8**



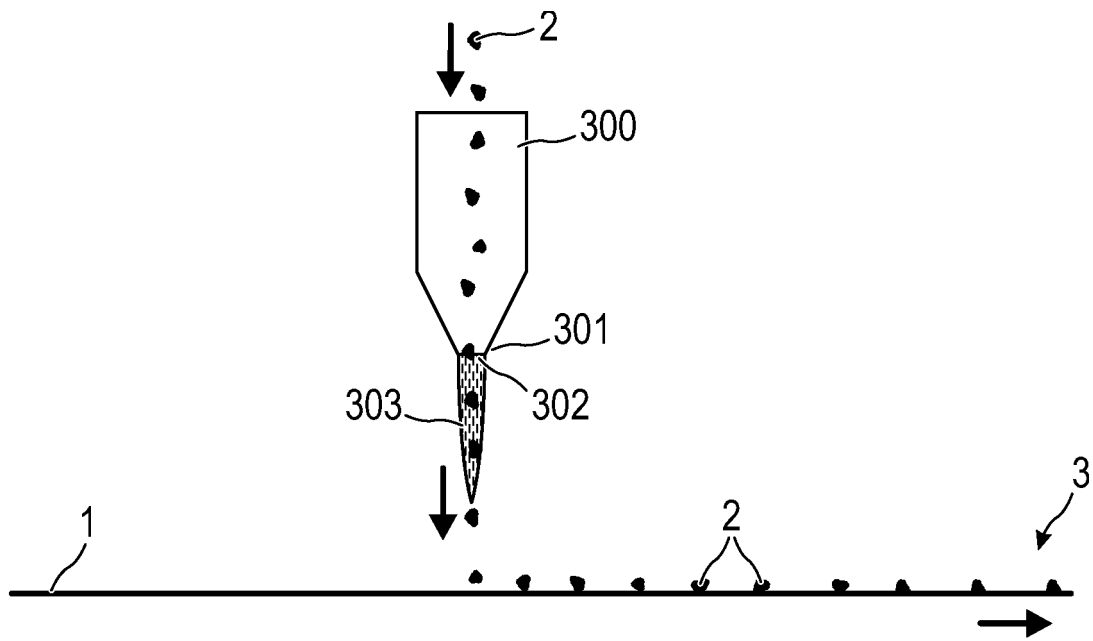
**FIG 9**



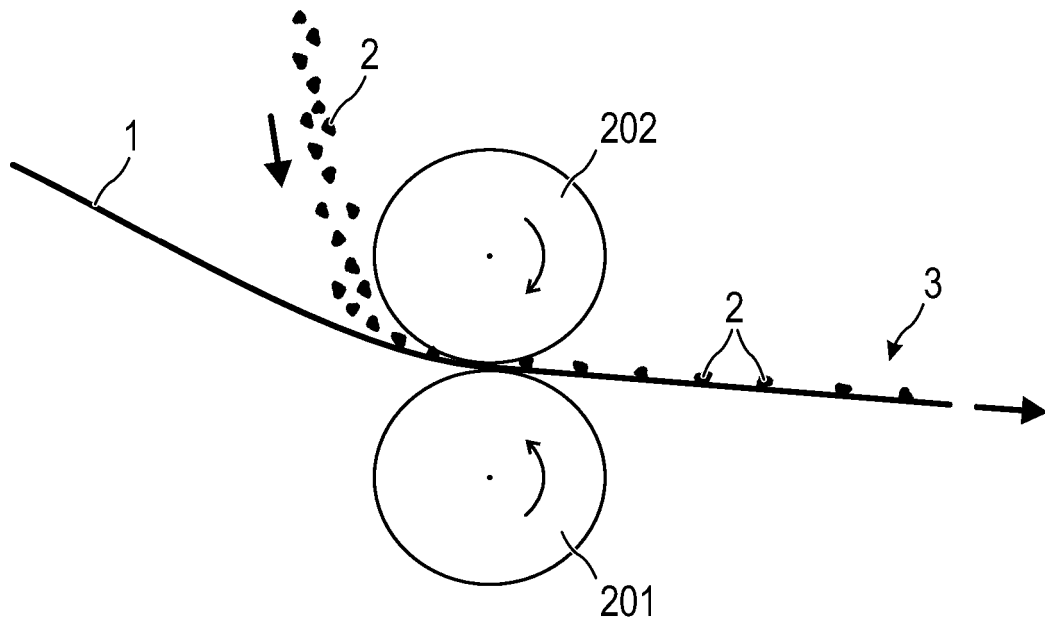
**FIG 10**



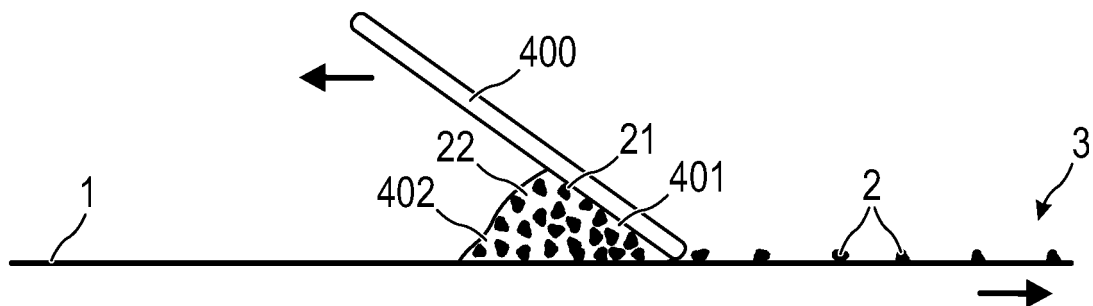
**FIG 11**



**FIG 12**



**FIG 13**



**FIG 14**

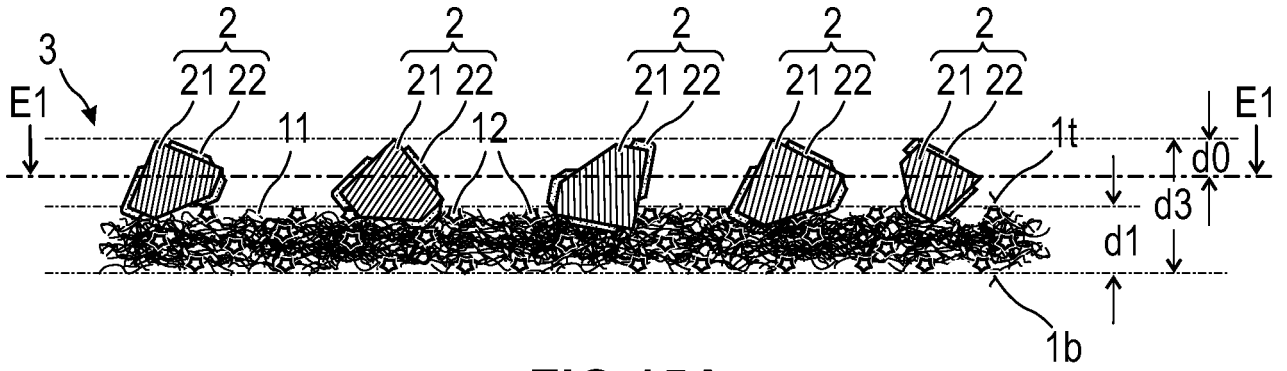


FIG 15A

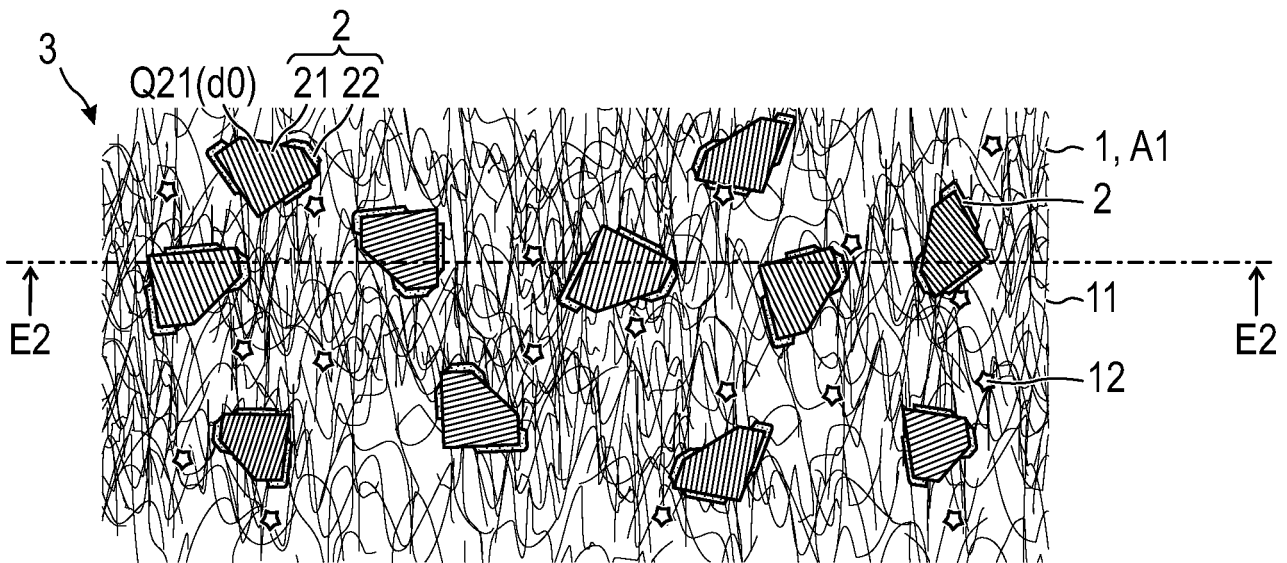


FIG 15B

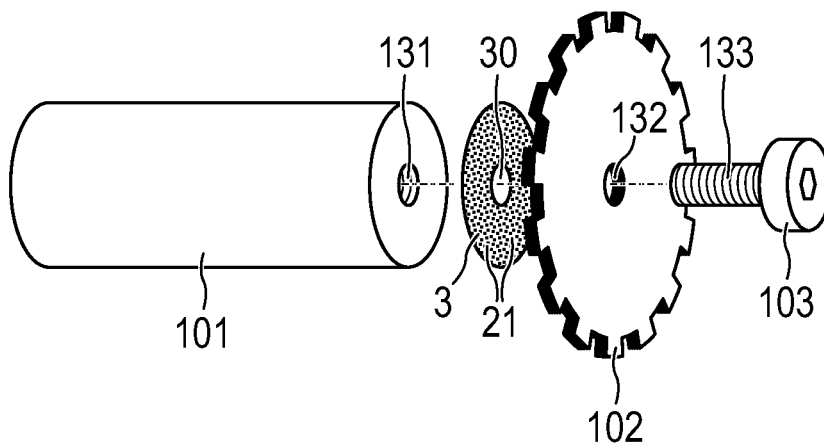


FIG 16