



(10) **DE 10 2021 107 582 A1** 2022.09.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 107 582.3**

(22) Anmeldetag: **25.03.2021**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2022**

(51) Int Cl.: **B29C 70/54 (2006.01)**

B29C 33/76 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Hochschule Bremen, Körperschaft des
öffentlichen Rechts, 28199 Bremen, DE**

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

(72) Erfinder:

**Weber, David, 28199 Bremen, DE; Müssig, Jörg,
28211 Bremen, DE; Graupner, Nina, 28203
Bremen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

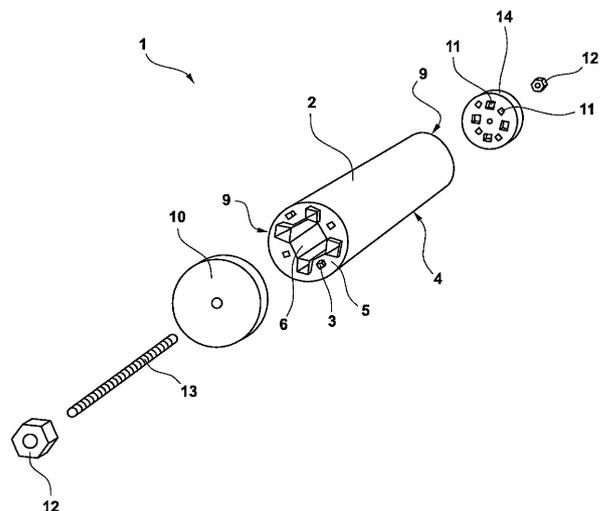
DE	34 28 466	C2
US	2009 / 0 166 921	A1
US	2014 / 0 322 382	A1
US	2017 / 0 043 510	A1
EP	2 402 134	B1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kollabierbarer Wickeldorn für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen sowie ein entsprechendes Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen kollabierbarer Wickeldorn (1) für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen, wobei der Wickeldorn (1) einen elastischen Mantel (2) und mindestens ein erstes und ein zweites mit dem elastischen Mantel (2) verbundenes Strukturelement (3) aufweist, die relativ zueinander verstellbar sind, wobei in einer Ausgangsanordnung der Strukturelemente (3) zueinander der elastische Mantel (2) an seiner Außenseite (4) eine Abformgeometrie aufweist, die einer Innengeometrie eines herzustellenden Faserverbundwerkstoffs entspricht, und wobei in einer von der Ausgangsanordnung abweichenden Entformungsanordnung der Strukturelemente (3) zueinander der elastische Mantel (2) eine in Bezug auf die Abformgeometrie kollabierte Geometrie aufweist. Es wird weiterhin ein entsprechendes Verfahren für die Entformung eines Faserverbundwerkstoffs beschrieben.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen kollabierbaren Wickeldorn für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen sowie ein entsprechendes Entformungsverfahren.

[0002] Faserverbundwerkstoffe werden häufig durch das Umwickeln eines geometrisch definierten Wickeldorns mit einem Faserhalbzeug über eine Einzelschicht oder mehrere Lagen gleicher oder verschiedener Ausrichtungen erzeugt. Das Faserhalbzeug kann dabei vor, während oder nach dem Wickeln mit einem Harzsystem durchtränkt werden, welches die Ausrichtung der Fasern und die Geometrie entsprechend der Geometrie des Wickeldorns nach dem Aushärten fixiert. Der Faservolumenanteil des Faserverbundwerkstoffs kann dabei durch den Einsatz eines Schrumpfbandes und die dadurch auf den nicht ausgehärteten Faserverbundwerkstoff einwirkende Kraft weiter erhöht werden.

[0003] Für die industrielle Anwendung kommen meist dickwandige Faserverbundwerkstoffe, beispielsweise bei der Herstellung von Druckbehältern, oder Wickeldorne sehr großen Durchmessers zur Anwendung. Technisch problematisch ist es beispielsweise, zylindrische Faserverbundwerkstoffe mit sehr dünner Wandstärke herzustellen, ohne den Faserverbundwerkstoff beim Entformen bzw. beim Abnehmen vom Wickeldorn zu beschädigen. Zudem liegt den meisten industriellen Anwendungen ein erheblicher Beitrag technischer Hilfsmittel in Form von Anlagentechnik für pneumatische oder hydraulische Steuerung des Wickelkerns zugrunde. Diese sorgen entweder für einen ausreichenden Innendruck im Wickelkern oder aber für das Fixieren, Öffnen und Schließen des Wickelkerns.

[0004] Die EP 2 402 134 B1 beschreibt ein Herstellungsverfahren für einen faltbaren Formkern mit verstärkter Fluorelastomerblase. Insbesondere wird die Optimierung eines faltbaren Formkerns beschrieben, der während der Herstellung eine ausreichende Steifigkeit aufweist und bei der Entformung kollabiert und über mehrere Zyklen verwendet werden kann.

[0005] Die DE 3 428 466 C2 beschreibt eine Hülse mit Wickelkern, wobei die Hülse insbesondere für die Verwendung im Zusammenhang mit extrem dünnem und fadenförmigem Wickelgut ausgebildet ist. Die Hülse selbst besteht dabei aus mehreren Lagen synthetischen Papiers oder aus Vliesen oder Filzen, die miteinander verklebt sind. Der Kern der Hülse ist dazu eingerichtet, ineinander gefaltet zu werden.

[0006] Die aus dem Stand der Technik bekannten Systeme haben den Nachteil, dass sie entweder vergleichsweise technisch aufwendig ausgebildet sind oder nur unzureichend dazu vorbereitet sind, das

zerstörungsfreie Entformen dünnwandiger Faserverbundwerkstoffe zu ermöglichen.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, einen kollabierbaren Wickeldorn der eingangs beschriebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass er mit technisch einfachen Mitteln das zerstörungsfreie Entformen dünnwandiger Faserverbundwerkstoffe ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen kollabierbaren Wickeldorn mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Der nebengeordnete Anspruch 11 betrifft ein entsprechendes Verfahren für die Entformung eines Verbundwerkstoffs von einem derartigen Wickeldorn. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Demgemäß ist vorgesehen, dass der Wickeldorn einen elastischen Mantel und mindestens ein erstes und ein zweites mit dem elastischen Mantel verbundenes Strukturelement aufweist, die relativ zueinander verstellbar sind. In einer Ausgangsanordnung der Strukturelemente zueinander weist der elastische Mantel an seiner Außenseite eine Abformgeometrie auf, die einer Innengeometrie eines herzustellenden Faserverbundwerkstoffs entspricht. In einer von der Ausgangsanordnung abweichenden Entformungsanordnung der Strukturelemente zueinander weist der elastische Mantel eine in Bezug auf die Abformgeometrie kollabierte Geometrie auf. Der Erfindung liegt somit die Idee zugrunde, durch das Verlagern mehrerer mit dem elastischen Mantel des Wickeldorns fest verbundener Strukturelemente relativ zueinander die Außengeometrie des elastischen Mantels derart zu verändern, dass der elastische Mantel ausgehend von einer Abformgeometrie in eine kollabierte Geometrie überführt werden kann. In diesem Sinne kann eine kollabierte Geometrie in Bezug auf die Abformgeometrie jegliche Geometrie sein, bei welcher die Außenseite des elastischen Mantels eine gegenüber der Abformgeometrie verringerte Querschnittsfläche und/oder einen verringerten Außenumfang aufweist, welche(r) zumindest insoweit herabgesetzt ist, dass im Zuge des Kollabierens die Außenseite des elastischen Mantels zumindest teilweise von einer Innenseite des hergestellten Faserverbundwerkstoffs abgelöst wird. Beispielsweise kann eine Ablösung der Außenseite von mindestens 30 %, bevorzugt von mindestens 50 % und besonders bevorzugt von mindestens 80 % angestrebt werden. Insbesondere soll eine Haftreibung zwischen dem elastischen Mantel und dem Faserverbundwerkstoff herabgesetzt werden, sodass der Faserverbundwerkstoff zerstörungsfrei von dem Wickeldorn abgezogen werden kann, wenn sich der Wickeldorn in seiner kollabierten Geometrie des elastischen Mantels befindet.

[0010] Der Werkstoff des elastischen Mantels kann auf den verwendeten Matrixwerkstoff abgestimmt sein, insbesondere dahingehend, dass die Adhäsion zwischen dem elastischen Mantel und dem Matrixwerkstoff möglichst gering ist. Beispielsweise dann, wenn ein Matrixwerkstoff für die Herstellung des Faserverbundwerkstoffs mindestens ein Epoxidharz aufweist, kann der elastische Mantel aus einem Silikon bestehen, sodass die Anhaftung zwischen dem Faserverbundwerkstoff und dem Wickeldorn so weit herabgesetzt wird, dass ein zerstörungsfreies Abziehen auch dünnwandiger Faserverbundwerkstoffe in der kollabierten Geometrie des Wickeldornsprozesssicher realisiert werden kann. Darüber hinaus kann die Verwendung eines Trennmittels zur Bereitstellung einer Grenzschicht zwischen dem Faserverbundwerkstoff und dem Wickeldorn vorgesehen sein, welches die Ausbildung einer chemischen Verbindung zwischen dem Faserverbundwerkstoff, insbesondere dessen Matrixsystem, und dem Wickeldorn verhindert.

[0011] Anstelle massiv aus einem Silikonmaterial hergestellt zu sein, kann der elastische Mantel auch lediglich eine äußere Beschichtung aus Silikon oder einem sonstigen, die Adhäsion herabsetzenden Material aufweisen.

[0012] Insbesondere dann, wenn der elastische Mantel größtenteils oder sogar vollständig aus einem Silikon oder einem sonstigen weichelastischen Polymer besteht, kann es aufgrund der geringen Steifigkeit des Mantels erforderlich sein, diesen während des Wickelprozesses zu versteifen. Hierzu können weitere Strukturelemente, beispielsweise Metallprofile, Stangen, Stäbe oder dergleichen vorgesehen sein, welche in den Wickeldorn eingeschoben und von einer Innenseite des Wickeldorns den Wickeldorn versteifen. Die weiteren Strukturelemente können über einen stirnseitigen Deckel des Mantels oder eine anderweitige Stützstruktur in einer definierten Positionierung zueinander fixiert sein, in welcher sie den Mantel reproduzierbar abstützen.

[0013] Um ein späteres Kollabieren des Wickeldorns zu ermöglichen, können die weiteren Strukturelemente der zuvor beschriebenen Art entnehmbar ausgebildet sein. Demgemäß kann vorgesehen sein, das Kollabieren des Wickeldorns durch die Herabsetzung der Formstabilität des Wickeldorns zu ermöglichen, indem eine Mehrzahl der zuvor genannten weiteren Strukturelemente, beispielsweise vier Metallprofile, aus dem Wickeldorn entfernt werden, welche in ihrer in den Wickeldorn eingesetzten Einbausituation eine Innenwandung des elastischen Mantels des Wickeldorns versteifen und damit die Geometrie des elastischen Mantels festlegen. So ist es möglich, dass in einem ersten Schritt die zuvor genannten weiteren Strukturelemente aus

dem Wickeldorn entfernt werden und infolge der dadurch herabgesetzten Formstabilität des Wickeldorns durch die Verlagerung der mit dem elastischen Mantel fest verbundenen Strukturelemente zueinander, insbesondere im Zuge eines Annäherns dieser aneinander, der Wickeldorn aus seiner Abformgeometrie in die kollabierte Geometrie überführt wird.

[0014] Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt es insbesondere, dass die Entformung des hergestellten Faserverbundwerkstoffs, insbesondere das Abziehen des Faserverbundwerkstoffs von dem Wickeldorn, werkzeuglos erfolgen kann. Dadurch wird es möglich, dass im Zuge des Kollabierens des Wickeldorns die Haftreibung im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Systemen erheblich herabgesetzt wird.

[0015] Insbesondere können die Strukturelemente demgemäß einen einstellbaren Abstand zueinander senkrecht zur Längsrichtung des Wickeldorns aufweisen. Die Strukturelemente können jedoch auch anderweitig zueinander verlagert werden, beispielsweise können die Strukturelemente zueinander verschränkt werden, d. h. zusätzlich zu einer Annäherung oder ausschließlich eine parallele Verlagerung zueinander realisieren, solange im Zuge der Bewegung der Strukturelemente und damit der Verschränkung des elastischen Mantels eine Herabsetzung der Querschnittsfläche des elastischen Mantels einerseits und andererseits eine Kraftbeaufschlagung des Faserverbundwerkstoffs unterbleibt, welche den Faserverbundwerkstoff beschädigen könnte.

[0016] Die Strukturelemente können Rohre, Stäbe, Profile oder dergleichen mit entlang ihrer Längsrichtung zumindest abschnittsweise konstantem Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung sein. Vorzugsweise sind die Strukturelemente im Querschnitt unrund und/oder mehreckig, beispielsweise rechteckig.

[0017] Die Strukturelemente können senkrecht zu ihrer Längsrichtung einen Durchmesser aufweisen, der weniger als einem Viertel, vorzugsweise weniger als einem Sechstel und besonders bevorzugt weniger als einem Achtel des Durchmessers des elastischen Mantels entspricht, wenn der elastische Mantel die Abformgeometrie aufweist.

[0018] Der elastische Mantel kann ein Hohlkörper sein, der in einem Bereich zwischen einem Hohlraum um die Längsachse des Mantels und seiner Außenseite eine Mehrzahl sich in Längsrichtung des Wickeldorns erstreckender Kanäle aufweist, in welchen die Strukturelemente angeordnet sind.

[0019] Mindestens einer der Kanäle und vorzugsweise eine Mehrzahl der Kanäle kann zu dem Hohlraum hin offen sein. Weiterhin kann mindestens einer

der Kanäle und vorzugsweise kann eine Mehrzahl der Kanäle entlang ihres Umfangs senkrecht zur Längsachse geschlossen sein. Insbesondere kann mit Hilfe der geschlossenen Kanäle eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Strukturelement und dem elastischen Mantel hergestellt werden. Dieser Formschluss kann dazu verwendet werden, um durch die Verlagerung der Strukturelemente zueinander die erfindungsgemäße Kollabierung des elastischen Mantels herbeizuführen.

[0020] Der Hohlraum kann zumindest zu einer Stirnseite des elastischen Mantels hin geöffnet sein. Dadurch wird ermöglicht, das die Strukturelemente über die Stirnseite in den Hohlraum und von dort in die zu dem Hohlraum hin geöffneten Kanäle eingesetzt und bedarfsweise daraus wieder entnommen werden können. Dadurch kann die bereits oben beschriebene zusätzliche Versteifung des elastischen Mantels bereitgestellt werden, wenn dieser beispielsweise aufgrund seines Werkstoffs, etwa Silikon, keine hinreichende Eigensteifigkeit aufweist, weil er zum Beispiel biegeschlaff ist.

[0021] Die Strukturelemente können mit ihren freien Enden über jeweils eine von zwei gegenüberliegenden Stirnseiten des elastischen Mantels aus dem elastischen Mantel heraus und in einen an der jeweiligen Stirnseite angeordneten stirnseitigen Deckel hineinragen. Der Deckel kann demgemäß eine Fixierung als Hilfsmittel zur Entformung bilden.

[0022] Mindestens einer der stirnseitigen Deckel kann von dem elastischen Mantel lösbar ausgebildet sein und Formschlussaufnahmen aufweisen, in welchen wenigstens einige der Strukturelemente in ihrer Ausgangsanordnung hinsichtlich ihres Abstands senkrecht zur Längsrichtung des Wickeldorns und/oder zueinander festgelegt sind. Insbesondere können die zuvor beschriebenen, zur Versteifung des elastischen Mantels bereitgestellten weiteren Strukturelemente mit Hilfe der Formschlussaufnahmen in dem stirnseitigen Deckel derart zueinander positioniert sein, dass der elastische Mantel aufgrund der in der definierten Anordnung der weiteren Strukturelemente zueinander auf den elastischen Mantel ausgeübten Haltekraft eine definierte Außengeometrie, insbesondere die Abformgeometrie, einnimmt.

[0023] Gemäß einem anderen Aspekt wird ein Verfahren für die Entformung eines Faserverbundwerkstoffs von einem Wickeldorn beschrieben, wobei das Verfahren das Kollabieren eines elastischen Mantels des Wickeldorns, beispielsweise eines kollabierbaren Wickeldorns der zuvor beschriebenen Art, aufweist, wobei der elastische Mantel von einer Geometrie, bei der eine Außenseite des Mantels eine Abformgeometrie aufweist, die einer Innengeometrie eines herzustellenden Faserverbundwerkstoffs entspricht, in eine in Bezug auf die Abformgeometrie

kollabierte Geometrie überführt wird. Erfindungsgemäß soll das Kollabieren das Verlagern mindestens zweier mit dem elastischen Mantel verbundener Strukturelemente relativ zueinander aufweisen. Vorzugsweise werden mindestens drei und besonders bevorzugt mindestens vier Strukturelemente, die mit dem elastischen Mantel verbunden sind, relativ zueinander verlagert, insbesondere einander angenähert.

[0024] Demgemäß kann das Verlagern der Strukturelemente das einander Annähern der Strukturelemente aufweisen, woraufhin die Strukturelemente vorzugsweise nach erfolgtem Annähern in ihrer einander angenäherten Position zueinander festgelegt werden. Das Festlegen kann mit Hilfe des zuvor beschriebenen stirnseitigen Deckels mit Formschlussaufnahmen realisiert werden.

[0025] Vor dem Kollabieren kann mindestens eines der Strukturelemente aus dem elastischen Mantel entfernt werden. Hierbei kann es sich insbesondere um ein Strukturelement handeln, welches in der zuvor beschriebenen Weise dazu verwendet wurde, um insbesondere bei elastischen Mänteln, die aus einem Material, etwa Silikon, bestehen, welches eine geringe Eigensteifigkeit aufweist, um den elastischen Mantel in der Abformgeometrie zu versteifen, um die prozesssichere Abformung des Faserverbundwerkstoffs unter Einhaltung geringster Fertigungstoleranzen zu gewährleisten.

[0026] Dabei kann das Entfernen des Strukturelements das Entnehmen des Strukturelements aus einem Kanal des elastischen Mantels aufweisen. Zu diesem Zwecke kann das Strukturelement in Radialrichtung des Mantels aus dem Kanal in einen um die Längsachse des elastischen Mantels ausgebildeten Hohlraum des elastischen Mantels überführt und anschließend daran parallel zur Längsachse des elastischen Mantels über eine Stirnseite des elastischen Mantels aus dem elastischen Mantel herausgezogen werden. Diese Variante eignet sich insbesondere dann, wenn der Kanal zu dem Hohlraum hin geöffnet ist.

[0027] Alternativ kann das mindestens eine Strukturelement unmittelbar parallel zu der Längsachse über eine Stirnseite des elastischen Mantels aus dem Kanal des elastischen Mantels herausgezogen werden.

[0028] Das Kollabieren kann das Kollabieren des Kanals aufweisen, aus dem das Strukturelement zuvor entnommen worden ist.

[0029] Beispielsweise kann der elastische Mantel im Querschnitt senkrecht zu seiner Längsachse in Umfangsrichtung um seine Längsachse abwechselnd einen Kanal für die formschlüssige Verbindung

eines Strukturelementes mit dem elastischen Mantel für die Kollabierung des elastischen Mantels und einen zu dem Hohlraum im Innern des elastischen Mantels geöffneten Kanal zur Versteifung des elastischen Mantels mithilfe eines weiteren Strukturelements aufweisen, wenn der elastische Mantel aus einem Material mit unzureichender Eigensteifigkeit, beispielsweise aus Silikon besteht. Die geschlossenen Kanäle für die Aufnahme der Strukturelemente für das Kollabieren des Wickeldorns können in Form von sich im Querschnitt dreiecksförmig in dem Hohlraum von der Außenseite des elastischen Mantels in Richtung der Symmetrieachse des elastischen Mantels verjüngende Werkstoffaufdickungen ausgebildet sein, wobei zwischen benachbarten Aufdickungen jeweils eine der zu dem Hohlraum offenen weiteren Kanäle für die Aufnahme der weiteren Strukturelemente zur Versteifung des elastischen Mantels angeordnet und ausgebildet sind.

[0030] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der nachstehenden Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Explosionsdarstellung einer beispielhaften Ausführungsform eines kollabierbaren Wickeldorns;

Fig. 2 eine weiter zerlegte Darstellung der Ausführungsform gemäß **Fig. 1**;

Fig. 3 die Ausführungsform gemäß den **Fig. 1** und **Fig. 2** im zusammengebauten Zustand in der Ausgangsgeometrie des Wickeldorns;

Fig. 4 die Ausführungsform gemäß **Fig. 3** in einer kollabierten Geometrie;

Fig. 5 die Ausführungsform gemäß den **Fig. 3** und **Fig. 4** mit teilweise aus dem elastischen Mantel herausgezogenen Strukturelementen; und

Fig. 6 die Ausführungsform gemäß den **Fig. 3** bis **Fig. 5** mit aufgeschobenem Faserverbundwerkstoff und in der kollabierten Geometrie angeordnetem elastischem Mantel.

[0031] Die **Fig. 1** zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines kollabierbaren Wickeldorns 1 für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen 100. Der Wickeldorn 1 weist einen elastischen Mantel 2 und eine Mehrzahl, nämlich acht Strukturelemente 3 auf. Vier der Strukturelemente 3 sind zumindest in Radialrichtung des Mantels 2 form- und kraftschlüssig mit dem elastischen Mantel 2 verbunden. Weitere vier Strukturelemente 3 sind in zu einem Hohlraum 6 im Innern des elastischen Mantels 2 geöffneten Kanälen 7 eingesetzt. Sämtliche Strukturelemente 3 sind als im Querschnitt rechteckige Profilstäbe mit entlang ihrer Längsrichtung konstantem Querschnitt ausgebildet.

[0032] Die form- und kraftschlüssig mit dem Mantel 2 verbundenen Strukturelemente 3 sind für das Kollabieren des elastischen Mantels vorgesehen, wozu diese senkrecht zu ihrer jeweiligen Längsrichtung relativ zueinander verstellt und insbesondere einander angenähert werden können. Bei dem Annähern können die Strukturelemente 3 vorzugsweise gleichermaßen der Symmetrie- und Längsachse des elastischen Mantels 2 bzw. des Wickeldorns 1 angenähert werden.

[0033] An gegenüberliegenden Stirnseiten 9 ist der elastische Mantel 2 von jeweils einem stirnseitigen Deckel 10, 14 verschlossen. Mindestens einer der stirnseitigen Deckel 10, 14 kann Formschlussaufnahmen 11 zur Aufnahme der Strukturelemente 3 aufweisen, um diese in ihrer Ausgangsanordnung zueinander und damit die Abformgeometrie des elastischen Mantels 2 festzulegen. Der Deckel 14 bildet demgemäß eine Fixierung als Hilfsmittel zur Entformung. Die stirnseitigen Deckel 10, 14 weisen jeweils einen zentralen Durchbruch für eine Gewindestange 13 auf, um welche der elastische Mantel 2 drehbar gelagert und mit Hilfe von Muttern 12 festgelegt ist.

[0034] Wie in **Fig. 2** zu erkennen ist, können die geschlossenen Kanäle 8 durch dreieck- oder trapezförmige Vorsprünge an der Innenwandung des elastischen Mantels 2 hindurch ausgebildet sein, während zwischen den dreieck- bzw. trapezförmigen Vorsprüngen in der in **Fig. 2** gezeigten Abformgeometrie des elastischen Mantels rechteckige Kanäle 7 ausgebildet sind, welche zu einem inneren Hohlraum 6 des elastischen Mantels 2 hin geöffnet sind. Wie bereits zuvor beschrieben wurde, dienen die im Querschnitt senkrecht zur Längsachse des elastischen Mantels 2 geschlossenen Kanäle 8 für die Aufnahme der Strukturelemente 3 zur geometrischen Verformung des elastischen Mantels 2 von der Abformgeometrie in die kollabierte Geometrie, während die zum Hohlraum 6 offenen Kanäle 7 zur Aufnahme von weiteren Strukturelementen 3 für die Versteifung des elastischen Mantels 2 dienen, wobei diese Strukturelemente 3 für die Versteifung insbesondere dann zweckmäßig sind, wenn der elastische Mantel 2 aus einem Werkstoff mit geringer Eigensteifigkeit, beispielsweise aus Silikon besteht.

[0035] Die **Fig. 3** bis **Fig. 6** veranschaulichen den Entformungsvorgang mit Hilfe eines erfindungsgemäßen kollabierbaren Wickeldorns 1. Nach dem Einspannen des Dorns 1 in eine Maschine für den Wickelprozess kann ein auf das angewendete Harzsystem abgestimmtes Trennmittel auf die Außenseite 4 des elastischen Mantels 2 aufgetragen werden. Damit kann sichergestellt werden, dass kein chemischer Angriff auf den Dorn 1 erfolgt. Ein geeignetes Trennmittel für einen elastischen Mantel 2 aus Silikonkautschuk und ein Harzsystem aus Epoxidharz kann beispielsweise Silikonöl sein. Vor dem

Wickeln, während des Wickelns oder nach dem Wickeln kann ein Harz- bzw. Matrixsystem zur Tränkung der auf den Dorn 1 gewickelten Fasern vorbereitet werden. Nach dem Wickeln kann überschüssiges Matrixmaterial von dem Dorn 1 entfernt werden und eine wärmeschumpfbare Folie auf den Dorn aufgezogen werden. Das Wärmeschumpfen kann durch das Beaufschlagen der wärmeschumpfbaren Folie mit einer Wärmequelle eingeleitet werden. Für Wickelprozesse mit Harzsystemen, die nach dem Wickeln nicht vollständig ausgehärtet sind, sollte während des Aushärtens eine gravimetrische Segregation vermieden werden. Dies kann beispielsweise durch kontinuierliches Rotieren des Dorns 1 realisiert sein.

[0036] Das Entformen des Faserverbundwerkstoffs 100 erfolgt erfindungsgemäß durch Kollabieren des Wickeldorns 1. Dazu kann die zuvor aufgebrachte Schrumpffolie wieder entfernt werden. Die Muttern 12 können von der Gewindestange 13 gelöst und die Gewindestange 13 mit dem darauf fixierten stirnseitigen Deckel 10, 14 können entfernt werden. Nach dem Entfernen eines ersten Stirnseitigen Deckels 10, 14 vom Dorn 1 können die zum Hohlraum 6 hin offenliegenden Strukturelemente 3 entfernt werden. Wenn die Strukturelemente 3, die mit dem elastischen Mantel 2 fest verbunden sind, als Hohlprofile ausgebildet sind, können Stäbe 15 in die Hohlprofile eingeführt werden, um die Profile anzutreiben, insbesondere einander anzunähern. Nachdem die fest mit dem Mantel 2 verbundenen Strukturelemente 3 einander angenähert worden sind, ist der elastische Mantel 2 in seine kollabierte Geometrie überführt worden und der ausgehärtete Faserverbundwerkstoff 100 kann unter Überwindung einer minimalen, verbleibenden Haft- und Gleitreibung zerstörungsfrei von dem kollabierten Wickeldorn 1 abgezogen werden.

[0037] Anstelle der Verwendung von Hohlprofilen können auch andere Stäbe verwendet werden, um den elastischen Mantel in die kollabierte Geometrie zu überführen. In diesem Fall können die Strukturelemente 3, welche über eine der Stirnseiten 9 des elastischen Mantels 2 aus dem elastischen Mantel 2 herausragen (vgl. **Fig. 5**) von einem geeigneten Betätigungsgerät angegriffen und zueinander verstellt, beispielsweise einander angenähert werden.

[0038] Nach dem Abziehen des ausgehärteten Faserverbundwerkstoffs 100 können die mit dem elastischen Mantel 2 verbundenen Strukturelemente 3 aus der zuvor beschriebenen Entformungsanordnung in ihre Ausgangsanordnung zurückgeführt werden und die weiteren Strukturelemente 3 in die zum Hohlraum 6 offenen Kanäle 7 eingesetzt werden, um den elastischen Mantel 2 in der Abformgeometrie zu fixieren.

[0039] Die **Fig. 4** bis **Fig. 6** veranschaulichen weiterhin, dass die zum Hohlraum 6 (s. **Fig. 2**) geöffneten Kanäle 7 in der kollabierten Geometrie des elastischen Mantels 2 selbst zumindest größtenteils in sich kollabiert sind. Weiterhin sind die dreieck- bzw. trapezförmig von der Außenseite 4 des elastischen Mantels 2 sich in Richtung der Symmetrieachse des elastischen Mantels 2 in den Hohlraum 6 hinein und verjüngenden Materialvorsprünge ebenfalls so weit einander angenähert sind, dass sie aneinandergrenzen.

[0040] Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1	Wickeldorn
2	Elastischer Mantel
3	Strukturelement
4	Außenseite
5	Materialbereich
6	Hohlraum
7	offener Kanal
8	geschlossener Kanal
9	Stirnseite
10	Stirnseitiger Deckel
11	Formschlusssaufnahme
12	Mutter
13	Gewindestange
14	Fixierung
15	Stab
100	Faserverbundwerkstoff

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- EP 2402134 B1 [0004]
- DE 3428466 C2 [0005]

Patentansprüche

1. Kollabierbarer Wickeldorn (1) für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen, wobei der Wickeldorn (1) einen elastischen Mantel (2) und mindestens ein erstes und ein zweites mit dem elastischen Mantel (2) verbundenes Strukturelement (3) aufweist, die relativ zueinander verstellbar sind, wobei in einer Ausgangsanordnung der Strukturelemente (3) zueinander der elastische Mantel (2) an seiner Außenseite (4) eine Abformgeometrie aufweist, die einer Innengeometrie eines herzustellenden Faserverbundwerkstoffs entspricht, und wobei in einer von der Ausgangsanordnung abweichenden Entformungsanordnung der Strukturelemente (3) zueinander der elastische Mantel (2) eine in Bezug auf die Abformgeometrie kollabierte Geometrie aufweist.

2. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach Anspruch 1, bei dem die Strukturelemente (3) einen einstellbaren Abstand zueinander senkrecht zur Längsrichtung des Wickeldorns (1) aufweisen.

3. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Strukturelemente (3) Rohre, Stäbe, Profile oder dergleichen mit entlang ihrer Längsrichtung zumindest abschnittsweise konstantem Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung sind.

4. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Strukturelemente (3) senkrecht zu ihrer Längsrichtung einen Durchmesser aufweisen, der weniger als einem Viertel, vorzugsweise weniger als einem Sechstel und besonders bevorzugt weniger als einem Achtel des Durchmessers des elastischen Mantels (2) entspricht, wenn der elastische Mantel (2) die Abformgeometrie aufweist.

5. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem der elastische Mantel (2) ein Hohlkörper ist, der in einem Bereich (5) zwischen einem Hohlraum (6) um die Längsachse des Mantels (2) und seiner Außenseite (4) eine Mehrzahl sich in Längsrichtung des Wickeldorns (1) erstreckender Kanäle (7, 8) aufweist, in welchen die Strukturelemente (3) angeordnet sind.

6. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach Anspruch 5, bei dem mindestens einer der Kanäle (7, 8) und vorzugsweise eine Mehrzahl dieser zu dem Hohlraum (6) hin offen ist.

7. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach Anspruch 6, bei dem mindestens einer der Kanäle (7, 8) und vorzugsweise eine Mehrzahl dieser entlang seines Umfangs senkrecht zu seiner Längsachse geschlossen ist.

8. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, bei dem der Hohlraum (6) zu mindestens einer Stirnseite (9) des elastischen Mantels (2) geöffnet ist, sodass die Strukturelemente (3) über die Stirnseite (9) in den Hohlraum (6) und von dort in die zu dem Hohlraum (6) hin geöffneten Kanäle (7) eingesetzt werden können.

9. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Strukturelemente (3) mit ihren freien Enden über jeweils eine von zwei gegenüberliegenden Stirnseiten (9) des elastischen Mantels (2) aus dem elastischen Mantel (2) heraus und in einen an der jeweiligen Stirnseite (9) angeordneten stirnseitigen Deckel (10, 14) hineinragen.

10. Kollabierbarer Wickeldorn (1) nach Anspruch 9, bei dem mindestens einer der stirnseitigen Deckel (10, 14) von dem elastischen Mantel (2) lösbar ausgebildet ist und Formschlussschließungen (11) aufweist, in welchen wenigstens einige der Strukturelemente (3) in ihrer Ausgangsanordnung hinsichtlich ihres Abstands zueinander senkrecht zur Längsrichtung des Wickeldorns (1) festgelegt sind.

11. Verfahren für die Entformung eines Faserverbundwerkstoffs von einem Wickeldorn (1), wobei das Verfahren das Kollabieren eines elastischen Mantels (2) des Wickeldorns (1) aufweist, wobei der elastische Mantel (2) von einer Geometrie, bei der eine Außenseite (4) des Mantels (2) eine Abformgeometrie aufweist, die einer Innengeometrie eines herzustellenden Faserverbundwerkstoffs entspricht, in eine in Bezug auf die Abformgeometrie kollabierte Geometrie überführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kollabieren das Verlagern mindestens zweier mit dem elastischen Mantel (2) verbundener Strukturelemente (3) relativ zueinander aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Verlagern der Strukturelemente (3) das einander Annähern der Strukturelemente (3) aufweist, woraufhin die Strukturelemente (3) vorzugsweise nach erfolgtem Annähern in ihrer einander angenäherten Position zueinander festgelegt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, bei dem vor dem Kollabieren mindestens eines der Strukturelemente (3) aus dem elastischen Mantel (2) entfernt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem das Entfernen des Strukturelements (3) das Entnehmen des Strukturelements (3) aus einem Kanal (8) des elastischen Mantels (2) aufweist, wozu das Strukturelement (3) entweder
a. in Radialrichtung des Mantels (2) aus dem Kanal (8) in einen um die Längsachse des elastischen

Mantels (2) ausgebildeten Hohlraum (6) des elastischen Mantels (2) überführt und anschließend daran parallel zur Längsachse des elastischen Mantels (2) über eine Stirnseite (9) des elastischen Mantels (2) aus dem elastischen Mantel (2) herausgezogen wird; oder

b. dass mindestens ein Strukturelement (3) unmittelbar parallel zu der Längsachse über eine Stirnseite (9) des elastischen Mantels (2) aus dem Kanal (8) des elastischen Mantels (2) herausgezogen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem das Kollabieren des Kollabieren des Kanals (8) aufweist, aus dem das Strukturelement (3) entnommen worden ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

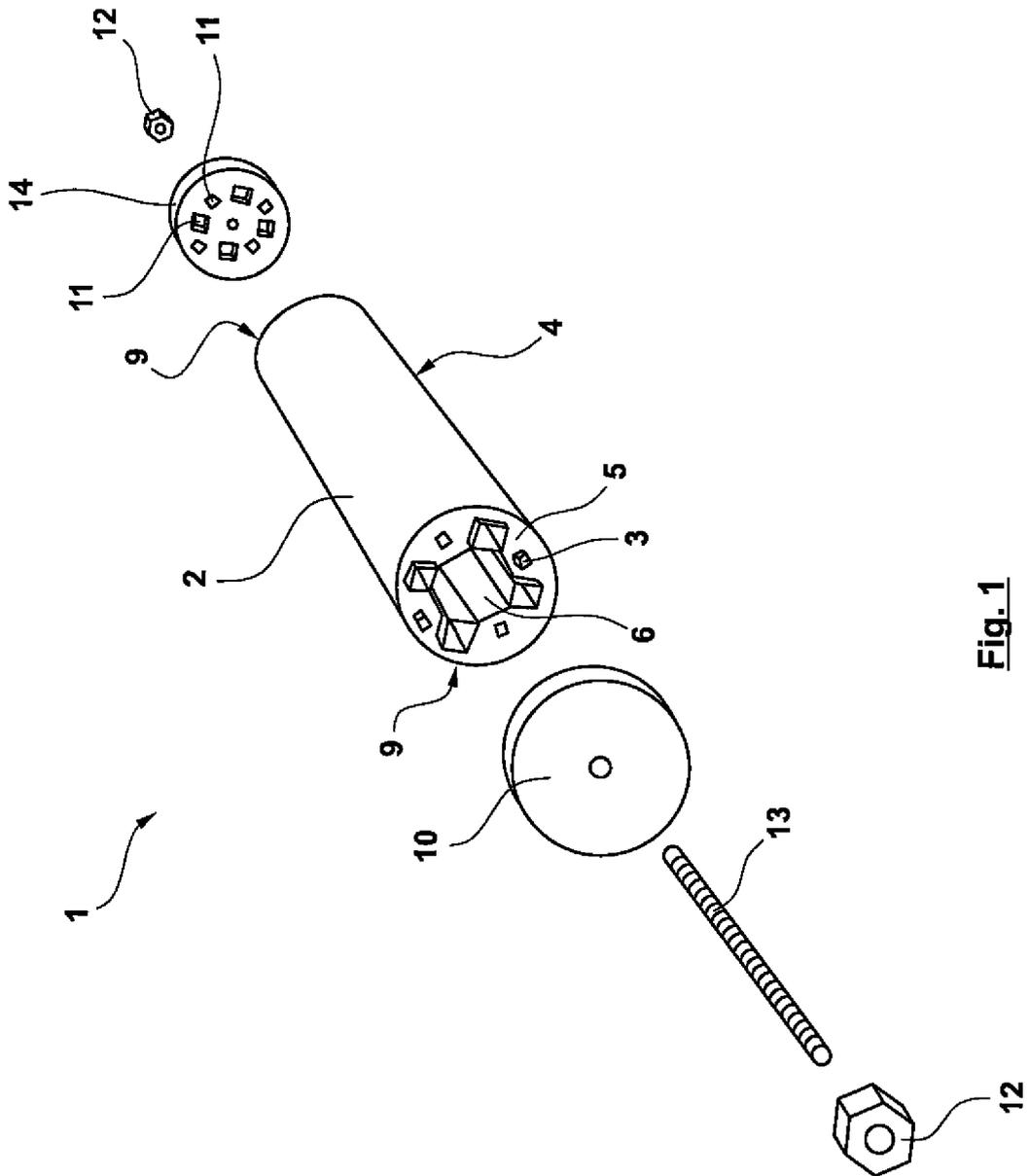


Fig. 1

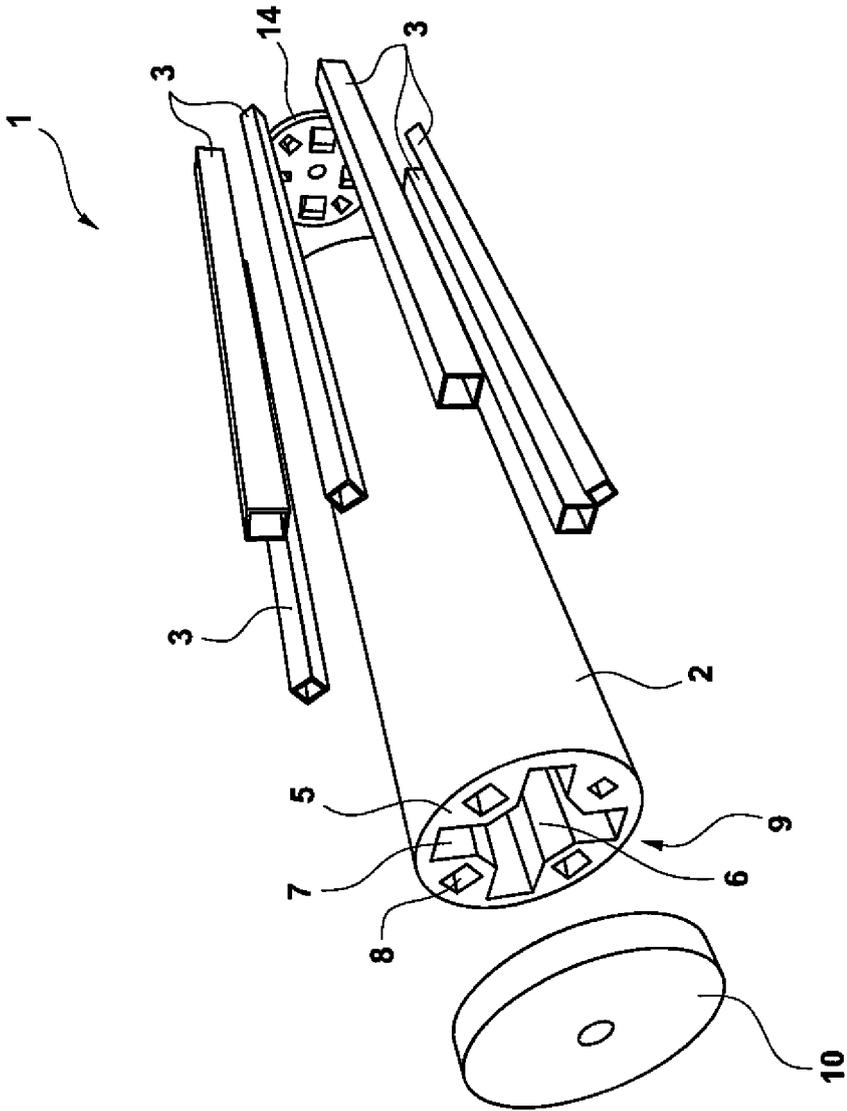


Fig. 2

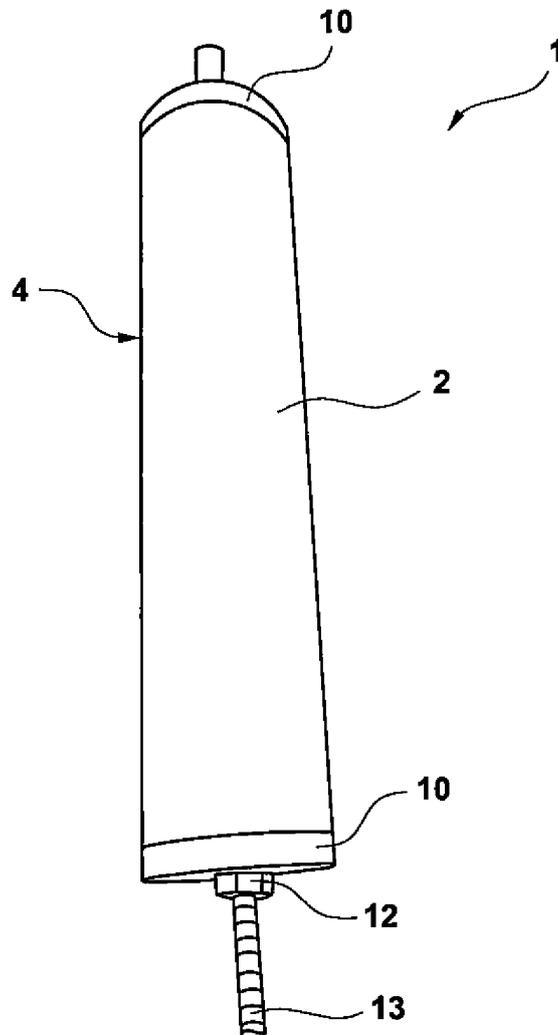


Fig. 3

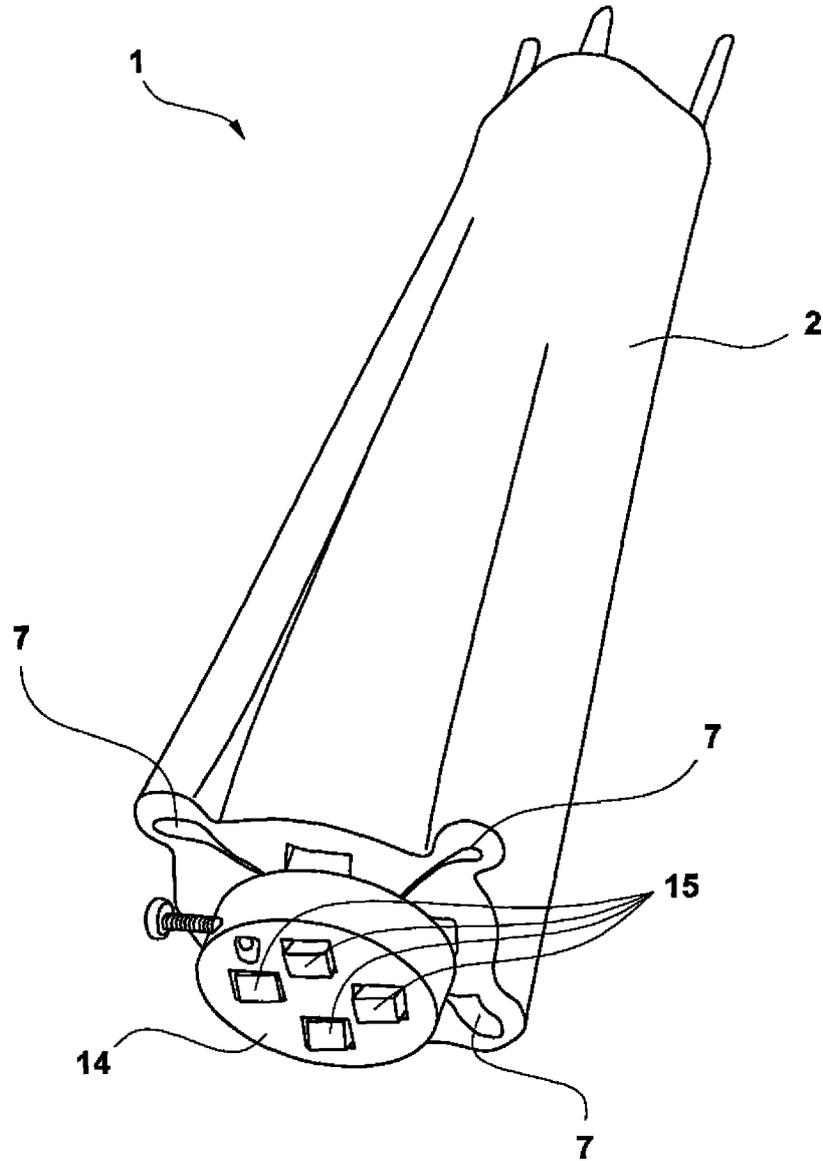


Fig. 4

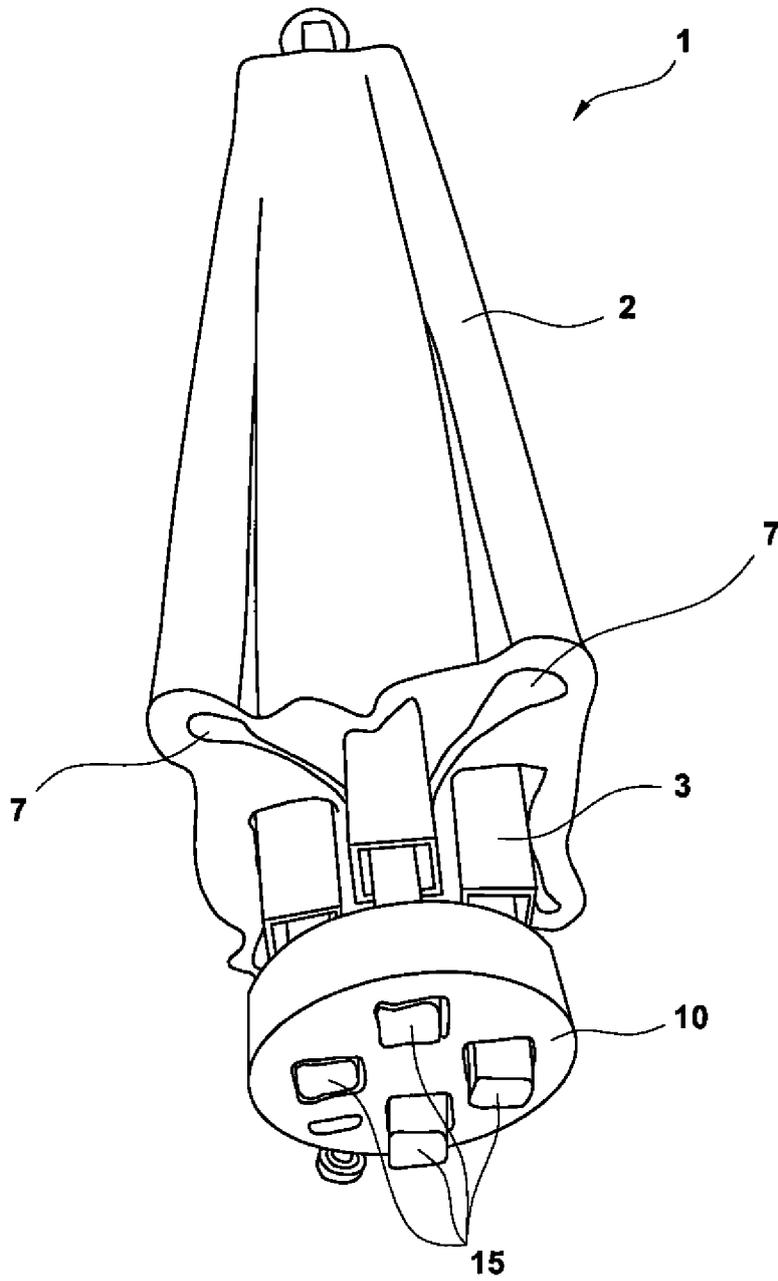


Fig. 5

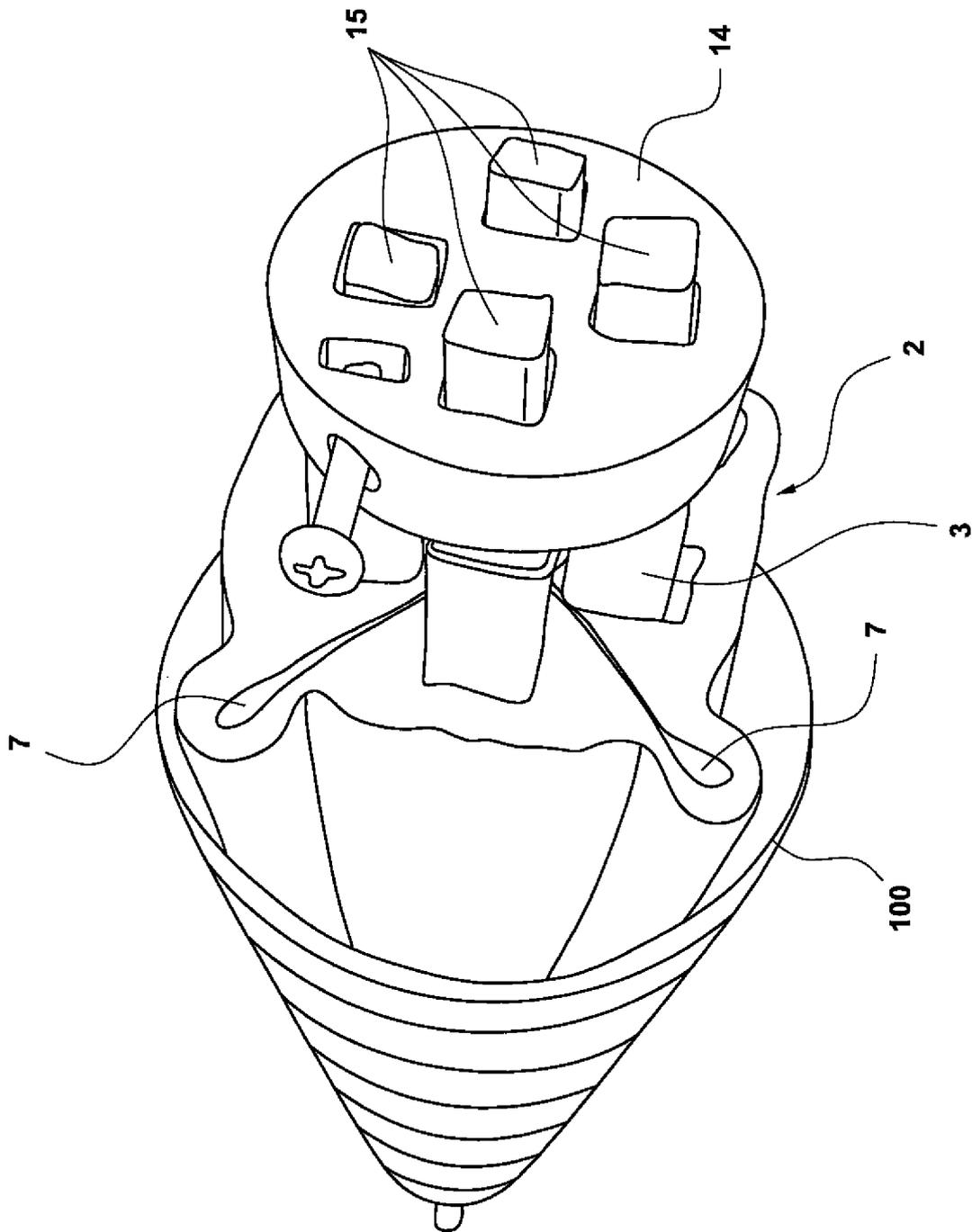


Fig. 6