

(19)



(11)

**EP 2 884 006 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.06.2015 Patentblatt 2015/25**

(51) Int Cl.:  
**E02D 5/28<sup>(2006.01)</sup> E02D 7/06<sup>(2006.01)</sup>**  
**E02D 13/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14191626.2**

(22) Anmeldetag: **04.11.2014**

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

(72) Erfinder:  
• **Bartminn, Daniel**  
**25335 Elmshorn (DE)**  
• **Matlock, Benjamin**  
**20259 Hamburg (DE)**

(30) Priorität: **19.11.2013 DE 102013019288**

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel**  
**Sattlerweg 14**  
**51429 Bergisch Gladbach (DE)**

(71) Anmelder: **RWE Innogy GmbH**  
**45127 Essen (DE)**

(54) **Rammpfahl sowie Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls in den Meeresgrund**

(57) Die Anmeldung betrifft einen Rammpfahl (1) zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, welcher zum Eintreiben in den Meeresuntergrund mittels eines Pfahlhammers vorgesehen ist, wobei der Rammpfahl (1) aus Stahl besteht und über wenigstens eine Teillänge mit einer vibrationsdämpfenden Beschichtung versehen ist oder mehrlagig mit einer dämpfenden Zwischenschicht (5) ausgebildet ist.

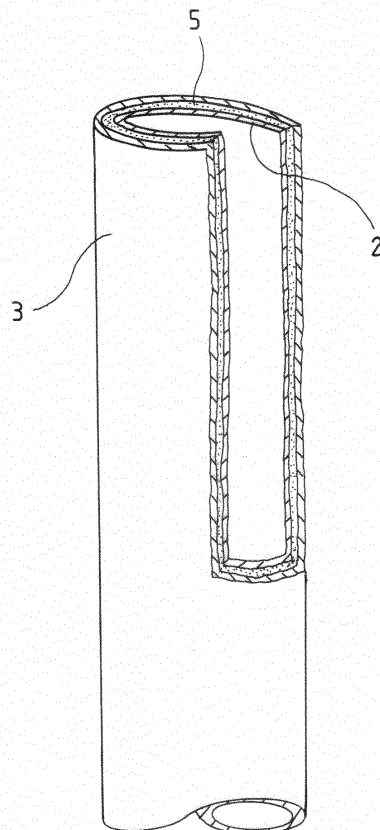


Fig. 2

**EP 2 884 006 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Rammpfahl zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, der zum Eintreiben in den Meeresuntergrund mittels eines Pfahlhammers vorgesehen ist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls in den Meeresuntergrund.

**[0003]** Gründungsstrukturen für Wasserbauwerke wie beispielsweise Offshore-Öl- und Förderplattformen oder Offshore-Windenergieanlagen sind in der Regel über Gründungspfähle im Meeresuntergrund verankert. So werden beispielsweise Offshore-Windenergieanlagen entweder mit sogenannten Monopiles oder Jackets (Jacket Foundation) auf dem Meeresuntergrund verankert. Bei Monopiles wird ein einziger Gründungspfahl in den Meeresboden eingerammt, eingespült, oder einvibriert. An den Gründungspfählen werden dann weitere Rohrschüsse/Rohrsektionen eines Turmbauwerks angeflanscht. Das Turmbauwerk nimmt die sogenannte Gondel mit dem Windkraftgenerator auf.

**[0004]** Weitere Varianten der Gründung sind sogenannte Jacket-Fundamente, die eine mehrbeinige Stahlkonstruktion umfassen, an welcher FüÙe vorgesehen sind. Die FüÙe des Jackets sind mit Hülsen, sogenannten Pile-Sleeves, versehen, die mittels sogenannter Piles (Rammpfähle) im Meeresuntergrund verankert werden. Von den Jackets werden sogenannte Tripods unterschieden, die ein Zentralrohr und drei FundamentfüÙe aufweisen. Im übrigen werden die Tripods ebenso wie die Jackets mittels Rammpfählen im Meeresuntergrund verankert. Die Rammpfähle werden entweder bei bereits aufgestelltem Fundament durch die Hülsen der FüÙe getrieben (post-piling) oder mit Hilfe einer Schablone zunächst in den Meeresuntergrund getrieben (pre-piling), anschließend werden die Hülsen der Stahlkonstruktion des Fundaments auf die Rammpfähle aufgesetzt.

**[0005]** Die Pfahlgründungen werden üblicherweise überwiegend durch Rammen der Fundamentpfähle in den Meeresuntergrund erstellt, wobei das Rammen mittels Pfahlhämmer erfolgt, über die eine beachtliche Schallenergie in den Wasserkörper eingetragen wird. Der Rammvorgang eines Gründungspfahls dauert in der Regel zwischen einer und mehreren Stunden, die damit einhergehende Geräuschbelastung, insbesondere für marine Säugetiere in der Nähe der Baustelle ist erheblich. Bei Schweinswalen tritt beispielsweise ab einem Wert von 200 Dezibel (db) Schalldruckpegel eine Hörschwellenverschiebung auf, die zur Schädigung der lebenswichtigsten Sinnesorgane führen kann. Daher wird in der Regel die Einhaltung von Werten von unter 160 db Schalldruckpegel außerhalb eines Radius von 750 m um die Rammstelle gefordert. Bekannte Schallminderungsverfahren für Impulsrammverfahren sind beispielsweise die Errichtung von Blasenschleiern um die Rammstelle oder die Errichtung eines Kofferdammes um die Rammstelle. Beide Maßnahmen sind außerordentlich

aufwendig.

**[0006]** Darüber hinaus ist es bekannt, anstelle von Impulsrammungen schallärmere Einbringungsverfahren zu wählen, wie beispielsweise Einrütteln mit Vibrationsrammen. Alternativ kann eine Gründung mittels gebohrter Fundamente erfolgen. Schließlich besteht noch die Möglichkeit auf schwimmende Fundamente oder dergleichen auszuweichen.

**[0007]** Die schallärmeren Einbringungsverfahren oder Gründungsvarianten sind allerdings auch mit erheblichen Mehrkosten für die Errichtung des Offshore-Bauwerks verbunden.

**[0008]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Rammpfahl zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks bereit zu stellen, der besonders zum Einbringen mittels Impulsrammen geeignet ist und der bauartbedingt zur Schallminderung beiträgt.

**[0009]** Die Aufgabe wird gelöst durch einen Rammpfahl mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch einen Rammpfahl mit den Merkmalen des Anspruchs 2 und durch ein Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls in den Meeresuntergrund gemäß Anspruch 7.

**[0010]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0011]** Nach einem Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Rammpfahl zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, der zum Eintreiben in den Meeresuntergrund mittels eines Pfahlhammers oder eine Vibrationseinrichtung vorgesehen ist, über wenigstens eine Teillänge mit einer vibrationsdämpfenden Beschichtung versehen ist. Der Rammpfahl besteht im Wesentlichen aus Stahl, die auf den Rammpfahl aufgebraachte Beschichtung kann beispielsweise ein viskoelastisches Polymer, ein natürliches oder synthetisches Gummi oder eine andere elastische viskoelastische Masse umfassen. Diese Masse ist vorzugsweise auf die Eigenfrequenz des Pfahlkörpers so abgestimmt, dass das Gesamtsystem eine Eigenfrequenz aufweist, die eine Tilgung der durch das Eintreiben induzierten Vibrationen bewirkt. Als elastische oder viskoelastische Masse kann beispielsweise ein Überzug aus einem Polyurethan oder einem thermoplastischen Elastomer auf den vorzugsweise als Stahlrohr ausgebildeten Rammpfahl vorgesehen sein.

**[0012]** Diese Masse kann auch nur bereichsweise am Außenumfang des Rammpfahls vorgesehen sein.

**[0013]** Es hat sich herausgestellt, dass eine besonders günstige und aktive Dämpfung beim Impulsrammen mit einem Rammpfahl eines Offshore-Bauwerks erzielt wird, der folgende Merkmale aufweist:

- Der Rammpfahl umfasst wenigstens einen inneren Pfahlkörper und wenigstens einen äußeren Pfahlmantel,
- der innere Pfahlkörper und der äußere Pfahlmantel bestehen aus Stahl,

- der Pfahlmantel erstreckt sich über wenigstens Teillänge des Rammpfahls,
- zwischen dem Pfahlkörper und dem Pfahlmantel erstreckt sich wenigstens eine Zwischenschicht, die Zwischenschicht besitzt vibrationsdämpfende Eigenschaften und
- die Zwischenschicht bildet einen Verbund mit dem Pfahlkörper und/oder mit dem Pfahlmantel.

**[0014]** Der Pfahlmantel kann beispielsweise als geschlossene Manschette ausgebildet sein, die sich nur über Teilbereiche des Rammpfahls bzw. des Pfahlkörpers erstreckt oder diese umschließt. Alternativ kann der Rammpfahl insgesamt mehrlagig bzw. Doppelwandig ausgebildet sein.

**[0015]** Bei der zuvor beschriebenen Variante des Rammpfahls hat sich herausgestellt, dass überraschenderweise eine besonders günstig aktive Schallunterdrückung bzw. Schallminderung stattfindet, wenn eine Phasenlöschung der in dem Pfahlkörper induzierten Vibrationen erreicht wird. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Zwischenschicht ein elastisches oder viskoelastisches Material umfasst, die auf die Eigenfrequenz des gesamten Rammpfahls so abgestimmt ist, dass eine Auslöschung der durch das Rammen induzierten Vibrationen bewirkt wird.

**[0016]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn in die Zwischenschicht zwischen der inneren und der äußeren Stahllage bzw. zwischen dem inneren Pfahlkörper und dem äußeren Pfahlmantel ein aktives Geräuschkämpfungssystem integriert ist, das beispielsweise aktiv als Antwort auf den eingeleiteten Rammimpuls Vibrationen erzeugt, die eine Phasenlöschung der induzierten Vibrationen bewirken. Solche Einrichtungen können beispielsweise mittels geeigneter Sensorik gesteuert sein, die die eingeleiteten Impulse sowie die hierdurch induzierten Vibrationen erfasst. Hierzu können beispielsweise Mikrofone vorgesehen sein, die den durch Impulsrammen erzeugten Schalldruckpegel erfassen und eine Steuerung veranlassen, eine entsprechende aktive Schallminderung durch Erzeugen von Vibrationen zu bewirken.

**[0017]** Bei einer besonders vorteilhaften Variante des Rammpfahls gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass als Zwischenschicht eine elastische oder viskoelastische Masse vorgesehen ist, die ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend:

Synthetischer oder natürlicher Gummi oder synthetischer oder natürlicher Kautschuk, Elastomer, thermoplastisches Elastomer, Silikonkautschuk, viskoelastisches Polymer, Polyurethan oder Bitumen.

**[0018]** Die Zwischenschicht kann Kombinationen der vorgenannten Materialien umfassen.

**[0019]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen

sein, dass als Zwischenschicht eine hydraulisch abbindende Vergussmasse, beispielsweise in Form von Beton und/oder Polymerbeton vorgesehen ist.

**[0020]** Alternativ zu einer hydraulisch abbindenden Vergussmasse kann die Zwischenschicht durch eine Einspülung einer nicht abbindenden Masse gebildet werden, beispielsweise in Form von Bentonit oder einer anderen geeigneten Zusammensetzung aus Tonmineralien.

**[0021]** Wie zuvor bereits erwähnt, kann eine Beschichtung und/oder ein Pfahlmantel nur über eine Teillänge des Rammpfahls vorgesehen sein und sich vorzugsweise nur im Bereich der dem Pfahlhammer zugewandten Endes des Rammpfahls erstrecken. Im Falle der Verwendung einer hydraulisch abbindenden Masse als vibrationsdämpfende Zwischenschicht kann vorgesehen sein, den Rammpfahl mit der noch nicht ausgehärteten Zwischenschicht einzubringen. Die nicht ausgehärtete Zwischenschicht hat besonders gute Isoliereigenschaften und härtet nach dem Einbringen des Pfahls so aus, dass diese Scherkräfte übertragen kann.

**[0022]** Wenn als Zwischenschicht beispielsweise eine Bitumenschicht vorgesehen ist, bleibt die Zwischenschicht dauerhaft viskoelastisch.

**[0023]** Zweckmäßigerweise sind der Pfahlkörper und der Pfahlmantel jeweils zylindrisch ausgebildet.

**[0024]** Ein weiterer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls in den Meeresuntergrund, folgende Verfahrensschritte umfassend:

- Bereitstellen eines Pfahls mit einem Pfahlkörper aus Stahl,
- Bereitstellen eines Pfahlmantelabschnitts, der einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser des Pfahlkörpers,
- Einbringen einer Vergussmasse in den Pfahlmantelabschnitt und anschließendes Eintreiben des Pfahlkörpers in den Meeresuntergrund durch den verfüllten Pfahlmantelabschnitt mittels eines Pfahlhammers oder mittels einer Vibrationseinrichtung.

**[0025]** Als Vergussmasse kann eine nicht abbindende Einspülung von Tonmineralien, Bentonit, eine hydraulisch abbindende Masse in Form von Beton oder Polymerbeton oder eine aushärtbare viskoelastische Masse oder ein Bitumen vorgesehen sein.

**[0026]** Bevorzugt wird der Pfahlmantelabschnitt zuerst teilweise in den Meeresgrund eingebracht, vorzugsweise durch Einspülen oder Einvibrieren und/oder Einrammen, sodann erfolgt das Einbringen einer Vergussmasse.

**[0027]** Wie bereits erwähnt, kann als Vergussmasse beispielsweise ein Beton oder ein Bentonit oder eine vergleichbare Schwerspat- oder Tonmineralsuspension in den Pfahlmantelabschnitt eingebracht werden.

**[0028]** Zuletzt wird der Pfahlkörper durch die nicht ausgehärtete Vergussmasse in den Meeresuntergrund eingetrieben.

**[0029]** Findet als Vergussmasse Bentonit oder eine andere thixotrope Stützflüssigkeit Anwendung, kann diese anschließend durch eine hydraulisch abbindende Vergussmasse ersetzt werden.

**[0030]** Vorzugsweise wird der Pfahlmantelabschnitt bei diesem Verfahren nur über eine Teillänge in den Meeresuntergrund eingebracht. Alternativ zu dem zuvor beschriebenen Verfahren kann vorgesehen sein, den Pfahlmantelabschnitt und den Pfahlkörper unter Bildung eines Ringspalts zunächst in den Meeresuntergrund einzubringen und anschließend den entstandenen Ringspalt mit einer Vergussmasse beziehungsweise einem Vergussmörtel zu verfüllen.

**[0031]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels in Bezug auf den erfindungsgemäßen Rammpfahl erläutert.

**[0032]** Es zeigen:

Figur 1: eine teilweise geschnittene Ansicht einer ersten Variante eines Rammpfahls gemäß der Erfindung,

Figur 2: eine perspektivische Ansicht eines anderen Rammpfahls gemäß der Erfindung, teilweise im Schnitt und

Figur 3: eine Ansicht einer weiteren Variante eines Rammpfahls gemäß der Erfindung.

**[0033]** Der Rammpfahl 1 gemäß der Erfindung umfasst einen Pfahlkörper 2, der als zylindrisches Stahlrohr ausgebildet ist sowie einen Pfahlmantel 3 aus Stahl, der im Falle des in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels als Manschette im Bereich des Eintreibendes 4 des Rammpfahls 1 angeordnet ist. Zwischen dem Pfahlmantel 3, der eine zylindrische Manschette um den Pfahlkörper bildet, und dem Pfahlkörper 2 ist eine elastische oder viskoelastische Masse als Zwischenschicht 5 vorgesehen.

**[0034]** Die Zwischenschicht 5 ist nur bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 dargestellt, bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 1 und 3 ist die Zwischenschicht 5 aus Vereinfachungsgründen weggelassen.

**[0035]** Die Zwischenschicht 5 ist stoffschlüssig mit dem Pfahlmantel 3 und dem Pfahlkörper 2 verbunden und bewirkt im Zusammenwirken mit dem Pfahlmantel 3 eine Schalldämpfung bei Einbringen von Rammimpulsen in das Eintreibende 4 des Rammpfahls 1.

**[0036]** Die Erfindung ist grundsätzlich so zu verstehen, dass ein Pfahlmantel 3 abschnittsweise über die gesamte Länge des Rammpfahls 1 an mehreren oder auch nur an einer Stelle vorgesehen sein kann. Im Bereich des Eintreibendes 4 kann der Pfahlkörper 2 geringfügig über den Pfahlmantel 3 hervorstehen, so dass der Rammimpuls direkt nur in den Pfahlkörper 2 eingeleitet wird. Eine solche Konfiguration ist insbesondere in Figur 3 veranschaulicht.

**[0037]** Die Anordnung kann wie beispielsweise in den Figuren 1 bis 3 dargestellt, als Rohr-in-Rohr-Konfiguration ausgebildet sein, der Pfahlmantel 3 kann alternativ auch gewickelt sein.

**[0038]** Der Pfahlkörper 2 ist in bekannter Art und Weise als zylindrisches Rohr/Hohlprofil ausgebildet. Andere Profilquerschnitte sind im Rahmen der Erfindung möglich und vorgesehen.

**[0039]** Bei der in Figur 2 dargestellten Variante des Rammpfahls 1 gemäß der Erfindung ist dieser über seine gesamte Länge als doppelwandiger Rammpfahl 1 ausgebildet, d. h., der Rammpfahl 1 umfasst über seine gesamte Länge einen zylindrischen, rohrförmigen Pfahlkörper 2 aus Stahl sowie einen sich über die gesamte Länge erstreckenden Pfahlmantel 3 aus Stahl. Dazwischen erstreckt sich als Zwischenschicht 5 aus einem elastischen oder viskoelastischen dämpfenden Material über die gesamte Länge und über den gesamten Umfang des Pfahlkörpers 2. Dieser doppelwandige laminierte Rammpfahl 1 ist vermöge seiner Materialeigenschaft per se geräuschkämpfend und unter verminderter Schalleinwirkung in den Wasserkörper durch Impulsrammen eintreibbar.

25 Bezugszeichenliste

**[0040]**

- 1 Rammpfahl
- 2 Pfahlkörper
- 3 Pfahlmantel
- 4 Eintreibende
- 5 Zwischenschicht

35 **Patentansprüche**

1. Rammpfahl (1) zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, der zum Eintreiben in den Meeresuntergrund mittels eines Pfahlhammers vorgesehen ist, wobei der Rammpfahl aus Stahl besteht und über wenigstens eine Teillänge mit einer vibrationsdämpfenden Beschichtung versehen ist.

2. Rammpfahl (1) zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, insbesondere nach Anspruch 1, der zum Eintreiben in den Meeresuntergrund mittels eines Pfahlhammers vorgesehen ist, mit folgenden Merkmalen:

- der Rammpfahl (1) umfasst wenigstens einen inneren Pfahlkörper (2) und wenigstens einen äußeren Pfahlmantel (3),
- der innere Pfahlkörper (2) und der äußere Pfahlmantel (3) bestehen aus Stahl,
- der Pfahlmantel (3) erstreckt sich über wenigstens eine Teillänge des Pfahlkörpers (2),
- zwischen dem Pfahlkörper (2) und dem Pfahlmantel (3) erstreckt sich wenigstens eine Zwi-

- schenschicht (5),  
 - die Zwischenschicht (5) besitzt vibrationsdämpfende Eigenschaften und  
 - die Zwischenschicht (5) bildet einen Verbund mit dem Pfahlkörper (2) und/oder dem Pfahlmantel (3).
3. Ramppfahl (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Zwischenschicht (5) eine elastische oder viskoelastische Masse vorgesehen ist, ausgewählt aus einer Gruppe umfassend: synthetischer oder natürlicher Kautschuk, synthetisches oder natürliches Gummi, Elastomer, thermoplastisches Elastomer, Silikonkautschuk, Silikon, viskoelastisches Polymer, Polyurethan und Bitumen. 5
4. Ramppfahl (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Zwischenschicht eine hydraulisch abbindende Vergussmasse, beispielsweise in Form von Beton und/oder Polymerbeton vorgesehen ist. 10
5. Ramppfahl (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Beschichtung und/oder ein Pfahlmantel (3) nur über eine Teillänge des Ramppfahls (1) vorgesehen ist und sich vorzugsweise nur im Bereich des dem Pfahlhammer zugewandten Endes des Ramppfahls (1) erstreckt. 15
6. Ramppfahl (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlkörper (2) und der Pfahlmantel (3) zylindrisch ausgebildet sind. 20
7. Verfahren zur Einbringung eines Ramppfahls (1) in den Meeresuntergrund, folgende Verfahrensschritte umfassend: 25
- Bereitstellen eines Ramppfahls (1) mit einem Pfahlkörper (2) aus Stahl, 30
  - Bereitstellen eines Pfahlmantelabschnitts, der einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser des Pfahlkörpers (2), 40
  - Einbringen einer Vergussmasse in den Pfahlmantelabschnitt und
  - anschließendes Eintreiben des Pfahlkörpers (1) in den Meeresuntergrund durch den verfüllten Pfahlmantelabschnitt mittels eines Pfahlhammers und/oder einer Vibrationseinrichtung oder 45
  - Eintreiben des Pfahlkörpers (1) und den Pfahlmantelabschnitt in den Meeresuntergrund und anschließendes Einbringen einer Vergussmasse zwischen den Pfahlmantelabschnitt und den Pfahlkörper (1). 50
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlmantelabschnitt zuerst wenigstens teilweise in den Meeresuntergrund einge- 55
- bracht wird, vorzugsweise durch Einspülen und/oder Einvibrieren und/oder Einrammen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergussmasse ein Beton oder eine Bentonitsuspension oder eine vergleichbare Schwerspat- oder Tonmineralsuspension in den Pfahlmantelabschnitt eingebracht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlkörper (2) durch die nicht ausgehärtete Vergussmasse in den Meeresuntergrund eingetrieben wird.

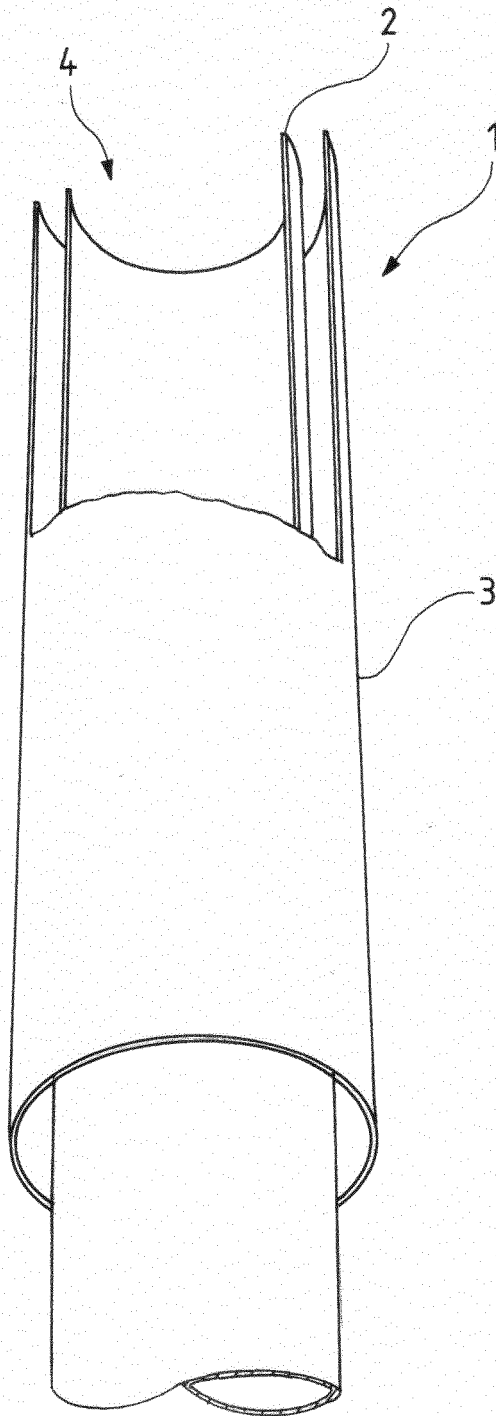


Fig. 1

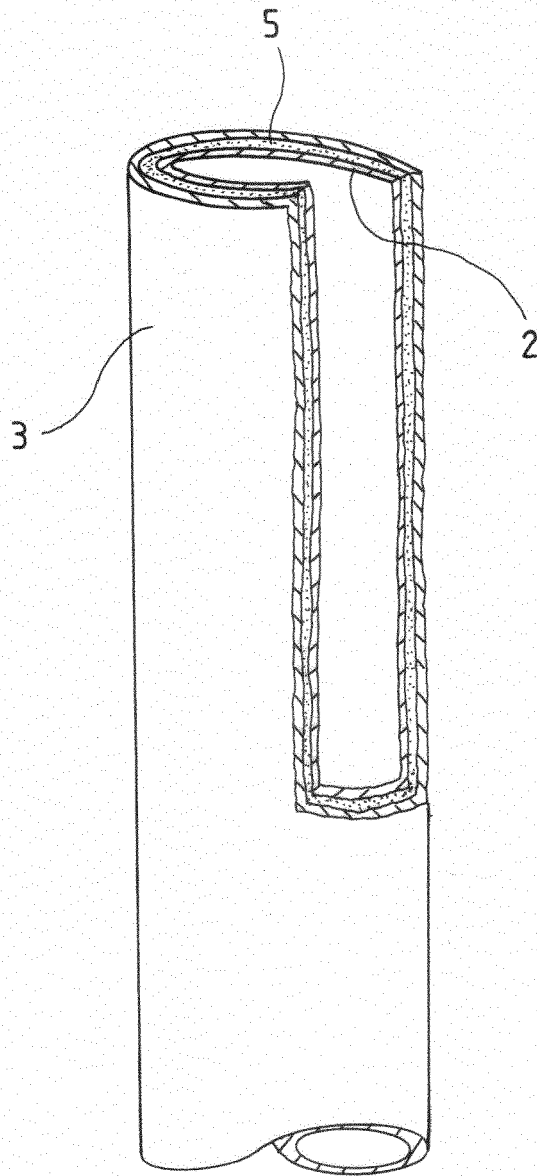


Fig. 2

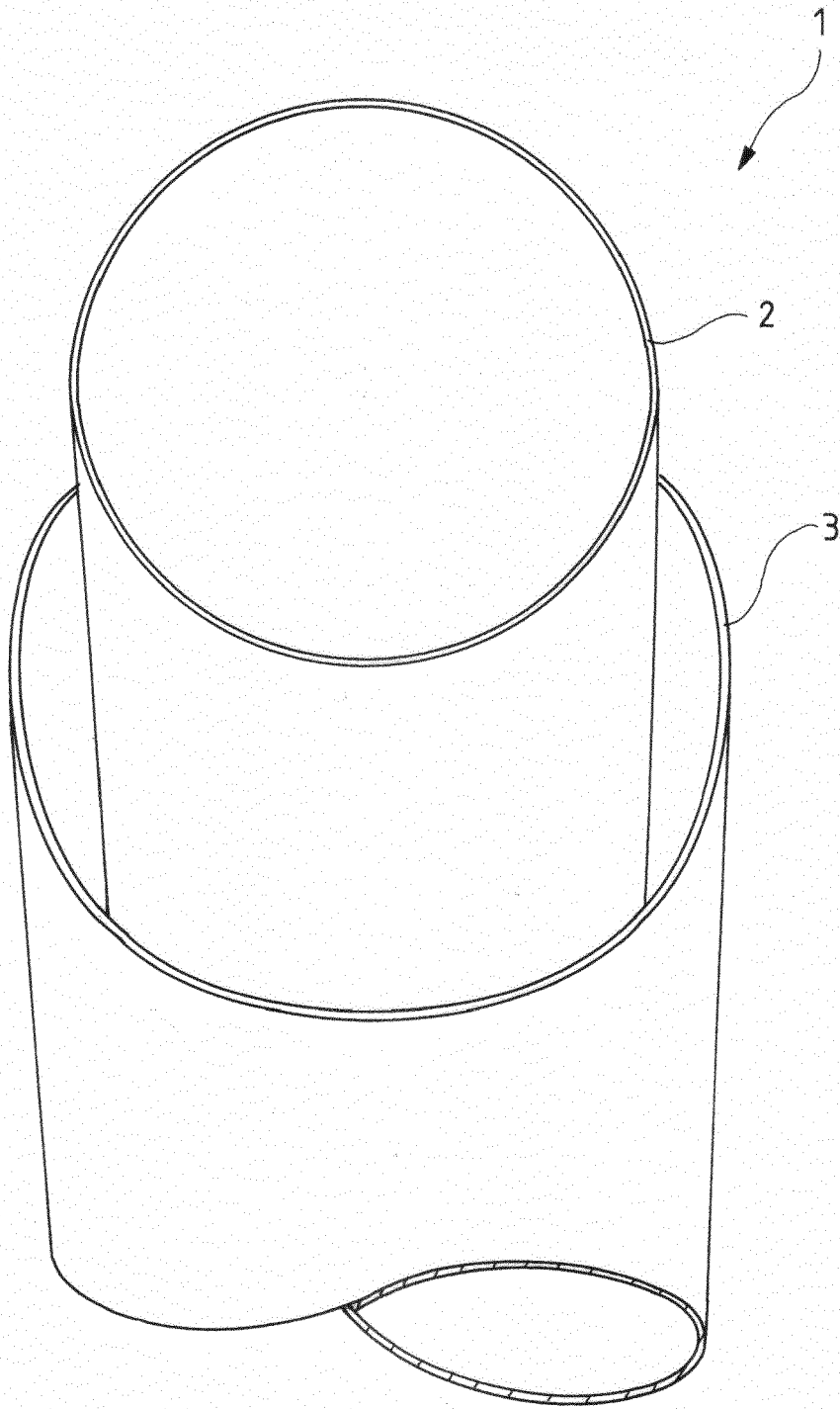


Fig. 3