

(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  
8. September 2017 (08.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/148708 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation: *B29C 53/58* (2006.01) *F16F 15/305* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053493
- (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Februar 2017 (16.02.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 16157824.0 29. Februar 2016 (29.02.2016) EP
- (71) Anmelder: **ENRICHMENT TECHNOLOGY COMPANY LTD. ZWEIGNIEDERLASSUNG DEUTSCHLAND** [DE/DE]; Stetternicher Staatsforst, 52409 Jülich (DE).
- (72) Erfinder: **SONNEN, Michael**; Rheinfeldsweg 5, 47259 Duisburg (DE). **OTREMBA, Frank**; Hohenkreuzweg 10, 52223 Stolberg (DE).
- (74) Anwalt: **JOSTARNDT PATENTANWALTS-AG**; Philipsstraße 8, 52068 Aachen (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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CUT BODY OF REVOLUTION, FLYWHEEL ENERGY STORE AND METHOD FOR PRODUCING THE CUT BODY OF REVOLUTION

(54) Bezeichnung : GESCHNITTENER ROTATIONSKÖRPER, SCHWUNGRADENERGIESPEICHER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES GESCHNITTENEN ROTATIONSKÖRPERS

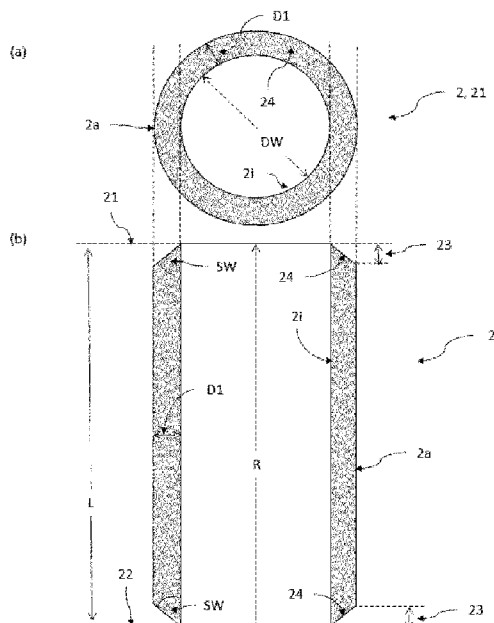


FIG.1

(57) Abstract: The invention relates to a body of revolution (1), a rotor (10) with such a body of revolution (1), a flywheel energy store (100) with at least one such rotor (10) and a method for producing this body of revolution (1) comprising a hollow first body (2), which is at least partially wound from a fibre composite material and has a first end (21) and a second end (22) and has an inner side (2i), directed towards the intended axis of rotation (R), and an opposite outer side (2a), wherein, at least in a cut region (23) adjacent to at least one of the ends (21, 22), the first or the second, the first body (2) tapers towards the respective end (21, 22) from the outer side (2a) to the inner side (2i) along a cut surface (24), and comprising a second body (3), which is wound from a second fibre composite material and comprises a circumferential layer (U2) of fibres (F2) with a fibre direction along a fibre angle (FW2) of over 80 degrees in relation to the intended axis of rotation (R) which are wound on the first body (2) in such a way that, at least seen perpendicularly in relation to the axis of rotation (R), the second body (3) covers at least the cut region (23) of the outer side (2a) of the first body (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/148708 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

Die Erfindung betrifft einen Rotationskörper (1), einen Rotor (10) mit einem solchen Rotationskörper (1), einen Schwungradenergiespeicher (100) mit mindestens einem solchen Rotor (10) und ein Verfahren zur Herstellung dieses Rotationskörpers (1) umfassend einen zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial gewickelten hohlförmigen ersten Körper (2) mit einem ersten und zweiten Ende (21, 22) und mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse (R) hin gerichteten Innenseite (2i) und einer entgegengesetzten Außenseite (2a), wobei sich der erste Körper (2) zumindest in einem Schneidbereich (23) angrenzend zumindest an einem der ersten oder zweiten Enden (21, 22) entlang einer Schneidfläche (24) von der Außenseite (2a) zur Innenseite (2i) zum jeweiligen Ende (21, 22) hin verjüngt, und einen aus einem zweiten Faserverbundmaterial gewickelten zweiten Körper (3) aus einer Umfangslage (U2) aus Fasern (F2) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW2) mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse (R) die so auf den ersten Körper (2) gewickelt sind, dass der zweite Körper (3) zumindest den Schneidbereich (23) die Außenseite (2a) des ersten Körper (2) zumindest senkrecht zur Rotationsachse (R) gesehen überdeckt.

GESCHNITTENER ROTATIONSKÖRPER, SCHWUNGRADENERGIESPEICHER UND VERFAHREN  
ZUR HERSTELLUNG DES GESCHNITTENEN ROTATIONSKÖRPERS

### Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Rotationskörper, einen Rotor mit einem solchen  
5 Rotationskörper, einen Schwungradenergiespeicher mit mindestens einem  
solchen Rotor und ein Verfahren zur Herstellung dieses Rotationskörpers.

### Hintergrund der Erfindung

Sich schnell um eine Drehachse (Rotationsachse) drehende Bauteile  
10 (Rotationskörper), beispielsweise zylinderförmige Rotoren, werden in vielzähligen  
Anwendungen verwendet. Kommt es bei den jeweiligen Anwendungen auf eine  
hohe mechanische Robustheit an, werden diese Bauteile bevorzugt teilweise oder  
vollständig aus Faserverbundmaterialien (Fasermaterial eingebettet in einem die  
einzelnen Fasern miteinander verbindenden Matrixmaterial) hergestellt, die  
15 aufgrund ihrer vorteilhaften Materialeigenschaften wie beispielsweise eine hohe  
Zugfestigkeit und geringe Dichte stark gegenüber anderen Materialien bevorzugt  
werden.

Diese Bauteile werden üblicherweise mittels eines Wickelverfahrens aus  
20 Faserverbundmaterialien hergestellt. Um Fasern nicht nur in Umfangsrichtung  
ablegen zu können bedarf es jeweils einer Wendezone seitlich des Wickelkörpers,  
z.B. eine Polkappe oder Wickeldom, der eine einfache Umkehr der  
Faserwickelrichtung während eines kontinuierlichen Wickelprozesses erlaubt,  
indem der Wickeldom mit überwickelt wird. Nach Beendigung des  
25 Wickelprozesses wird das in der Wendezone abgelegte Material vom  
Wickelkörper abgetrennt. Produktionstechnisch ist es in der Regel vorteilhaft,  
mittels eines solchen Wickelverfahrens eine in Drehachse gesehen längere  
Komponente (Grundkörper) herzustellen, aus der das oder die Bauteile auf ihre  
vorgesehene Länge abgeschnitten (bzw. abgelängt) werden. Dadurch können  
30 gegebenenfalls mehrere Bauteile aus einem einzigen Wickelprozess gewonnen  
werden. Dadurch wird lediglich eine einzige Wickelmaschine für die Herstellung  
mehrerer Bauteile benötigt und die gewünschte Länge der Bauteile kann im  
Nachhinein durch entsprechendes Abschneiden der gewünschten Länge nach

Wunsch variiert werden.

Durch das Abschneiden entstehen allerdings an den jeweiligen Enden des Bauteils Schneidflächen, in denen die vormals durchgehenden Fasern des Faserverbundmaterials durchtrennt sind. Die freien Faserenden in den Schneidflächen sind zwar im ruhenden Zustand des Bauteils mittels des Matrixmaterials noch wie vorgesehen miteinander verbunden, allerdings können durch den Schneidprozess Mikrorisse auftreten. Es kommt an den Faserenden im rotierenden Betrieb aufgrund der Fliehkräfte zu Schubspannungen, welche zu lokaler Delamination der Fasern und zum Wachsen von Mikrorissen im Bereich der Schneidflächen führen können. Diese Belastungen sind umso größer, je schneller das Bauteil im Betrieb rotiert. Verstärkt wird diese Problematik durch eine Welligkeit der Umfangslagen im gewickelten Faserverbundmaterial. Hier wird beim Schneiden des Bauteils auf die gewünschte Länge möglicherweise durch eine wellige Faserlage geschnitten, so dass dadurch Faserabschnitte entstehen können, die zu beiden Seiten hin nicht mehr mit den restlichen Fasern verbunden sind. Diese abgetrennten Faserabschnitte brechen bei Belastung des Bauteils aufgrund seiner Rotation aus dem Verbund aus. Die durch Delamination oder Ausbruch abgelösten Teile des Faserverbundmaterials können gerade bei schnelldrehenden Bauteilen zu Beschädigungen des rotierenden Bauteils, der entsprechenden Lager für das Bauteil oder der Umkapselung des Bauteils führen, was nach Möglichkeit zu vermeiden ist.

Es wäre daher wünschenswert, ein Bauteil bereitstellen zu können, das weiterhin mittels Abschneiden bearbeitet werden kann und bei dem das Risiko einer Beschädigung des Bauteils oder der umgebenden Komponenten durch im rotierenden Betrieb abgelöste Faserverbundmaterialien deutlich verringert wird.

### **Zusammenfassung der Erfindung**

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Bauteil bereitzustellen, das weiterhin mittels Abschneiden bearbeitet werden kann und bei dem das Risiko einer Beschädigung des Bauteils oder der umgebenden Komponenten durch im rotierenden Betrieb abgelöste Faserverbundmaterialien deutlich verringert wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Rotationskörper umfassend einen zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial gewickelten hohlförmigen ersten Körper mit einem ersten und zweiten Ende und mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse hin gerichteten Innenseite und einer entgegengesetzten Außenseite, wobei sich der erste Körper zumindest in einem Schneidbereich angrenzend zumindest an einem der ersten oder zweiten Enden entlang einer Schneidfläche von der Außenseite zur Innenseite hin verjüngt, und einen aus einem zweiten Faserverbundmaterial gewickelten zweiten Körper aus einer Umfangslage aus Fasern mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse die so auf den ersten Körper gewickelt sind, dass der zweite Körper zumindest alle Schneidbereiche der Außenseite des ersten Körper zumindest senkrecht zur Rotationsachse gesehen überdeckt, ohne selber durch einen Schneidprozess abgelängt zu werden.

15

Als Rotationskörper werden alle Bauteile beziehungsweise Körper bezeichnet, die in der jeweiligen Anwendung rotieren. Da der erste Körper mit einem Wickelverfahren hergestellt wird, entsteht der erste Körper aus dem gewickelten Fasermaterial um einen Wickelkörper herum, der nach Fertigstellung des ersten Körpers entfernt werden kann. Somit ist in einer Ausführungsform der erste Körper ein Hohlkörper, dessen innere Form durch den Wickelkörper bestimmt wird. In einer Ausführungsform ist der hohlförmige erste Körper ein Hohlzylinder mit einer Zylinderinnenseite als die Innenseite und einer Zylinderaußenseite als die Außenseite. Die Zylinderachse entspricht der vorgesehenen Rotationsachse eines solchen Rotationskörpers. Da der zweite Körper durch Überwickeln des ersten Körpers gebildet wird, setzt sich die Form des ersten Körpers nach außen im zweiten Körper entsprechend fort.

Ein Faserverbundmaterial besteht im Allgemeinen aus zwei Hauptkomponenten, hier aus Fasern, eingebettet in einem Matrixmaterial, das den festen Verbund zwischen den Fasern herstellt. Das Faserverbundmaterial kann dabei aus einer Faser oder aus mehreren Fasern gewickelt werden, wobei die Faser(n) in Kontakt zueinander eng nebeneinander gewickelt werden. Dadurch entsteht eine

30

Faserschicht, auf die die Fasern in weiteren Faserschichten gewickelt werden, bis das Faserverbundmaterial die gewünschte Dicke besitzt. Ein Paket aus ein oder mehreren Faserschichten aus einem Faserverbundmaterial wird hier als Faserlage bezeichnet. Dabei kann das Faserverbundmaterial je nach Anwendung 5 eine oder mehrere Faserlagen umfassen, wobei sich unterschiedliche Faserlagen beispielsweise durch den jeweiligen Faserwinkel unterscheiden. Als Faserwinkel wird hierbei der Winkel zwischen Rotationsachse und der Ausrichtung der gewickelten Faser (Faserrichtung) in der Faserlage bezeichnet, wobei beim Faserwinkel nicht zwischen dem Wickelsinn (vorwärts / rückwärts bzw. rechts / 10 links) unterschieden wird. Somit haben beispielsweise die sich in Helixlagen kreuzenden Fasern den gleichen Faserwinkel (gleicher Betrag des Wertes). Die Verstärkungswirkung der Fasern in Faserrichtung tritt ein, wenn das Elastizitätsmodul der Faser in Längsrichtung größer ist als das Elastizitätsmodul des Matrixmaterials, wenn die Bruchdehnung des Matrixmaterials größer ist als 15 die Bruchdehnung der Fasern und wenn die Bruchfestigkeit der Fasern größer ist als die Bruchfestigkeit des Matrixmaterials. Als Fasern können Fasern aller Art, beispielsweise Glasfasern, PAN- oder Pitch-basierte Kohlenstofffasern, Keramikfasern, Stahlfasern, Naturfasern oder synthetische Fasern verwendet werden. Als Matrixmaterialien können beispielsweise Duromere, Elastomere oder 20 Thermoplaste verwendet werden. Die Materialeigenschaften der Fasern und Matrixmaterialien sind dem Fachmann bekannt, so dass der Fachmann eine geeignete Kombination aus Fasern und Matrixmaterialien zur Herstellung des Faserverbundmaterials für die jeweilige Anwendung auswählen kann. Hierbei können die Faserlage(n) im Faserverbundbereich eine einzelne Faser oder 25 mehrere gleiche oder unterschiedliche Fasern umfassen. Der erste Körper und/oder der Rotationskörper können dabei vollständig oder nur in einem Faserverbundbereich in der Nähe der Schneidbereiche aus Faserverbundmaterial hergestellt sein. Das Faserverbundmaterial des ersten Körpers und das zweite Faserverbundmaterial des zweiten Körpers können die gleichen Faser und das 30 gleiche Matrixmaterial umfassen oder sich in der Wahl der jeweiligen Fasern und/oder der jeweiligen Matrixmaterialien unterscheiden. Der Begriff „Faserverbundbereich“ bezeichnet einen Bereich oder Volumen des Rotationskörpers beziehungsweise des ersten Körpers, das zumindest im

Wesentlichen nur aus Faserverbundmaterialien hergestellt ist. In einer Ausführungsform sind der erste Körper und der Rotationskörper vollständig aus Faserverbundmaterial hergestellt. Ein solcher Rotationskörper weist die höchsten Festigkeiten bei geringem Gewicht auf.

5

Die Überdeckung der Schneidbereiche des ersten Körpers, die durch Zerschneiden eines Grundkörpers entstanden sind, verhindert, dass es an den Schneidflächen an den jeweiligen Faserschichtenden zu Faserausbrüchen der freien Faserenden bei Benutzung des Rotationskörpers als rotierende

10 Komponente in einem Rotor kommen kann. Während der Rotation treten Schubspannungen an den freien Enden der Fasern auf, die zu diesen Faserausbrüchen führen. Auch können die Ausbrüche durch Materialschädigungen beim Zerschneiden verursacht werden. Aufgrund der Fliehkräfte käme es bei fehlender Überdeckung zu Faserabwürfen. Bei einer

15 welligen Faserlage kann der Schneidprozess zur Herstellung des ersten Körpers auch dazu führen, dass wellige Fasern beidseitig abgetrennt werden und somit einen noch wesentlich geringeren Verbund mit dem restlichen ersten Faserverbundmaterial besitzen. Insbesondere diese beidseitig abgetrennten Fasern würden während der Rotation aufgrund der Fliehkräfte vom restlichen

20 Faserverbundmaterial gelöst werden. Die vollständige Überdeckung verhindert gerade dieses Ablösen auf der gesamten Schneidfläche. Eine Abdeckung der Innerseite des ersten Körpers bzw. des Rotationskörpers (Seite hingewandt zur Rotationsachse) ist nicht notwendig, da die Fasern dort aufgrund der Fliehkräfte bei der Rotation in das Faserverbundmaterial hineingedrückt werden. Durch das

25 Überwickeln wird die Belastung der freien Faserenden vermindert. Die Überdeckung hat dafür im Bereich der Schneidflächen gerade keine freien Faserenden, sondern durchgehende Fasern als Umfangslage gewickelt. Die Überdeckung kann hierbei am äußeren durch einen Schneidprozess hergestellten Ende des ersten Körpers so enden, dass die Überdeckung die Schneidfläche(n) in

30 Richtung senkrecht zur Rotationsachse gesehen überdeckt, aber sich in Richtung parallel zur Rotationsachse nicht über das Ende des ersten Körpers hinaus erstreckt, oder sie kann in anderen Ausführungsformen sogar über das äußere Ende des ersten Körpers parallel zur Rotationsachse hinausgehen. Falls die

Überwicklung über den ersten Körper hinausgeht, so ist das aber auf wenige Millimeter beschränkt, sonst wird die hinausragende Umfangslage zu instabil gegen Abscheren. Die Dicke der Überdeckung kann je nach Ausführungsform geeignet gewählt werden. Gegebenenfalls kann die Überdeckung auch dünn  
5 ausgeführt sein.

Der Begriff „Umfangslage“ bezeichnet ein Schichtpaket aus Fasern, die mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse gewickelt wurden und nach Aushärten in eben dieser Ausrichtung  
10 verbleiben. In Umfangslagen sind die Fasern somit im Wesentlichen in tangentialer Richtung (senkrecht zur Rotationsachse umlaufend um den Wickeldorn) gewickelt, wodurch der entsprechende Körper gegen in tangentialer Richtung wirkende Kräfte gestärkt wird. Im Gegensatz dazu bezeichnen  
15 beispielsweise Helixlagen Schichtpakete aus Faserschichten, die mit einer Faserrichtung gewickelt wurden, die deutlich von der Faserrichtung in einer Umfangslage zu kleineren Faserwinkeln abweicht, beispielsweise haben Faser in solchen Helixlagen einen Faserwinkel weniger als 60 Grad zur vorgesehenen  
20 Rotationsachse. Als Faserwinkel wird der Winkel zwischen Rotationsachse und Faserausrichtung bezeichnet, wobei hier nicht zwischen den beiden möglichen Wickelrichtungen unterschieden wird, sodass der Faserwinkel immer den Betrag des Winkels unabhängig vom Wickelsinn darstellt.

Der erfindungsgemäße Rotationskörper stellt somit ein Bauteil bereit, das weiterhin mittels Abschneiden bearbeitet werden kann und bei dem das Risiko  
25 einer Beschädigung des Bauteils oder der umgebenden Komponenten durch im rotierenden Betrieb abgelöste Faserverbundmaterialien deutlich verringert wird.

In einer Ausführungsform umfasst der erste Körper zumindest eine Helixlage aus Fasern mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels kleiner 50 Grad zur  
30 Rotationsachse. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Faserwinkel in der Helixlage zwischen 13 Grad und 40 Grad. Die Faserrichtung in Helixlagen dient dazu, die Biegesteifigkeit des ersten Körpers und damit des Rotationskörpers zu erhöhen. Für Helixlagen werden zudem meist hochsteife Fasern, beispielsweise

sogenannte Pechfasern, verwendet. Dadurch kann die Dicke des Schichtpaketes aus übereinander gewickelten Faserschichten in der Helixlage gering gehalten werden.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform umfasst der erste Körper des Weiteren ein oder mehrere Umfangslagen aus Fasern mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels größer 80 Grad zur Rotationsachse. Diese Umfangslage verstärkt den Rotationskörper in tangentialer Richtung und zusätzlich führt die Überwicklung der Helixlage mit einer Umfangslage dazu, dass aus den Bereichen
- 10 in der Helixlage zwischen sich kreuzenden Faser überschüssiges Harz und eventuell vorhandene Luftblasen herausgepresst werden, was den Materialverbund im Faserverbundmaterial weiter deutlich verbessert. In einer weiteren Ausführungsform wird die Außenseite des ersten Körpers außerhalb des Schneidbereichs durch eine der Umfangslagen gebildet.

15

- In einer Ausführungsform verläuft die Verjüngung des ersten Körpers von der Außenseite zur Innenseite konisch, konvex oder konkav mit einem Schneidwinkel. Der Schneidwinkel bezeichnet dabei bei einer konischen Verjüngung den Winkel zwischen Schneidfläche und Innenseite des ersten Körpers. Bei einer konkaven
- 20 oder konvexen Verjüngung bezeichnet der Schneidwinkel den Winkel zwischen der Innenseite des ersten Körpers und der Schneidfläche am jeweiligen ersten oder zweiten Ende. Ein Schnitt zur Einkürzung des ersten Körpers, der senkrecht zur Rotationsachse ausgeführt ist, verhindert eine gute Verbindung des zweiten Faserverbundmaterials mit dem Faserverbundmaterial des ersten Körpers.
- 25 Insofern bietet ein konischer, konkaver oder konvexer Verlauf eine große Schnittfläche, über die eine gute Verbindung der Fasermaterialien der ersten und zweiten Körper ermöglicht wird. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt dafür der Schneidwinkel zwischen 10 Grad und 30 Grad.

- 30 In einer weiteren Ausführungsform besitzt der Rotationskörper eine Gesamtdicke senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse des Rotationskörpers, wobei die Dicke des ersten Körper außerhalb der Schneidbereiche nicht größer als 50% der Gesamtdicke, vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke, ist. Dadurch

wird eine zuverlässige Abdeckung der Schneidflächen gewährleistet

Die Gesamtdicke des Rotationskörpers kann je nach Ausführungsform für verschiedene Positionen entlang der Rotationsachse schwanken. Beispielsweise  
5 könnte der Rotationskörper nach außen hin auch eine lokale Aufdickung, eine ballige Form oder eine Form entlang der Rotationsachse einen mit einem konvexen oder konkaven Verlauf besitzen. In einer Ausführungsform besitzt der Rotationskörper eine Gesamtdicke senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse des Rotationskörpers, die über den gesamten Rotationskörper entlang der  
10 vorgesehenen Rotationsachse konstant ist.

Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auf einen Rotor mit einem erfindungsgemäßen Rotationskörper und einer oder mehreren Kraftübertragungskomponenten, die mit dem Rotationskörper zur Variation der  
15 Rotationsenergie des Rotationskörpers geeignet verbunden sind, wobei die Kraftübertragungskomponenten jeweils über eine Welle oder Zapfen geeignet gelagert sind und zumindest eine der Wellen oder Zapfen über einen Motor geeignet angetrieben werden kann. Die voranstehend beschriebenen Vorteile treffen gleichermaßen auch auf den entsprechend gestalteten Rotor zu. In einer  
20 Ausführungsform wird der Rotor als Welle oder Felge zum Betreiben von Maschinen oder Komponenten, vorzugsweise als Schiffswelle, Motorwelle, Getriebewelle, Welle in einer Druckmaschine oder als Rotor zum Speichern von Energie in einem Schwungradenergiespeicher, verwendet. Die voranstehend beschriebenen drehenden Rotationskörper sind universell zu Zwecken aller Art  
25 einsetzbar. Der Fachmann kann den erfindungsgemäßen Rotor im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch in anderen Anwendungen einsetzen.

Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Schwungradenergiespeicher mit ein oder mehreren jeweils von einem Maschinengehäuse umschlossenen  
30 erfindungsgemäßen Rotoren, wobei der Rotor über eine Motor-Generator-Einheit zum Speichern von elektrischer Energie beschleunigt und zur Abgabe von elektrischer Energie abgebremst werden kann.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Rotationskörpers umfassend die Schritte:

- 5 (a) Herstellen eines hohlförmigen Grundkörpers zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial ohne Schneidbereich mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse hin gerichteten Innenseite und einer entgegengesetzten Außenseite auf einem ersten Wickelkörper mittels eines geeigneten Wickelverfahrens;
- (b) Verfestigung des Faserverbundmaterials des Grundkörpers und Entfernen des ersten Wickelkörpers vom Grundkörper;
- 10 (c) Zerschneiden des Grundkörpers an den gewünschten ersten und/oder zweiten Enden des ersten Körpers zur Herstellung des ersten Körpers mit einer gewünschten Länge, wodurch am ersten Körper Schneidflächen in den jeweils an die ersten und/oder zweiten Enden abgrenzenden Schneidbereichen, die sich von der Außenseite zur Innenseite zum  
15 jeweiligen Ende hin verjüngen, erzeugt werden;
- (d) Einspannen des ersten Körpers in einen als Kavität ausgestalteten zweiten Wickelkörper;
- (e) Herstellen des Rotationskörpers mittels Überwickeln des ersten Körpers mit einer Umfangslage aus einem zweiten Faserverbundmaterial aus Fasern mit  
20 einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse des Rotationskörpers zur Bildung eines zweiten Körpers, sodass der zweite Körper zumindest alle Schneidbereiche der Außenseite des ersten Körper zumindest senkrecht zur Rotationsachse gesehen überdeckt; und
- 25 (f) Verfestigen des zweiten Faserverbundmaterials und Entfernen des zweiten Wickelkörpers.

Der erste Wickelkörper bezeichnet hierbei die formvorgebende Unterlage für den darauf gewickelten Körper (hier erster und zweiter Körper). Die Form des  
30 Wickelkörpers bestimmt damit die spätere Form der Innenseite des darauf gewickelten Körpers. Die Verfestigung der Fasern und Faserlagen erfolgt beispielsweise bei reaktiven Systemen wie Duomeren durch Aushärtung und bei anderen Systemen beispielweise auch durch Abkühlung. Der Begriff Verfestigung

kann beispielsweise ein Vernetzen oder Teilvernetzen der Fasern oder Faserlagen bezeichnen. Bei den Schritten (a) und/oder (e) kann in einer Ausführungsform zusätzlich ein Zwischenhärtungsschritt für die bereits gewickelten Faserlagen durchgeführt werden. Das Verfestigen des zweiten Faserverbundmaterials bezeichnet einerseits ein Verfestigen innerhalb des zweiten Faserverbundmaterials als auch ein Verfestigen mit den obersten Lagen des Faserverbundmaterials des ersten Körpers.

In einer weiteren Ausführungsform wird zwischen den Schritten (b) und (c) ein zusätzlicher Schritt des Vorbereitens der Außenseite des ersten Körpers für die nachfolgenden Verfahrensschritte erfolgen, beispielsweise mittels Aufrauen oder anderer Techniken wie beispielsweise das Entfernen eines Abreißgewebes (Peel Ply). Dieser Schritt dient der verbesserten Verbindung (beispielsweise Vernetzung) des zweiten Körpers mit dem ersten Körper.

Der zweite Wickelkörper besitzt zu den bereits voranstehend für den ersten Wickelkörper beschriebenen Eigenschaften an den jeweils vorgesehenen Wickelenden Anschläge, die zueinander meist parallel ausgerichtet sind, sodass der zweite Wickelkörper durch diese Anschläge den umwickelbaren Raum entlang der Rotationsachse limitiert. Der Radius der Anschläge definiert zusätzlich die maximale Dicke des mit dem zweiten Wickelkörper herstellbaren Rotationskörpers in diesem Bereich. Der Abstand der Anschläge ist dabei so gestaltet, dass der erste Körper zumindest zwischen diesen Anschlägen angeordnet werden kann. In einer Ausführungsform entspricht der Abstand zwischen den Anschlägen genau der Gesamtlänge des geschnittenen ersten Körpers parallel zur Rotationsachse. Ein Wickelkörper mit Anschlägen wird auch als Kavität bezeichnet.

In einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst der Schritt des Herstellens des Grundkörpers die Schritte eines Wickelns zumindest einer Helixlage aus Fasern mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels kleiner 50 Grad zur Rotationsachse und ein zusätzliches Wickeln ein oder mehrerer Umfangslagen aus Fasern mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels größer 80 Grad

zur Rotationsachse auf die Helixlage. In einer Ausführungsform kann das Wickeln so durchgeführt werden, dass sowohl an der Innenseite als auch an der Außenseite des Grundkörpers jeweils eine Helixlage angeordnet ist. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Wickeln so durchgeführt, dass an der  
5 Außenseite des Grundkörpers eine der Umfangslagen angeordnet ist.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der Schritt des Herstellens des Rotationskörpers mittels Überwickeln des ersten Körpers so durchgeführt, dass der so hergestellte Rotationskörper eine Gesamtdicke senkrecht zur  
10 vorgesehenen Rotationsachse des Rotationskörpers besitzt, wobei die Dicke des ersten Körpers nicht größer als 50% der Gesamtdicke, vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke, ist. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Überwickeln dabei so durchgeführt, dass die Gesamtdicke über den gesamten Rotationskörper entlang der vorgesehenen Rotationsachse konstant ist. Die  
15 Gesamtdicke des Rotationskörpers kann in anderen Ausführungsformen für verschiedene Positionen entlang der Rotationsachse auch schwanken. Beispielsweise könnte der Rotationskörper nach außen hin auch eine lokale Aufdickung, eine ballige Form oder eine Form entlang der Rotationsachse einen mit einem konvexen oder konkaven Verlauf besitzen.

20 In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens besitzt der zweite Wickelkörper eine Länge, die über die ersten und/oder zweiten Enden des ersten Körpers nicht mehr als wenige Millimeter (weniger als 1 cm) hinausragt, so dass das Überwickeln des ersten Körpers so durchgeführt wird, dass der erste Körper über  
25 seine ersten und/oder zweiten Enden parallel zur vorgesehenen Rotationsachse hinaus überwickelt wird. Der Begriff „wenige Millimeter“ beschränkt den entsprechenden Bereich auf unter 1 cm.

### 30 **Kurze Beschreibung der Abbildungen**

Diese und andere Aspekte der Erfindung werden im Detail in den Abbildungen wie folgt gezeigt.

- Fig.1: eine Ausführungsform des ersten Körpers (a) in Draufsicht auf das erste Ende und (b) im seitlichen Schnitt;
- Fig.2: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers (a) in Draufsicht auf das erste Ende und (b) im seitlichen Schnitt;
- 5 Fig.3: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers im seitlichen Schnitt mit Faserlagen im ersten und zweiten Körper;
- Fig.4: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers in Draufsicht mit schematisch dargestellten Faserverläufen (Faser, Faserrichtung, Faserwinkel) in den ersten und zweiten Körpern;
- 10 Fig.5: eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers (a) in Draufsicht auf das erste Ende und (b) im seitlichen Schnitt (Ausschnitt);
- Fig.6: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors im seitlichen Schnitt;
- 15 Fig.7: eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schwungradenergiespeichers;
- Fig.8: eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotationskörpers;

20

### **Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele**

- Fig.1 zeigt eine Ausführungsform des ersten Körpers 2 (a) in Draufsicht auf das erste Ende 21 und (b) im seitlichen Schnitt. Der erste Körper 2 ist ein solider Körper mit einem ersten und einem zweiten Ende 21, 22 mit einer zur
- 25 vorgesehenen Rotationsachse R hin gerichteten Innenseite 2i und einer entgegengesetzten Außenseite 2a. Hierbei verjüngt sich der erste Körper 2 in einem Schneidbereich 23, der jeweils an das erste und zweite Ende 21, 22 angrenzt entlang einer Schneidfläche 24 von der Außenseite 2a zur Innenseite 2i zum jeweiligen Ende 21, 22 hin. Die hier gezeigte Verjüngung des ersten Körpers
- 30 2 von der Außenseite 2a zur Innenseite 2i ist konisch ausgestaltet. In anderen Ausführungsformen könnte sie aber auch konkav oder konvex mit einem Schneidwinkel SW an den jeweiligen ersten und/oder zweiten Enden verlaufen. Der Schneidwinkel SW zwischen Schneidfläche 24 und Innenfläche 2i an

jeweiligen ersten und zweiten Ende kann dabei unabhängig von der weiteren Formverlauf der Schneidfläche 24 zwischen 10 Grad und 30 Grad betragen. Der Rotationskörper 1 ist dabei zur Rotation um eine Rotationsachse R vorgesehen und bildet einen Teil der Mantelfläche des späteren Rotors 10. Der erste Körper 2 besteht aus Faserverbundmaterial und wird mit einem Wickelverfahren hergestellt. Dabei entsteht der erste Körper 2 aus dem gewickelten Fasermaterial um einen Wickelkörper herum, wobei der Wickelkörper einen äußeren Durchmesser DW hat. Der Wickelkörper wird nach Fertigstellung des ersten Körpers 2 entfernt und ist somit hier nicht gezeigt. Die innere Form des ersten Körpers 2 wird durch den Wickelkörper bestimmt und ist hier ein Hohlzylinder mit einer Zylinderinnenseite als die Innenseite 2i und einer Zylinderaußenseite als die Außenseite 2a, der einen Durchmesser gleich dem Durchmesser DW des ersten Wickelkörpers besitzt. Die Zylinderachse entspricht der vorgesehenen Rotationsachse R. Die Dicke D1 des ersten Körpers 2 ist die Dicke außerhalb der Schneidbereiche 23. In Fig.1(a) ist die Draufsicht auf das erste Ende 21 gezeigt, sodass von ersten Körper 2 in dieser Draufsicht nur die konisch zulaufende Schneidfläche 24 sichtbar ist. Die Länge L des ersten Körpers bildet in den Ausführungsformen, wo die ersten und/oder zweiten Enden zur Bildung des zweiten Körpers nicht überwickelt sind, die Gesamtlänge des Rotationskörpers 1.

20

Fig.2 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1 (a) in Draufsicht auf das erste Ende 21 und (b) im seitlichen Schnitt. Bezüglich des grau unterlegten ersten Körpers 2 wird auf Fig.1 verwiesen. Der gegenüber Fig.1 zusätzliche zweite Körper 3 ist ein ebenfalls aus einem zweiten Faserverbundmaterial gewickelter Körper 3, der so auf den ersten Körper 2 gewickelt ist, dass der zweite Körper 3 zumindest den Schneidbereich 23 und die Außenseite 2a des ersten Körper 2 zumindest senkrecht zur Rotationsachse R gesehen überdeckt. Die Dicke D2 des zweiten Körpers 3 ist die Dicke außerhalb der Schneidbereiche 23. In Fig.2(a) ist die Draufsicht auf das erste Ende 21 gezeigt, wobei durch die Überwicklung der Schneidflächen 24 durch das Faserverbundmaterial des zweiten Körpers 3 im Gegensatz zu Fig.1 nun nicht mehr der erste Körper 2 sichtbar ist, sondern nur der über die Schneidflächen 24 gewickelte zweite Körper 3. Die Länge L des zweiten Körpers 3 bildet die Länge

30

des Rotationskörpers 1, die hier gleich der Länge L des ersten Körpers 2 ist.

Fig.3 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1 im seitlichen Schnitt mit Faserlagen im ersten und zweiten Körper 2,3 als Beispiel im Bereich des ersten Endes 21. Der erste Körper 2 umfasst grundsätzlich mindestens eine Helixlage H1, in dieser Ausführungsform zwei Helixlagen H1, die zumindest außerhalb des Schneidbereichs 23 jeweils von einer Umfangslage U1 überwickelt sind. Der zweite Körper 3 ist hier vollständig aus Umfangslagen gebildet. Der Rotationskörper 1 besitzt dabei eine Gesamtdicke D senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse R des Rotationskörpers 1, wobei die Dicke D1 des ersten Körper 2 außerhalb der Schneidbereiche 23 bis zu 95% der Gesamtdicke betragen kann. In anderen Ausführungsformen ist die Dicke D1 beispielsweise nicht größer als 50% der Gesamtdicke D, vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke D, ist. In den in den Figuren 1 – 3 gezeigten Ausführungsformen besitzt der Rotationskörper 1 eine Gesamtdicke D senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse R des Rotationskörpers, die über den gesamten Rotationskörper 1 entlang der vorgesehenen Rotationsachse R konstant ist. Entsprechend steigt die Dicke D2 des zweiten Körpers 3 über dem Schneidbereich 23 entsprechend zur Abnahme der Dicke D1 des ersten Körpers im Schneidbereich 23. Die Gesamtdicke des Rotationskörpers kann in anderen Ausführungsformen für verschiedene Positionen entlang der Rotationsachse auch schwanken. Beispielsweise könnte der Rotationskörper nach außen hin auch eine lokale Aufdickung, eine ballige Form oder eine Form entlang der Rotationsachse einen mit einem konvexen oder konkaven Verlauf besitzen.

25

Fig.4 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1 in Draufsicht mit schematisch dargestellten Faserverläufen (Faser, Faserrichtung, Faserwinkel) in den ersten und zweiten Körpern 2, 3. Hier sind aus Übersichtsgründen lediglich einzelne wenige Fasern exemplarisch für die Fasern in den jeweiligen Faserlagen gezeigt. Die Helixlage(n) H1 im ersten Körper 2 wird (werden) aus Fasern F1H mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels FW1H kleiner 50 Grad zur Rotationsachse R gebildet. Vorzugsweise liegt der Faserwinkel FW1H der Helixlagen H1 zwischen 13 Grad und 40 Grad. Die

30

Umfangslagen U1 und U2 werden aus Fasern F1U und F2 mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels FW1U und FW2 mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse R gebildet.

- 5 Fig.5 zeigt eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1 (a) in Draufsicht auf das erste Ende 21 und (b) im seitlichen Schnitt (Ausschnitt) im Bereich des ersten Endes 21. In dieser Ausführungsform besitzt der erste Körper 2 zwei unterschiedliche Schneidflächen, die in den Figuren 1 – 3 gezeigte Schneidfläche 24 und zusätzlich eine innere Schneidfläche
- 10 25, die in Richtung der Schneidfläche 24 verläuft und mit ihr an einer Berührungskante 26 zusammenstößt. Die innere Schneidfläche 25 weitet dabei die Innenseite 2i auf. Der zweite Körper überwickelt hier, wie auch in den Figuren 2 und 3 gezeigt die Schneidfläche 14, nicht aber die innere Schneidfläche 25. Auf eine Überwicklung der inneren Schneidfläche 25 kann verzichtet werden. Zwar
- 15 können an der inneren Schneidfläche 25 ebenso wie bei der Schneidfläche 24 freie Faserenden in den Schneidflächen vorliegen. Im Gegensatz zur der nach außen gerichteten Schneidfläche 24 führen die Fliehkräfte aufgrund der Rotation bei der inneren Schneidfläche 25 dazu, dass die freien Faserenden in die innere Schneidfläche 25 hineingedrückt werden und es so eben nicht zu
- 20 Faserausbrüchen der freien Faserenden bei Benutzung des Rotationskörpers als rotierende Komponente kommen kann. Somit kann eine innere Schneidkante wie in Fig.5 gezeigt ohne Überwicklung im erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1 toleriert werden. In der Draufsicht in Fig.5(a) ist daher weiterhin die Schneidfläche 24 analog zu der Fig.2 nicht sichtbar, dagegen ist die innere Schneidfläche (hier
- 25 grau dargestellt) sichtbar.

- Fig.6 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors 10 im seitlichen Schnitt. Der Rotor 10 umfasst einen erfindungsgemäßen Rotationskörper 1 (Details siehe die vorangegangenen Figuren) und eine oder mehrere
- 30 Kraftübertragungskomponenten 11 (hier zwei Kraftübertragungskomponenten 11), die mit dem Rotationskörper 1 zur Variation der Rotationsenergie des Rotationskörpers 1 geeignet verbunden sind, beispielsweise mittels Kleben, Verpressen oder Verschrauben. Die beiden Kraftübertragungskomponenten 11

sind über eine Welle 12 (gestrichelt dargestellt) oder jeweilige separate Zapfen 12 geeignet in jeweiligen Lagern 14 gelagert. Die Welle 12 oder zumindest einer der Zapfen 12 werden über einen Motor 13 zumindest geeignet angetrieben.

- 5 Fig.7 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schwungradenergiespeichers 100. Der Schwungradenergiespeicher 100 umfasst ein oder mehrere jeweils von einem Maschinengehäuse (hier nicht explizit gezeigt) umschlossenen Rotoren 10, wobei der Rotor 10 beziehungsweise der Rotationskörper 1 über eine Motor-Generator-
- 10 Einheit 13 des Schwungradenergiespeichers 100 zum Speichern von elektrischer Energie beschleunigt und zur Abgabe von elektrischer Energie abgebremst werden kann.

- Fig.8 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur
- 15 Herstellung des erfindungsgemäßen Rotationskörpers 1. Das Verfahren umfasst die Schritte (a) des Herstellens HG eines hohlförmigen Grundkörpers G zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial FVM ohne Schneidbereich mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse R hin gerichteten Innenseite 2i und einer entgegengesetzten Außenseite 2a auf einem ersten Wickelkörper W1 mittels
- 20 eines geeigneten Wickelverfahrens; (b) des Verfestigens V1 des Faserverbundmaterials des Grundkörpers und des Entfernens E1 des ersten Wickelkörpers W1 vom Grundkörper; (c) des Zerschneidens Z des Grundkörpers G an den gewünschten ersten und/oder zweiten Enden 21, 22 des ersten Körpers 1 zur Herstellung des ersten Körpers 2 mit einer gewünschten Länge L, wodurch
- 25 am ersten Körper 1 Schneidflächen 24 in den jeweils an die ersten und/oder zweiten Enden 21, 22 abgrenzenden Schneidbereichen 23 erzeugt werden und (d) des Einspannens ES des ersten Körpers in einen als Kavität ausgestalteten zweiten Wickelkörper W2. In einer Ausführungsform kann dabei zwischen den Schritten (b) und (d) ein zusätzlicher Schritt des Vorbereitens VA der Außenseite
- 30 des ersten Körpers 2 für die nachfolgenden Verfahrensschritte erfolgen, beispielsweise mittels Aufrauen oder anderer Techniken wie beispielsweise das Entfernen eines Abreißgewebes (Peel Ply). Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst des Weiteren die Schritte (e) des Herstellens HR des Rotationskörpers 1

- mittels Überwickeln des ersten Körpers 2 mit einer Umfangslage U2 aus einem zweiten Faserverbundmaterial aus Fasern F2 mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels FW2 mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse R des Rotationskörpers 1 zur Bildung eines zweiten Körpers 2 so, dass der zweite Körper 3 zumindest alle Schneidbereiche 23 der Außenseite 2a des ersten Körper 2 zumindest senkrecht zur Rotationsachse R gesehen überdeckt; und (f) des Verfestigens V2 des zweiten Faserverbundmaterials und des Entfernens E2 des zweiten Wickelkörpers W2.
- 10 In einer Ausführungsform kann dabei der Schritt des Herstellens HG des Grundkörpers die Schritte eines Wickelns zumindest einer Helixlage H1 aus Fasern F1H mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels FW1H kleiner 50 Grad zur Rotationsachse R und ein zusätzliches Wickeln ein oder mehrerer Umfangslagen U1 aus Fasern F1U mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels FW1U größer 80 Grad zur Rotationsachse R auf die Helixlage H1 umfassen. Vorzugsweise wird das Wickeln so durchgeführt, dass an der Außenseite 2a des Grundkörpers G eine der Umfangslagen U1 angeordnet ist. In einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Herstellens HR des Rotationskörpers 1 mittels Überwickeln des ersten Körpers 2 so durchgeführt werden, dass der so hergestellte Rotationskörper 1 eine Gesamtdicke D senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse R des Rotationskörpers 1 besitzt, wobei die Dicke D1 des ersten Körpers 2 nicht größer als 50% der Gesamtdicke D, vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke D ist. Vorzugsweise wird das Überwickeln dabei so durchgeführt, dass die Gesamtdicke D über den gesamten Rotationskörper 1 entlang der vorgesehenen Rotationsachse R konstant ist. Die Gesamtdicke des Rotationskörpers kann in anderen Ausführungsformen für verschiedene Positionen entlang der Rotationsachse auch schwanken. Beispielsweise könnte der Rotationskörper nach außen hin auch eine lokale Aufdickung, eine ballige Form oder eine Form entlang der Rotationsachse einen mit einem konvexen oder konkaven Verlauf besitzen. In einer weiteren Ausführungsform besitzt der zweite Wickelkörper W2 eine Länge LW2, die über die ersten und/oder zweiten Enden 21, 22 des ersten Körpers 2 nicht mehr als wenige Millimeter hinausragt, so dass das Überwickeln des ersten Körpers 2 so

durchgeführt wird, dass der erste Körper 2 über seine ersten und/oder zweiten Enden 21, 22 parallel zur vorgesehenen Rotationsachse R hinaus überwickelt wird.

- 5 Die hier gezeigten Ausführungsformen stellen nur Beispiele für die vorliegende Erfindung dar und dürfen daher nicht einschränkend verstanden werden. Alternative, durch den Fachmann in Erwägung gezogene Ausführungsformen sind gleichermaßen vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung umfasst.

## LISTE DER BEZUGSZEICHEN

	1	Rotationskörper
	2	erster Körper
5	2a	Außenseiten des ersten Körpers
	2i	Innenseite des ersten Körpers
	21	erstes Ende des ersten Körpers
	22	zweites Ende des ersten Körpers
	23	Schneidbereich angrenzend an erste / zweite Enden
10	24	Schneidfläche im Schneidbereich
	25	innere Schneidfläche
	26	Berührungskante zwischen innerer Schneidfläche und Schneidfläche 24 (äußere Schneidfläche)
	3	zweiter Körper
15	10	Rotor
	11	Kraftübertragungskomponente, Nabe
	12	Welle oder Zapfen
	13	Motor zum Antrieb des Rotors, Motor-Generator-Einheit
	14	Lager
20	100	Schwungradenergiespeicher
	D	Dicke des Rotationskörpers senkrecht zu Rotationsachse
	D1	Dicke des ersten Körpers senkrecht zu Rotationsachse
	D2	Dicke des zweiten Körpers senkrecht zu Rotationsachse
25	DW	Durchmesser des ersten Wickelkörpers
	E1	Entfernen des ersten Wickelkörpers
	E2	Entfernen des zweiten Wickelkörpers
	ES	Einspannen des ersten Körpers in den zweiten Wickelkörper
	F1H	Fasern in der Helixlage(n) des ersten Körpers
30	F1U	Fasern in der Umfangslage(n) des ersten Körpers
	F2	Faser in den Umfangslagen des zweiten Körpers
	FW1H	Faserwinkel der Fasern F1H
	FW1U	Faserwinkel der Fasern F1U

	FW2	Faserwinkel der Fasern F2
	G	Grundkörper
	H1	Helixlage des ersten Körpers
	HG	Herstellen des Grundkörpers
5	HR	Herstellen des Rotationskörpers
	L	Länge des ersten Körpers
	R	(vorgesehene) Rotationsachse
	SA	Speichern oder Abgabe von Energie
	SW	Schneidwinkel
10	U1	Umfangslage(n) des ersten Körpers
	U2	Umfangslagen des zweiten Körpers
	V1	Verfestigen des Faserverbundmaterials des Grundkörpers
	V2	Verfestigen des zweiten Faserverbundmaterials
	VA	Vorbereiten der Außenseite des ersten Körpers
15	W1	erster Wickelkörper
	W2	zweiter Wickelkörper
	Z	Zerschneiden des Grundkörpers

## Patentansprüche

1. Ein Rotationskörper (1) umfassend einen zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial gewickelten hohlförmigen ersten Körper (2) mit einem  
5 ersten und zweiten Ende (21, 22) und mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse (R) hin gerichteten Innenseite (2i) und einer entgegengesetzten Außenseite (2a), wobei sich der erste Körper (2) zumindest in einem Schneidbereich (23) angrenzend zumindest an einem der ersten oder zweiten Enden (21, 22) entlang einer Schneidfläche (24) von  
10 der Außenseite (2a) zur Innenseite (2i) zum jeweiligen Ende (21, 22) hin verjüngt, und einen aus einem zweiten Faserverbundmaterial gewickelten zweiten Körper (3) aus einer Umfangslage (U2) aus Fasern (F2) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW2) mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse (R), die so auf den ersten Körper (2)  
15 gewickelt sind, dass der zweite Körper (3) zumindest alle Schneidbereiche (23) der Außenseite (2a) des ersten Körper (2) zumindest senkrecht zur Rotationsachse (R) gesehen überdeckt, ohne selber durch einen Schneidprozess abgelängt zu werden.
- 20 2. Der Rotationskörper (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der erste Körper (2) zumindest eine Helixlage (H1) aus Fasern (F1H) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW1H) kleiner 50 Grad zur Rotationsachse (R), vorzugsweise ist der Faserwinkel (FW1H) zwischen  
25 13 Grad und 40 Grad, umfasst.
3. Der Rotationskörper (1) nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der erste Körper (1) des Weiteren ein oder mehrere Umfangslagen  
30 (U1) aus Fasern (F1U) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW1U) größer 80 Grad zur Rotationsachse (R) umfasst.
4. Der Rotationskörper (1) nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Außenseite (2a) des ersten Körpers (2) außerhalb des Schneidbereichs (23) durch eine der Umfangslagen (U1) gebildet wird.

- 5 5. Der Rotationskörper (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Verjüngung des ersten Körpers (2) von der Außenseite (2a) zur Innenseite (2i) konisch, konkav oder konvex mit einem Schneidwinkel (SW) verläuft.

10

6. Der Rotationskörper (1) nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Schneidwinkel (SW) zwischen 10 Grad und 30 Grad liegt.

- 15 7. Der Rotationskörper (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Rotationskörper (1) eine Gesamtdicke (D) senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse (R) des Rotationskörpers (1) besitzt, wobei die Dicke (D1) des ersten Körper (2) außerhalb der Schneidbereiche (23)  
20 nicht größer als 50% der Gesamtdicke (D), vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke (D), ist.

8. Der Rotationskörper (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
25 dass der Rotationskörper (1) eine Gesamtdicke (D) senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse (R) des Rotationskörpers besitzt, die über den gesamten Rotationskörper (1) entlang der vorgesehenen Rotationsachse (R) konstant ist.

- 30 9. Ein Rotor (10) mit einem Rotationskörper (1) nach Anspruch 1 und einer oder mehreren Kraftübertragungskomponenten (11), die mit dem Rotationskörper (1) zur Variation der Rotationsenergie des Rotationskörpers (1) geeignet verbunden sind, wobei die Kraftübertragungskomponenten (11)

jeweils über eine Welle (12) oder Zapfen (12) geeignet gelagert sind und zumindest eine der Wellen (12) oder Zapfen (12) über einen Motor (13) zumindest geeignet angetrieben werden kann.

- 5 10. Ein Schwungradenergiespeicher (100) mit ein oder mehreren jeweils von einem Maschinengehäuse umschlossenen Rotoren (10) nach Anspruch 9, wobei der Rotor (10) über eine Motor-Generator-Einheit (13) zum Speichern von elektrischer Energie beschleunigt und zur Abgabe von elektrischer Energie abgebremst werden kann.
- 10
11. Ein Verfahren zur Herstellung eines Rotationskörpers (1) nach Anspruch 1, umfassend die Schritte:
- (a) Herstellen (HG) eines hohlförmigen Grundkörpers (G) zumindest teilweise aus Faserverbundmaterial ohne Schneidbereich mit einer zur vorgesehenen Rotationsachse (R) hin gerichteten Innenseite (2i) und einer entgegengesetzten Außenseite (2a) auf einem ersten Wickelkörper (W1) mittels eines geeigneten Wickelverfahrens;
- 15
- (b) Verfestigen (V1) des Faserverbundmaterials des Grundkörpers und Entfernen (E1) des ersten Wickelkörpers (W1) vom Grundkörper;
- 20
- (c) Zerschneiden (Z) des Grundkörpers (G) an den gewünschten ersten und/oder zweiten Enden (21, 22) des ersten Körpers (1) zur Herstellung des ersten Körpers (2) mit einer gewünschten Länge (L), wodurch am ersten Körper (1) Schneidflächen (24) in den jeweils an die ersten und/oder zweiten Enden (21, 22) abgrenzenden Schneidbereichen (23), die sich von der Außenseite (2a) zur Innenseite (2i) zum jeweiligen Ende (21, 22) hin verjüngen, erzeugt werden;
- 25
- (d) Einspannen (ES) des ersten Körpers in einen als Kavität ausgestalteten zweiten Wickelkörper (W2);
- (e) Herstellen (HR) des Rotationskörpers (1) mittels Überwickeln des ersten Körpers (2) mit einer Umfangslage (U2) aus einem zweiten Faserverbundmaterial aus Fasern (F2) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW2) mit mehr als 80 Grad zur vorgesehenen Rotationsachse (R) des Rotationskörpers (1) zur Bildung eines zweiten
- 30

- Körpers (2), sodass der zweite Körper (3) zumindest alle Schneidbereiche (23) der Außenseite (2a) des ersten Körper (2) zumindest senkrecht zur Rotationsachse (R) gesehen überdeckt; und
- (f) Verfestigen (V2) des zweiten Faserverbundmaterials und Entfernen (E2) des zweiten Wickelkörpers (W2).
- 5
12. Das Verfahren nach Anspruch 11, wobei zwischen den Schritten (b) und (d) ein zusätzlicher Schritt des Vorbereitens (VA) der Außenseite des ersten Körpers (2) für die nachfolgenden Verfahrensschritte erfolgt, vorzugsweise
- 10 mittels Aufrauen der Außenseite oder mittels Entfernen eines Abreißgewebes.
13. Das Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Schritt des Herstellens (HG) des Grundkörpers die Schritte eines Wickelns zumindest einer
- 15 Helixlage (H1) aus Fasern (F1H) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW1H) kleiner 50 Grad zur Rotationsachse (R) und ein zusätzliches Wickeln ein oder mehrerer Umfangslagen (U1) aus Fasern (F1U) mit einer Faserrichtung entlang eines Faserwinkels (FW1U) größer 80
- 20 Grad zur Rotationsachse (R) auf die Helixlage (H1) umfasst, vorzugsweise wird das Wickeln so durchgeführt, dass an der Außenseite (2a) des Grundkörpers (G) eine der Umfangslagen (U1) angeordnet ist
14. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei der Schritt des Herstellens (HR) des Rotationskörpers (1) mittels Überwickeln des ersten
- 25 Körpers (2) so durchgeführt wird, dass der so hergestellte Rotationskörper (1) eine Gesamtdicke (D) senkrecht zur vorgesehenen Rotationsachse (R) des Rotationskörpers (1) besitzt, wobei die Dicke (D1) des ersten Körpers (2) nicht größer als 50% der Gesamtdicke (D), vorzugsweise nicht größer als 35% der Gesamtdicke (D), ist, vorzugsweise wird das Überwickeln dabei so
- 30 durchgeführt, dass die Gesamtdicke (D) über den gesamten Rotationskörper (1) entlang der vorgesehenen Rotationsachse (R) konstant ist.
15. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der zweite

Wickelkörper (W2) eine Länge (LW2) besitzt, die über die ersten und/oder zweiten Enden (21, 22) des ersten Körpers (2) nicht mehr als wenige Millimeter hinausragt, so dass das Überwickeln des ersten Körpers (2) so durchgeführt wird, dass der erste Körper (2) über seine ersten und/oder  
5 zweiten Enden (21, 22) parallel zur vorgesehenen Rotationsachse (R) hinaus überwickelt wird.

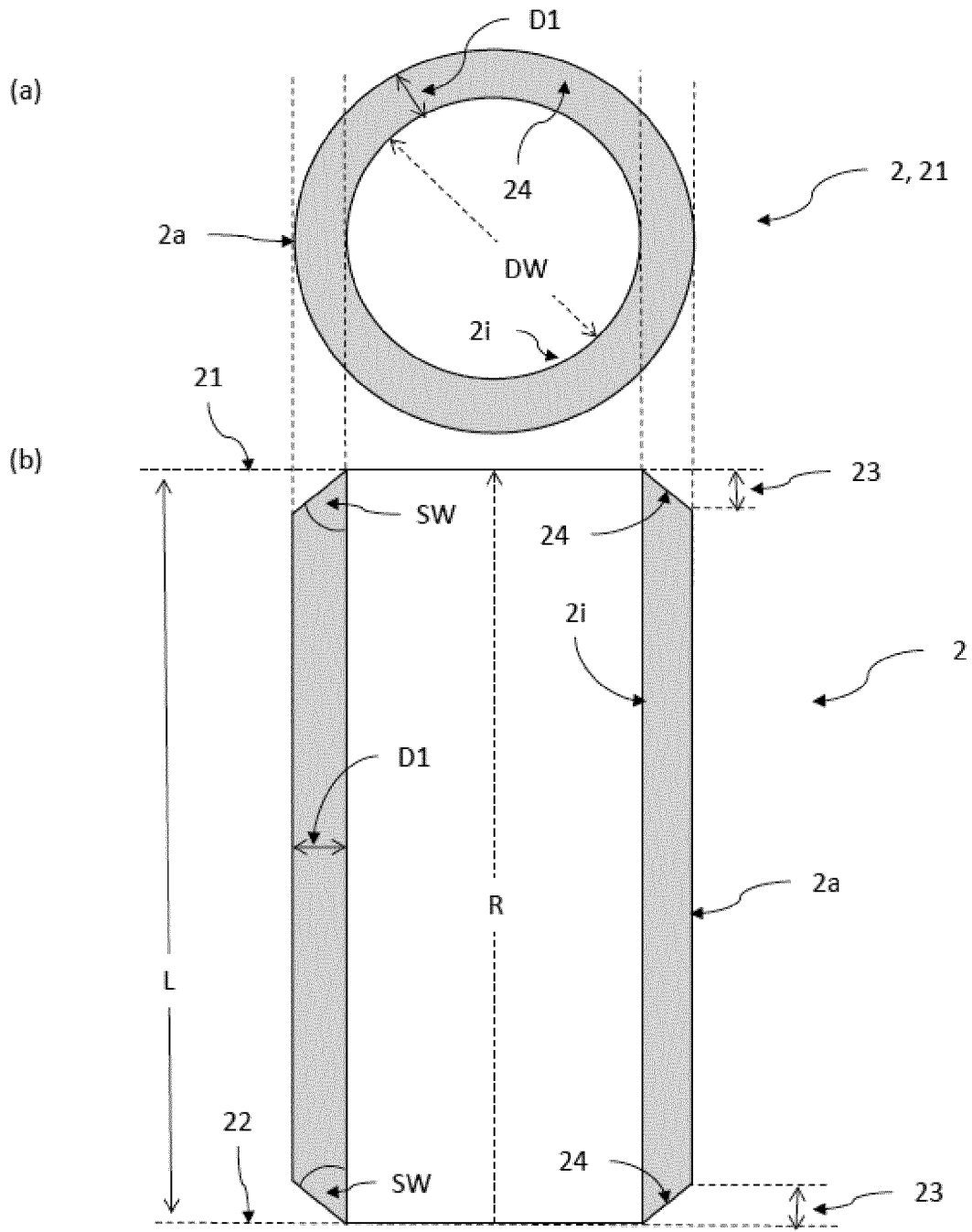


FIG.1

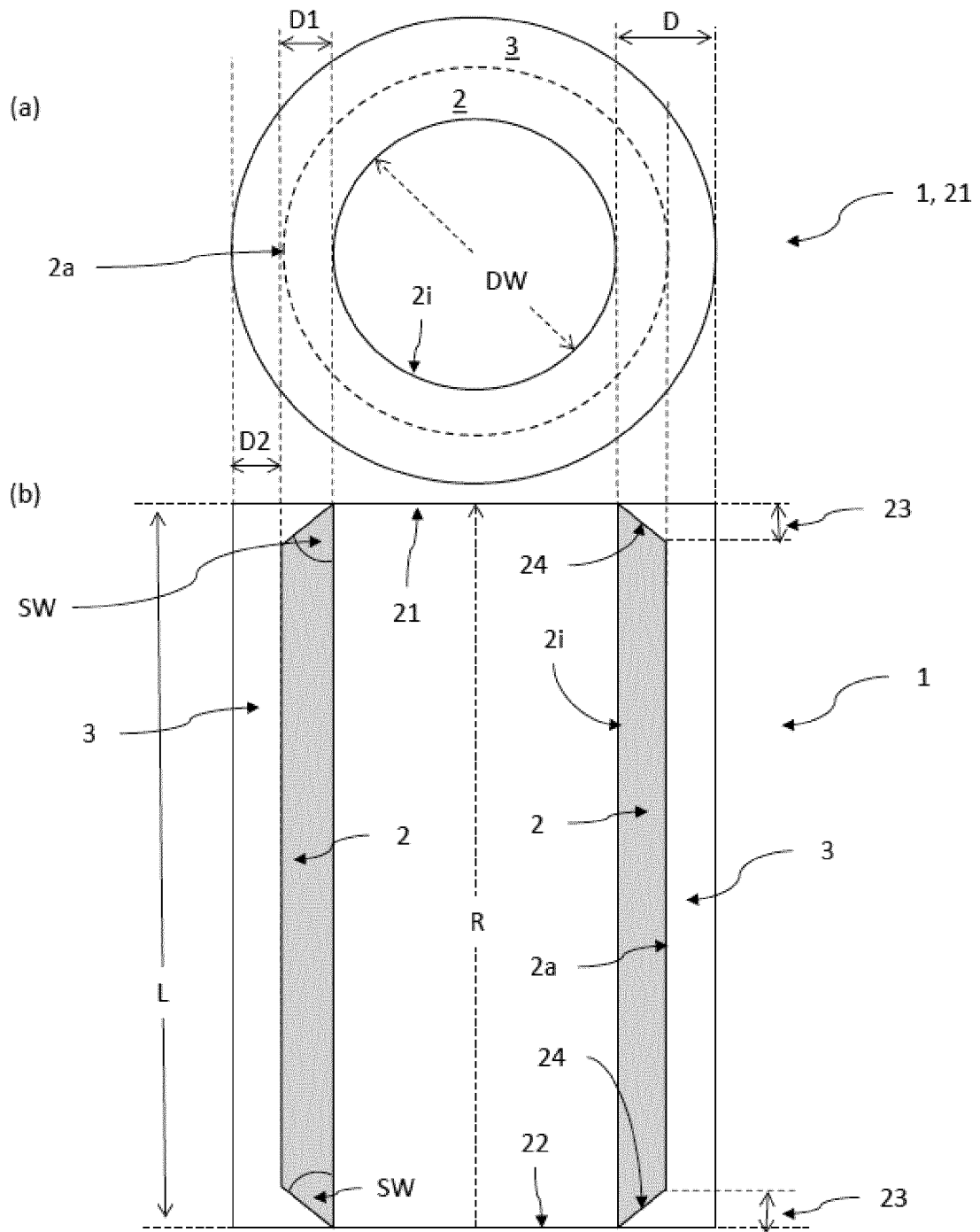


FIG.2

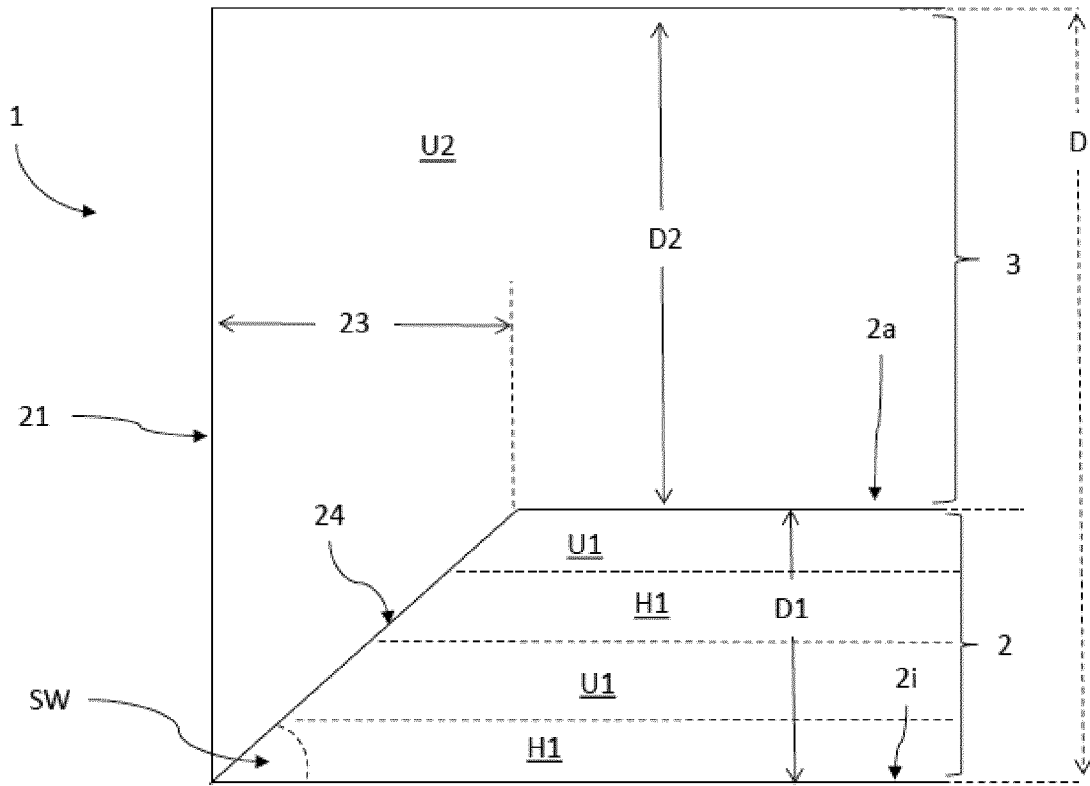


FIG. 3

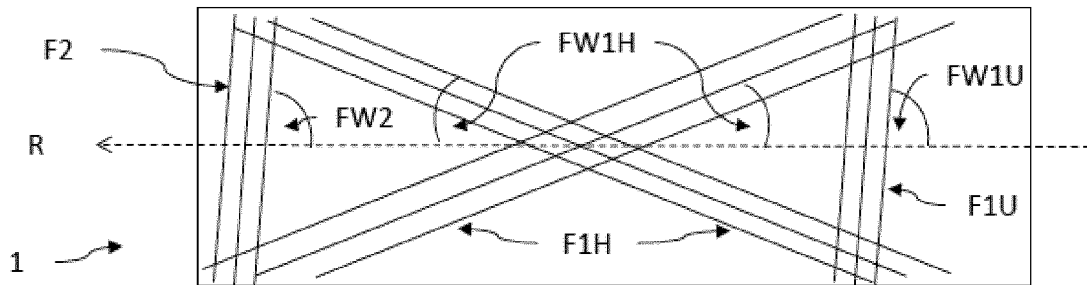


FIG. 4

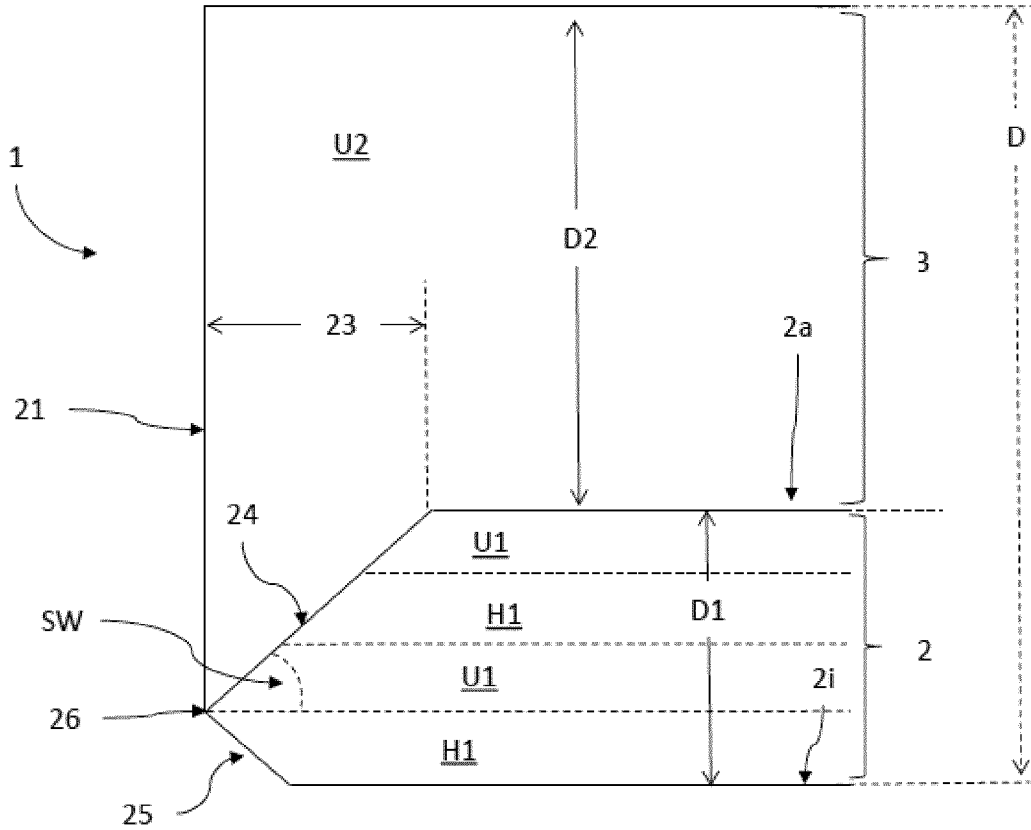
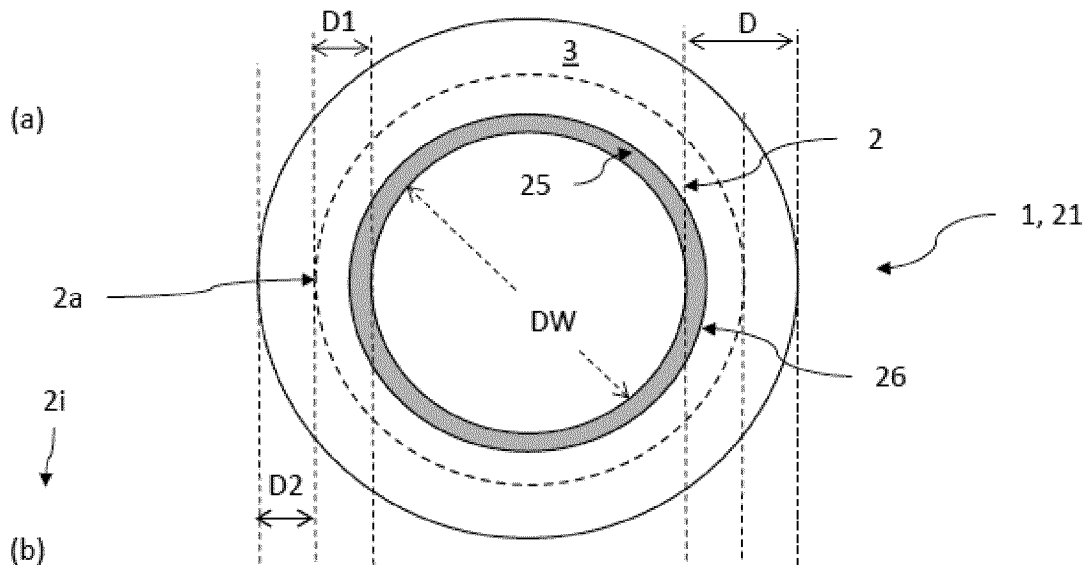


FIG.5

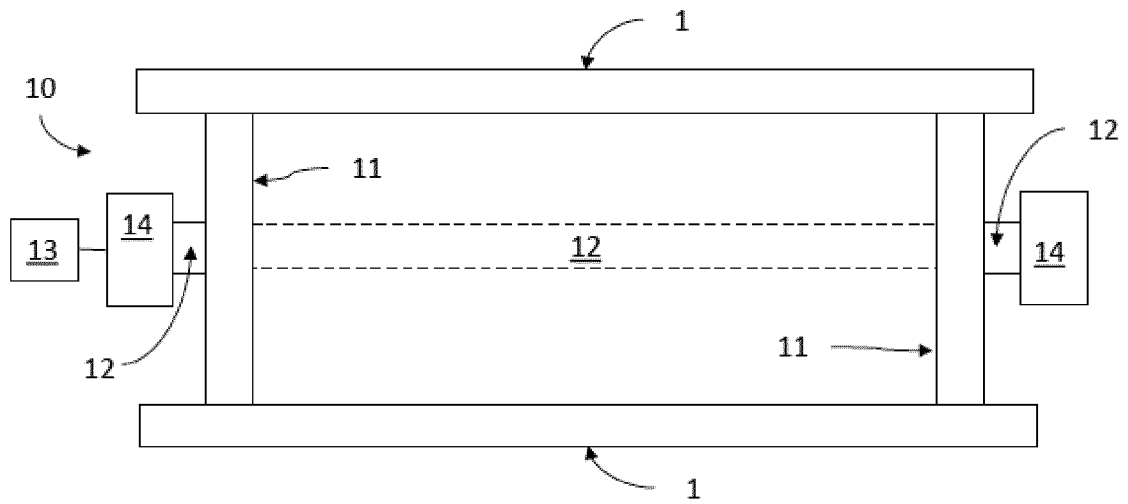


FIG. 6

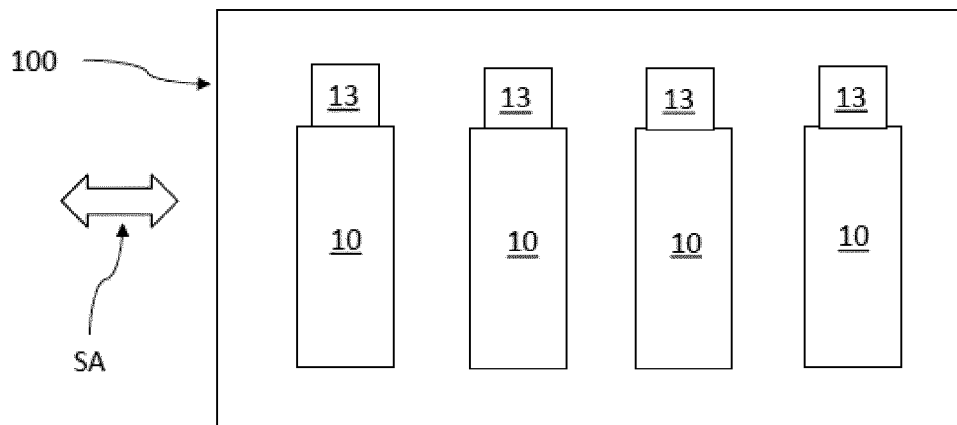


FIG. 7

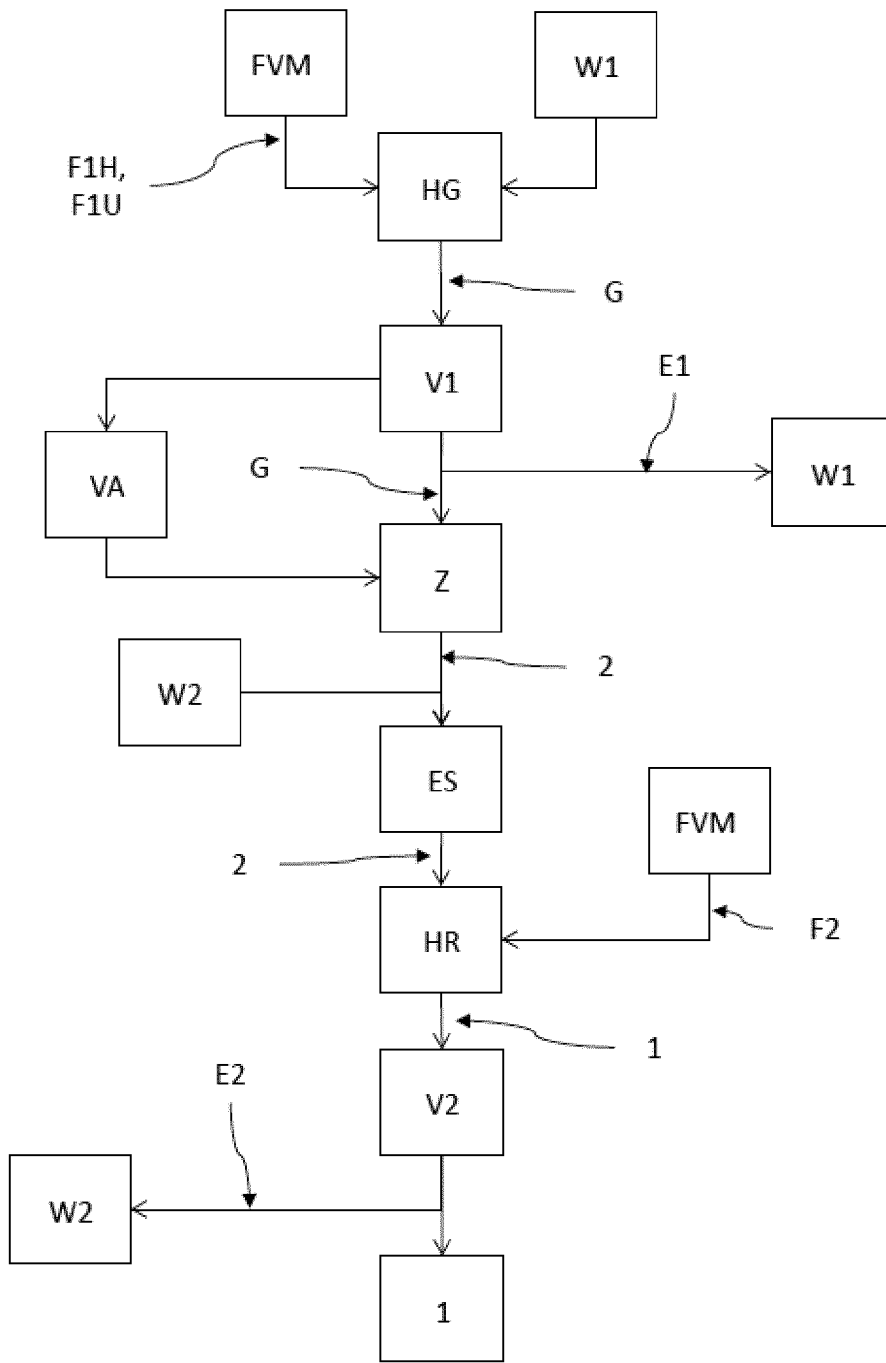


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/053493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B29C53/58 F16F15/305  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F16F B29C

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	US 5 628 232 A (ROSEN HAROLD A [US] ET AL) 13 May 1997 (1997-05-13)	1-10
A	figures 3A, 9, 19 column 1, line 10 - line 11 column 3, line 34 - line 41 column 3, line 44 - line 66 column 5, line 9 - line 14 -----	11-15
X	US 5 601 522 A (PIRAMOON ALIREZA [US]) 11 February 1997 (1997-02-11)	1-8
Y	figures 1C, 3B, 9A	9,10
A	column 1, line 5 column 5, line 7 - line 8 column 10, line 38 - line 49 -----	11-15
	-/--	

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  16 March 2017	Date of mailing of the international search report  27/03/2017
--	--

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/053493

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/018344 A1 (SPEARS WARD [US] ET AL) 28 January 2010 (2010-01-28)	9,10
A	figures 1, 7 paragraphs [0001], [0009] -----	1-8, 11-15
A	EP 0 391 222 A1 (BOEHLER AG [DE]) 10 October 1990 (1990-10-10) column 2, line 30 - line 53 -----	1-15
A	EP 1 191 253 A1 (TORAY COMPOSITES AMERICA INC [US]) 27 March 2002 (2002-03-27) paragraph [0020] -----	1-15
A	DE 102 33 697 A1 (EAST 4D GMBH LIGHTWEIGHT STRUC [DE]) 19 February 2004 (2004-02-19) figures 2, 5 -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/053493

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5628232	A	13-05-1997	NONE
-----			
US 5601522	A	11-02-1997	NONE
-----			
US 2010018344	A1	28-01-2010	NONE
-----			
EP 0391222	A1	10-10-1990	DE 3910641 A1 18-10-1990 EP 0391222 A1 10-10-1990
-----			
EP 1191253	A1	27-03-2002	AT 532988 T 15-11-2011 DK 1191253 T3 23-01-2012 EP 1191253 A1 27-03-2002 ES 2376728 T3 16-03-2012 JP 4144211 B2 03-09-2008 JP 2002355893 A 10-12-2002 PT 1191253 E 25-01-2012 US 2002056782 A1 16-05-2002
-----			
DE 10233697	A1	19-02-2004	NONE
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B29C53/58 F16F15/305  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 F16F B29C

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	US 5 628 232 A (ROSEN HAROLD A [US] ET AL) 13. Mai 1997 (1997-05-13)	1-10
A	Abbildungen 3A, 9, 19 Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 11 Spalte 3, Zeile 34 - Zeile 41 Spalte 3, Zeile 44 - Zeile 66 Spalte 5, Zeile 9 - Zeile 14 -----	11-15
X	US 5 601 522 A (PIRAMOON ALIREZA [US]) 11. Februar 1997 (1997-02-11)	1-8
Y	Abbildungen 1C, 3B, 9A	9,10
A	Spalte 1, Zeile 5 Spalte 5, Zeile 7 - Zeile 8 Spalte 10, Zeile 38 - Zeile 49 -----	11-15
	-/--	



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

16. März 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/03/2017

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

Rossatto, Cédric

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2010/018344 A1 (SPEARS WARD [US] ET AL) 28. Januar 2010 (2010-01-28)	9,10
A	Abbildungen 1, 7 Absätze [0001], [0009] -----	1-8, 11-15
A	EP 0 391 222 A1 (BOEHLER AG [DE]) 10. Oktober 1990 (1990-10-10) Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 53 -----	1-15
A	EP 1 191 253 A1 (TORAY COMPOSITES AMERICA INC [US]) 27. März 2002 (2002-03-27) Absatz [0020] -----	1-15
A	DE 102 33 697 A1 (EAST 4D GMBH LIGHTWEIGHT STRUC [DE]) 19. Februar 2004 (2004-02-19) Abbildungen 2, 5 -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/053493

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5628232	A	13-05-1997	KEINE
US 5601522	A	11-02-1997	KEINE
US 2010018344	A1	28-01-2010	KEINE
EP 0391222	A1	10-10-1990	DE 3910641 A1 18-10-1990 EP 0391222 A1 10-10-1990
EP 1191253	A1	27-03-2002	AT 532988 T 15-11-2011 DK 1191253 T3 23-01-2012 EP 1191253 A1 27-03-2002 ES 2376728 T3 16-03-2012 JP 4144211 B2 03-09-2008 JP 2002355893 A 10-12-2002 PT 1191253 E 25-01-2012 US 2002056782 A1 16-05-2002
DE 10233697	A1	19-02-2004	KEINE