

(19)



(11)

EP 2 884 006 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.01.2017 Patentblatt 2017/02

(51) Int Cl.:
E02D 5/28 (2006.01) E02D 13/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14191626.2**

(22) Anmeldetag: **04.11.2014**

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

Driven pile and method for introducing a driven pile into a seabed

Pieux et procédé de pose d'un pieu battu au fond de la mer

(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

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.06.2015 Patentblatt 2015/25

(73) Patentinhaber: **RWE Innogy GmbH 45127 Essen (DE)**

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

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly Patentanwälte PartG mbB Sattlerweg 14 51429 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-2011/091041

EP 2 884 006 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

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 Gründungspfahl 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 Füße vorgesehen sind. Die Füße 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 Fundamentfüße 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 Füße 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 Pfahlhämmern 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 aufschwimmende Fundamente oder dergleichen auszuweichen.

[0007] Schallärmere Einbringungsverfahren oder Gründungsvarianten sind weiterhin aus dem Dokument WO 2011/091041 A2 bekannt.

[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 signifikanter zur Schallminderung beiträgt.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch einen Rammpfahl mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls in den Meeresuntergrund gemäß Anspruch 6.

[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 aufgebraute 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 Ver-

gussmasse 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.

Bezugszeichenliste

[0040]

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

Patentansprüche

1. Rammpfahl (1) zur Errichtung eines Offshore-Bauwerks, 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 Zwischenschicht (5),
- die Zwischenschicht (5) besitzt vibrationsdämpfende Eigenschaften und
- die Zwischenschicht (5) bildet einen Verbund mit dem Pfahlkörper (2) und/oder dem Pfahlmantel (3),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zwischenschicht ein elastisches oder viskoelastisches Material umfasst, das auf die Eigenfrequenz

des gesamten Rammpfahls so abgestimmt ist, dass eine Auslöschung der durch das Rammen induzierten Vibrationen bewirkt wird.

2. Rammpfahl (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elastische oder viskoelastische Material ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend: synthetischer oder natürlicher Kautschuk, synthetisches oder natürliches Gummi, Elastomer, thermoplastisches Elastomer, Silikonkautschuk, Silikon, viskoelastisches Polymer, Polyurethan und Bitumen. 5
3. Rammpfahl (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Zwischenschicht eine hydraulisch abbindende Vergussmasse, beispielsweise in Form von Beton und/oder Polymerbeton vorgesehen ist. 15
4. Rammpfahl (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Beschichtung und/oder ein Pfahlmantel (3) nur über eine Teillänge des Rammpfahls (1) vorgesehen ist und sich vorzugsweise nur im Bereich des dem Pfahlhammer zugewandten Endes des Rammpfahls (1) erstreckt 20 25
5. Rammpfahl (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlkörper (2) und der Pfahlmantel (3) zylindrisch ausgebildet sind. 30
6. Verfahren zur Einbringung eines Rammpfahls (1) in den Meeresuntergrund gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: 35
 - Bereitstellen eines Rammpfahls (1) mit einem Pfahlkörper (2) aus Stahl,
 - 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 (2) in den Meeresuntergrund durch den verfüllten Pfahlmantelabschnitt mittels eines Pfahlhammers und/oder einer Vibrationseinrichtung. 45
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlmantelabschnitt zuerst wenigstens teilweise in den Meeresuntergrund eingebracht wird, vorzugsweise durch Einspülen und/oder Einvibrieren und/oder Einrammen. 50
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergussmasse ein Beton oder eine Bentonitsuspension oder eine vergleichbare Schwerspat- oder Tonmineralsuspension in den Pfahlmantelabschnitt eingebracht wird. 55

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlkörper (2) durch die nicht ausgehärtete Vergussmasse in den Meeresuntergrund eingetrieben wird.

Claims

1. Driven pile (1) for erecting an offshore structure and intended to be driven into the seabed by means of a pile hammer, comprising the following features: 10
 - the driven pile (1) comprises at least one inner pile body (2) and at least one outer pile shell (3),
 - the inner pile body (2) and the outer pile shell (3) consist of steel,
 - the pile shell (3) extends over at least a part of the length of the pile body (2),
 - at least one intermediate layer (5) extends between the pile body (2) and the pile shell (3),
 - the intermediate layer (5) has vibration-dampening properties, and
 - the intermediate layer (5) forms a connection with the pile body (2) and/or the pile shell (3), 20 25

characterized in that

the intermediate layer comprises an elastic or viscoelastic material which is coordinated with the natural frequency of the entire driven pile such that extinguishing of the vibrations induced by the pile-driving operation is effected.

2. Driven pile (1) according to Claim 1, **characterized in that** the elastic or viscoelastic material is selected from a group comprising: synthetic or natural unvulcanized rubber, synthetic or natural vulcanized rubber, elastomer, thermoplastic elastomer, silicone rubber, silicone, viscoelastic polymer, polyurethane and bitumen. 35 40
3. Driven pile (1) according to Claim 1, **characterized in that** the intermediate layer provided is a hydraulically setting casting compound, for example in the form of concrete and/or polymer concrete. 45
4. Driven pile (1) according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** a coating and/or a pile shell (3) is provided only over a part of the length of the driven pile (1) and preferably extends only in the region of the end of the driven pile (1) that faces the pile hammer. 50
5. Driven pile (1) according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the pile body (2) and the pile shell (3) have a cylindrical design. 55
6. Method for introducing a driven pile (1) into the seabed according to one of Claims 1 to 5, wherein the

method comprises the following steps:

- providing a driven pile (1) having a pile body (2) made of steel,
 - providing a pile shell portion which has a diameter which is greater than the diameter of the pile body (2),
 - introducing a casting compound into the pile shell portion, and
 - subsequently driving the pile body (2) into the seabed through the filled pile shell portion by means of a pile hammer and/or a vibration device.
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the pile shell portion is at first at least partially introduced into the seabed, preferably by water-jet driving and/or by being vibrated in and/or rammed in.
8. Method according to either of Claims 6 and 7, **characterized in that** the casting compound introduced into the pile shell portion is a concrete or a bentonite suspension or a comparable barite or clay mineral suspension.
9. Method according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the pile body (2) is driven into the seabed through the non-cured casting compound.

Revendications

1. Pieu battu (1) destiné à l'érection d'une construction offshore, qui est prévu pour l'enfoncement dans le fond de la mer au moyen d'une sonnette de battage, avec les caractéristiques suivantes:
- le pieu battu (1) comprend au moins un corps de pieu intérieur (2) et au moins une enveloppe de pieu extérieure (3),
 - le corps de pieu intérieur (2) et l'enveloppe de pieu extérieure (3) sont composés d'acier,
 - l'enveloppe de pieu (3) s'étend sur au moins une partie de la longueur du corps de pieu (2),
 - au moins une couche intermédiaire (5) s'étend entre le corps de pieu (2) et l'enveloppe de pieu (3),
 - la couche intermédiaire (5) possède des propriétés d'amortissement des vibrations,
 - la couche intermédiaire (5) forme un composite avec

le corps de pieu (2) et/ou l'enveloppe de pieu (3), **caractérisé en ce que** la couche intermédiaire comprend un matériau élastique ou viscoélastique, qui est accordé à la fréquence propre du pieu battu total, de telle manière qu'il se produise une extinction des vibrations induites par le battage.

2. Pieu battu (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le matériau élastique ou viscoélastique est choisi dans un groupe comprenant: le caoutchouc synthétique ou naturel, la gomme synthétique ou naturelle, un élastomère, un élastomère thermoplastique, le caoutchouc silicone, la silicone, un polymère viscoélastique, un polyuréthane et le bitume.
3. Pieu battu (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est prévu comme couche intermédiaire une masse de coulée à liaison hydraulique, par exemple sous forme de béton et/ou de béton polymère.
4. Pieu battu (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** n'est prévu un revêtement et/ou une enveloppe de pieu (3) que sur une partie de la longueur du pieu battu (1) et il/elle ne s'étend de préférence que dans la région de l'extrémité du pieu battu (1) tournée vers la sonnette de battage.
5. Pieu battu (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le corps de pieu (2) et l'enveloppe de pieu (3) sont de forme cylindrique.
6. Procédé de pose d'un pieu battu (1) dans le fond de la mer selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le procédé comprend les étapes suivantes:
- préparation d'un pieu battu (1) avec un corps de pieu (2) en acier,
 - préparation d'une partie d'enveloppe de pieu, qui présente un diamètre qui est plus grand que le diamètre du corps de pieu (2),
 - introduction d'une masse de coulée dans la partie d'enveloppe de pieu, et
 - ensuite enfoncement du corps de pieu (2) dans le fond de la mer à travers la partie d'enveloppe de pieu remplie au moyen d'une sonnette de battage et/ou d'un dispositif vibrant.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'on pose la partie d'enveloppe de pieu d'abord au moins partiellement dans le fond de la mer, de préférence par injection et/ou vibration et/ou battage.
8. Procédé selon une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** l'on introduit comme masse de coulée dans la partie d'enveloppe de pieu un béton ou une suspension de bentonite ou une suspension comparable de spat pesant ou de minéral argileux.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** l'on enfonce le corps

de pieu (2) dans le fond de la mer à travers la masse
de coulée non durcie.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7

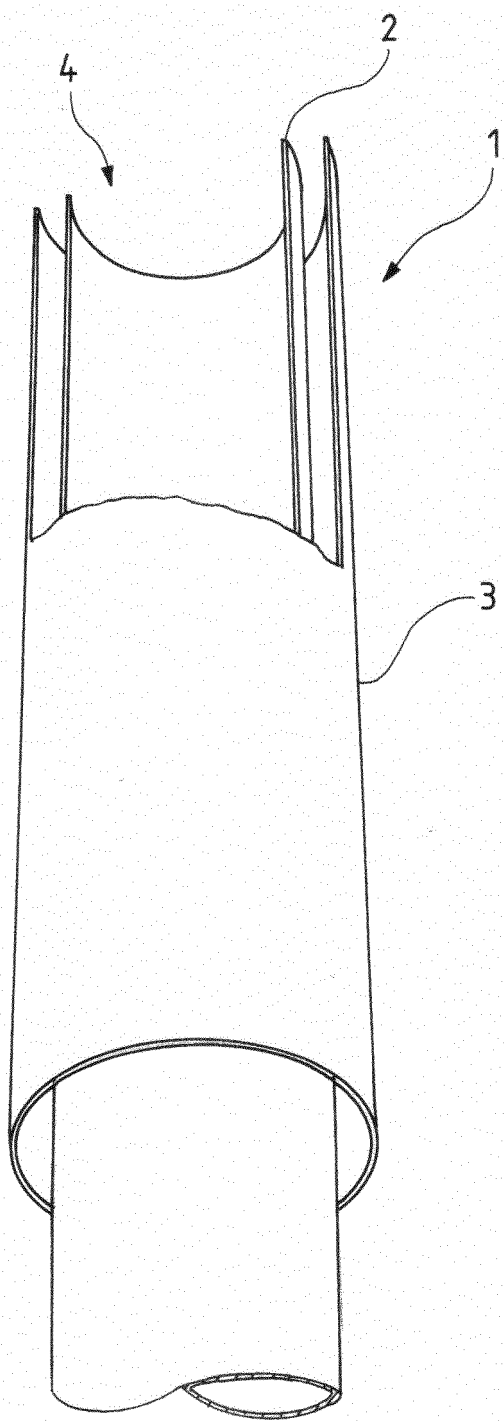


Fig. 1

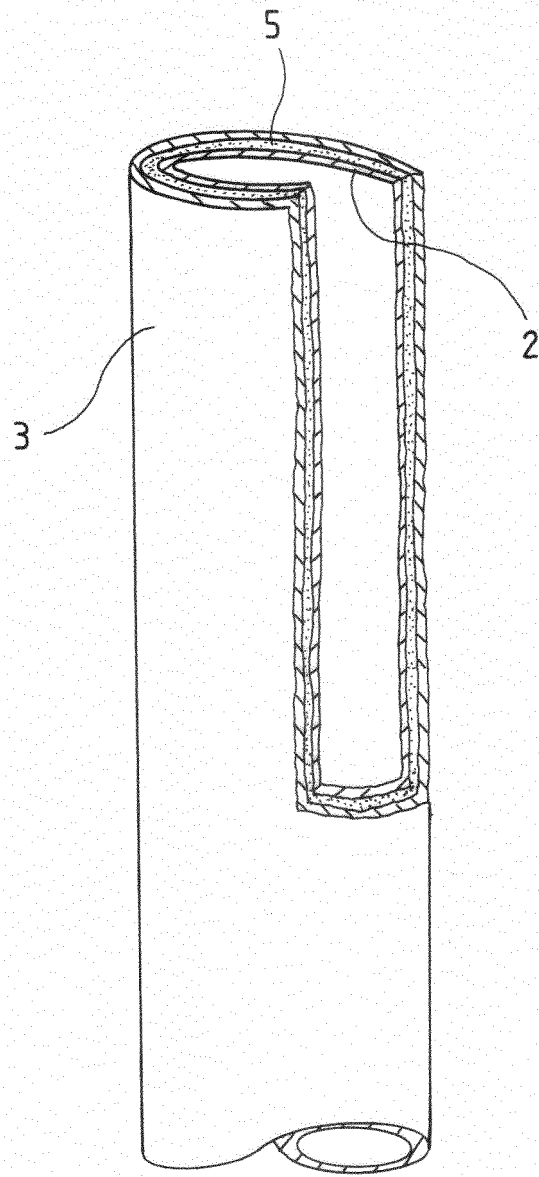


Fig. 2

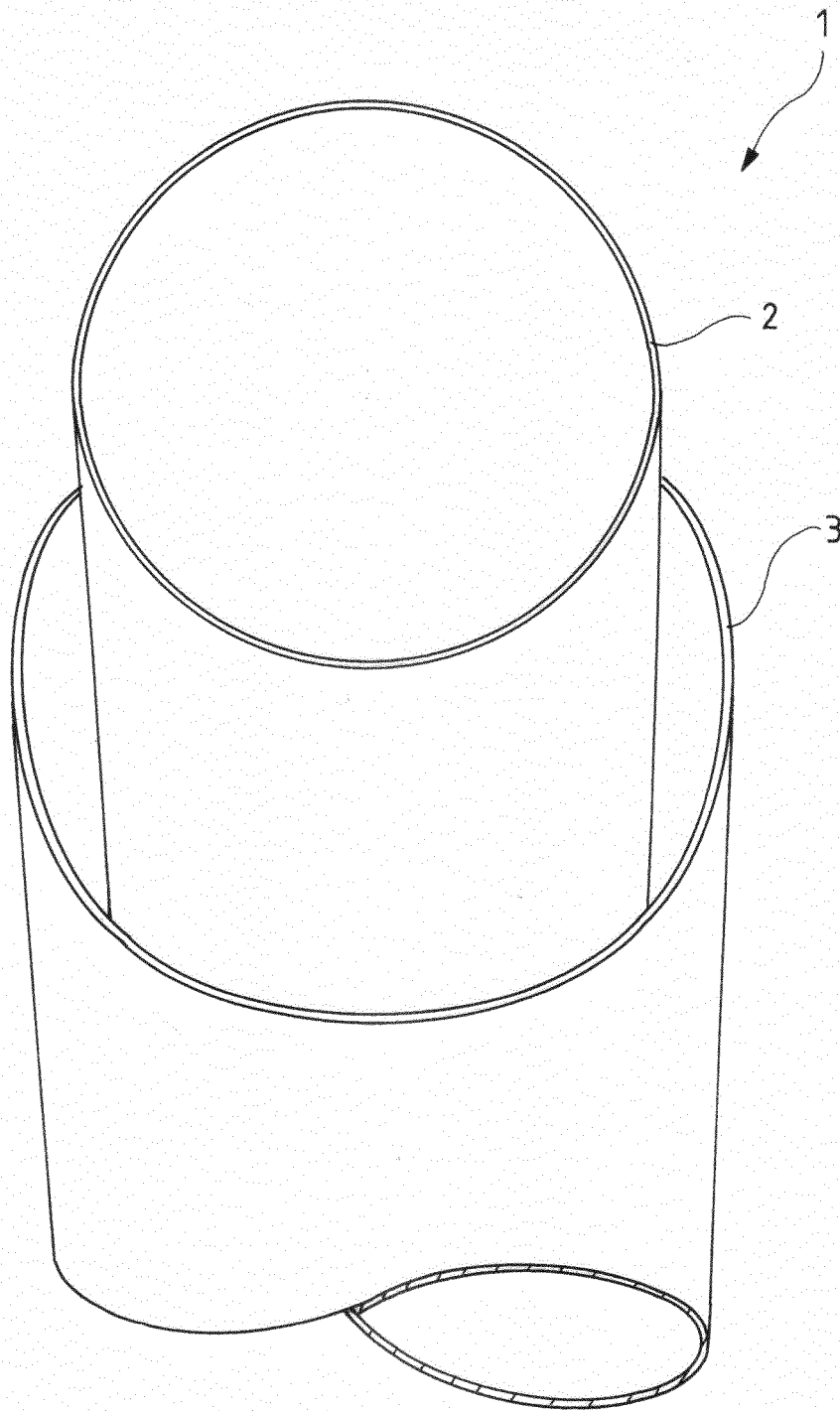


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011091041 A2 [0007]