(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
13. März 2014 (13.03.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/037421 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
E04H 12/16 (2006.01) *F03D 11/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/068318

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. September 2013 (04.09.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 017 426.8
4. September 2012 (04.09.2012) DE

(72) Erfinder; und
(71) Anmelder : **WAGNER, Philipp** [DE/DE]; Friedenstrasse 29, 97638 Mellrichstadt (DE).

(74) Anwalt: **PRINZ & PARTNER**; Rundfunkplatz 2, 80335 München (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

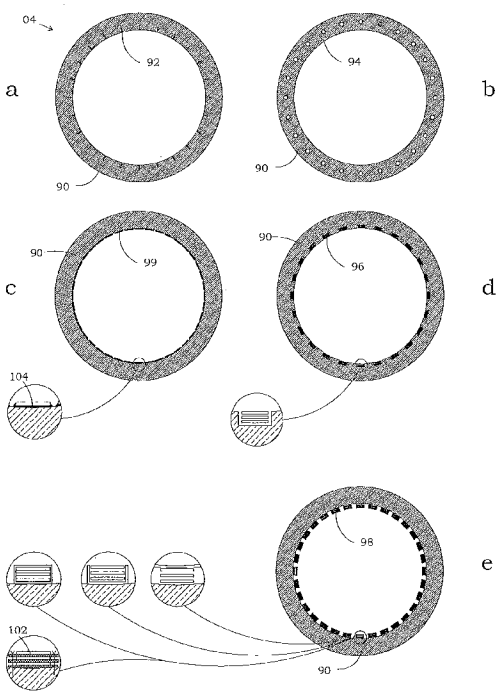
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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**: TOWER STRUCTURE OF A WIND POWER PLANT AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) **Bezeichnung** : TURMBAUWERK EINER WINDENERGIEANLAGE UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

Fig. 5



(57) **Abstract**: A tower structure for a wind power plant which, at least in sections, is made of concrete and is stressed by carbon fibre tendons. This minimizes the construction effort.

(57) **Zusammenfassung**: Ein Turmbauwerk für eine Windenergieanlage, welches zumindest abschnittsweise aus Beton besteht und durch Kohlefaserspannglieder überdrückt wird. Der konstruktive Aufwand minimiert sich hierdurch

WO 2014/037421 A1

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

Veröffentlicht:

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

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Turmbauwerk einer Windenergieanlage und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Turmbauwerk einer Windenergieanlage und Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Windenergieanlagen (WEA) mit Windgeneratoren, auf die sich die erfindungsgemäßen Bauweisen beziehen, haben einen Betonturm und auf der Turmspitze angebrachte, schwere Großkomponenten. Diese Großkomponenten sind Übergangselemente, Gondel, elektrischer Generator, Rotor mit wenigstens einem Rotorblatt und, sofern vorhanden, einem Getriebe für den Rotor, sowie im Falle von Hybridtürmen zusätzliche Stahlrohrsegmente, die auf den Betonturm aufgesetzt sind und den Windgenerator tragen.

Windenergieanlagen unterschiedlicher Größe, Leistung und unterschiedlichen Typs verbreiten sich mehr und mehr, um elektrische Energie aus der kinetischen Energie des Windes zu erzeugen. Die Effektivität einer solchen Windenergieanlage hängt unter anderem davon ab, daß der Wind möglichst lange und gleichmäßig über das Jahr verteilt vorhanden ist.

Es ist bekannt, daß Windenergieanlagen um so höhere Erträge aus dem über das Jahr verteilten Windangebot schöpfen können, je höher die Windenergieanlagen gebaut werden, da in größeren Höhen der Wind im Durchschnitt schneller und laminarer weht. Dies ist insbesondere für küstenferne Gebiete, hügelige oder gebirgige Gebiete der Fall.

In den vergangenen Jahren geht aufgrund von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen der Trend zu immer größeren Anlageneinheiten, wobei sich die Turmbauweise des Hybridturms, bestehend aus einem Betonschaft, einem Übergangsstück und weiteren aufgesetzten Stahlrohrsegmenten, auf die der Windgenerator montiert ist, durchgesetzt haben. Um die notwendige Steifigkeit innerhalb des Betonschaftabschnitts zu erlangen, wird dieser mit Spanngliedern überdrückt. Das hieraus hervorgehende

Spannbetonbauteil weist eine deutlich höhere Steifigkeit auf, als ein schlaff bewehrter Betonturm.

Zur Realisierung der Vorspannung wurden in der Vergangenheit insbesondere zwei Spannverfahren angewendet, wovon das eine Spannglieder vorsieht, die innerhalb des Betonschaftquerschnitts entlanglaufen und dort mit einem in der Regel mineralischen Füllmaterial mit dem Betonquerschnitt verbunden werden (intern) oder bei dem Spannlitzen an der Innenwand des Turmschaftes entlanggeführt werden (extern verbundlos).

Nachteilig bei diesen Bauweisen sind das Gewicht der Spanngliedelemente, der Spanngliedverankerungen, und darum der Arbeitsaufwand, diese mit schwerem Gerät in vertikaler Richtung einzubauen, sowie der notwendige Materialaufwand für die Spanngliedverankerungen. Dieser Nachteil verstärkt sich insbesondere dann, wenn es sich um vollüberdrückte Turmbauweisen handelt, die mit verbundlosen Trockenfugen arbeiten und darum die gesamte Hebelkraft des freistehenden Kragarmes durch die Spannglieder geführt werden muß, um Fugenklaffen zu vermeiden.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, Konstruktionsweisen für die Vorspannung von Turmbauwerken für Windkraftanlagen vorzuschlagen, die einfacher in ihrer Handhabung sind, die leicht sind, und die leicht und schneller zu verarbeiten sind.

Die Erfindung schafft durch den Anspruch 1 eine neue Bauweise für Türme von Windenergieanlagen, bei der die Vorspannung im Turmschaft des Betonabschnittes des Turmbauwerkes über Kohlefaserspannglieder aufgebracht wird. Die Spanngliedverankerung an beiden Enden wird durch ein Spannverfahren realisiert, das einen schnelleren und einfacheren Einbau erlaubt und weniger konstruktiven Aufwand und Montageaufwand, insbesondere an den Widerlagern erfordern, als herkömmliche Spannglieder aus Spannstahl und deren Spannverfahren.

Die Übergangselemente sind z.B. an dem Turmschaft im Bereich seines oberen Endes angebrachte Zwischenflansche, insbesondere aus Metall, oder unmittelbar Stahlmasten oder Stahlmastbestandteile oder dergleichen. Ferner

können aber auch auf die Übergangselemente die Gondel oder der Stahlmast aufgesetzt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, daß der Einbau sogar in einer Ein-Mann-Montage mit kleinem Gerät ausgeführt wird. Die Anordnung und Ausführung des Vorspannsystems erlaubt zudem einen genauso einfachen Austausch eines schadhaften Spanngliedes im Bedarfsfall durch eine einzelne Person wie deren sortenreine Entsorgung ohne das aufwendige Auftrennen von Baustoffen beim Abbruch des Turms am Ende seiner Lebenszeit.

Kohlefaserbauteile werden im Bereich der Mobilität seit längerem verwendet, um Gewicht zu sparen. Im Bauwesen konnten sie sich bislang nur wenig durchsetzen, da sie im Vergleich zu den bewährten Stahlbetonbauweisen zum einen teurer sind und zum anderen noch keine langjährigen Erfahrungen vorliegen, wie das bei Stahlbeton der Fall ist. Kohlefasern im Bauwesen werden bislang fast ausschließlich in Sanierungsfällen eingesetzt, bei denen Faktoren wie beispielsweise die Aufbauhöhe einer Sanierungsschicht, darüber entscheiden, den neuen Baustoff für Armierungszwecke zu verwenden.

Für Spannglieder im Spannbetonbau für Brückenbauten und Sendemasten wurden Kohlefaserlamellen in der jüngeren Vergangenheit ebenfalls getestet und grundsätzlich als verwendbar eingestuft. Einem breiten Einsatz stehen jedoch die höheren Materialkosten im Vergleich zu den auf dem Markt befindlichen Spanngliedern aus Spannstählen gegenüber.

Gegen das Vorurteil der Fachwelt schlägt die Erfindung vor, trotz der vermeintlich höheren Kosten Kohlefaserspannglieder für die Errichtung von Spannbetonschäften für Windkraftanlagen heranzuziehen.

Die Merkmale im Einzelnen:

Die Ausführung von Spanngliedern in Türmen von Windenergieanlagen (WEA), die die Erfindung vorschlägt, bestehen aus gewichtsarmen Kohlefaserlamellen mit leicht montierbaren Spanngliedverankerungen, die an dafür vorgesehenen Widerlagern angebracht sind. Es kommt bei Kohlefaser-Spanngliedern zu keiner Korrosion, wodurch Kontroll- und Wartungsaufwand erheblich reduziert wird.

Vorzugsweise werden die vorgeschlagenen Spannglieder aus Kohlefaserlamellen mit eigens dafür vorgesehenen Verankerungssystemen extern oder intern verbundlos geführt, das heißt, ohne Vergießen in der Führung oder im Hohlraum, was insbesondere im Falle der extern verbundlosen Ausführung in einer der vorgeschlagenen Ausführungsformen eine sehr leichte Montage, ein sehr leichtes Austauschen im Schadensfall über den gesamten Betriebszeitraum und eine sehr leichte Demontage ermöglichen. Nicht zu erwähnen, daß ein Nachspannen im Bedarfsfall ebenfalls problemlos erfolgen kann.

Erfindungsgemäß werden die Widerlager der Spanngliedverankerungen so ausgebildet, daß sowohl die Montage, als auch die Demontage der Widerlager sehr einfach erfolgen kann und die Bauteile leicht zu verbauen, leicht zu warten und leicht zu demontieren sind.

Erfindungsgemäß werden die Spannglieder an ihren Enden vorzugsweise mit Spanngliedköpfen nach dem System-Kolleger (spannungsabhängige Keilverankerung) oder mit dem System LAP (Krokodilklemme) ausgestattet und in den Widerlagern befestigt.

Die Widerlager werden vorzugsweise flächig auf der Betonoberfläche angebracht, was ein Einbetonieren der Widerlager ebenso überflüssig macht wie komplizierte Schalungsgeometrien zur Aufnahme der Widerlager insbesondere im Spannkeller des Turmbauwerkes von herkömmlichen Vorspannsystemen von Türmen von Windkraftanlagen. Dies gilt insbesondere, wenn das Widerlager mit einer Normalkraft auf die Betonoberfläche drückt.

Erfindungsgemäß werden die Kohlefaserspannlamellen in mehreren Lagen entlang der Wand des Turmbauwerkes geführt, wobei Distanzelemente die einzelnen Lamellen eines Spanngliedpaketes in Abstand zueinander halten und somit ein Aneinanderschlagen der einzelnen Lamellen untereinander und gegen die Wand verhindern. Die Distanzelemente sind dauerhaft so befestigt oder geformt, daß sie nicht aus dem Zwischenraum herausrutschen können.

Erfindungsgemäß können in der Schaftwand des Betonturmes Aussparungen vorgesehen sein, in denen die Spannglieder entlanglaufen oder an denen sie entlanggeführt werden.

Erfindungsgemäß können Hüll- oder Halteelemente vorgesehen sein, die die Spannglieder an der Schaftwand befestigen und auf diese Weise ein Schwingen, Verwerfen oder Schlagen gegen die Wand und untereinander unterbinden. Das ist besonders vorteilhaft, weil die seitlichen Auslenkungen und Schwingungen eines WEA-Turmes im Vergleich beispielsweise zu Spannbetonbrücken um ein Vielfaches größer sind, um mehrere Größenordnungen häufiger auftreten und die Schlagzähigkeit der Lamellen insbesondere auch im Vergleich zu Spannstählen deutlich geringer ist, was über den Betriebszeitraum eine Ermüdung oder Degradation des Materials durch Aneinanderschlagen oder gegen-die-Wand-Schlagen befürchten läßt.

Erfindungsgemäß wird das Spannglied vorzugsweise vorkonfektioniert an einem Ende mit einer Spanngliedverankerung versehen auf die Baustelle angeliefert und mit einem freien Ende auf der anderen Seite. Vorzugsweise wird das vorkonfektionierte Ende am unteren Ende eingebaut und das freie Ende am oberen Einspannpunkt mit der notwendigen Zugspannung durch eine Spannpresse gegen das Widerlager oder einen widerlagerfähigen Punkt beaufschlagt und anschließend befestigt. Auf diese Weise entfällt vorteilhafterweise der Spannkeller, bzw. kann der Spannkeller erheblich geringer dimensioniert werden, als das bisher insbesondere für den apparativen Aufwand von Spannpressen für herkömmliche Spannlitzen der Fall war. Das Fundament kann hierdurch flacher ausgebildet werden. Es können die für Kohlefaserlamellen in Gebrauch befindlichen Spannpressen verwendet werden, die erheblich weniger Platz benötigen, als Spannpressen für Spannstähle. Diese Spannpressen können auch auf dem beengten Raum des Übergangsstückes am oberen Ende des Betonschaftes eingesetzt werden, was bislang mit den herkömmlichen Spannpressen bei den dicht gepackten Spanngliedern entlang der Innenwand des Übergangselementes insbesondere für vollüberdrückte Bauweisen nicht möglich war.

Das „freie Ende“ des Spanngliedes muß nicht zwangsläufig aus losen Enden von Kohlefaserlamellen oder Drähten bestehen, es besagt lediglich, daß dieses Ende des Spannglieds so ausgebildet ist, daß es gespannt und anschließend befestigt werden kann, während das andere Ende vorzugsweise so ausgebildet ist, daß man es nicht mehr mit einer Spannpresse verarbeiten muß, sondern

dieses Ende lediglich eingehängt, eingeschlauft, angeschraubt oder anderweitig befestigt wird.

Die Erfindung schlägt vor, daß die Spannglieder im Turmfundament lediglich an einer dafür vorgesehenen Widerlagervorrichtung eingehängt und befestigt werden, die vorzugsweise große Teile des Turmfundamentes zusätzlich mitvorspannt und auf diese Weise einen verbesserten Kraftverlauf im Bereich des Turmfußes, des Fundamentes und der Turmgründung ermöglicht.

Erfindungsgemäß erlaubt diese Montage, daß auf schweres Gerät und auch große Kräne zum Heranholen und Heben von Spannlitzen aus Spannstahl sowie deren schwere Spanngliedverankerungen verzichtet werden kann. Vielmehr können die Spannglieder im Bedarfsfall sogar nur mit einer einfachen Motorseilwinde von unten nach oben im Turm eingezogen werden. Die Spannpressen für Spannglieder aus Kohlefaser, die aus der Bauwerkssanierung bekannt sind, sind leicht, kompakt, leicht zu transportieren und können aufgrund ihres sehr geringem Platzbedarf wahlweise am oberen oder unteren Einspannpunkt eingesetzt werden. Sie benötigen keine Hebezeuge zum Bewegen und Transportieren.

Im Falle der extern verbundlosen Ausführungsformen mit direkt an das Widerlager angeschraubten (und nicht durchgeführten) Spanngliedverankerungen wird das gesamte Spannglied nur noch von vorne, d.h. seitlich, in seine Position gebracht, befestigt und vorgespannt. Der konstruktive Aufwand an allen hierfür notwendigen Bauteilen verringert sich dadurch erheblich.

Die Spannglieder aus Kohlefaser sind insbesondere Bänder, auch Lamellen genannt.

Die Hüllelemente können auch Lacke, Beschichtungen oder Schäume sein.

Die Spannglieder werden mindestens an einem Punkt ihrer freien Länge, d.h. zwischen ihren Befestigungsenden gehalten, wobei das Spannglied durch Halteelemente oder durch Anlage an der Wand oder an einem an der Wand befestigten Kontaktelement über Reibung gehalten werden kann.

Die Befestigungselemente und die Spanngliedwiderlager der Spannglieder können so ausgebildet sein, daß die Bänder oder Drähte des Spanngliedes einzeln eingezogen und fixiert werden können.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den nachfolgenden Zeichnungen, auf die Bezug genommen wird. In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 beschreibt beispielhaft den Stand der Technik bezüglich Spanngliedern in Turmbauwerken für Windkraftanlagen und skizzenhaft angedeutet deren Einbauwerkzeug, eine Spannpresse. Die Spannlitzen 10 zum Überdrücken des Betonschaftes oder der Fertigteile 08 werden von oben durch eine Öffnung 12 im Stahlflansch eines Übergangselementes 14 und einen etwaigen Spannkanales 16 bis in das Fundament 20 des Turmbauwerkes geführt. Dort werden die Spannglieder unterhalb eines Spannkanales 22 mit einer Spannpresse 24 gegen das Widerlager 28 vorgespannt und mit Spannankern 32 gegen das Widerlager befestigt.

Für diesen Arbeitsschritt ist ein entsprechend ausgebildeter, optional vorhandener Spannkeller 26 vorgesehen.

Gezeigt sind zwei unterschiedliche Ausführungen nach dem Stand der Technik, rechts mit einem separaten Adapterstück aus Stahl und links mit einem hybriden Adapterstück aus Stahl und Stahlbeton. Die Draufsicht 40 zeigt, daß die Spanngliedköpfe 42 am oberen Ende sehr dicht stehen und keine Manöverfläche für das Anbringen von üblichen Spannpressen für Spannglieder aus Spannstahl mehr besteht. 06 bezeichnet weitere mögliche aufgesetzte Stahlrohrelemente auf den Betonturm 04, sofern das Übergangselement nicht direkt an die Gondel anschließt.

Figur 2 zeigt die erfindungsgemäße Bauweise mit Spanngliedern aus Kohlefaserlamellen oder Drähten 50. Diese werden durch die dafür vorgesehenen Öffnungen 52 am Stahlflansch eines Übergangsstücks 54 geführt, ggfs. auch durch einen partiellen oder durch den gesamten Schaft reichenden Spannkanal 56.

Am unteren Ende werden die Spannglieder 50 durch einen Spannkanal 62 im Fundament 60 bis zum unteren Widerlager 68 geführt, und dort mit einer Verankerung in Form von Spanngliedköpfen 72 versehen.

Das Fundament 60 kann aufgrund des wesentlich geringeren Platzbedarfs der Spannpresse 70.1 deutlich einfacher und insbesondere flacher ausgeführt werden, als nach dem Stand der Technik.

Optional kann die Spannpresse 70.2 auch am oberen Ende im Bereich des Übergangsstücks 54 angesetzt werden. Der Spanngliedkopf 72 erfordert im Bereich des Übergangsstücks zudem wesentlich weniger Platz, wie eine prinzipielle Draufsicht 80 zeigt, so daß Spannpressen dort ebenfalls problemlos Platz finden und ihre Arbeit verrichten können.

Figur 3 zeigt die erfindungsgemäße Bauweise mit Spanngliedern aus Kohlefaserlamellen oder Drähten 50 am Beispiel eines nach unten orientierten Übergangsstücks 54 mit einem Spannkanalabschnitt 56. In dem Ausführungsbeispiel werden die Drähte oder Lamellen 50 durch Öffnungen 52 im Übergangstück geführt und anschließend mit einem Verankerungssystem mit Spanngliedköpfen 72.2 über eine kompakte Kohlefaserspannglied-Spannpresse 70.2 verspannt. Der Arbeitsschritt kann analog auch am unteren Ende des Spanngliedes mit einem Spanngliedkopf 72.1 erfolgen, der gegen das Widerlager 68 drückt, welches vorzugsweise lediglich aufgeklebt ist.

Figur 4 zeigt die erfindungsgemäße Bauweise mit Spanngliedern aus Kohlefaserlamellen oder Drähten 50 am Beispiel eines radial nach innen springenden Übergangsstücks 54, an das das Spannsystem mit Spanngliedköpfen 72.2 für die Kohlefaserlamellen (oder Drähte) einfach angebracht werden kann. Diese vorteilhafte Ausführungsform erübrigt Öffnungen, Bohrungen und Spannkanäle zur Hinterfütterung von Stahlflanschen und dgl. und erlaubt ein einfaches Befestigen, beispielsweise Festschrauben, der Spanngliedköpfe 72.2, die zusätzlich gegen einen Versatz 54.2 drücken können, der als zusätzliches Widerlager dient, um die Verschraubungen zu entlasten.

Der Arbeitsschritt kann analog auch am unteren Ende des Spanngliedes mit einem Spanngliedkopf 70.1 erfolgen, der an einem Verstärkungselement 67 befestigt ist und bei dem das Verstärkungselement 67 ebenfalls geometrisch so

ausgebildet sein kann, daß der Spanngliedkopf 72.2 zusätzlich gegen einen Versatz 67.1 des Verstärkungselementes gelagert ist.

Dieser Versatz kann auch von der Spannpresse als Widerlager genutzt werden. Durch diese Ausführungsform erübrigt sich jedes Durchschlaufen und Durchführen von Spanngliedern durch Öffnungen, Bohrungen, Spannkanäle usw., was den Verarbeitungsschritt des Vorspannens von Betonsektionen von Windkraftanlagen erheblich vereinfacht und den Austausch defekter Spannglieder zum einen sehr vereinfacht und zu der kaum Hilfsmittel notwendig sind, da die Spannglieder im Schadensfall und am Tag des Abbruchs einfach nach vorne, d.h. seitlich, weggenommen werden können.

Die Spannglieder werden also nur von vorne, d.h. seitlich gegen die Schaftwand und von vorne gegen die Innenseite des Fundamentes oder dort vorgesehenen Aussparungen befestigt.

Zudem können bei dieser Ausführungsform beide Enden des Spanngliedes mit Spanngliedköpfen stärker vorkonfektioniert werden. In diesem Fall wird ein Ende des Spannglieds an das Widerlager angebracht und das andere durch die Vorspannpresse hinter dem Spanngliedkopf in seine endgültige Position gezogen und dann ebenfalls am dortigen Widerlager befestigt. In der Isometrie gestrichelt dargestellt ist eine zusätzliche Sicherung 69.

Figur 5 zeigt die Erfindung im Schnitt durch den Turmschaft 04 und mögliche Ausführungsvarianten für Spannglieder aus Kohlefaser im Betonquerschnitt 90. (a) zeigt in dafür vorgesehene Nuten vorzugsweise eingeklebte Lamellen 92. (b) zeigt eine Variante für intern verbundlose Kohlefaserdrähte 94, (c) zeigt eine Ausführungsform, bei der die Kohlefaserlamellen mit einem Klebstoff 104 an der Wand befestigt sind. (d) zeigt eine Ausführungsform, bei der die Innenwand der Mantelfläche des Betonrohres Aussparungen, siehe vergrößerten Teilbereich von Figur 5, vorhält, in denen die Spannglieder 96 entlanggeführt werden. (e) zeigt eine Variante, bei der die Spannglieder 98 an der Innenseite einer glatten Oberfläche befestigt werden. Die Vergrößerungen zeigen schematisch mögliche Befestigungen durch Bügel, Ringe oder andere Befestigungselemente oder Hüllelemente.

Figur 6 zeigt in zwei Ausführungsformen mögliche Abstandshalter, das heißt Trennelemente 102 zwischen den Kohlefaserlamellen 100 zum Unterbinden von Aneinanderschlagen, Aneinanderschleifen, Abnutzung und Abrieb infolge der Schwingungen der Lamellen untereinander und der Spannglieder gegen die Wand des Turmschaftes. Vorzugsweise sind diese Abstandshalter durchlaufend über die gesamte freie Länge der Kohlefaserlamellen vorhanden. Eine analoge Umfütterung ist bei Drähten ebenfalls vorgesehen.

Die Spannglieder können auch von Hüllelementen umschlossen sein, das können Kunststoffbeschichtungen, Kunststoffhüllen, oder auch Lacke, Beschichtungen oder Schäume sein.

Generell gilt: Die Spannglieder werden mindestens an einem Punkt ihrer freien Länge, d.h. zwischen ihren Befestigungsenden gehalten, wobei das Spannglied durch Halteelemente oder durch Anlage an der Wand oder an einem an der Wand befestigten Kontaktelement über Reibung gehalten werden kann. Wenn die Innenseite des Turmschaftes an einer Stelle nach innen ausbaucht, werden die Spannglieder an dieser Stelle die Wand des Turmschaftes kontaktieren und an ihr anliegen, wobei hier ein erheblicher Anpressdruck ausgeübt wird. Durch die entstehende Reibung werden die Spannglieder an einem seitlichen Verschieben gehindert, d.h. gehalten. Alternativ kann zwischen Wand und Spanngliedern auch ein Kontaktteil vorhanden sein, das z.B. Wand oder Spannglied schont. Auch Befestigungsmittel wie Schellen, Klammern, Führungen können die Spannglieder am Turmschaft gegen seitliches Verschieben halten.

Die Spannglieder werden ohne Kran zum Übergangselement auf dem Turmschaft gebracht, insbesondere mittels einer leichten Seilwinde.

Patentansprüche

1. Turmbauwerk aus Spannbeton für eine Windenergieanlage mit einem Turmfuß, einem Turmschaft, einem Übergangselement (54) und einem Fundament (60), wobei die Spannglieder (50) zum Aufbringen der Vorspannung aus Kohlefaser sind, wobei mindestens drei Spannglieder (50) mindestens vom Turmfuß oberhalb des Fundamentes (60) mindestens bis zu einem Übergangselement (54) reichen, wobei die Spannglieder mit Spanngliedköpfen (72, 72.1 und 72.2) befestigt sind.

2. Turmbauwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelne Spannlamellen oder Drähte in den Spanngliedern durch Trennelemente (102) voneinander separiert sind.

3. Turmbauwerk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Spannlamellen oder Drähte in den Spanngliedern von Hüllelementen, insbesondere Lacke, Beschichtungen oder Schäume, umschlossen sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannglieder ohne Durchführungen und Spannkanäle verlaufen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannglieder nur von vorne gegen die Schaftwand und von vorne gegen die Innenseite des Fundamentes oder dort vorgesehenen Aussparungen befestigt sind.

6. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaftwand geometrisch so ausgebildet ist, daß an ihrer Innenseite Aussparungen vorhanden sind, in denen die Spannglieder gegen seitliches Verschieben gesichert entlanglaufen.

7. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Spannkeller im Fundament vorhanden ist.

8. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannglieder als Bänder ausgebildet sind.

9. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannglieder als Drähte ausgebildet sind.

10. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Übergangselement eine Turmkrone trägt, auf der der Windgenerator befestigt ist.

11. Turmbauwerk nach einem der oberen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannglieder mindestens an einem Punkt ihrer freien Länge gehalten werden.

12. Turmbauwerk nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannglieder mindestens durch ein Halteelement oder durch Anlage an der Wand oder an einem an der Wand befestigten Kontaktelement gehalten werden.

13. Verfahren zum Herstellen eines Turmbauwerks nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannglieder ohne Kran zum Übergangselement auf dem Turmschaft gebracht werden, insbesondere mittels einer Seilwinde.

14. Verfahren zum Herstellen eines Turmbauwerks nach einem der Ansprüche 1 bis 12, insbesondere nach dem Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannglieder von unten in den Turm eingezogen werden, indem eine am Turmschaftende vorhandene Winde die Spannglieder nach oben zieht.

15. Verfahren zum Herstellen eines Turmbauwerks nach einem der Ansprüche 1 bis 12, insbesondere nach dem Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, die Spannglieder vorkonfektioniert angeliefert werden und lediglich über den Vorgang des Vorspannens in ein Widerlager eingehängt und befestigt werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente der Spannglieder so ausgebildet sind, daß die Bänder oder Drähte des Spanngliedes einzeln eingezogen und fixiert werden.

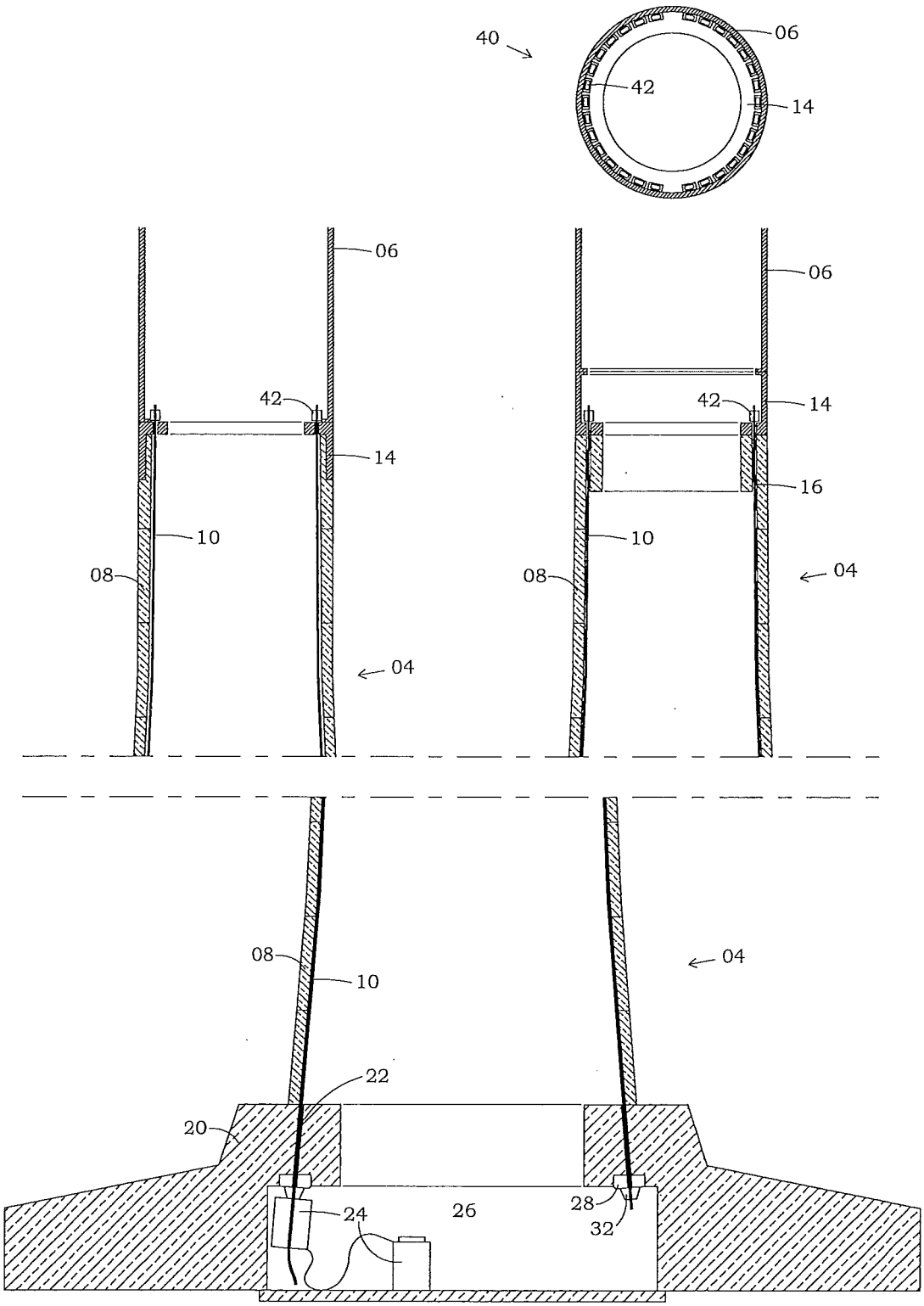
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einbau der Spannglieder Kohlefaserspannpressen

zum Einsatz kommen, vorzugsweise wobei die Pressen auch am oberen Einspannpunkt verwendet werden.

5

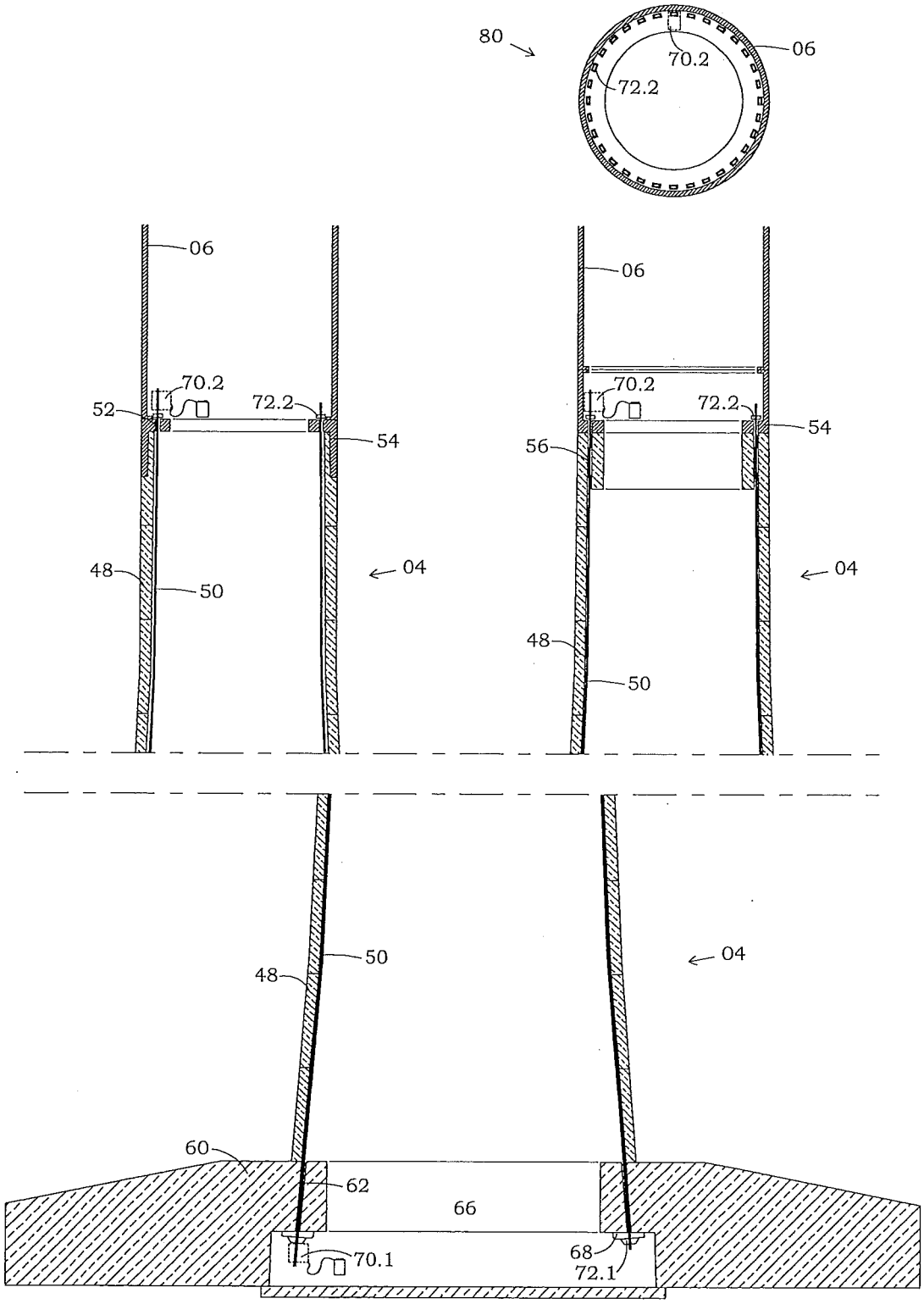
1/6

Fig. 1 (Stand der Technik)



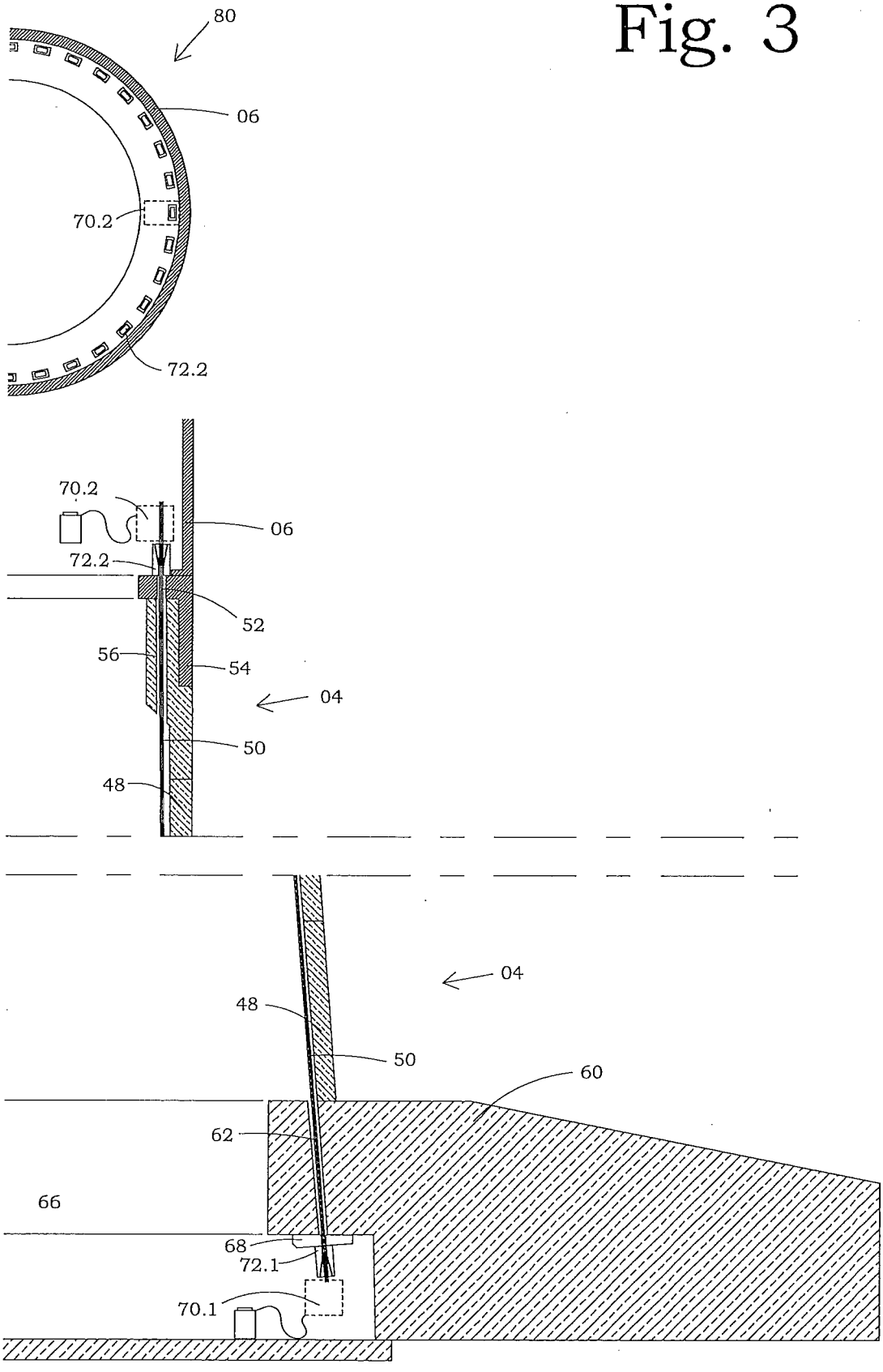
216

Fig. 2


80
06
70.2
72.2
06
70.2
72.2
52
54
48
50
04
06
70.2
72.2
54
56
48
50
04
50
48
04
60
62
66
70.1
68
72.1

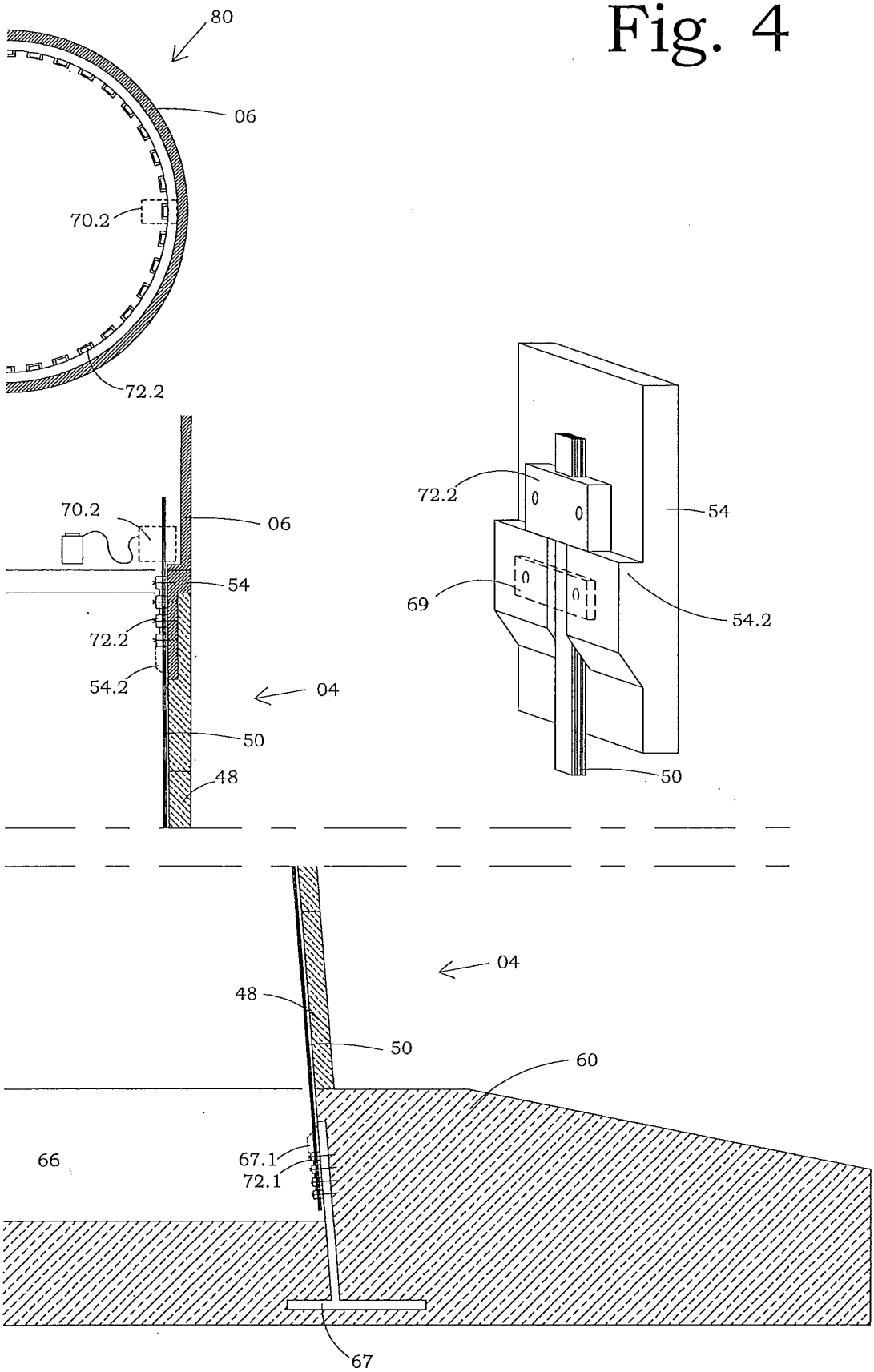
316

Fig. 3


80
06
70.2
72.2
70.2
06
72.2
52
56
54
04
50
48
04
48
50
60
62
66
68
72.1
70.1

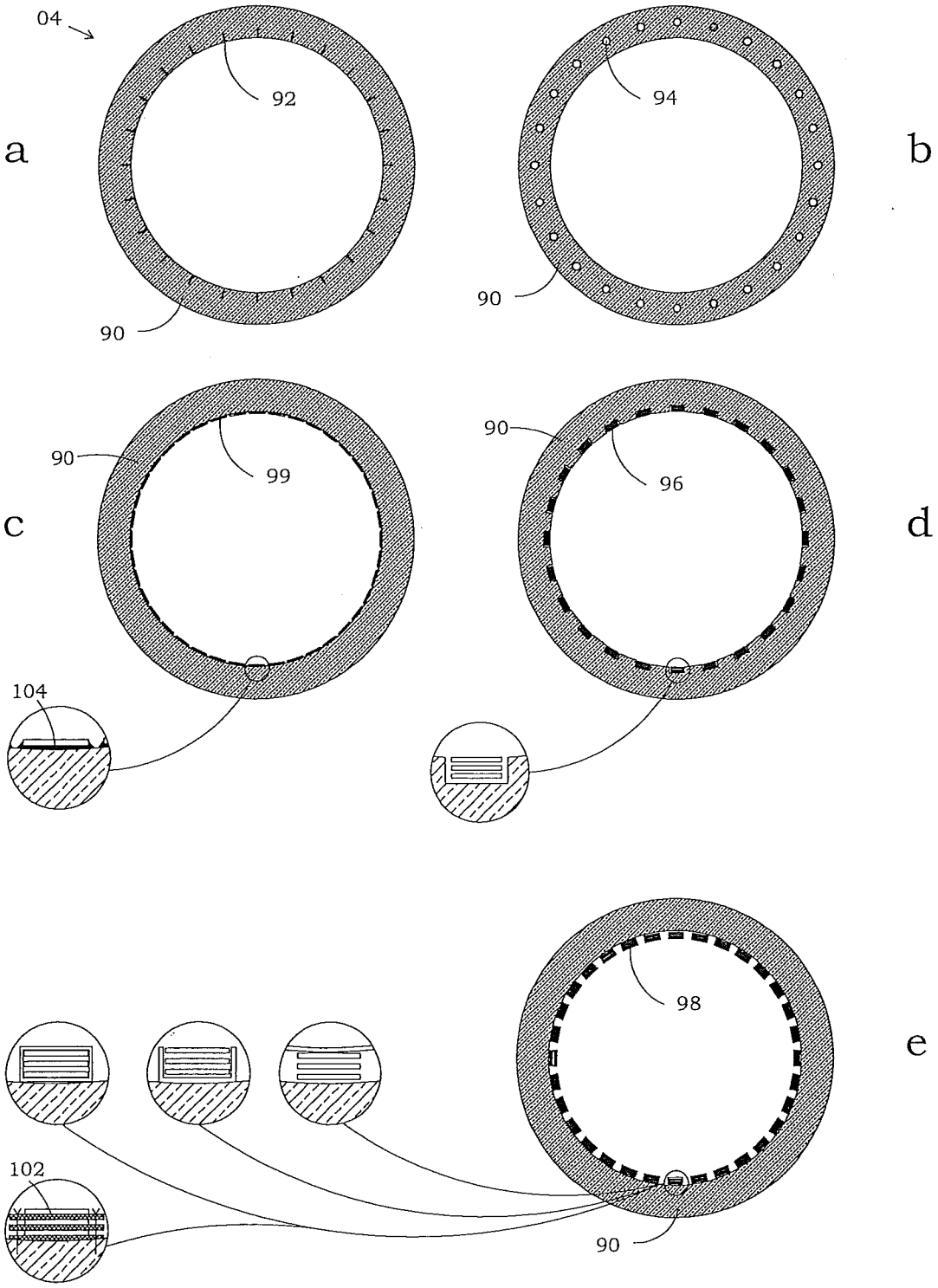
416

Fig. 4


80
06
70.2
72.2
70.2
06
54
72.2
54.2
04
50
48
72.2
54
69
54.2
50
04
48
50
60
66
67.1
72.1
67

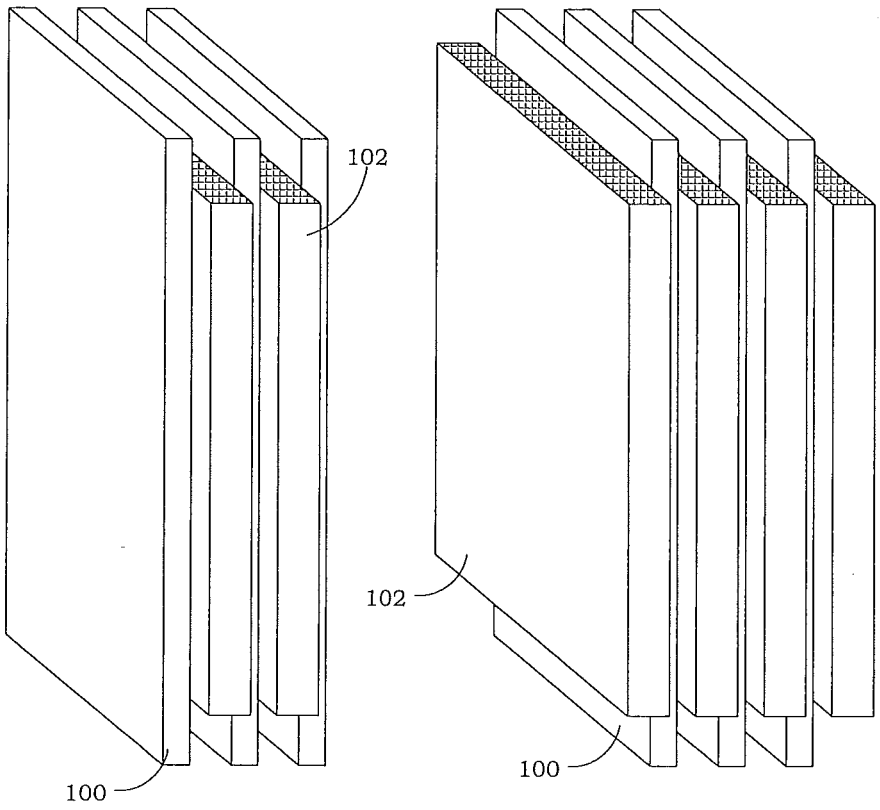
5/6

Fig. 5



6 | 6

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/068318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. E04H12/16 F03D11/04
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)
E04H F03D E02D E02B

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	EP 1 262 614 A2 (OEVERMANN GMBH & CO KG [DE] OEVERMANN GMBH & CO KG HOCH UN [DE]) 4 December 2002 (2002-12-04) column 3, paragraph 11 - column 5, paragraph 26; figures 1-5	1-17
A	WO 2008/136717 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]; HAEGER PETER [SE]; LUTFI AY [SE]) 13 November 2008 (2008-11-13) page 4, line 19 - page 13, line 34; figures 1a-6b,8,9	1-17
A	EP 2 339 094 A1 (SOLETANCHE FREYSSINET [FR]) 29 June 2011 (2011-06-29) column 1, paragraph 4 column 3, paragraph 16 - column 7, paragraph 38; figures 1-3	1-5,7,9, 11-17

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
19 December 2013	08/01/2014

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/068318

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/239564 A1 (ZHENG DANIAN [US] ET AL) 6 October 2011 (2011-10-06) page 1, right-hand column, paragraph 18 - page 3, right-hand column, paragraph 27; figures 1-4 -----	1,3,6, 11-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/068318

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1262614 A2	04-12-2002	AT 408048 T	15-09-2008
		DE 10126912 A1	19-12-2002
		DK 1262614 T3	26-01-2009
		EP 1262614 A2	04-12-2002
		ES 2315328 T3	01-04-2009
WO 2008136717 A1	13-11-2008	AP 2620 A	18-03-2013
		BR PI0721559 A2	03-05-2011
		EG 25702 A	22-05-2012
		RU 2009146923 A	27-06-2011
		TW 200909652 A	01-03-2009
		WO 2008136717 A1	13-11-2008
EP 2339094 A1	29-06-2011	AU 2010334882 A1	05-07-2012
		CA 2784998 A1	30-06-2011
		CN 102859098 A	02-01-2013
		EA 201200930 A1	28-12-2012
		EP 2339094 A1	29-06-2011
		MA 33925 B1	02-01-2013
		RS 20120269 A1	31-12-2012
		US 2012266552 A1	25-10-2012
		WO 2011076866 A1	30-06-2011
US 2011239564 A1	06-10-2011	CA 2773729 A1	15-10-2012
		CN 102734082 A	17-10-2012
		EP 2511077 A2	17-10-2012
		JP 2012225151 A	15-11-2012
		KR 20120117681 A	24-10-2012
		US 2011239564 A1	06-10-2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/068318

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. E04H12/16 F03D11/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
E04H F03D E02D E02B

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	EP 1 262 614 A2 (OEVERMANN GMBH & CO KG [DE] OEVERMANN GMBH & CO KG HOCH UN [DE]) 4. Dezember 2002 (2002-12-04) Spalte 3, Absatz 11 - Spalte 5, Absatz 26; Abbildungen 1-5	1-17
A	WO 2008/136717 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]; HAEGER PETER [SE]; LUTFI AY [SE]) 13. November 2008 (2008-11-13) Seite 4, Zeile 19 - Seite 13, Zeile 34; Abbildungen 1a-6b,8,9	1-17
A	EP 2 339 094 A1 (SOLETANCHE FREYSSINET [FR]) 29. Juni 2011 (2011-06-29) Spalte 1, Absatz 4 Spalte 3, Absatz 16 - Spalte 7, Absatz 38; Abbildungen 1-3	1-5,7,9, 11-17

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Dezember 2013	08/01/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stefanescu, Radu

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/068318

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/239564 A1 (ZHENG DANIAN [US] ET AL) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) Seite 1, rechte Spalte, Absatz 18 - Seite 3, rechte Spalte, Absatz 27; Abbildungen 1-4	1,3,6, 11-17

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/068318

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1262614 A2	04-12-2002	AT 408048 T	15-09-2008
		DE 10126912 A1	19-12-2002
		DK 1262614 T3	26-01-2009
		EP 1262614 A2	04-12-2002
		ES 2315328 T3	01-04-2009
WO 2008136717 A1	13-11-2008	AP 2620 A	18-03-2013
		BR PI0721559 A2	03-05-2011
		EG 25702 A	22-05-2012
		RU 2009146923 A	27-06-2011
		TW 200909652 A	01-03-2009
		WO 2008136717 A1	13-11-2008
EP 2339094 A1	29-06-2011	AU 2010334882 A1	05-07-2012
		CA 2784998 A1	30-06-2011
		CN 102859098 A	02-01-2013
		EA 201200930 A1	28-12-2012
		EP 2339094 A1	29-06-2011
		MA 33925 B1	02-01-2013
		RS 20120269 A1	31-12-2012
		US 2012266552 A1	25-10-2012
		WO 2011076866 A1	30-06-2011
US 2011239564 A1	06-10-2011	CA 2773729 A1	15-10-2012
		CN 102734082 A	17-10-2012
		EP 2511077 A2	17-10-2012
		JP 2012225151 A	15-11-2012
		KR 20120117681 A	24-10-2012
		US 2011239564 A1	06-10-2011