



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.05.2016 Patentblatt 2016/18

(51) Int Cl.:
D01G 9/08 (2006.01) D04H 1/4242 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: **14190488.8**

(22) Anmeldetag: **27.10.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

- **ABDKADER, Anwar**
01189 Dresden (DE)
- **TREICHEL, Stefan**
01189 Dresden (DE)

(71) Anmelder: **BASF SE**
67056 Ludwigshafen am Rhein (DE)

(74) Vertreter: **Reitstötter Kinzebach**
Patentanwälte
Im Zollhof 1
67061 Ludwigshafen (DE)

(72) Erfinder:
• **CHERIF, Chokri, Prof.**
01219 Dresden (DE)
• **HUND, Rolf-Dieter, Dr.**
01237 Dresden (DE)

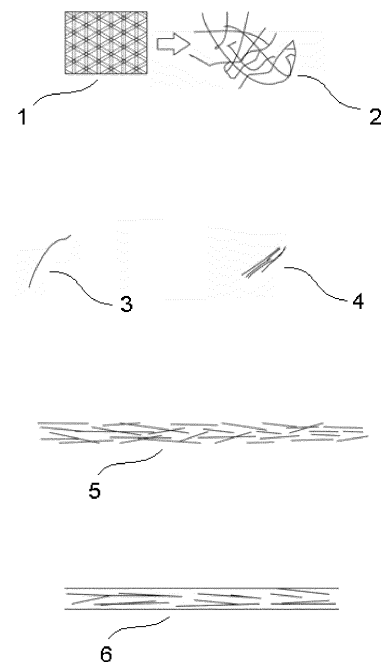
Bemerkungen:

Ein Antrag gemäss Regel 139 EPÜ auf Berichtigung der Beschreibung liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 3.).

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Fasergewirren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen, das folgende Schritte umfasst:
a) Bereitstellen von Fasergewirren wenigstens enthaltend Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel in einem Wirbelbereich;
b) wenigstens teilweises Vereinzeln der Fasergewirre in einer turbulenten Strömung im Wirbelbereich unter Erhalt vereinzelter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
c) gegebenenfalls Windssichten der vereinzelter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel im Wirbelbereich unter Erhalt fraktionierter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
d) Austragen der in Schritt b) erhaltenen vereinzelter und/oder in Schritt c) fraktionierten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel aus dem Wirbelbereich in einen Ausrichtungsbereich, wobei die Carbonfaserhalbzeuge in oder im Anschluss an Schritt d) erhalten werden.

Fig. 1:



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen aus Carbonfasergewirren. Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Carbonfaserband erhältlich nach dem Verfahren und dessen Verwendung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Verfahren zur Herstellung von Carbonstapelfasern sind im Stand der Technik bekannt. Hierbei werden Carbonfasergewirre und/oder -flocken durch einen Kardierungsprozess aufbereitet und als ein Kardenband bereitgestellt. Zweck des Kardierungsprozesses ist die Auflösung der Carbonfasergewirre und/oder -flocken zu Einzelfasern bzw. Faserbündeln sowie deren Orientierung entlang der Faserachse. Im dem so hergestelltem Kardenband liegen die Fasern weitgehend orientiert vor und sind zur Weiterverarbeitung bis zum gewünschten Endprodukt geeignet.

[0003] So beschreibt die DE 10 2009 023 529 beispielsweise ein Verfahren zur Wiederverwertung von Faserverbundabfällen aus ungetränkten Carbonfasern, bei dem die Faserverbundabfälle zerschnitten und mittels Schlagkörper aufgeschlossen werden. Die dabei erhaltenen Fasergewirre werden anschließend zu Faservliesen oder -floreten umstrukturiert. Die Verbundabfälle werden in dem beschriebenen Verfahren unter einer hohen mechanischen Belastung zu Fasergewirren aufbereitet.

[0004] Die WO 2011/134995 wiederum beschreibt ein Hybridgarn zur Herstellung von Formteilen, das aus einem Kern aus geradlinig ausgerichteten Stapelfasern und einem Mantel aus um den Kern gewundenen Stapelfasern besteht. Die Stapelfasern bestehen jeweils aus in einer thermoplastischen Matrix eingebetteten Verstärkungsfasern.

[0005] In der WO 2012/000827 wird ein Verfahren zum Herstellen eines Nähgarns aus Carbonfasermaterialien beschrieben. Bei den Fasern des beschriebenen Nähgarns handelt es sich um Stapelfasern mit endlicher Länge aus streckgerissenen oder geschnittenen Multifilamentgarnen, die zu einem Garn miteinander versponnen und beschichtet oder imprägniert werden.

[0006] Aus der WO 2011/095826 ist ein gesponnenes Garn aus recycelten Kohlenstofffasern bekannt. Die recycelten Kohlefasern können aus verschiedenen Quellen stammen und werden durch Schneiden eines Recycling-Carbonfasermaterials erhalten. Das beschriebene Verfahren umfasst das Abtrennen, Aufschließen, Verschneiden und Verspinnen der Carbonfasern zu einem Garn.

[0007] Die EP 1 854 911 A1 beschreibt einen Hybrid-Kohlefaser-Spinnfaden mit einem Kernbereich und einem äußeren Bereich, der den Kernbereich umschließt. Dabei handelt es sich im Kernbereich zu mindestens 20 Masse-% der Fasern um "lange" Kohlenstofffasern mit einer Länge von 500 mm oder mehr und im äußeren Bereich zu mindestens 80 Masse-% der Fasern um "kurze" Kohlenstofffasern mit einer Faserlänge von weniger als 500 mm.

[0008] Die EP 1 696 057 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbandes, bei dem von einer Matte aus gestapelten, Pech-basierten Kohlenstofffasern mit ausgerichtetem Faserverlauf ausgegangen wird. Das erhaltene Kohlenstofffaserband wird gezogen und verdreht, so dass man einen Kohlenfaser-Spinnfaden mit 50 bis 400 primären Verdrehungen/m und mindestens 3 Gew.-% Fasern mit einer Faserlänge von mindestens 150 mm erhält.

[0009] Carbonfasern, auch bekannt als Kohlenstofffasern, sind industriell hergestellte Fasern aus kohlenstoffhaltigen organischen Ausgangsmaterialien, die durch Pyrolyse in graphitartig angeordneten Kohlenstoff umgewandelt werden. Es können isotrope und anisotrope Typen von Carbonfasern unterschieden werden. Die isotropen Carbonfasern besitzen nur geringe Festigkeiten und geringere technische Bedeutung. Die anisotropen Carbonfasern zeigen aufgrund ihres chemischen Aufbaus hohe Festigkeiten und Steifigkeiten bei gleichzeitig geringer Bruchdehnung in axialer Richtung und haben große technische Bedeutung. Aufgrund dieser Eigenschaften sind Carbonfasern nur in einem äußerst geringen Maße dehnbar und auch anfällig gegen quer zur Faserlängsachse wirkende Kräfte. Im Stand der Technik bekannte Verfahren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen führen daher prozessbedingt meist zu einer signifikanten Verringerung der mittleren Faserlänge und zu Festigkeitsverlusten.

[0010] Bekannte Verfahren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen beschreiben zumeist Herstellungsverfahren von Stapelfasern. Die bekannten Verfahren haben oft den Nachteil, dass sie zu einer Reduktion der mechanischen Eigenschaften der Einzelfasern führen. Insbesondere erfahren die Fasern bei Kardierungs- bzw. Kämmprozessen hohe Beschleunigungsraten und/oder eine starke Beanspruchung durch Scher- und Umlenkungskräfte, was beispielsweise in einer starken Reduktion der mittleren Faserlängen und somit verminderten Festigkeitseigenschaften resultiert.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Aufarbeitung von Carbonfasergewirren bereitzustellen, bei dem die zuvor genannten Nachteile vermieden werden. Insbesondere soll eine faserschonende Aufbereitung von Carbonfasergewirren zur Verfügung gestellt werden, bei der die strukturellen und mechanischen Eigenschaften der aufbereiteten Carbonfasern erhalten oder nur geringfügig geschädigt werden. Des Weiteren sollte die mittlere Faserlänge der Carbonfasern aus den eingesetzten Carbonfasergewirren weitgehend

erhalten bleiben. Des Weiteren soll das Verfahren verfahrenstechnisch einfach und mit geringem bautechnischem Aufwand umzusetzen sein.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0012] Überraschenderweise wurde nun gefunden, dass sich Carbonfasergewirre auf technologisch einfache Weise in einem turbulenten Luftstrom zu Faserbündeln bzw. Einzelfasern vereinzeln lassen. Die auf diese Weise separierten Carbonfasern können mit einem hohen Orientierungsgrad der Einzelfasern bzw. Faserbündel in Faserlängsrichtung zu einem Band abgelegt werden. Ein so hergestelltes Faserband kann zur Fixierung bzw. Verbindung von separierten Einzelfasern untereinander mit einem geeigneten Bindemittel beaufschlagt und so verfestigt werden. Des Weiteren kann ein derart hergestelltes Faserband profiliert oder geformt und für weitere Verarbeitungsschritte bereitgestellt werden.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Aufbereitung von Fasergewirren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen gelöst, das folgende Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen von Fasergewirren wenigstens enthaltend Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel in einem Wirbelbereich;
- b) wenigstens teilweises Vereinzeln der Fasergewirre in einer turbulenten Strömung im Wirbelbereich unter Erhalt vereinzelter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
- c) gegebenenfalls Windsichten der vereinzelter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel im Wirbelbereich unter Erhalt fraktionierter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel; und
- d) Austragen der in Schritt b) erhaltenen vereinzelter und/oder in Schritt c) fraktionierten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel aus dem Wirbelbereich in einen Ausrichtungsbereich.

[0014] Dabei werden die Carbonfaserhalbzeuge in oder im Anschluss an Schritt d) erhalten.

[0015] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Aufbereitung ein Recycling-Vorgang durch stoffliche Verwertung zur Wiederverwendung von Fasergewirren verstanden, bei dem definierte Abfallstoffströme oder Teile von Fasergewirren aufbereitet werden, um daraus wieder vermarktungsfähige Sekundärrohstoffe zu gewinnen. Ausgeschlossen werden soll im Rahmen der vorliegenden Erfindung die energetische Verwertung sowie die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

[0016] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter Fasergewirren flächige oder räumliche Strukturen, wie beispielsweise Gelege, Gewebe, Geflechte, Gewirke, Gestricke, Flocken und beliebige Kombination hiervon, verstanden. Die erfindungsgemäß einzusetzenden Fasergewirre enthalten Carbonfaserbestandteile zu in der Regel wenigstens 1 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 1 bis 100 Gew.-%, bevorzugt wenigstens 5 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 5 bis 100 Gew.-%, besonders bevorzugt wenigstens 10 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 10 bis 100 Gew.-%, insbesondere wenigstens 15 Gew.-% beispielsweise im Bereich von 15 bis 100 Gew.-%.

[0017] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter Carbonfaserhalbzeugen band-, linien- und/oder fadenförmige Strukturen aus Carbonfasern verstanden. Erfindungsgemäß werden die Carbonfaserhalbzeuge in oder im Anschluss an Schritt d) erhalten. Sie können zusätzlich zu der in Schritt d) erfolgten Ausrichtung in einem oder mehreren weiteren Schritt(en) einer Konfektionierung unterzogen werden. Erfindungsgemäß erhaltene Carbonfaserhalbzeuge enthalten Carbonfaserbestandteile in der Regel zu wenigstens 50 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 50 bis 100 Gew.-%, bevorzugt zu wenigstens 60 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 60 bis 100 Gew.-%, besonders bevorzugt zu wenigstens 75 Gew.-%, beispielsweise im Bereich von 75 bis 100 Gew.-%, insbesondere zu wenigstens 90 Gew.-% beispielsweise im Bereich von 90 bis 100 Gew.-%.

[0018] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter Carbonfasern, hier und im Folgenden auch als Kohlenstofffasern bezeichnet, industriell hergestellte Fasern aus kohlenstoffhaltigen organischen Ausgangsmaterialien, die beispielsweise durch Pyrolyse in graphitartig angeordneten Kohlenstoff umgewandelt werden, verstanden. Es kann sich dabei sowohl um isotrope als auch um anisotrope Typen von Carbonfasern handeln. Die isotropen Carbonfasern besitzen vergleichsweise geringe Festigkeiten. Die anisotropen Carbonfasern dagegen weisen aufgrund ihres chemischen Aufbaus hohe Festigkeiten und Steifigkeiten bei gleichzeitig geringer Bruchdehnung in axialer Richtung auf. Bevorzugt werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung wenigstens teilweise anisotrope Carbonfasern verwendet. Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendeten Carbonfasern haben in der Regel einen Durchmesser im Mikrometer-Bereich, beispielsweise im Bereich von 1 bis 100 µm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 50 µm, insbesondere im Bereich von 5 bis 10 µm.

[0019] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Carbonfaserbündel ein aus Carbonfasern zusammengefasstes Bündel verstanden. Ein Carbonfaserbündel kann auch von Carbonfasern verschiedene Fasern umfassen. In der Regel besteht ein solches Carbonfaserbündel aus 10 bis 400.000 Einzelfasern, bevorzugt aus 10 bis 100.000 Einzelfasern, insbesondere aus 100 bis 10.000 Einzelfasern.

[0020] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter fraktionierten Carbonfasern bzw. Carbonfaserbündeln Ein-

zelfasern bzw. Faserbündel verstanden, die aus einem Fasergewirr vereinzelt und nach unterschiedlichen Eigenschaften, wie geometrischen Abmessungen, insbesondere Länge, Durchmesser, Fläche, Form, wie Dichte, wie Strömungswiderstand, wie Zusammensetzung, etc., aufgetrennt und gegebenenfalls von Störstoffen getrennt wurden.

[0021] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Wirbelbereich ein Bereich einer Vorrichtung oder eine Einrichtung verstanden, in der ein Fluid verwirbelt wird. Insbesondere erfolgt das Verwirbeln im Wirbelbereich nicht-invasiv in einer stark turbulenten Strömung.

[0022] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer turbulenten Strömung die Bewegung von Fluiden verstanden, bei der Verwirbelungen auftreten. Die turbulente Strömung ist durch meist dreidimensionale, scheinbar zufällige, instationäre Bewegungen von Fluidteilchen gekennzeichnet. Die Fluktuationsbewegung führt zu verstärkter Diffusion, die um mehrere Zehnerpotenzen über der molekularen Diffusion liegt.

[0023] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Windsichten das Fraktionieren der Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel nach ihren geometrischen Abmessungen verstanden.

[0024] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Ausrichtungsbereich ein Bereich einer Vorrichtung und/oder Einrichtung zur Steigerung der Orientierung der Fasern in ihrer Längserstreckungsrichtung verstanden.

[0025] Bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zusätzlich wenigstens einen der folgenden Schritte:

e) Ausrichten der in Schritt d) ausgetragenen Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel in Strömungsrichtung einer laminaren Strömung im Ausrichtungsbereich, wobei die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel entlang ihrer Längsachse gestreckt vorliegen;

f) Ausströmen der in Schritt d) ausgetragenen und gegebenenfalls in Schritt e) in Strömungsrichtung der laminaren Strömung ausgerichteten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;

g) Ablegen der in Schritt d) ausgetragenen und gegebenenfalls in Schritt e) in Strömungsrichtung der laminaren Strömung ausgerichteten und/oder gegebenenfalls in Schritt f) erhaltenen ausströmenden Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel als ein Carbonfaserband in einem Ablegebereich.

[0026] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer laminaren Strömung eine Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen verstanden, bei der keine sichtbaren Turbulenzen, wie Verwirbelungen oder Querströmungen, auftreten. Flüssigkeiten und Gase werden hier und im Folgenden auch als Fluide bezeichnet. Das Fluid strömt bei laminarer Strömung in Schichten, die sich nicht miteinander vermischen. Bei konstanter Strömungsgeschwindigkeit handelt es sich bei einer laminaren Strömung in der Regel um eine stationäre Strömung.

[0027] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Carbonfaserband ein streifenförmiges Gewebe oder Gelege aus vereinzelt Fasern mit begrenzter Breite und einer Längsachse verstanden.

[0028] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Ablegebereich ein Bereich einer Vorrichtung und/oder Einrichtung zum gleichmäßigen sammeln von vereinzelt Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln verstanden. Die Carbonfasern sind dabei insbesondere gleichmäßig in ihrer Längserstreckungsrichtung orientiert.

[0029] Besonders bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zu den Schritten a) bis d) wenigstens noch Schritt g).

[0030] Gemäß einer besonders geeigneten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zusätzlich zu Schritt g) wenigstens einen der folgenden Schritte:

h) Lagenbilden des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes;

i) Profilieren des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes;

j) Aufbringen mindestens eines Bindemittels wenigstens auf Teilbereiche des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes mit einer Auftragsvorrichtung unter Ausbildung eines wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes;

k) Profilieren des in Schritt j) erhaltenen, wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes;

l) Fixieren des in einem der Schritte j) oder k) erhaltenen, wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes; und/oder

m) Aufbringen einer Schlichte wenigstens auf Teilbereiche des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes mit einer Auftragsvorrichtung.

[0031] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Lagenbilden das Stapeln, insbesondere Übereinanderlegen, Vereinen mehrerer Carbonfaserbänder verstanden.

[0032] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Profilieren ein Formgebungsschritt verstanden. Dazu wird das Carbonfaserband durch eine Vorrichtung mit einem geeigneten Profilwerkzeug geführt, wobei das gewünschte Querschnittsprofil des Carbonfaserbandes ausgestaltet wird. Das Profilieren kann zusätzlich eine Oberflächenbehandlung umfassen.

[0033] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Bindemittel ein Additiv und/oder eine Zusammensetzung zur Fixierung der geometrischen Anordnung von Carbonfaserbändern und deren Bestandteilen, insbesondere von Fadengeometrien verstanden.

[0034] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Fixierung insbesondere das thermische Verfestigen eines auf Carbonfaserbänder und deren Bestandteile aufgetragenen Bindemittels verstanden.

[0035] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbändern der Auftrag von Bindemittel auf ein profiliertes Carbonfaserband verstanden.

[0036] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Schlichte eine Applikation von Schlichtestoffen und/oder Schlichtezusammensetzungen auf profilierte und fixierte Carbonfaserbänder verstanden.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) pneumatisch erzeugt.

[0038] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) mittels im Wirbelbereich angeordneter statischer und/oder dynamischer Wirbelelemente erzeugt.

[0039] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Wirbelelement ganz allgemein eine Einrichtung verstanden, die Verwirbelungen der Fluidströmung, hier und im Folgenden auch als Wirbel bezeichnet, verursacht. Wirbel können sowohl durch statische Wirbelelemente als auch durch dynamische Wirbelelemente erzwungen werden. Unter statischen Wirbelelementen sollen hier und im Folgenden starre bzw. unbewegte Festkörper, die von einem Fluid umströmt werden, verstanden werden. Beispiele für statische Wirbelelemente sind alle Arten von fest installierten Stromstörern. Unter dynamischen Wirbelelementen sollen hier und im Folgenden bewegte Einrichtungen, die ihrerseits ein Fluid in Bewegung versetzen, verstanden werden. Beispiele für dynamische Wirbelelemente sind alle Arten von Rührern.

[0040] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) mit Druckluft in einem Bereich von 0,1 bis 3 MPa absolut, vorzugsweise in einem Bereich von 0,15 bis 2 MPa absolut, besonders bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 1 MPa absolut erzeugt.

[0041] Insbesondere ist die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) durch eine Reynolds-Zahl von größer als 1200 gekennzeichnet.

[0042] Die Reynolds-Zahl, hier und im Folgenden auch als Re-Zahl oder vereinfacht als Re bezeichnet, ist eine dimensionslose Kennzahl, die das Verhältnis von Trägheits- zu Zähigkeitskräften abbildet. Das Turbulenzverhalten geometrisch ähnlicher Körper ist bei entsprechender Reynolds-Zahl gleich.

$$Re = \frac{\rho * u * d}{\eta} = \frac{u * d}{\nu} \quad \text{mit} \quad \eta = \nu * \rho$$

[0043] Die einzelnen Formelzeichen stehen für folgende Größen:

ρ : Dichte des Fluids (kg m^{-3})

u : relative Strömungsgeschwindigkeit des Fluids (m s^{-1})

d : charakteristische Länge des Gegenstandes (m)

η : dynamische Viskosität des Fluids ($\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$)

ν : kinematische Viskosität des Fluids ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

[0044] Die charakteristische Länge, auch als Bezugslänge bezeichnet, kann prinzipiell frei gewählt werden. Beim Vergleich zweier Strömungen muss diese Länge jedoch gleicher Art sein. Bei Rohrströmungen wird hier und im Folgenden der lichte Durchmesser des Rohres als Bezugslänge gewählt. Überschreitet die Reynolds-Zahl einen systemabhängigen kritischen Wert Re_{krit} , wird eine bis dahin laminare Strömung anfällig gegen kleinste Störungen. Entsprechend ist für $Re > Re_{\text{krit}}$ mit einem Umschlag von laminarer in turbulente Strömung zu rechnen.

[0045] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) eine stationäre Strömung, eine diskontinuierliche Strömung, eine pulsierende Strömung und/oder eine wechselnde Kombination hiervon.

[0046] Unter einer stationären Strömung wird hier und im Folgenden eine Strömung ohne signifikante zeitliche Veränderung des Strömungszustandes verstanden.

[0047] Unter einer diskontinuierlichen Strömung wird hier und im Folgenden eine Strömung, die eine unstetige, stoßweise und/oder sprunghafte Änderung des Strömungszustandes, bezogen auf die Zeit oder den Ort erfährt, verstanden.

[0048] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer pulsierenden Strömung eine kontinuierliche, instatio-

näre Strömung verstanden, bei der sich Geschwindigkeit und Druck an einem festen Ort periodisch ändern. Periodisch instationäre Strömungsvorgänge können bei ausreichend kleiner Frequenz der Zustandsänderungen als quasistationäre Vorgänge behandelt werden, da zu jedem Zeitpunkt der gleiche gemittelte Strömungszustand wie bei einer stationären Strömung vorliegt.

[0049] Insbesondere ist die laminare Strömung im Ausrichtungsbereich in Schritt e) durch eine Reynolds-Zahl im Bereich von 10 bis 1200 gekennzeichnet.

[0050] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Ausrichtungsbereich ein Bereich einer Vorrichtung und/oder Einrichtung zur Steigerung der Orientierung der Fasern in ihrer Längserstreckungsrichtung verstanden. Insbesondere wird die Steigerung der Orientierung der Fasern in ihrer Längserstreckungsrichtung in einem Ausrichtungsbereich verbessert bei einer Verringerung der Fluidgeschwindigkeit und der Ausbildung einer laminaren Strömung.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Ablegebereich in Schritt g) mit einem Kraftfeld beaufschlagt. Dabei ist die Kraftfelderzeugung ausgewählt unter einem Unterdruck, einem elektrischen Feld, einem magnetischen Feld, einer Klebekraft, Kombinationen hiervon.

[0052] In einer geeigneten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Ablegebereich in Schritt g) mit einem Unterdruck in einem Bereich von 50 bis 70 hPa absolut beaufschlagt.

[0053] In einer ebenfalls geeigneten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Ablegebereich in Schritt g) mit einer elektrischen Spannung von mehr als 15 kV beaufschlagt.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die in Schritt f) erhaltenen ausströmenden Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel und/oder das in Schritt g) erhaltene Carbonfaserband keine Torsionskraft ausgeübt.

[0055] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Torsionskraft eine Kraft für die Verdrehung eines Carbonfaserbandes entlang der Längsstreckungsachse verstanden.

[0056] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Lagenbilden in Schritt h) mit einer Aufwickelvorrückung, die in einer mit der Längsachse des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes übereinstimmenden Richtung rotiert. Insbesondere erfolgt das Lagenbilden in Schritt h) mit einer um die eigene Längsachse rotierenden Aufwickelvorrückung und/oder einer in einem rechten Winkel zu der Längsachse des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes angeordneten Aufwickelvorrückung.

[0057] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Aufwickelvorrückung eine Vorrichtung zur Aufwicklung eines Carbonfaserbandes verstanden. Insbesondere ist die Aufwickelvorrückung eine mit Vakuum beaufschlagte Trommel mit einer perforierten Oberfläche, auf welcher ein Carbonfaserband aufgespult wird.

[0058] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Carbonfaserband nach dem Profilieren in Schritt i) und/oder in Schritt k) ein Querschnittsprofil nach der geometrischen Form des Profilierungswerkzeuges auf.

[0059] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Profilierungswerkzeug ein dem Carbonfaserband Form gebendes Werkzeug verstanden.

[0060] Insbesondere weist das Carbonfaserband einen Querschnitt mit einer ovalen, insbesondere einer elliptischen oder runden, einer dreieckigen, einer viereckigen, insbesondere einer rechteckigen oder quadratischen, einer regelmäßig polygonen Form oder eine beliebige Kombination der genannten Formen auf. Besonders geeignet sind konvexe Querschnittsformen oder eine Kombinationen von zwei oder mehreren konvexen Querschnittsformen zu einem nicht-konvexen Innenquerschnitt, wie beispielsweise ein winkelförmiges oder ein T-Profil. Ebenfalls geeignet sind nicht-konvexe Querschnitte in gebogener oder runder Form, wie beispielsweise ein sichel- oder ringförmiger Querschnitt.

[0061] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zusätzlich zu Schritt g) wenigstens noch Schritt j).

[0062] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Aufbringen des mindestens einen Bindemittels in Schritt j) durch eine der Methode, die ausgewählt ist unter Tauchauftrag, Sumpfauftrag, Immersion, Sprühauftrag, Imprägnierung, Bestreuen, Beschichten, Vorhangauftrag, Übertragungswalzenauftrag, Kombinationen hiervon.

[0063] Gegenstand der Erfindung ist auch eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Fasergewirren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen, die

- mindestens einen Wirbelbehälter;
- mindestens einen Wirbelbehältereinlauf;
- mindestens einen Wirbelbehälterauslauf;
- mindestens ein Ausrichtungselement, wobei das Ausrichtungselement in Auslaufströmungsrichtung nach dem mindestens einen Wirbelbehälterauslauf angeordnet ist; und
- mindestens ein Ausströmelement, wobei das Ausströmelement in Auslaufströmungsrichtung nach dem mindestens einen Ausrichtungselement angeordnet ist,

umfasst. Dabei ist das Ausströmelement derart ausgestaltet, dass der lichte Durchmesser an seinem Einlauf größer ist

als an seinem Auslauf.

[0064] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Wirbelbehälter eine Mischeinrichtung verstanden, die im Wesentlichen ein Behältnis, ein Gefäß oder eine Kammer umfasst, worin ein Fluid verwirbelt wird. Insbesondere erfolgt das Verwirbeln im Wirbelbereich nicht-invasiv.

[0065] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Wirbelbehältereinlauf eine Vorrichtung und/oder Einrichtung für eine Zufuhr von wenigstens teilweise unvereinzelten Fasergewirren verstanden.

[0066] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich Fasergewirre zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen besonders faserschonend aufbereiten. Dabei werden die Carbonfasern bzw. Carbonfaserbündel

- einzeln,
- bezüglich der Ausrichtung linearisiert,
- beruhigt und
- abgelegt.

[0067] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Wirbelbehälterauslauf eine Vorrichtung und/oder Einrichtung für einen Austrag von wenigstens teilweise vereinzelten Fasergewirren, insbesondere von vereinzelten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln verstanden. Insbesondere ist ein Wirbelbehälterauslauf als eine Blende ausgestaltet.

[0068] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Ausrichtungselement eine Vorrichtung zum Ausrichten von Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln entlang ihrer Längsachse verstanden. Das Ausrichtungselement kann von Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln durchströmt werden und weist eine Längsachse und einen lichten Durchmesser auf. Insbesondere ist das Ausrichtungselement ein Rohr.

[0069] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter Ausströmelement eine Vorrichtung und/oder Einrichtung für einen Austrag von wenigstens teilweise vereinzelten Fasergewirren, insbesondere von vereinzelten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln verstanden, welche in Strömungsrichtung nach dem Ausströmelement angeordnet ist. Insbesondere ist ein Ausströmelement als eine Auslaufdüse, ein Diffusor und Kombinationen hiervon ausgestaltet.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung zusätzlich wenigstens eine der folgenden Komponenten:

- mindestens eine Abnahmevorrichtung mit einem Ablegebereich;
- mindestens ein erstes Profilwerkzeug;
- mindestens eine Auftragsvorrichtung;
- mindestens ein zweites Profilwerkzeug, welches nach der mindestens einen Auftragsvorrichtung angeordnet ist;
- mindestens eine Fixiervorrichtung.

[0071] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Ausrichtungselement und/oder das mindestens eine Ausströmelement ausgewählt ist unter einem Rohr, einer Leitung, einem Schlauch oder Kombinationen hiervon.

[0072] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Wirbelbehälterauslauf ausgewählt ist unter einer Venturidüse, einer Blende, einer Bohrung, einer Klappe, einer Rohrverengung, einem Ventil, einem Schieber, einem Diffusor oder Kombinationen hiervon.

[0073] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des lichten Durchmessers des Ausrichtungselementes zum lichten Durchmesser am Auslauf des Ausströmelementes im Bereich von 1 : 1 bis 1 : 50 liegt.

[0074] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Ausströmelement ausgewählt ist unter einem konisch zulaufendem Rohr, einer Düse, einer Rohrverengung oder Kombinationen hiervon.

[0075] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Abnahmevorrichtung eine Aufwickelvorrichtung, eine rotierende Trommel, ein bewegliches Band oder eine Kombination hiervon ist.

[0076] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Ablegebereich eine perforierte Oberfläche aufweist.

[0077] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer perforierten Oberfläche eine für fluide Medien wenigstens in Teilbereichen durchlässige Oberfläche verstanden. Insbesondere kann eine perforierte Oberfläche als mit Schlitzen, Löchern und Kombinationen hiervon perforiert ausgestaltet sein.

[0078] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine erste und/oder zweite Profilwerkzeug einen Innenquerschnitt mit einer punkt- oder achsensymmetrischen Geometrie oder einer Kombination aus zwei oder mehr gleichen oder verschiedenen punkt- oder achsensymmetrischen Geometrien aufweist.

[0079] Insbesondere weist der Innenquerschnitt des jeweiligen Profilwerkzeugs eine ovale, insbesondere eine elliptische oder runde, eine dreieckige, eine viereckige, insbesondere eine rechteckige oder quadratische, eine regelmäßig polygone Form oder eine beliebige Kombination der genannten Formen auf. Besonders geeignet sind konvexe Querschnittsformen oder eine Kombination von zwei oder mehreren konvexen Querschnittsformen zu einem nicht-konvexen Innenquerschnitt, wie beispielsweise ein winkelförmiges oder ein T-Profil. Ebenfalls geeignet sind nicht-konvexe Innenquerschnittsprofile in gebogener oder runder Form, wie beispielsweise ein sichel- oder ringförmiger Innenquerschnitt.

[0080] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Auftragsvorrichtung ausgewählt ist unter einem Tauchbad, einem Sprühauftragswerk, einer Imprägnierungsvorrichtung, einer Bestreuungsvorrichtung, einer Beschichtungsvorrichtung, einem Vorhangauftragswerk, Übertragungswalze oder Kombinationen hiervon.

[0081] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Fixiervorrichtung ausgewählt ist unter einem Kalandrier, einer Presse, einer Formwalze, einer thermischen Fixiervorrichtung, einem Strahlungstrockner, einem Strahlungshärter, einem thermischen Trockner oder Kombinationen hiervon.

[0082] Gegenstand der Erfindung ist darüber hinaus ein Carbonfaserband, das nach einem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlich und/oder in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellt ist.

[0083] Bei dem erfindungsgemäßen Carbonfaserband handelt es sich um ein band- oder fadenförmiges Carbonfasergarn, das fixiert ist, beispielsweise gebündelt oder geschlittet.

[0084] Insbesondere handelt es sich um ein erfindungsgemäßes Carbonfaserband, bei dem die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel unidirektional angeordnet sind. Dabei können die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel wenigstens teilweise versetzt zueinander angeordnet sein. Die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel können zusätzlich oder alternativ wenigstens teilweise überlappend zueinander angeordnet sein. Zu diesem Zweck sind dann zwischen zwei und/oder mehreren Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln punktuelle und/oder flächige Bindungsbereiche ausgebildet.

[0085] Gegenstand der Erfindung ist auch die Verwendung eines Carbonfaserbandes, das nach einem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlich und/oder in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellt ist. Es wird insbesondere zum Herstellen von Leichtbauteilen für die Luftfahrt-, Raumfahrt- und/oder Automobilindustrie und/oder im Maschinenbau, zur Weiterverarbeitung in Webeverfahren, Legeverfahren, insbesondere zur Herstellung von Carbongelegen, Geweben, Geflechten, Gewirken, Gestriicken, carbonfaserhaltigen textilen Gebilden, Flächengebilden, zur Kombination mit nicht carbonartigen Faserwerkstoffen und/oder Materialien oder Kombinationen hiervon verwendet.

[0086] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter nicht carbonhaltigen Faserwerkstoffen und/oder Materialien, Faserwerkstoffe und/oder Materialien verstanden, welche in Ihrer Zusammensetzung keine(n) kohlenstoffhaltige(n) organischen Bestandteil(e), der/die durch Pyrolyse in graphitartigen angeordneten Kohlenstoff umgewandelt werden, aufweisen.

FIGURENBESCHREIBUNG UND BEISPIELE

[0087] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren 1 bis 8 erläutert, ohne auf diese Ausführungen eingeschränkt zu sein.

Figuren 1 - 4 zeigen verschiedene Formen von Carbonfaser-Anordnungen.

Figur 5 zeigt schematisch eine einfache Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Figur 6 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anordnung mit einem Ausströmelement.

Figur 7 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Abnahmevorrichtung.

Figur 8 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Auftrags- und Fixiervorrichtung.

[0088] In den Figuren 1 bis 8 werden folgende Bezugszeichen verwendet:

- 1 Faserverbundabfall
- 2 Fasergewirr bzw. Flocken
- 3 Einzelfaser
- 4 Faserbündel
- 5 Faserband
- 6 Band aus gerichteten Fasern
- 7 Druckluftdüse
- 8 Wirbelbehälterauslauf
- 9 Ausrichtungselement
- 10 Ausströmelement

- 11 Reduzierer
- 12 Wirbelgefäß bzw. Wirbelzone
- 13 Beschickung
- 15 Absaugung
- 5 16 Rotierende Trommel
- 17 Perforierte Oberfläche
- 18 Motor
- 20 erste Düse zur Formgebung
- 21 zweite Düse zur Formgebung
- 10 22 Tauchbad
- 23 (Umlenk-)Walzen
- 24 Walzenpaar

[0089] Die vorliegende Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Auflösung sowie Orientierung der Carbonfasergewirre und/oder -flocken, im Folgenden als Flocken (2) bezeichnet, über einen pneumatischen Prozess ohne Schädigung der Carbonfasern erfolgt. Flocken (2), die beispielsweise aus Faserverbundabfall (1) gewonnen werden, werden einem Wirbelgefäß (12) zugeführt. Im Wirbelgefäß (12) werden die Flocken (2) über eine Druckluftdüse (7) mit einer über einen Reduzierer (11) einstellbaren Druckluftströmung beaufschlagt. Aufgrund induzierter Scherkräfte, die durch die turbulenten Strömungsverhältnisse verursacht werden, werden die Flocken (2) zu Einzelfasern (3) bzw. Faserbündeln (4) vereinzelt. Die Einzelfasern (3) bzw. vereinzelt Faserbündel (4) verlassen das Wirbelgefäß (12) über den Wirbelbehälterauslauf (8). Unzureichend vereinzelt Flocken (2) werden aufgrund ihrer Größe am Austritt aus dem Wirbelgefäß (12) über den Wirbelbehälterauslauf (8) gehindert und durch die Luftströmung der Druckluftdüse (7) wieder der Strömung zugeführt. Am Wirbelbehälterauslauf (8) kann ein Ausrichtungselement (9) angeschlossen werden. Dieses führt zu einer weitestgehend laminaren Entnahmestromung und optimiert die Ausrichtung der Einzelfasern (3) bzw. vereinzelt Faserbündel (4). Das Ausrichtungselement (9) ist in seiner Bauform nicht auf einen zylindrischen Grundkörper beschränkt, sondern kann zur Reduzierung der Geschwindigkeit ebenso in konischer Form ausgebildet sein.

[0090] Die aus dem Ausrichtungselement (9) oder dem Wirbelbehälterauslauf (8) austretenden Einzelfasern (3) bzw. vereinzelt Faserbündel (4) werden zur Formung des Bandes (5) einer Abnahmeeinheit, wie in Figur 7 skizziert, zugeführt. Diese besteht im dargestellten Fall aus einer rotierenden Trommel (16), einem Motor (18) sowie einer Absaugung (15). Die Trommel (16) ist dabei in einem Bereich (17) mit einem Gittergewebe als Mantelmaterial ausgeführt, um eine Absaugung zu gewährleisten. Die Einzelfasern (3) bzw. Faserbündel (4) legen sich durch die Absaugung (15) auf der perforierten Oberfläche (17) der Trommel (16) ab. Alternativ kann die Abnahmeeinheit als abgesaugtes Förderband gestaltet werden kann. Das geformte Band (5) weist einen hohen Orientierungsgrad der Einzelfasern (3) bzw. Faserbündel (4) in Faserlängsrichtung auf.

[0091] In der vorliegenden Erfindung wird die Steigerung der Festigkeit des Bandes (5), die seine textile Verarbeitbarkeit gewährleistet, durch die Beaufschlagung eines anforderungsgerechten Bindemittels erreicht. Alternativ kann eine Verfestigung zur Gewährleistung der textilen Verarbeitbarkeit des Produktes über die Beaufschlagung des Bandes (5) mit einer Drehung erzielt werden.

[0092] Erfindungsgemäß wird das schädigungsfrei hergestellte Faserband (5) über einen Foulard-Prozess, wie in Figur 8 skizziert, mit einem geeigneten Bindemittel beaufschlagt. Dazu eignen sich beispielsweise wässrige Systeme, wie Polyurethan-Dispersionen, Styrol-Butadien-Dispersionen, Epoxy-Dispersionen oder Polyacrylat-Dispersionen. Möglich ist weiterhin der Einsatz von Lösungen, wie PU-DMF-Lösungen zur Bindung des Bandes (5). Vor und nach dem Tauchen des Bandes (5) können zur gezielten Formgebung Düsen (20; 21) zum Einsatz kommen. Überschüssiges Bindemittel wird nach dem Tauchprozess über ein Walzenpaar (24) abgequetscht.

[0093] Nach Abtrocknung des Bindemittels erfolgt die Konfektionierung des fertigen Produktes (6) auf Spulen, das dann einer textilen Verarbeitung, beispielsweise einer Flächenbildung auf Multiaxiallegemaschinen, zugeführt werden kann.

[0094] Der Bindemittelanteil im Produkt (6) ist wesentlich von den im, wie beispielhaft in Figur 8 skizzierten, Foulard-Prozess gewählten Parametern, speziell vom gewählten Bindemittel und dessen Lösungskonzentration abhängig. Möglich sind Bindemittelkonzentrationen zwischen 0 Gew.-% und 99 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 15 Gew.-%, idealerweise zwischen 2 Gew.-% und 8 Gew.-%.

Beispiele

55 Beispiel 1:

[0095] Ein entschlichtetes Carbonfasergewirr wird beispielsweise auf eine mittlere Länge von 50 mm geschnitten und vorgelegt. Eine Menge von 1,00 g Carbonfasern werden dem Gewirr entnommen und dem Wirbelgefäß (12) zugeführt.

Der Reduzierer (11) wird auf 1 bar eingestellt. Über die Druckluftdüse (7) wird im Wirbelgefäß (12) eine turbulente Strömung erzeugt, wodurch das vorgelegte Carbonfasergewirr vereinzelt wird. Die Einzelfasern bzw. Faserbündel treten über den Wirbelbehälterauslauf (8) aus dem Wirbelgefäß (12) aus. Die vereinzelteten Carbonfasern gelangen über das Ausrichtungselement (9) zur Abnahmeeinheit, die als rotierende Trommel (16) ausgeführt ist. Durch die Absaugung (15) sowie die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel (15) legen sich die vereinzelteten Carbonfasern in Rotationsrichtung auf dem perforierten Bereich (17) der untersaugten Trommel (16) ab.

[0096] Das so hergestellte, 1 m lange Band (5) aus gerichteten Carbonfasern wird mit 5%iger Butadien-Styrol Lösung foulardiert, bei 100 °C für 5 min vorgetrocknet und bei 175 °C für 2 min fixiert.

[0097] Ein auf die beschriebene Art und Weise hergestellter Carbonroving (6) aus gerichteten Fasern eignet sich hervorragend zur textiltechnischen Fabrikation und kann über bekannte Prozesse zu einem Faserverbundbauteil weiterverarbeitet werden. Die nach DIN EN ISO 527-5 hergestellten Prüfkörper weisen bis zu 86 % des Zugmoduls des Ausgangsmaterials sowie bis zu 90 % der ursprünglichen Zugfestigkeit auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Fasergewirren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen, das folgende Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen von Fasergewirren wenigstens enthaltend Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel in einem Wirbelbereich;
- b) wenigstens teilweises Vereinzeln der Fasergewirre in einer turbulenten Strömung im Wirbelbereich unter Erhalt vereinzelter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
- c) gegebenenfalls Windsichten der vereinzelteten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel im Wirbelbereich unter Erhalt fraktionierter Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
- d) Austragen der in Schritt b) erhaltenen vereinzelteten und/oder in Schritt c) fraktionierten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel aus dem Wirbelbereich in einen Ausrichtungsbereich,

wobei die Carbonfaserhalbzeuge in oder im Anschluss an Schritt d) erhalten werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das zusätzlich wenigstens einen der folgenden Schritte umfasst:

- e) Ausrichten der in Schritt d) ausgetragenen Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel in Strömungsrichtung einer laminaren Strömung im Ausrichtungsbereich, wobei die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel entlang ihrer Längsachse gestreckt vorliegen;
- f) Ausströmen der in Schritt d) ausgetragenen und gegebenenfalls in Schritt e) in Strömungsrichtung der laminaren Strömung ausgerichteten Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel;
- g) Ablegen der in Schritt d) ausgetragenen und gegebenenfalls in Schritt e) in Strömungsrichtung der laminaren Strömung ausgerichteten und/oder gegebenenfalls in Schritt f) erhaltenen ausströmenden Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel als ein Carbonfaserband in einem Ablegebereich.

3. Verfahren nach Anspruch 2, das zusätzlich zu Schritt g) wenigstens einen der folgenden Schritte umfasst:

- h) Lagenaufbau des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes;
- i) Profilieren des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes;
- j) Aufbringen mindestens eines Bindemittels wenigstens auf Teilbereiche des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes mit einer Auftragsvorrichtung unter Ausbildung eines wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes;
- k) Profilieren des in Schritt j) erhaltenen, wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes;
- l) Fixieren des in einem der Schritte j) oder k) erhaltenen, wenigstens in Teilbereichen mit dem mindestens einen Bindemittel punktuell und/oder flächig benetzten Carbonfaserbandes;
- m) Aufbringen einer Schlichte wenigstens auf Teilbereiche des in Schritt g) erhaltenen Carbonfaserbandes mit einer Auftragsvorrichtung.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) mittels im Wirbelbereich angeordneter statischer und/oder dynamischer Wirbelelemente erzeugt wird.

5. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch 4, wobei die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) mit Druckluft in einem Bereich von 0,1 bis 3 MPa absolut, vorzugsweise in einem Bereich von 0,15 bis 2 MPa absolut, besonders bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 1 MPa absolut erzeugt wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die turbulente Strömung im Wirbelbereich in Schritt b) durch eine Reynolds-Zahl von größer als 1200 gekennzeichnet ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die laminare Strömung im Ausrichtungsbereich in Schritt e) durch eine Reynolds-Zahl im Bereich von 10 bis 1200 gekennzeichnet ist.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ablegebereich in Schritt g) mit einem Kraftfeld beaufschlagt ist und wobei die Kraftfelderzeugung ausgewählt ist unter einem Unterdruck, einem elektrischen Feld, einem magnetischen Feld, einer Klebekraft oder Kombinationen hiervon.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf die in Schritt f) erhaltenen ausströmenden Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel und/oder das in Schritt g) erhaltene Carbonfaserband keine Torsionskraft ausgeübt wird.
- 20 10. Vorrichtung zur Aufbereitung von Fasergewirren zur Herstellung von Carbonfaserhalbzeugen, umfassend:
 - mindestens einen Wirbelbehälter;
 - mindestens einen Wirbelbehältereinlauf;
 - mindestens einen Wirbelbehälterauslauf;
 - mindestens ein Ausrichtungselement, wobei das Ausrichtungselement in Ausströmrichtung nach dem mindestens einen Wirbelbehälterauslauf angeordnet ist;
 - mindestens ein Ausströmelement, wobei das Ausströmelement in Ausströmrichtung nach dem mindestens einen Ausrichtungselement angeordnet ist,

wobei das Ausströmelement derart ausgestaltet ist, dass der lichte Durchmesser an seinem Einlauf größer ist als an seinem Auslauf.
- 30 11. Vorrichtung nach dem vorherigen Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Wirbelbehälterauslauf ausgewählt ist unter einer Venturidüse, einer Blende, einer Bohrung, einer Klappe, einer Rohrverengung, einem Ventil, einem Schieber, einem Diffusor oder Kombinationen hiervon.
- 35 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis des lichten Durchmessers des Ausrichtungselementes zum lichten Durchmesser am Auslauf des Ausströmelementes im Bereich von 1 : 1 bis 1 : 50 liegt.
- 40 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Ausströmelement ausgewählt ist unter einem konisch zulaufendem Rohr, einer Düse, einer Rohrverengung oder Kombinationen hiervon.
- 45 14. Carbonfaserband, erhältlich nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder hergestellt in einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündel unidirektional, wenigstens teilweise versetzt zueinander und/oder wenigstens teilweise überlappend zueinander angeordnet sind und wobei zwischen zwei und/oder mehreren Carbonfasern und/oder Carbonfaserbündeln punktuelle und/oder flächige Bindungsbereiche ausgebildet sind.
- 50 15. Verwendung eines Carbonfaserbandes, erhältlich nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, und/oder hergestellt in einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13 zum Herstellen von Leichtbauteilen für die Luftfahrt-, Raumfahrt- und/oder Automobilindustrie und/oder im Maschinenbau, zur Weiterverarbeitung in Webverfahren, Legeverfahren, insbesondere zur Herstellung von Carbongelegen, Geweben, Geflechten, Gewirken, Gestriken, carbonfaserhaltigen textilen Gebilden, Flächegebilden, zur Kombination mit nicht carbonartigen Faserwerkstoffen und/oder Materialien oder Kombinationen hiervon.
- 55

Fig. 1:

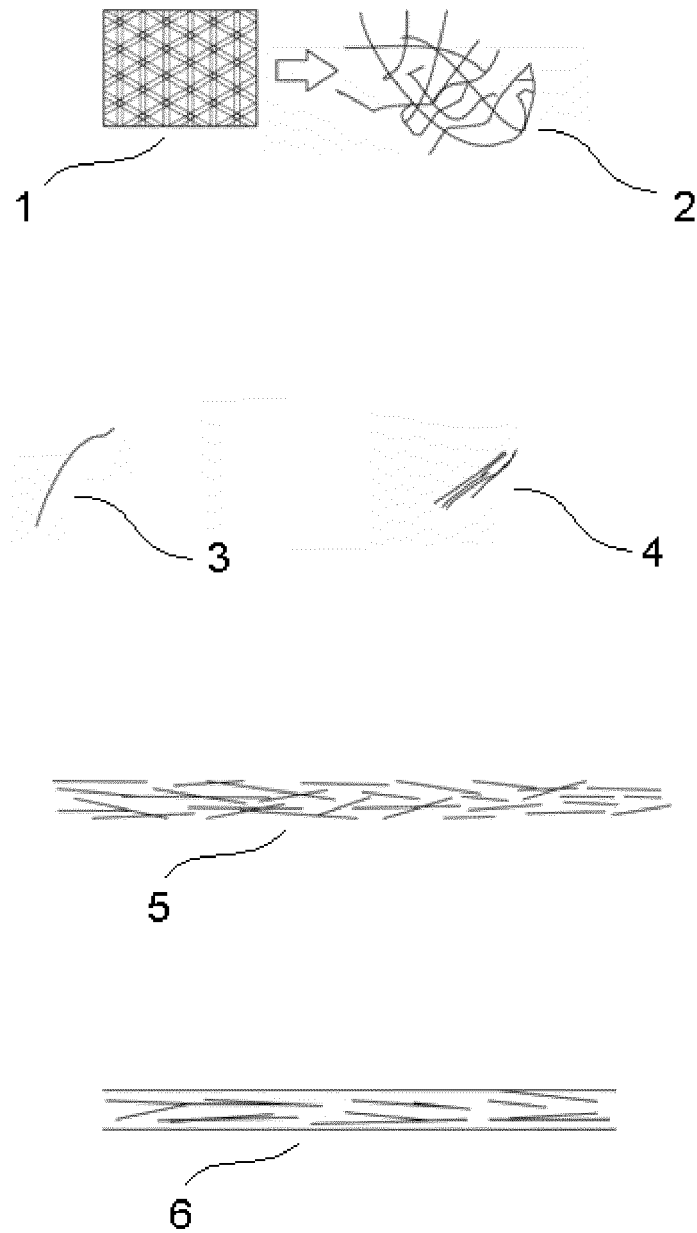


Fig. 2:

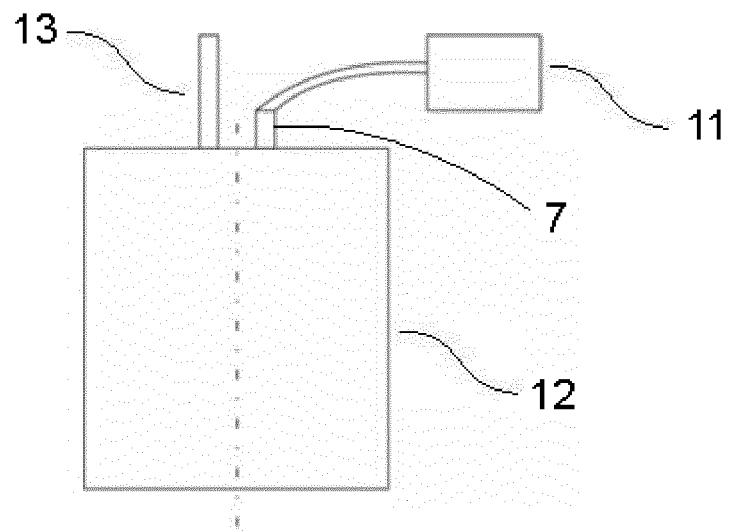


Fig. 3:

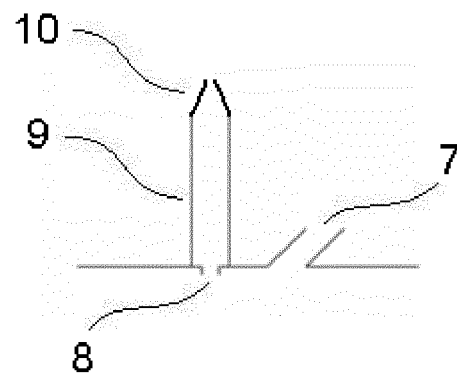


Fig. 4:

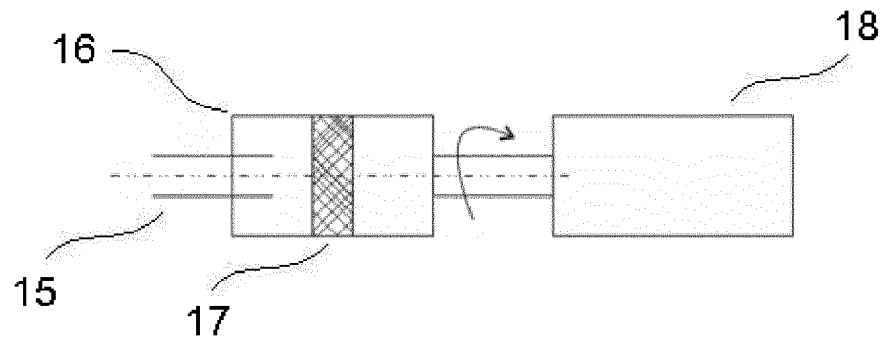
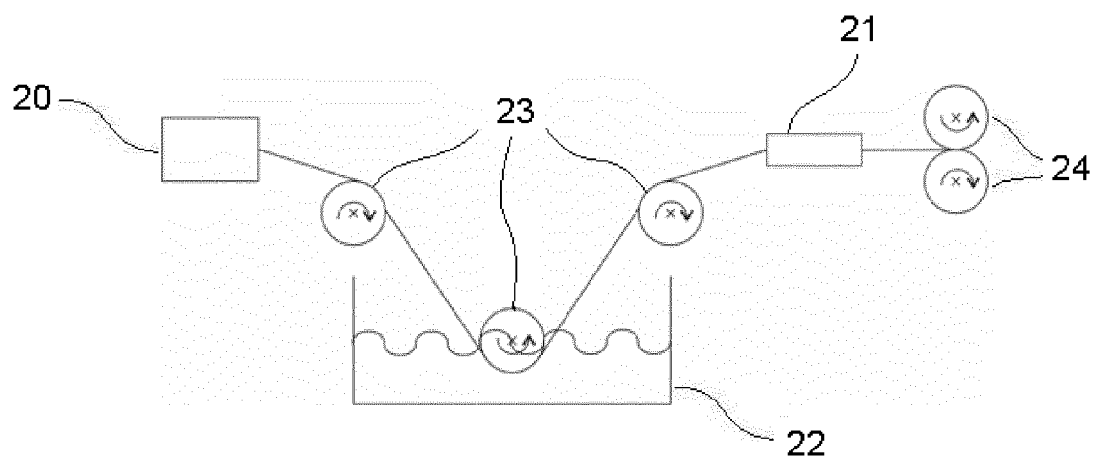


Fig. 5:





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 19 0488

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 20 01 886 A1 (KUREHA CHEMICAL IND CO LTD) 23. Juli 1970 (1970-07-23) * Seite 1 - Seite 5; Abbildungen 1-2 *	1-7,14,15	INV. D01G9/08 D04H1/4242
X	SU 592 879 A1 (KULAKOV VALERIJ VASILEVICH [SU]; YUDIN VALENTIN PETROVICH; SAMSONOVA L) 15. Februar 1978 (1978-02-15) * das ganze Dokument *	1,2,4,6,14,15	
X	DE 10 2013 106457 B3 (GRIMM SCHIRP GS TECHNOLOGIE GMBH [DE]; KARL MEYER AG [DE]) 4. September 2014 (2014-09-04) * Absatz [0059] - Absatz [0067]; Abbildung 1 *	10,12-15	
X	WO 01/68556 A1 (HONEYWELL INT INC [US]) 20. September 2001 (2001-09-20) * Seite 3, Zeile 20 - Seite 4, Zeile 29; Abbildung 1 *	10-13	
X	US 3 975 263 A (ELO HEIKKI K) 17. August 1976 (1976-08-17) * Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 2 * * Spalte 4, Zeile 41 - Spalte 6, Zeile 52; Abbildungen 1-3 *	10,13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) D04H D01G
X	US 3 142 869 A (GOULD THOMAS R ET AL) 4. August 1964 (1964-08-04) * Spalte 2, Zeile 3 - Spalte 4, Zeile 18; Abbildungen 1-2 *	10,13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Juni 2015	Prüfer Pollet, Didier
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 19 0488

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-06-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2001886 A1	23-07-1970	CA 928928 A1	26-06-1973
		DE 2001886 A1	23-07-1970
		FR 2028524 A7	09-10-1970
		US 3694862 A	03-10-1972
SU 592879 A1	15-02-1978	KEINE	
DE 102013106457 B3	04-09-2014	DE 102013106457 B3	04-09-2014
		WO 2014202052 A1	24-12-2014
WO 0168556 A1	20-09-2001	EP 1265826 A1	18-12-2002
		US 6521152 B1	18-02-2003
		US 2003108635 A1	12-06-2003
		US 2003127291 A1	10-07-2003
		US 2008150183 A1	26-06-2008
		WO 0168556 A1	20-09-2001
US 3975263 A	17-08-1976	KEINE	
US 3142869 A	04-08-1964	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009023529 [0003]
- WO 2011134995 A [0004]
- WO 2012000827 A [0005]
- WO 2011095826 A [0006]
- EP 1854911 A1 [0007]
- EP 1696057 A [0008]