

(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
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/002603 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C04B 35/80 (2006.01) *C04B 35/626* (2006.01)
B32B 18/00 (2006.01) *F16D 65/12* (2006.01)
C04B 35/573 (2006.01)

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/067331

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juni 2019 (28.06.2019)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 115 792.4
29. Juni 2018 (29.06.2018) DE

(71) Anmelder: **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE). **HOCHSCHULE REUTLINGEN** [DE/DE]; Alteburgstrasse 150, 72762 Reutlingen (DE).

(72) Erfinder: **KLOPSCH, Linda**; Ringstrasse 9, 69427 Mudau (DE). **FRIESS, Martin**; Beurener Wasen 3/1, 72636 Frickenhausen-Linsenhofen (DE). **VOGEL, Felix**; Am Wasserturm 16, 71332 Waiblingen (DE). **KOCH, Dietmar**; Im Vogelsang 37, 71083 Herrenberg (DE). **JEHLE, Volker**; Am Felsenau 14, 72574 Bad Urach (DE). **FREUDENBERG, Jan**; Dürnauerstrasse 3, 72768 Reutlingen (DE). **KESSEL, Fiona**; Burgherrenstrasse 107, 70469 Stuttgart (DE). **BILLER, Nancy-Jane**; Baumgartenweg 16, 72762 Reutlingen (DE).

(74) Anwalt: **HOEGER, STELLRECHT & PARTNER PATENTANWÄLTE MBB**; Uhlandstrasse 14 c, 70182 Stuttgart (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, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A GREEN BODY AND A CERAMIC COMPONENT, GREEN BODY AND CERAMIC COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES GRÜNKÖRPERS UND EINES KERAMISCHEN BAUTEILS, GRÜNKÖRPER UND KERAMISCHES BAUTEIL

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a green body, in particular as a precursor body for a ceramic component, wherein a green body is produced using at least one layer of a x/y fleece.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren bereitgestellt zur Herstellung eines Grünkörpers, insbesondere als Vorkörper für ein keramisches Bauteil, bei dem unter Verwendung mindestens einer Lage eines X/Y-Vlieses ein Grünkörper hergestellt wird.



WO 2020/002603 A1

Verfahren zur Herstellung eines Grünkörpers und eines keramischen Bauteils, Grünkörper und keramisches Bauteil

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Grünkörpers, insbesondere als Vorkörper für ein keramisches Bauteil.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Bauteils.

10

Ferner betrifft die Erfindung ein Grünkörper-Bauteil und ein keramisches Bauteil.

15

Die US 2004/0005462 A1 offenbart ein Gleitmaterial, welches aus einem Kohlenstofffaser-verstärkten Kohlenstoffkompositmaterial besteht, welches Partikel enthält.

20

Die DE 38 40 781 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Faser-verbundkeramiken, bei dem in einem ersten Schritt Fasern mit einem schmelzflüssigen Polysilazan imprägniert und in einem zweiten Schritt das Polysilazan in den Fasern mittels NH_3 , Urotropin, einem Amin oder einem Chlorsilan in den unschmelzbaren Zustand überführt und in einem dritten Schritt die imprägnierten Fasern auf 800°C bis 2000°C in Stickstoff-, Edelgas- oder Ammoniak-Atmosphäre erhitzt wird.

25

Die DE 693 21 151 T2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Teilen aus Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix.

30

Aus der DE 10 2007 053 499 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Reib-scheiben aus faserverstärkten keramischen Werkstoffen bekannt.

Aus der DE 44 38 456 A1 ist eine Reibeinheit bekannt.

- 2 -

Aus der DE 100 60 566 A1 ist ein Reibkörper aus Silicium-infiltriertem, kohlenstofffaser-verstärkten porösen Kohlenstoff bekannt.

5 Aus der DE 44 38 455 C1 ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit bekannt.

Aus der DE 197 21 773 A1 ist eine Bremsstrommel-Baugruppe bekannt.

10 Aus der DE 198 05 868 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstoffs bekannt.

Aus der DE 198 34 704 A1 ist ein Reibring für eine Reibbremse bekannt.

15 Aus der DE 199 01 250 A1 ist eine Scheibenbremse bekannt.

Aus der DE 10 2005 052 802 A1 ist eine Bremsscheibe mit Zwischenschicht bekannt.

20 Aus der DE 10 2006 057 939 A1 ist eine friktionsbelastbare Scheibe aus faserverstärkter Keramik bekannt.

Aus der DE 10 2007 040 128 A1 ist eine Scheibenbremse mit zwei Keramikbremsscheiben bekannt.

25 Aus der US 9,005,732 B2 ist eine reibungstolerante Scheibe aus faserverstärkter Keramik bekannt.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem sich Grünkörper mit vorteilhaften Eigenschaften herstellen lassen.

- 3 -

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass unter Verwendung mindestens einer Lage eines X/Y-Vlieses ein Grünkörper hergestellt wird.

- 5 Der Grünkörper ist ein faserverstärkter Körper und insbesondere ein CFK-Körper. Er kann selber als Bauteil verwendet werden, oder er kann beispielsweise als Grundlage zur Herstellung eines Keramikkörpers dienen, wobei der Keramikkörper insbesondere ein CMC-Körper ist.
- 10 Das X/Y-Vlies weist höchstens einen geringen Anteil an Fasern mit Orientierung in Z-Richtung auf. Grundsätzlich können Fasern, welche in Z-Richtung orientiert sind, beim Verpressen von Vliesstoffen Rückstellkräfte induzieren. Dies führt dazu, dass bei der Verwendung von solchen Vliesstoffen nur geringe Faservolumengehalte beispielsweise in der Größenordnung von 20 % oder
- 15 weniger möglich sind.

- Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird mindestens eine Lage eines X/Y-Vlieses verwendet. Durch den entsprechend geringen Faseranteil in Z-Richtung können X/Y-Vliese stärker komprimiert werden. Dadurch sind
- 20 höhere Faservolumengehalte in dem Grünkörper und auch beispielsweise an einem daraus hergestellten Keramikkörper möglich.

- Weiterhin neigt ein Grünkörper grundsätzlich zur Delamination während einer Pyrolyse. Aufgrund der verringerten Rückstellkräfte durch die erfindungs-
- 25 gemäße Verwendung von mindestens einer Lage an X/Y-Vlies ist die Delaminationsneigung verringert.

- Durch die erfindungsgemäße Lösung, bei der mindestens eine Lage eines X/Y-Vlieses mit höchstens einem geringen Anteil an Fasern mit Orientierung in
- 30 Z-Richtung verwendet wird, lassen sich die Probleme, die sonst mit Vliesstoffen verbunden sind, insbesondere bei der Keramikherstellung, verringern bzw. sogar eliminieren.

- 4 -

Durch die Verwendung mindestens einer Lage eines X/Y-Vlieses lassen sich insbesondere Faservolumengehalte beispielsweise größer als 30 % im Grünkörper und beispielsweise größer als 20 % in einem Keramikkörper erreichen. Der so hergestellte Werkstoff bzw. das so hergestellte Bauteil hat aufgrund
5 des geringen Anteils an Fasern mit Orientierung in Z-Richtung eine sehr geringe Delaminationsgefahr.

Weiterhin ist es auch möglich, durch unterschiedliche Varianten des X/Y-Vlieses eine Carbidbildung bei einem Keramisierungsprozess, welche von
10 dem hergestellten Grünkörper ausgeht, gezielt zu beeinflussen. Es können so beispielsweise Werkstoffe mit hoher Carbidumsetzung bei der Keramisierung hergestellt werden oder es können Werkstoffe mit geringer Carbidumsetzung bei der Keramisierung hergestellt werden.

15 Ferner ist es möglich, durch Verwendung von X/Y-Vlieslagen mit unterschiedlichen Eigenschaften gradierte Werkstoffe bzw. gradierte Bauteile herzustellen. Insbesondere lässt sich dadurch eine Gradierung bei der Carbidbildung erreichen.

20 Beispielsweise lässt sich durch einen gradierten Keramikaufbau eines entsprechenden keramischen Bauteils, welches aus dem entsprechenden Grünkörper hergestellt wird, eine Bildung von Rissen bei Reibschichten reduzieren. Dadurch wird das Eindringen von Flüssigkeiten gering gehalten bzw. verhindert. Dadurch wird wiederum einer Beschädigung bzw. einem Abplatzen
25 einer Reibschicht von ihrem Tragkörper entgegengewirkt.

Die Gradierung ermöglicht zudem eine Anpassung der Wärmeausdehnung insbesondere eines Keramikwerkstoffes. Dadurch wird einer typischen Rissbildung während eines Herstellungsprozesses vorgebeugt.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich integral realisieren. Insbesondere lässt sich beispielsweise eine Reibschicht (welche an einem Bereich mit der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies hergestellt wird) integral mit einem Träger

- 5 -

verbinden. Es ist dadurch nur eine relativ geringe Anzahl von Einzelschritten notwendig. Insbesondere ist keine separate Grünkörperfertigung eines Tragkörpers und einer Reibschicht mit einer anschließenden Fügung der Bauteile notwendig. Die integrale Fertigung ermöglicht eine direkte endkonturnahe
5 Herstellung eines Grünkörpers, welcher sowohl einen im endgültigen Bauteil realisierten Tragkörper und mindestens eine Reibschicht umfasst.

Es lässt sich ferner eine gute Anpassung eines Bereichs an dem Bauteil, welcher ausgehend von der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies hergestellt
10 wurde, an die Wärmeausdehnung eines entsprechenden Tragkörpers erreichen.

Der Herstellungsprozess lässt sich materialsparend durchführen, da Verschnittreste zur Herstellung des X/Y-Vlieses wiederverwendet werden können.
15 Grundsätzlich ist auch die Verwendung von recyceltem Fasermaterial (insbesondere in einem Nassvliesverfahren) möglich.

Es kann auch vorgesehen sein, dass zur Herstellung des Grünkörpers weitere Füllstoffe wie beispielsweise Graphitpulver verwendet werden.
20

Bei einer optionalen Ausführungsform ist es vorgesehen, dass die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies an einem Träger positioniert wird und der Grünkörper aus einer Kombination der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies und dem Träger hergestellt wird. Es ergibt sich so ein effektiver Herstellungsprozess mit
25 Minimierung der einzelnen Schritte. Der Träger und eine an dem Träger hergestellte Schicht lassen sich integral und insbesondere einstückig miteinander verbinden. Es entstehen keine Anbindungsprobleme für die nachträgliche Herstellung einer Schicht auf einem Träger. Es lässt sich so insbesondere eine Reibschicht an einem Tragkörper realisieren. Die Verbindung von mindestens
30 zwei Lagen an X/Y-Vlies mit einem Träger ermöglicht es auch, eine gradierte Anbindung der Vliesstoffe zu erreichen. Die Gradierung kann so aufgebaut werden, dass die Unterschiede in der Wärmeausdehnung zwischen einer her-

- 6 -

gestellten Reibschichtoberfläche und einem hergestellten Tragkörper ausgeglichen werden.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn das X/Y-Vlies einen Faseranteil in
5 Z-Richtung von höchstens 7 Volumen-% und insbesondere von höchstens 3 Volumen-% und insbesondere von höchstens 1 Volumen-% aufweist. Weiterhin lassen sich dadurch Rückstellkräfte beim Verpressen von Vliesstoffen gering halten. Dadurch lässt sich effektiv die Gefahr einer Delamination verhindern.

10

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn Fasern im X/Y-Vlies eine Faserlänge in einer X/Y-Ebene von mindestens 1 mm und insbesondere von mindestens 5 mm aufweisen. Insbesondere weisen mindestens 90 % der Fasern eine solche Länge auf.

15

Es hat sich ebenfalls als günstig erwiesen, wenn Fasern im X/Y-Vlies eine Faserlänge in einer X/Y-Ebene von höchstens 100 mm und insbesondere von höchstens 40 mm aufweisen. Insbesondere weisen mindestens 90 % der Fasern diese Länge auf. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn Fasern (ins-
20 besondere mindestens 90 % der Fasern) im X/Y-Vlies eine Faserlänge in einer X/Y-Ebene im Bereich zwischen 5 mm und 40 mm aufweisen.

25

Die Fasern des X/Y-Vlieses können beispielsweise aus mindestens einem der folgenden Materialien sein: Aluminiumoxid, Carbon, Siliciumcarbid, Aramid, Glas. Es ist grundsätzlich möglich, dass das X/Y-Vlies aus einem Material hergestellt ist oder aus einer Materialmischung je nach Anwendungsfall hergestellt ist.

30

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies durch ein Nassvliesverfahren hergestellt wird. Es wird in diesem Zusammenhang auf "Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung", Herausgeber W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann, Verlag John Wiley & Sons, 2009, Weinheim verwiesen. Über ein Nassvliesverfahren lässt

- 7 -

sich gezielt ein X/Y-Vlies herstellen, welches einen geringen Z-Faseranteil aufweist. Über bestimmte Parameter im Nassvliesverfahren lässt sich eine Zusammensetzung des hergestellten keramisierten Werkstoffes insbesondere bezüglich Carbidgehalt und/oder Kohlenstoffgehalt einstellen.

5

Es ist dann günstig, wenn ein Kohlenstoffanteil und/oder Carbid-Anteil in dem Bauteil in einem Bereich ausgehend von der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies über einen oder mehrere Parameter der Durchführung des Nassvliesverfahrens eingestellt wird.

10

Der oder die Parameter umfassen beispielsweise einen Faserauflösungsgrad bei der Nassvliesherstellung, die Dispergierfähigkeit von Fasern, eine Strömungsgeschwindigkeit eines Faser-Wasser-Gemisches, eine Siebbandgeschwindigkeit, eine flächenbezogene Masse eines Vliesstoffes, die Steifigkeit von Fasern für die Vliesherstellung oder eine Faserlänge von Fasern bei der Vliesherstellung. Beispielsweise lässt sich der Anteil an Kohlenstoff und Carbid in einem auf Grundlage des entsprechenden Grünkörpers hergestellten carbidkeramischen Werkstoffs über den Faserauflösungsgrad steuern. Eine starke Auflösung einer Faserbündelstruktur zu Einzelfilamenten führt zu einem hohen Carbidanteil in dem keramischen Werkstoff. Eine geringe Auflösung der Faserbündelstruktur führt zu einem hohen Anteil an Kohlenstoff im Werkstoff, wobei dieser Kohlenstoffanteil sich zusammensetzt aus Kohlenstoff in Carbonfasern und aus Kohlenstoff in einer amorphen Kohlenstoffmatrix. Um beispielsweise die Faserbündelauflösung gering zu halten, kann es vorgesehen sein, dass im Nassvliesprozess längere Fasern insbesondere im Bereich zwischen 15 mm und 40 mm verwendet werden.

15

20

25

30

Bei einer Ausführungsform beträgt ein Faservolumengehalt in dem Grünkörper für die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies mindestens 20 Volumen% und insbesondere mindestens 30 Volumen% und insbesondere mindestens 40 Volumen%, insbesondere wenn Carbonfasern (Kohlenstofffasern) verwendet werden.

- 8 -

Es kann dabei vorgesehen sein, dass der Träger faserverstärkt ist.

Insbesondere wird der Grünkörper mittels eines Kohlenstoffprecursors und beispielsweise eines Phenolharzes oder Epoxyharzes hergestellt.

5

Bei einer Ausführungsform wird der Grünkörper in einem Warmpressverfahren, Autoklavverfahren oder Infiltrationsverfahren hergestellt. Es kann dann dem Grünkörper auch eine definierte Form gegeben werden.

- 10 Erfindungsgemäß wird ein Bauteil bereitgestellt, welches nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist. Dieses Bauteil ist ein Grünkörper beispielsweise in der Form eines CFK-Körpers.

- 15 Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Bauteils bereitzustellen, mit dem sich keramische Bauteile mit vorteilhaften Eigenschaften insbesondere hinsichtlich Faserverstärkung und Carbidumsetzung herstellen lassen.

- 20 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass an einem gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Grünkörper eine Pyrolyse durchgeführt wird, und an einem resultierenden offenporösen Körper (insbesondere Kohlenstoffkörper) eine Keramisierung durchgeführt wird.

- 25 Es lässt sich so ein Keramikwerkstoff herstellen, welcher über ein Vlies faserverstärkt ist, und dabei einen hohen Faservolumengehalt von beispielsweise 20 % bis 35 % aufweist. Die Delaminationsgefahr für ein entsprechend hergestelltes Bauteil ist gering.

- 30 Es lässt sich durch unterschiedliche X/Y-Vlies-Varianten die Carbidbildung bei der Keramisierung beeinflussen. Es können gradierte Werkstoffe hergestellt werden, welche beispielsweise bezüglich der Carbidbildung gradiert sind.

- 9 -

Beispielsweise lässt sich durch einen gradierten Keramikaufbau der Bildung von Rissen bei Reibschichten entgegenwirken. Dadurch wird das Eindringen von Flüssigkeit gering gehalten bzw. verhindert. Dadurch wird wiederum einer Beschädigung bzw. einem Abplatzen einer Reibschicht von einem Tragkörper
5 entgegengewirkt. Die Gradierung ermöglicht eine Anpassung der Wärmeausdehnung eines entsprechenden Keramikwerkstoffs, um auch so einer Rissbildung entgegenzuwirken bzw. vorzubeugen.

Günstigerweise wird die Keramisierung durch Infiltrierung des offenporösen
10 Kohlenstoffkörpers mit flüssigem Carbidbildner durchgeführt, wobei der Carbidbildner insbesondere Silicium ist. Das flüssige Silicium reagiert mit Kohlenstoff im offenporösen Kohlenstoffkörper und bildet Carbid. Die Offenporosität des Kohlenstoffkörpers ermöglicht die Infiltrierung mit Carbidbildner.

15 Es ist günstig, wenn ein Faservolumengehalt in dem keramischen Bauteil in einem Bereich, der mittels der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies hergestellt wurde, bei mindestens 20 Volumen-% liegt, insbesondere bei der Verwendung von Carbonfasern.

20 Bei einer Ausführungsform wird mittels der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies mindestens eine Reibschicht auf einem Tragkörper hergestellt. Es lässt sich so beispielsweise eine Bremsscheibe herstellen. Die Reibschicht, welche mittels der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies hergestellt wurde, kann mit entsprechenden vorteilhaften Eigenschaften versehen werden, wie bei-
25 spielsweise einer hohen Härte über einen hohen Carbid-Anteil. Die Reibschicht lässt sich mit geringer Rissbildung herstellen, sodass eine Delaminationsgefahr bzw. Abplatzgefahr verringert ist.

Günstig ist es dann, wenn die mindestens eine Reibschicht einen Carbid-Anteil
30 von mindestens 60 Volumen-% und insbesondere mindestens 70 Volumen-% aufweist.

- 10 -

Für den Tragkörper ist es günstig, wenn er einen Carbid-Anteil im Bereich zwischen 15 Volumen-% und 65 Volumen-% aufweist. Es lässt sich so eine effektive Anordnung einer Reibschicht an dem Tragkörper erreichen.

- 5 Erfindungsgemäß wird ein Bauteil bereitgestellt, welches gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird.

Insbesondere ist ein Tragkörper vorhanden und es ist mindestens eine Reibschicht vorhanden, welche an dem Tragkörper positioniert ist, wobei die min-
10 destens eine Reibschicht mittels mindestens einer Lage an X/Y-Vlies hergestellt ist, wobei insbesondere das X/Y-Vlies durch ein Nassvliesverfahren hergestellt wurde.

Vorteilhafterweise liegt ein Carbidanteil an der mindestens einen Reibschicht
15 bei mindestens 60 Volumen-% und bei insbesondere mindestens 70 Volumen-%, und insbesondere liegt ein Carbid-Anteil im Tragkörper im Bereich zwischen 15 Volumen-% und 65 Volumen-%.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist es vorgesehen, dass das ent-
20 sprechende (keramische) Bauteil einen gradierten Aufbau aufweist. Insbesondere kann durch Verwendung mindestens einer ersten Lage und einer zweiten Lage eines X/Y-Vlieses ein gradierter Aufbau bezüglich einer Reibschicht erzeugt werden. Dadurch lässt sich eine Reibschicht mit geringer Rissbildung herstellen. Dadurch wiederum ist die Delaminationsgefahr bzw. Abplatzgefahr
25 verringert.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

30

Figur 1 eine Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel eines Bauteils in Form einer Bremsscheibe;

- 11 -

Figur 2 eine Schnittansicht des Bauteils gemäß Figur 1 längs der Linie 2-2;

Figur 3 eine vergrößerte Darstellung des Bereichs A gemäß Figur 2;

Figur 4 eine Mikrostrukturaufnahme an einem Bauteil, welches gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde, wobei eine Faserbündelstruktur im Wesentlichen bei einer Nassvliesherstellung erhalten blieb;

Figur 5 eine Mikrostrukturaufnahme an einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Bauteils, welches mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde, wobei Faserbündel bei einer Nassvliesherstellung aufgelöst wurden; und

Figur 6 eine Mikrostrukturaufnahme eines Ausführungsbeispiels eines X/Y-Vlieses in einer X-Z-Ebene (die Y-Richtung ist senkrecht zur Bildebene), wobei die Aufnahme mittels Bildbearbeitung so bearbeitet wurde, dass Einzelfasern erkennbar sind.

Ein Ausführungsbeispiel eines Bauteils ist eine keramische Bremsscheibe 10 (Figuren 1 bis 3).

Die Bremsscheibe 10 ist beispielsweise ringförmig ausgebildet und insbesondere kreisringförmig ausgebildet mit einer zentralen durchgehenden Öffnung 12. Die Bremsscheibe 10 umfasst einen Tragkörper 14 (Figuren 2, 3), welcher aus einem carbidkeramischen Material hergestellt ist und insbesondere faserverstärkt ist. An dem Tragkörper 14 sind eine erste Reibschicht 16 und eine zweite Reibschicht 18 an gegenüberliegenden Seiten angeordnet. Die erste Reibschicht 16 und die zweite Reibschicht 18 sind carbidkeramische Reibschichten mit einem hohen Carbid-Anteil. Sie sind einstückig an bzw. mit dem Tragkörper 14 hergestellt.

- 12 -

Insbesondere ist es vorgesehen, dass ein Carbidanteil in der ersten Reibschicht 16 bzw. der zweiten Reibschicht 18 an einer Reibseite bei mindestens 60 Volumen-% und insbesondere bei mindestens 70 Volumen-% liegt.

- 5 Bei einem konkreten Ausführungsbeispiel liegt der Carbidanteil in der ersten Reibschicht 16 und der zweiten Reibschicht 18 bei ca. 70 Volumen-%.

- Der Carbidanteil in dem Tragkörper 14 ist geringer. Er liegt insbesondere im Bereich zwischen 15 Volumen-% und 65 Volumen-%. Bei einer konkreten
10 Ausführungsform liegt der Carbidanteil in dem Tragkörper 14 im Bereich zwischen ca. 10 Volumen-% und 25 Volumen-%.

- Insbesondere sind der Tragkörper 14 und die Reibschichten 16, 18 aus C/C-SiC hergestellt.

15

Das entsprechende Carbidmaterial ist ein Siliciumcarbid-Material, wobei eine freie Kohlenstoffphase enthalten ist und Kohlenstofffasern enthalten sind.

- Die Bremsscheibe 10 wird wie folgt hergestellt:

20

Ausgangspunkt für den Tragkörper 14 ist ein Träger. Der Träger ist insbesondere faserverstärkt.

- An dem Träger 14 werden eine oder mehrere Lagen eines X/Y-Vlieses abgelegt.

25

- Das X/Y-Vlies weist eine zweidimensionale Ausdehnung auf; Fasern im X/Y-Vlies sind im Wesentlichen in der X/Y-Ebene ausgerichtet. Fasern mit einer Ausrichtung in der Z-Richtung (welche senkrecht zur X-Richtung und
30 Y-Richtung ist) sind höchstens in geringem Umfang vorhanden. Insbesondere beträgt ein Volumenanteil von Fasern, welche in Z-Richtung ausgerichtet sind, höchstens 7 % und insbesondere höchstens 1 %.

- 13 -

Bevorzugt weisen die Fasern eine Länge in der X/Y-Ebene des X/Y-Vlieses von mindestens 1 mm und insbesondere von mindestens 5 mm auf. Diese Länge bezieht sich dabei auf mindestens 90 % der vorhandenen Fasern.

- 5 Ferner liegt die Faserlänge in der X/Y-Ebene bei höchstens 100 mm und insbesondere bei höchstens 40 mm, wobei dies insbesondere auf mindestens 90 % der Fasern des X/Y-Vlieses bezogen ist.

- 10 Bevorzugterweise liegt die Faserlänge (bei mindestens 90 % der vorhandenen Fasern) in der X/Y-Ebene zwischen einschließlich 5 mm und einschließlich 40 mm.

Die Fasern können beispielsweise Aluminiumoxid-Fasern, Carbonfasern, Aramidfasern, Glasfasern oder Siliciumcarbidfasern sein.

15

Das X/Y-Vlies ist durch ein Nassvliesverfahren hergestellt.

- Bei der Herstellung von Nassvliesen sind üblicherweise drei Schritte vorgesehen, nämlich (1) die Stoffaufbereitung, (2) die Vliesbildung und (3) die
20 Trocknung-Verfestigung. Üblicherweise erfolgt dann eine Aufwicklung.

- Es wird zunächst eine homogene Faser-Wasser-Suspension erzeugt. Das Ausgangsmaterial dafür sind Kurzfasern (insbesondere mit einer Schnittlänge kleiner 25 mm). Das Fasermaterial wird in Wasser dispergiert, wobei unter
25 Umständen dazu Hilfsmittel wie Carboxymethylcellulose eingesetzt werden. Insbesondere wird zur Dispergierung ein Pulper eingesetzt.

- Nach entsprechender Mischzeit wird die Dispersion in einen Vorratsbehälter geleitet und dort mit Prozesswasser die eigentliche Faser-Wasser-Konsistenz
30 eingestellt.

In einem weiteren Schritt erfolgt die eigentliche Vliesbildung. Dazu wird das Gemisch aus dem Vorratsbehälter in einen Rundverteiler geleitet. Dieser führt

- 14 -

dann die Suspension einer Nassvliesanlage zu. Ein Schlauchsystem einer Verteileranlage sorgt für ein homogenes Gemischangebot über eine gesamte Anlagennennbreite. In einem Stoffauflauf ist ein Sieb und insbesondere Schrägsieb zur Aufnahme von Fasern und es sind Entwässerungskästen zum Abscheiden von Prozesswasser vorgesehen. Die Fasern werden über Unterdruckbeaufschlagung auf dem Schrägsieb angesaugt. Dadurch ergibt sich eine gleichmäßige Vliesbildung.

5

10

An unterbelegten Stellen des Schrägsiebs wirkt ein höherer Sog. Dadurch legt sich weiteres Fasermaterial an diesen Stellen ab.

Über Rohrsaugen erfolgt eine Entwässerung bis zu einem Restfeuchtegehalt von ca. 15 % bis 50 %.

15

Es können anschließend Ausrüstungschemikalien aufgebracht werden.

20

Abschließend durchläuft das noch feuchte Vlies einen Trocknungsschritt, welcher in Form einer Kontakttrocknung bzw. Durchströmtrocknung ausgeführt sein kann. Falls thermoplastische Fasern oder Bindemittel mit in das Vlies eingebracht sind, lässt sich durch Wärmebehandlung eine Vliesverfestigung erreichen. Anschließend erfolgt eine Aufwicklung bzw. eine direkte Weiterverarbeitung.

25

Durch ein Nassvliesverfahren lässt sich ein X/Y-Vlies mit minimiertem Z-Anteil von Fasern herstellen.

30

Es wird in diesem Zusammenhang auf die Veröffentlichung "Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung", Herausgeber W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann, Verlag John Wiley & Sons, 2009, Weinheim verwiesen.

Unterschiedliche Arten von Nassvliesen lassen sich durch Parametervariationen herstellen. Beispielsweise ist ein einstellbarer Parameter die Faserauflösung.

- 15 -

Die Faserauflösung gibt an, wie stark die Fasern beim Dispergieren vereinzelt werden. Beispielsweise führt langes Mischen bei hoher Drehzahl zu stark vereinzelter Fasern in der Dispersion. Entsprechend führt kurzes Mischen bei geringer Drehzahl zu niedrigerer Faserauflösung.

5

Weiterhin lässt sich die Faserorientierung insbesondere durch die Strömungsgeschwindigkeit des Faser-Wasser-Gemisches in einem Stoffauflauf und die Geschwindigkeit des Schräg-Siebs einstellen.

- 10 Ferner ist ein Parameter, welcher die Ausbildung des entsprechenden Vlieses beeinflusst, die flächenbezogene Masse, welche das Fasergewicht ist, welches einer bestimmten Fläche eines fertigen Textils zugeordnet wird.

- 15 Auch die Gleichmäßigkeit der Faserverteilung über die gesamte textile Fläche ist ein relevanter Parameter.

Weiterhin sind relevante Parameter die Steifigkeit und die Länge von Fasern.

- 20 Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, wie oben erwähnt, dass mindestens eine Lage an X/Y-Vlies mit geringem Z-Faseranteil bereitgestellt wird.

- 25 Die Kombination aus Träger und daran abgelegter mindestens einen Lage an X/Y-Vlies (hergestellt durch ein Nassvliesverfahren) wird dann mit einem Kohlenstoff-Precursor wie einem Phenolharz (oder Epoxyharz) infiltriert und es wird insbesondere in einem Warmpressverfahren ein Grünkörper hergestellt.

Die entsprechenden Druck- und Temperaturparameter richten sich insbesondere nach dem Kohlenstoff-Precursor.

- 30 Der so hergestellte Grünkörper wird dann einer Pyrolyse unterzogen. Die Pyrolyse erfolgt unter Sauerstoffausschluss bei relativ hohen Temperatur für eine bestimmte Zeit, wobei bei der Pyrolyse unter Sauerstoffausschluss flüchtige Bestandteile des Kohlenstoff-Precursors entfernt werden.

Insbesondere erfolgt die Pyrolyse unter Temperaturen von mindestens 900°C.

Das Ergebnis der Pyrolyse ist ein offenporöser Kohlenstoffkörper, wobei dann
5 die Ausgangskörper für den Tragkörper 14 und die Reibschichten 16, 18 einstückig miteinander verbunden sind.

An dem offenporösen Kohlenstoffkörper wird dann eine Carbidbildnerinfiltrierung durchgeführt. Bei dem LSI-Verfahren (Liquid Silicium Infiltration)
10 wird flüssiges Silicium dem offenporösen Kohlenstoffkörper zugeführt. Der Silicium als Carbidbildner reagiert mit Kohlenstoff zu Carbid. Es kann dabei grundsätzlich eine freie Carbidbildner-Phase (im Falle von Silicium als Carbidbildner eine freie Silicium-Phase) verbleiben und es kann eine freie Kohlenstoff-Phase verbleiben, je nach Verfahrensdurchführung.

15 Insbesondere wird das Verfahren so durchgeführt, dass eine freie Carbidbildner-Phase minimiert ist.

Es wird insbesondere dann eine Grünkörper hergestellt, ausgehend von der
20 mindestens einen Lage an X/Y-Vlies, bei dem im Bereich der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies der Faservolumengehalt bei starker Faserauflösung im Nassvliesverfahren mindestens 30 % und dann im fertigen Bauteil bei mindestens 20 % liegt. Beispielsweise beträgt der maximale Faservolumengehalt bei einem konkreten Ausführungsbeispiel 34,4 % im Grünkörper und 24,6 %
25 im fertigen Bauteil (in der Keramik) bei starker Faserauflösung, bei Verwendung von Carbonfasern.

Bei geringer Faserauflösung im Nassvliesverfahren, bei welcher die Faserbündelstruktur im Wesentlichen erhalten bleibt, beträgt der Faservolumengehalt im Grünkörper vorzugsweise mindestens 40 % und in der Keramik (im
30 Bauteil) bevorzugterweise mindestens 30 %.

- 17 -

Bei einer konkreten Ausführungsform liegt der Faservolumengehalt bei erhaltener Faserbündelstruktur im Bereich der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies im Grünkörper bei 45,2 % und in der Keramik bei 37 %, bei Verwendung von Carbonfasern.

5

Grundsätzlich lässt sich über Einstellung der Faserauflösung bei der Herstellung des X/Y-Vlieses bei der Nassvliesherstellung die Verstärkungsstruktur im fertigen Bauteil und auch die Keramikumsetzung bei der Herstellung des Bauteils beeinflussen.

10

Über das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich auch andere Bauteile als Bremsscheiben herstellen.

15

Grundsätzlich lässt sich die Bremsscheibe 10 mit einer relativ geringen Anzahl von Einzelschritten herstellen; es muss keine Reibschicht 16 bzw. 18 gefügt werden, da eine einstückige Herstellung bereits bei der Grünkörperherstellung erfolgt.

20

Es ist auch möglich, dass über die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies, wobei dieses über ein Nassvliesverfahren hergestellt ist, ein gradiertem Aufbau der einzelnen Vlieslagen erreicht werden kann. Durch einen gradierten Aufbau in einem Keramikkörper lässt sich beispielsweise die Bildung von Rissen insbesondere bei Reibschichten reduzieren. Dadurch wird das Eindringen von Flüssigkeiten gering gehalten bzw. verhindert. Es wird einer Beschädigung bzw. einem Abplatzen einer Reibschicht von ihrem Tragkörper entgegengewirkt.

25

30

Die Gradierung ermöglicht zudem eine Anpassung der Wärmeausdehnung; dadurch wird eine typische Rissbildung während eines Herstellungsprozesses weitgehend vermieden.

Durch die Reduzierung von Rissen lässt sich das Eindringen von Flüssigkeiten in den Reibschichten 16, 18 bei der Bremsscheibe 10 minimieren. Dadurch

- 18 -

wird einer Beschädigung bzw. einem Abplatzen in einer Anwendungssituation der Reibschicht 16, 18 entgegengewirkt.

5 Durch unterschiedliche X/Y-Vliesvarianten lässt sich die Carbidbildung beeinflussen. Dies wiederum ermöglicht es, durch den Einsatz unterschiedlicher X/Y-Vliesvarianten einen angepassten gezielten gradierten Aufbau zu erreichen.

10 Durch den sehr geringen Anteil an in Z-Richtung gerichteten Fasern bei dem X/Y-Vlies lässt sich ein gradiertem Lagenaufbau ohne Delaminationen erzielen. Es lassen sich dadurch auch Fasern für das X/Y-Vlies mit größeren Faserlängen (insbesondere im Bereich zwischen 5 mm und 40 mm) verwenden.

15 Es lässt sich ferner dadurch insbesondere über eine gradierte Ausbildung eine gute Anpassung an die Wärmeausdehnung des Tragkörpers 14 erreichen.

Weiterhin lässt sich der Herstellungsprozess materialsparend durchführen, da Verschnittreste bei der Herstellung des X/Y-Vlieses wieder verwendet werden können.

20 Grundsätzlich ist es auch möglich, dass unterschiedliche Materialien bei der Herstellung des X/Y-Vlieses verwendet werden. Dadurch wiederum kann Einfluss auf die thermischen und tribologischen Eigenschaften der so hergestellten Reibschicht 16 bzw. 18 genommen werden.

25 Beispielsweise kann auch ein Bauteil hergestellt werden, welches insbesondere einen sehr hohen Volumenanteil an Carbid umfasst, welches beispielsweise bei einer ballistischen Schutzanwendung eingesetzt werden kann.

30 In Figur 4 ist eine Mikrostrukturaufnahme bei einem entsprechenden Bauteil im Bereich einer Lage mit X/Y-Vlies gezeigt. Das verwendete X/Y-Vlies hatte dabei eine geringe Faserauflösung bei der Nassvliesherstellung; dies bedeutet, dass die Faserbündel im X/Y-Vlies im Wesentlichen erhalten blieben.

Die dunklen Bereiche in Figur 4, welche in Figur 4 mit dem Bezugszeichen 20 angedeutet sind, bestehen aus Kohlenstofffasern und amorphem Kohlenstoff. (Bei dem Bauteil ist das X/Y-Vlies aus Kohlenstofffasern hergestellt.)

5

Die grauen Bereiche, angedeutet mit dem Bezugszeichen 22, bestehen aus Siliciumcarbid.

10 Die weißen Bereiche (angedeutet mit dem Bezugszeichen 24) bestehen aus freiem Silicium (das heißt der freien Siliciumphase).

In Figur 5 ist eine Mikrostrukturaufnahme aus einem anderen Bauteil gezeigt, wobei bei dem verwendeten X/Y-Vlies aus Carbonfasern eine hohe Faser-
auflösung bei der Nassvliesherstellung vorlag. Man erkennt in Figur 5 den im
15 Vergleich zu Figur 4 verringerten Kohlenstoffanteil und den erhöhten Anteil an Siliciumcarbid 22.

Man sieht aus dem Vergleich mit den Figuren 4 und 5, dass die Faserauflösung bei der Nassvliesherstellung im X/Y-Vlies die Mikrostruktur des keramischen
20 Bauteils wesentlich beeinflusst.

Figur 6 zeigt eine Mikrostrukturaufnahme an einem X/Y-Vlies in der X-Z-Ebene. Die Y-Richtung ist senkrecht zur Zeichenebene.

25 Die entsprechende Aufnahme wurde einer Bildbearbeitung unterzogen, damit Einzelfasern besser vor dem Hintergrund (in der Zeichnung in Weiß) erkennbar sind.

30 Die schwarzen Bereiche in Figur 6 sind Einzelfasern, die in der X-Y-Ebene aufgrund Verwendung eines X/Y-Vlieses bei der Herstellung des Grünkörpers orientiert sind.

- 20 -

Man erkennt, dass eine Z-Orientierung von Einzelfasern praktisch nicht vorhanden ist.

5 Insbesondere lassen sich über die Einstellung des Parameters Faserauflösung und alternativ oder in Kombination mit den anderen erwähnten Parametern Bauteile (Werkstoffe) mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten und/oder Carbidgehalten herstellen.

10 Dadurch wiederum ist eine Gradierung eines Bauteils insbesondere bezüglich des Gehalts an Carbid und/oder Kohlenstoff möglich.

15 Es lässt sich so eine optimierte Anpassung an friktionsbelastete Anwendungen (wie eine Bremsscheibe) ermöglichen, oder es lassen sich auch Anwendungen beispielsweise bezüglich ballistischem Schutz mit hohem Keramikgehalt realisieren.

20 Beispielsweise können entsprechende Bauteile auch verwendet werden für radartransparente Strukturen, für Thermoschutzsysteme oder auch für Anwendungen im Bereich von Energiespeichersystemen wie beispielsweise für Einhausungen für Latentwärmespeicher.

Grundsätzlich lässt sich auch ein hergestellter Grünkörper insbesondere in Form eines CFK-Körpers auf vorteilhafte Weise für bestimmte Anwendungen einsetzen.

Bezugszeichenliste

10	Bremsscheibe
12	Öffnung
14	Tragkörper
16	Erste Reibschicht
18	Zweite Reibschicht
20	Kohlenstofffasern/amorpher Kohlenstoff
22	Siliciumcarbid
24	Silicium
26	Einzelfasern

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Grünkörpers, insbesondere als Vorkörper für ein keramisches Bauteil, bei dem unter Verwendung mindestens einer Lage eines X/Y-Vlieses ein Grünkörper hergestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies an einem Träger positioniert wird und der Grünkörper aus einer Kombination der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies und dem Träger hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das X/Y-Vlies einen Faseranteil in Z-Richtung von höchstens 7 Volumen-% und insbesondere von höchstens 3 Volumen-% und insbesondere von höchstens 1 Volumen-% aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Fasern im X/Y-Vlies eine Faserlänge in einer X/Y-Ebene von mindestens 1 mm und insbesondere von mindestens 5 mm aufweisen.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Fasern im X/Y-Vlies eine Faserlänge in einer X/Y-Ebene von höchstens 100 mm und insbesondere von höchstens 40 mm aufweisen.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Fasern des X/Y-Vlies aus mindestens einem der folgenden Materialien sind: Aluminiumoxid, Carbon, Siliciumcarbid, Aramid, Glas.

- 23 -

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies durch ein Nassvliesverfahren hergestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kohlenstoffanteil und/oder Carbid-Anteil in einem Bauteil, welches aus dem Grünkörper durch Keramisierung hergestellt wird, in einem Bereich ausgehend von der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies über einen oder mehrere Parameter der Durchführung des Nassvliesverfahrens eingestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Parameter umfassen: ein Faserauflösungsgrad bei der Nassvliesherstellung, Dispergierfähigkeit von Fasern, Strömungsgeschwindigkeit eines Faser-Wasser-Gemisches, Siebbandgeschwindigkeit, flächenbezogene Masse eines Vliesstoffes, Steifigkeit von Fasern, Faserlänge.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Faservolumengehalt in dem Grünkörper für die mindestens eine Lage an X/Y-Vlies bei mindestens 20 Volumen% und insbesondere mindestens 30 Volumen% und insbesondere bei mindestens 40 Volumen-% liegt, insbesondere bei der Verwendung von Carbon-Fasern.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger faserverstärkt ist.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grünkörper mittels eines Kohlenstoffprecursors und insbesondere eines Phenolharzes oder Epoxyharzes hergestellt wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grünkörper in einem Warmpressverfahren, Autoklavverfahren oder Infiltrationsverfahren hergestellt wird.

14. Bauteil, welches nach dem Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche hergestellt wird.
15. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Bauteils, bei dem ein Grünkörper mit dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 hergestellt wird, an dem Grünkörper eine Pyrolyse durchgeführt wird, und an einem resultierenden offenporösen Körper eine Keramisierung durchgeführt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramisierung durch Infiltrierung des offenporösen Körpers und insbesondere offenporösen Kohlenstoffkörpers mit flüssigem Carbidbildner durchgeführt wird, wobei der Carbidbildner insbesondere Silicium ist.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein Faservolumengehalt in dem keramischen Bauteil in einem Bereich, der mittels der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies hergestellt wurde, bei mindestens 20 Volumen-% liegt, insbesondere bei der Verwendung von Carbonfasern.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der mindestens einen Lage an X/Y-Vlies mindestens eine Reibschicht auf einem Tragkörper hergestellt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Reibschicht einen Carbid-Anteil von mindestens 60 Volumen-% und insbesondere mindestens 70 Volumen-% aufweist.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper einen Carbid-Anteil im Bereich zwischen 15 Volumen-% und 65 Volumen-% aufweist.

- 25 -

21. Bauteil, welches mit dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 20 hergestellt ist.
22. Bauteil nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch einen Tragkörper und mindestens eine Reibschicht, wobei die mindestens eine Reibschicht mittels mindestens einer Lage an X/Y-Vlies hergestellt ist.
23. Bauteil nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Carbidanteil in der mindestens einen Reibschicht mindestens 60 Volumen-% und insbesondere mindestens 70 Volumen-% beträgt, und insbesondere dass ein Carbid-Anteil im Tragkörper im Bereich zwischen 15 Volumen-% und 65 Volumen-% liegt.
24. Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 23, gekennzeichnet durch einen gradierten Aufbau.

* * *

1/5

FIG.1

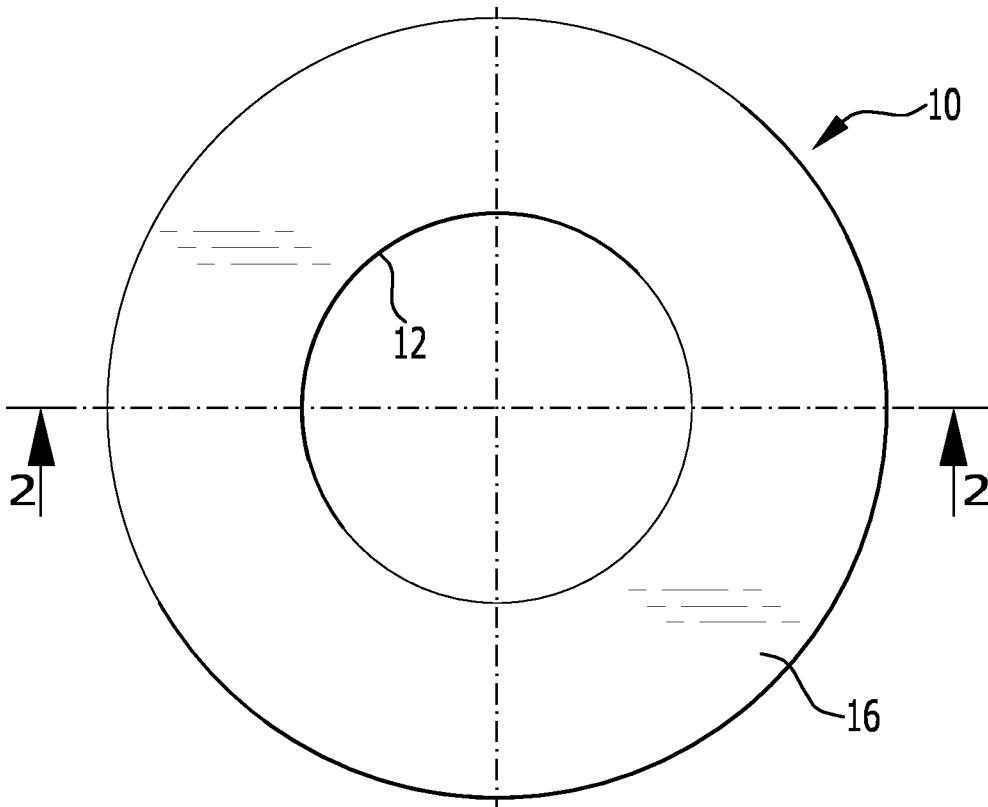


FIG.2

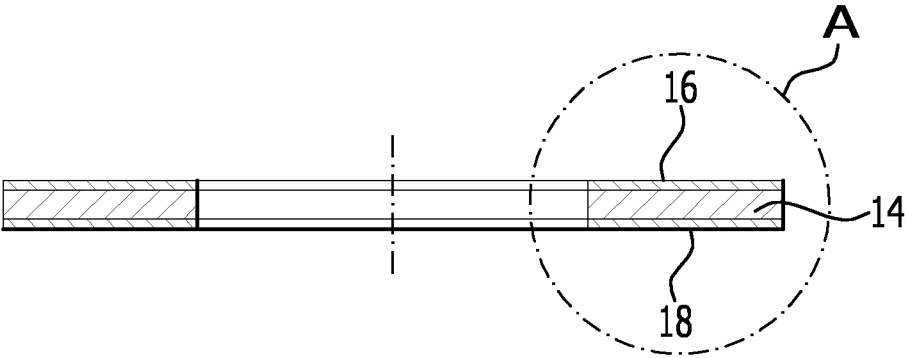


FIG.3

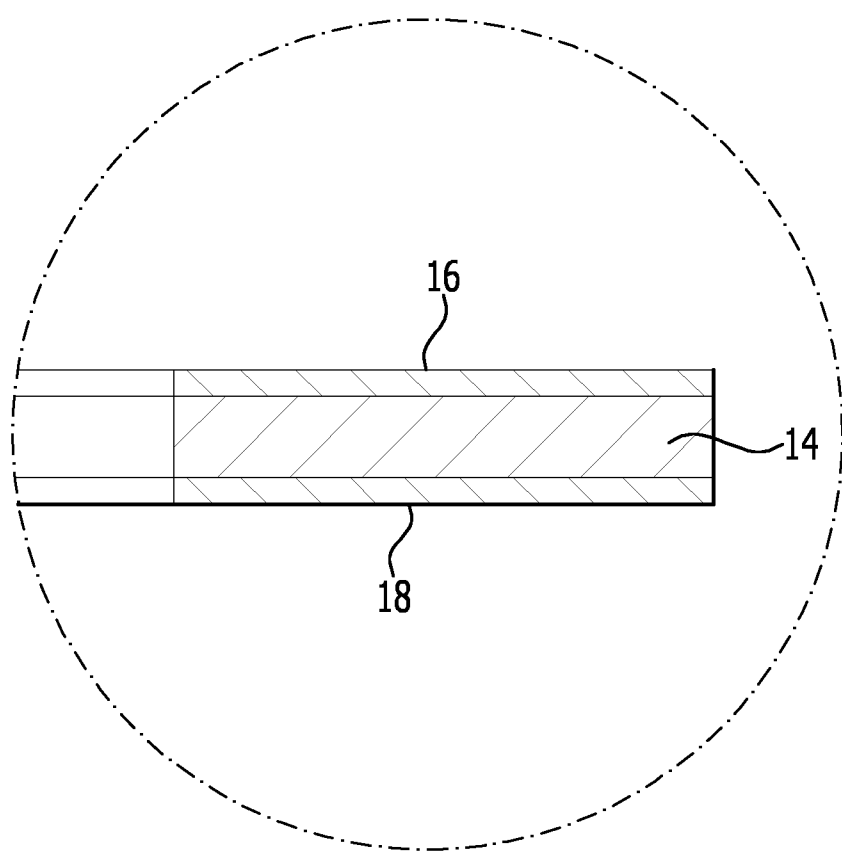


FIG.4

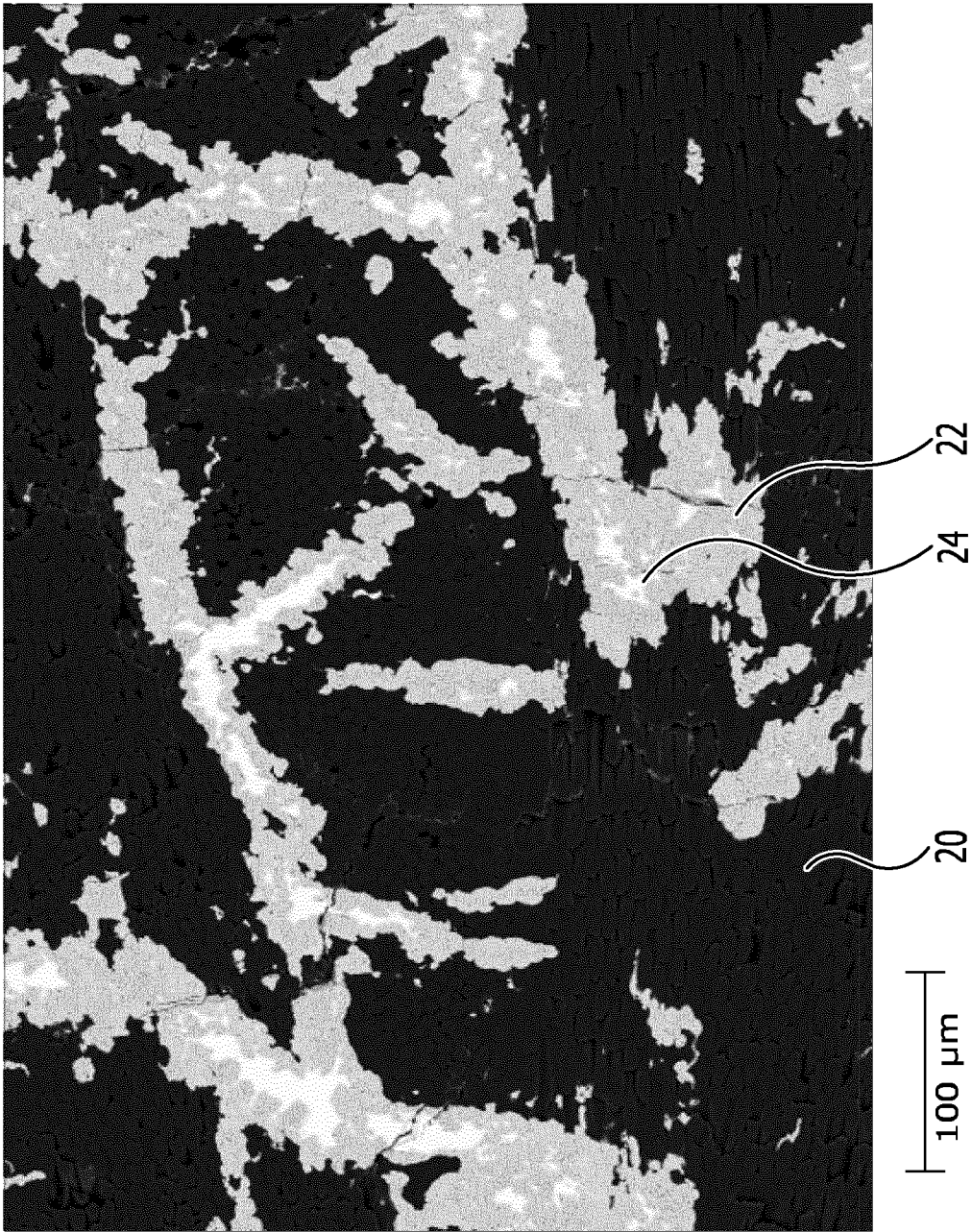


FIG.5

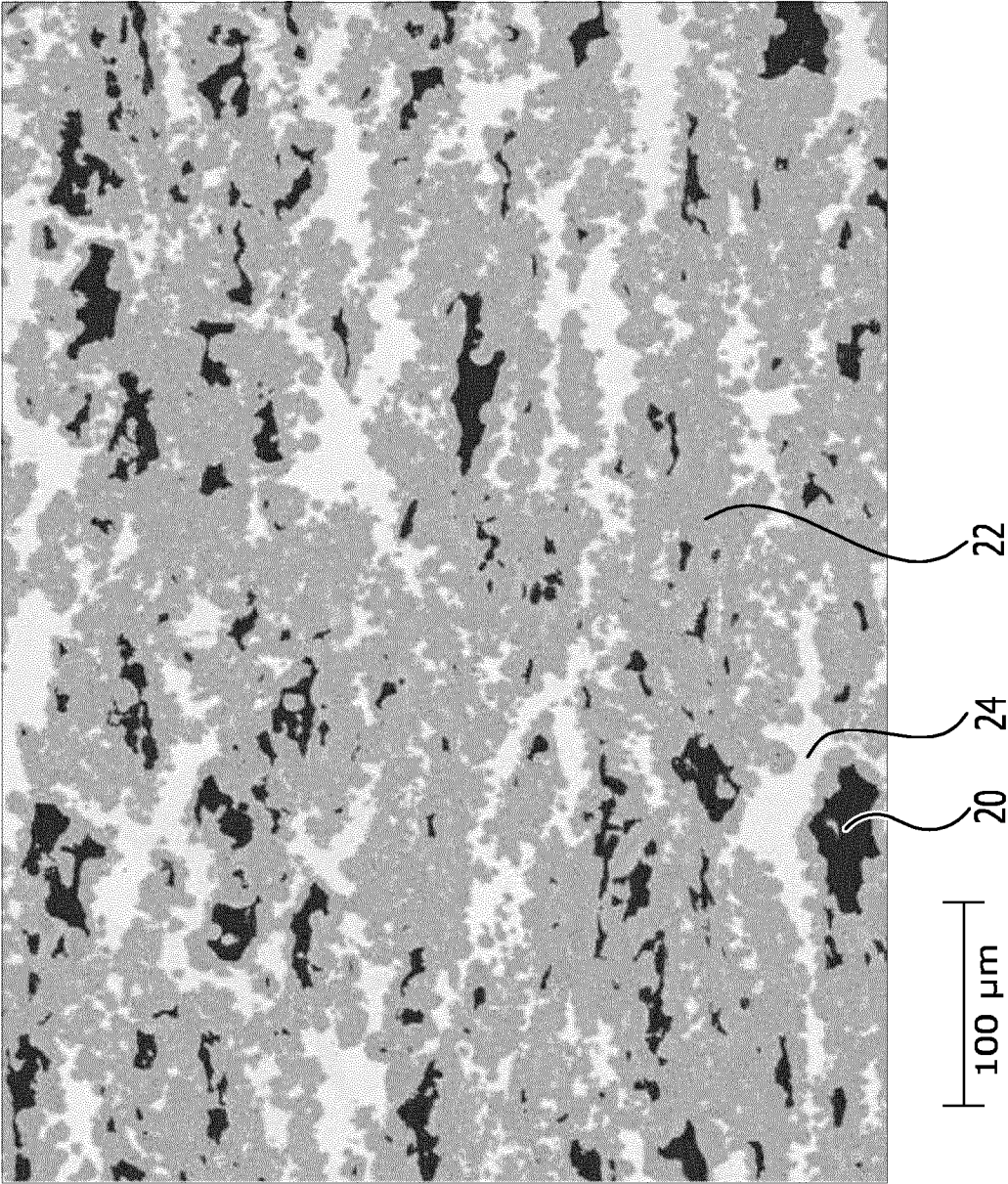
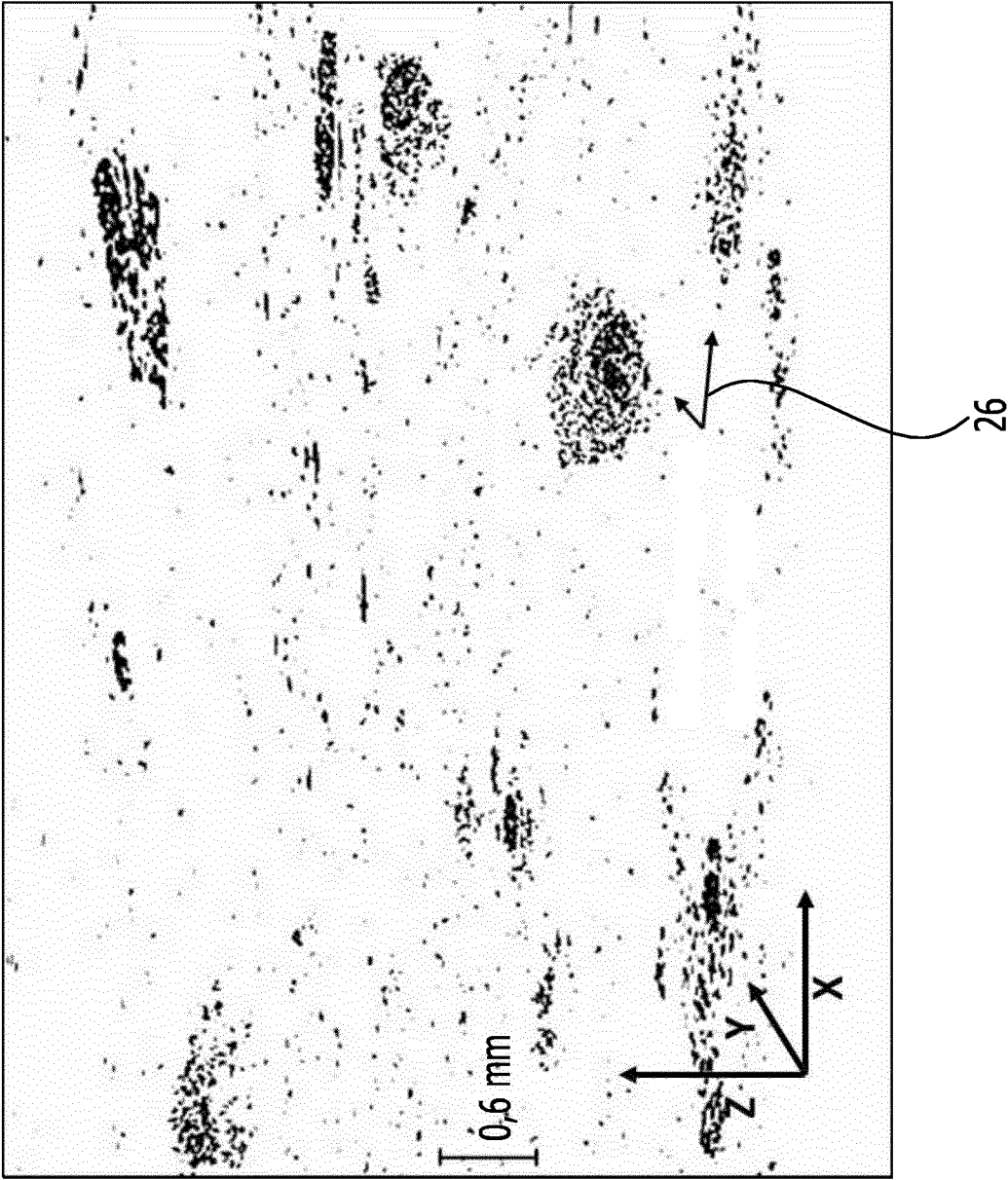


FIG.6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/067331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*C04B 35/80*(2006.01)i; *B32B 18/00*(2006.01)i; *C04B 35/573*(2006.01)i; *C04B 35/626*(2006.01)i; *F16D 65/12*(2006.01)i

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)

B32B; F16D; C04B

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10157583 C1 (SGL CARBON AG [DE]) 19 December 2002 (2002-12-19) paragraphs [0001], [0014], [0017], [0034], [0036], [0041]; claims 1-16; figures 6, 7	1-24
X	DE 60006292 T2 (FRENI BREMBO SPA [IT]) 26 August 2004 (2004-08-26) paragraphs [0001], [0012], [0025] - [0028], [0055], [0067], [0068], [0074] - [0076], [0082], [0091] - [0097]; claims 1-22; figures 1-9	1-3,6-10,12-19,21-24
A	KRENKEL W ET AL. "C/C-SIC COMPOSITES FOR ADVANCED FRICTION SYSTEMS" <i>ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, WILEY VCH VERLAG, WEINHEIM, DE</i> , Vol. 4, No. 7, 01 January 2002 (2002-01-01), pages 427-436 DOI: 10.1002/1527-2648(20020717)4:7<427::AID-ADEM427>3.0.CO;2-C ISSN: 1438-1656, XP009016847 the whole document	1-24
A	US 2010065389 A1 (GILBOY LAWRENCE FRANK [US] ET AL.) 18 March 2010 (2010-03-18) paragraphs [0050], [0064]; claims 1-21	1-24

☐ 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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 September 2019

Date of mailing of the international search report

08 October 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Süzük, Kerem Güney

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/067331

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	10157583	C1	19 December 2002	DE	10157583	C1	19 December 2002
				EP	1314907	A1	28 May 2003
				JP	2003166573	A	13 June 2003
				US	2003106751	A1	12 June 2003
DE	60006292	T2	26 August 2004	AT	253023	T	15 November 2003
				DE	60006292	T2	26 August 2004
				EP	1276704	A1	22 January 2003
				JP	2004516222	A	03 June 2004
				US	2004035659	A1	26 February 2004
				WO	02051771	A1	04 July 2002
US	2010065389	A1	18 March 2010	EP	2324263	A2	25 May 2011
				US	2010065389	A1	18 March 2010
				WO	2010033538	A2	25 March 2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C04B35/80 B32B18/00 C04B35/573 C04B35/626 F16D65/12
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B32B F16D C04B

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 57 583 C1 (SGL CARBON AG [DE]) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) Absätze [0001], [0014], [0017], [0034], [0036], [0041]; Ansprüche 1-16; Abbildungen 6, 7	1-24
X	DE 600 06 292 T2 (FRENI BREMBO SPA [IT]) 26. August 2004 (2004-08-26) Absätze [0001], [0012], [0025] - [0028], [0055], [0067], [0068], [0074] - [0076], [0082], [0091] - [0097]; Ansprüche 1-22; Abbildungen 1-9 ----- -/-	1-3, 6-10, 12-19, 21-24



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

27. September 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/10/2019

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

Süzük, Kerem Güney

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	KRENKEL W ET AL: "C/C-SIC COMPOSITES FOR ADVANCED FRICTION SYSTEMS", ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, WILEY VCH VERLAG, WEINHEIM, DE, Bd. 4, Nr. 7, 1. Januar 2002 (2002-01-01), Seiten 427-436, XP009016847, ISSN: 1438-1656, DOI: 10.1002/1527-2648(20020717)4:7<427::AID-AD EM427>3.0.CO;2-C das ganze Dokument -----	1-24
A	US 2010/065389 A1 (GILBOY LAWRENCE FRANK [US] ET AL) 18. März 2010 (2010-03-18) Absätze [0050], [0064]; Ansprüche 1-21 -----	1-24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067331

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10157583 C1	19-12-2002	DE 10157583 C1	19-12-2002
		EP 1314907 A1	28-05-2003
		JP 2003166573 A	13-06-2003
		US 2003106751 A1	12-06-2003

DE 60006292 T2	26-08-2004	AT 253023 T	15-11-2003
		DE 60006292 T2	26-08-2004
		EP 1276704 A1	22-01-2003
		JP 2004516222 A	03-06-2004
		US 2004035659 A1	26-02-2004
		WO 02051771 A1	04-07-2002

US 2010065389 A1	18-03-2010	EP 2324263 A2	25-05-2011
		US 2010065389 A1	18-03-2010
		WO 2010033538 A2	25-03-2010
