(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Dezember 2011 (08.12.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/151135 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F22B 37/10 (2006.01) *F22B 29/06* (2006.01)
F22B 37/18 (2006.01) *B21F 3/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/057426

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Mai 2011 (09.05.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10164426.8 31. Mai 2010 (31.05.2010) EP

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BRÜCKNER, Jan** [DE/DE]; Habernhofer Weg 30, 91080 Uttenreuth (DE). **EFFERT, Martin** [DE/DE]; Nötherstr. 16A, 91058 Erlangen (DE). **FRANKE, Joachim** [DE/DE]; An der Fleischbrücke 1, 90403 Nürnberg (DE). **KLEMM, Lars** [DE/DE]; Josef-Felder-Str. 60, 91052 Erlangen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 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, 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, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING STEAM GENERATOR TUBES

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON DAMPFERZEUGERROHREN

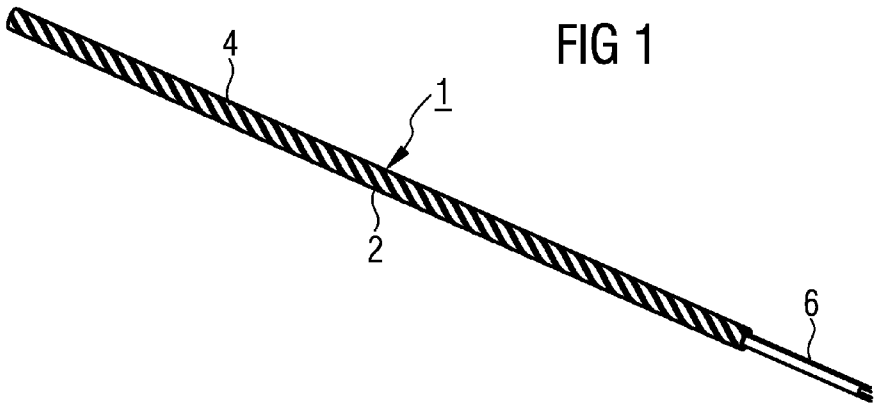


FIG 1

(57) **Abstract**: A method for producing steam generator tubes is intended to allow a technically particularly simple production process and at the same time allow particularly high flexibility with regard to the materials that can be used to achieve a particularly high efficiency of a steam generator. For this purpose, an insert is fixed in slots (4) of a former shaft (1), the former shaft (1) with the insert is introduced into a steam generator tube, the fixing of the insert on the former shaft (1) is released and the former shaft (1) is removed again from the steam generator tube.

(57) **Zusammenfassung**: Ein Verfahren zum Herstellen von Dampferzeugerrohren soll einen technisch besonders einfachen Herstellungsprozess ermöglichen und gleichzeitig eine besonders hohe Flexibilität hinsichtlich der verwendbaren Materialien zur Erzielung eines besonders hohen Wirkungsgrades eines Dampferzeugers erlauben. Dazu wird ein Einbaukörper in Nuten (4) einer Schablonenwelle (1) fixiert, die Schablonenwelle (1) mit dem Einbaukörper in ein Dampferzeugerrohr eingeführt, die Fixierung des Einbaukörpers an der Schablonenwelle (1) gelöst und die Schablonenwelle (1) wieder aus dem Dampferzeugerrohr entfernt.

WO 2011/151135 A2

Beschreibung

Verfahren zum Herstellen von Dampferzeugerrohren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Dampferzeugerrohren.

Ein Dampferzeuger ist ein geschlossenes, beheiztes Gefäß oder ein Druckrohrsystem, das dem Zweck dient, Dampf von hohem Druck und hoher Temperatur für Heiz- und Betriebszwecke (z. B. zum Betrieb einer Dampfturbine) zu erzeugen. Bei besonders hohen Dampfleistungen und -drücken wie beispielsweise bei der Energieerzeugung in Kraftwerken werden dabei Wasserrohrkessel eingesetzt, bei denen sich das Strömungsmedium - üblicherweise Wasser - in Dampferzeugerrohren befindet. Auch bei der Feststoffverbrennung kommen Wasserrohrkessel zum Einsatz, da die Brennkammer, in der die Wärmeerzeugung durch Verbrennung des jeweiligen Rohstoffes erfolgt, beliebig durch die Anordnung von Rohrwänden gestaltet werden kann.

Ein derartiger Dampferzeuger in der Bauart eines Wasserrohrkessels umfasst somit eine Brennkammer, deren Umfassungswand zumindest teilweise aus Rohrwänden, d. h. gasdicht verschweißten Dampferzeugerrohren gebildet ist. Strömungsmediumsseitig bilden diese Dampferzeugerrohre als Verdampferheizflächen zunächst einen Verdampfer, in den unverdampftes Medium eingeleitet und verdampft wird. Der Verdampfer ist dabei üblicherweise im heißesten Bereich der Brennkammer angeordnet. Ihm ist strömungsmediumsseitig gegebenenfalls eine Einrichtung zum Abscheiden von Wasser und Dampf und ein Überhitzer nachgeschaltet, in dem der Dampf über seine Verdampfungstemperatur hinaus weiter erhitzt wird, um in einer folgenden Wärmekraftmaschine wie z. B. einer Dampfturbine einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen. Dem Verdampfer kann strömungsmediumsseitig ein Vorwärmer (ein so genannter Economiser) vorgeschaltet sein, der das Speisewasser unter Ausnutzung von Ab- oder Restwärme vorwärmt und so ebenfalls den Wirkungsgrad der Gesamtanlage erhöht.

Für Verdampferheizflächen in Dampferzeugern werden Glattrohre oder innenberippte Rohre eingesetzt. Innenberippte Rohre kommen dann zur Anwendung, wenn der Strömung des Strömungsmediums in den Dampferzeugerrohren ein Drall aufgezwungen werden soll, welcher eine höhere Geschwindigkeit des Fluids an der Innenfläche der Dampferzeugerrohre bewirkt. Der Einsatz von innenberippten Rohren kann dabei aus verschiedenen Gründen erforderlich werden, so z. B. bei einer niedrigen Massenstromdichte des Verdampfers unter Volllast. Auch bei hohen Wärmestromdichten kann die Verwendung von innenberippten Rohren erforderlich sein (z. B. in Trommelkesseln): Hier besteht die Gefahr von Filmsieden, d. h., es bildet sich auf der Innenseite der Dampferzeugerrohre ein Dampffilm, der im Gegensatz zur gut durchmischten Flüssigkeit beim Blasensieden eine hohe wärmeisolierende Wirkung hat. Dies hat zur Folge, dass bei gleich bleibender Wärmestromdichte die Wandtemperatur stark ansteigen kann, was zur Zerstörung der Heizflächen führen kann. Nicht zuletzt kann durch innenberippte Rohre eine Strömungsschichtung (Trennung der Wasser- und der Dampfphase) im normalen Lastbetrieb vermieden werden (so z. B. bei Mindestlast in spiralberohrten Dampferzeugern).

Die Innenberippung der Rohre wird nach dem Stand der Technik in einem Kaltziehprozess hergestellt. Nach heutigem Kenntnisstand können innenberippte Rohre nur mit Materialien mit einem maximalen Chromgehalt von 5 % hergestellt werden. Wird der Einsatz von innenberippten Rohren aus höher mit Chrom legierten Stählen erforderlich, so z. B. durch einen weiteren Anstieg der Dampfparameter zur Erhöhung des Wirkungsgrades, so können die innenberippten Rohre mit den heute verfügbaren Prozessen nicht hergestellt werden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zum Herstellen von Dampferzeugerrohren anzugeben, welches einen technisch besonders einfachen Herstellungsprozess ermöglicht und gleichzeitig eine besonders hohe Flexibilität

hinsichtlich der verwendbaren Materialien zur Erzielung eines besonders hohen Wirkungsgrades eines Dampferzeugers erlaubt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem ein Einbaukörper in Nuten einer Schablonenwelle fixiert wird, die Schablonenwelle mit dem Einbaukörper in ein Dampferzeugerrohr eingeführt wird, die Fixierung des Einbaukörpers an der Schablonenwelle gelöst wird und die Schablonenwelle wieder aus dem Dampferzeugerrohr entfernt wird.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass eine besonders hohe Flexibilität hinsichtlich der verwendbaren Materialien dadurch erzielt werden könnte, dass die innenberippten Rohre nicht in einem integrierten Herstellungsprozess hergestellt werden, sondern vielmehr ein nachträgliches Einbringen von drallerzeugenden Einbaukörpern in glatte Rohre erfolgen sollte. Dadurch können die Materialien von Dampferzeugerrohren und Einbaukörpern unabhängig voneinander ausgewählt werden. Eine besonders einfache Herstellung des Einbaukörpers kann dabei mit Hilfe einer Schablonenwelle erreicht werden. In die Schablonenwelle ist eine negative Form des Einbaukörpers eingebracht, so dass die Herstellung des Einbaukörpers durch bloßes Anformen erfolgen kann. Eine derartige Schablonenwelle ermöglicht zusätzlich eine besonders einfache Montage des Einbaukörpers in Dampferzeugerrohren, indem der Einbaukörper auf der Schablonenwelle fixiert wird, diese mit dem angeformten Einbaukörper in das Dampferzeugerrohr eingeführt wird, die Fixierung dort gelöst wird und die Schablonenwelle wieder aus dem Dampferzeugerrohr entfernt wird.

In vorteilhafter Ausgestaltung des Verfahrens wird der Einbaukörper an der Schablonenwelle mit einer Vorspannung fixiert. Durch eine derartige Vorspannung ist es möglich, dass sich der Einbaukörper nach Lösen der Fixierung an der Schablonenwelle aus den Nuten der Schablonenwelle abhebt und so selbstständig im Dampferzeugerrohr fixiert, ohne dass eine weitere manuelle Fixierung erforderlich wäre.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist eine Anzahl von Nuten spiralförmig in die Schablonenwelle eingebracht. Eine derartige Schablonenwelle erzeugt auf natürliche Weise einen spiralförmigen Einbaukörper, welcher besonders gut für eine Drallerzeugung im Strömungsmedium geeignet ist.

In zusätzlicher vorteilhafter Ausgestaltung wird die Schablonenwelle nach dem Lösen der Fixierung von Einbaukörper und Schablonenwelle aus dem Dampferzeugerrohr gedreht. Dies ist auf Grund der Symmetrie der Spirale möglich und vereinfacht die Entfernung der Schablonenwelle aus dem mit dem Einbaukörper versehenen Dampferzeugerrohr. Dies ermöglicht einen noch einfacheren Herstellungsprozess eines innenberippten Dampferzeugerrohrs.

Vorteilhafterweise sind dabei die Nuten der Schablonenwelle konisch ausgeführt. Die konische Ausführung gewährleistet ein einfacheres Fügen und Rückwärtsdrehen der Schablonenwelle beim Entfernen aus dem Dampferzeugerrohr.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung umfasst der Einbaukörper ein Anzahl von Drähten. Durch die Herstellung des Einbaukörpers mittels einer Schablonenwelle, welche eine Anzahl von Nuten umfasst, kann nämlich der Einbaukörper in besonders einfacher Weise durch entsprechendes Formen von Drähten in die Nuten gefertigt werden. Dies bedeutet sowohl eine besonders kostengünstige als auch technisch einfache Herstellung eines Einbaukörpers für ein Dampferzeugerrohr.

In vorteilhafter Ausgestaltung kommt ein nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestelltes Dampferzeugerrohr in einem Dampferzeuger zum Einsatz.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch das Einbringen eines Einbaukörpers in ein Dampferzeugerrohr mittels einer Schablonenwelle nunmehr eine besonders einfache technische Lösung zur Herstellung und

Positionierung eines Einbaukörpers vorliegt, die es ermöglicht, mittels eines Einbaukörpers innenberippte Rohre aus höher mit Chrom legierten Stählen herzustellen, die sich für besonders hohe Dampfparameter und somit einen besonders hohen Wirkungsgrad eines Dampferzeugers eignen. Die Herstellung des Einbaukörpers kann so besonders kostengünstig realisiert werden, da die Schablonenwelle wieder vollständig aus dem Rohr heraus gedreht wird und für die Herstellung des nächsten Einbaukörpers verwendet werden kann. Die signifikanten Kostenvorteile gegenüber kalt gezogenen Rohren mit Innenrippen machen das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren auch bei Materialien mit weniger als 5 % Chrom attraktiv.

Durch die Verwendung einer Schablone in Form von Nuten auf einer Schablonenwelle hat der Einbaukörper geringe Toleranzen in Bezug auf seine Geometrie im montierten Zustand. Durch die Montage mit der Schablonenwelle sind weiterhin keine Querstreben oder ähnliche Hilfseinrichtungen nötig, um die gewünschte Geometrie des Dralleinbaukörpers im montierten Zustand zu gewährleisten. Dralleinbaukörper sind mit Hilfe einer Schablonenwelle in handelsüblichen Längen (z. B. 12 m) herstellbar.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1 eine Schablonenwelle zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

FIG 2 eine vergrößerte Darstellung der Schablonenwelle im Schnitt,

FIG 3 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

FIG 4 schematisch einen Durchlaufdampferzeuger in stehender Bauweise.

Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

FIG 1 zeigt eine Schablonenwelle 1, die in einem Hauptbereich 2 mit spiralförmig umlaufenden Nuten 4 versehen ist. Die Nuten 4 sind hierbei in der Art einer Dreifachhelix um den zylinderförmigen Körper der Schablonenwelle 1 angeordnet. Je nach gewünschtem Profil des herzustellenden Einbaukörpers können die Nuten 4 auch als Helix mit nahezu beliebiger Anzahl ausgestaltet sein. Je nach Anforderung können die gewünschten Nuten 4 beispielsweise über eine spanabhebende Fertigung individuell gefertigt werden (Anzahl, Steigung, Dimensionen). Die Länge des Hauptbereiches 2 der Schablonenwelle 1 ist geringfügig länger als das Glattrohr, in das der Einbaukörper eingebracht werden soll. An den Hauptbereich 2 der Schablonenwelle 1 schließt sich in axialer Richtung ein Anschlussbereich 6 an, der nicht mit Nuten 4 versehen ist und zur Handhabung der Schablonenwelle 1 während des erfindungsgemäßen Verfahrens dient.

FIG 2 zeigt die Schablonenwelle 1 im Schnitt in einer vergrößerten Darstellung. An der Schnittfläche 8 ist das Profil der in die Schablonenwelle 1 eingebrachten Nuten 4 erkennbar. Die Nuten 4 weisen ein konisches Profil auf. Ein derartiges Profil ermöglicht ein einfacheres Fügen und Rückwärtsdrehen der Schablonenwelle 1 im Herstellungsprozess des nicht näher dargestellten Einbaukörpers für ein Dampferzeugerrohr.

FIG 3 zeigt schematisch die einzelnen Schritte des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung. In Schritt A wird ein oder werden mehrere Drähte je nach Anzahl der in die Schablonenwelle 1 eingebrachten Nuten 4 in diese eingefügt. Somit entsteht der ein- oder mehrgängige Dralleinbaukörper. In Schritt B wird der Draht oder werden die Drähte unter Vorspannung an der Schablonenwelle 1 fixiert. In Schritt C wird die Schablonenwelle 1 in ein an der Innenseite glattes Dampferzeugerrohr eingeführt und der Einbaukörper so im Dampferzeugerrohr positioniert.

In Schritt D wird die Fixierung des Einbaukörpers aus Drähten an der Schablonenwelle 1 gelöst. Durch die vorherige Fixierung mit Vorspannung in Schritt B führt das Lösen der Fixierung zu einem Abheben des Einbaukörpers aus den Nuten 4. In Schritt E wird die Schablonenwelle 1 entlang der spiralförmigen Nuten 4 schraubenartig aus dem Dampferzeugerrohr ausgedreht. Dies wird durch die konische Form der Nuten 4 unterstützt. Durch das Lösen der Fixierung und über das Rückdrehen der Schablonenwelle 1 löst sich der Einbaukörper von der Schablonenwelle 1 und legt sich durch die Eigenspannung unterstützt fest an die Innenwand des Dampferzeugerrohrs an. Die Schablonenwelle 1 wird vollständig aus dem Rohr heraus gedreht und kann in Schritt F für die Herstellung des nächsten Einbaukörpers verwendet werden.

Der Durchlaufdampferzeuger 10 gemäß FIG 4 ist in stehender Bauweise und als Zweizugdampferzeuger ausgeführt. Er weist eine Umfassungswand 12 auf, die am Unterende des durch sie gebildeten ersten Gaszugs in einen trichterförmigen Boden 14 übergeht. Die Umfassungswand 12 ist in einem unteren Bereich oder Verdampferbereich aus Verdampferrohren 16 und in einem oberen Bereich oder Überhitzerbereich aus Überhitzerrohren 16‘ aufgebaut. Die Verdampferrohre 16 bzw. die Überhitzerrohre 16‘ sind an ihren Längsseiten gasdicht miteinander verbunden, beispielsweise verschweißt. Der Boden 14 umfasst eine nicht näher dargestellte Austragsöffnung 18 für Asche.

Die von einem Strömungsmedium, insbesondere von Wasser oder einem Wasser-Dampf-Gemisch, von unten nach oben durchströmbaren Verdampferrohre 16 der Umfassungswand 12 sind mit ihren Eintrittsenden an einen Eintrittssammler 20 angeschlossen. Austrittsseitig sind die Verdampferrohre 16 über ein nicht näher gezeigtes Wasserabscheidesystem an die strömungsmediumsseitig nachfolgenden Überhitzerrohre 16‘ angeschlossen.

Die Verdampferrohre 16 der Umfassungswand 12 bilden in dem sich zwischen dem Eintrittssammler 20 und dem Wasserabschei-

desystem befindenden Abschnitt des Gaszugs eine Verdampferheizfläche 22. An diese schließt sich eine von den Überhitzerrohren 16‘ gebildete Nach- oder Überhitzerheizfläche 24 an. Zusätzlich sind im zweiten, von den Heizgasen abwärts durchströmten Gaszug 26 und in dem diesen heizgasseitig mit dem ersten Gaszug verbindenden Querzug 28 noch weitere, lediglich schematisch dargestellte Heizflächen 30, beispielsweise ein Economizer und konvektive Überhitzerheizflächen, angeordnet.

Im unteren Bereich der Umfassungswand 12 ist eine Anzahl von Brennern für einen fossilen Brennstoff in jeweils einer Öffnung 32 der Umfassungswand 12 angebracht. In FIG 1 sind vier Öffnungen 32 sichtbar. An einer derartigen Öffnung 32 sind die Verdampferrohre 16 der Umfassungswand 12 zur Umgehung der jeweiligen Öffnung 32 gekrümmt und verlaufen auf der Außenseite des vertikalen Gaszugs. Diese Öffnungen können beispielsweise auch für Luftdüsen vorgesehen sein.

Durch die Verwendung von innenberippten Dampferzeugerrohren, die nach dem dargestellten Verfahren hergestellt wurden, im Dampferzeuger 10 ist es möglich, auch Stähle mit einem Chromgehalt von mehr als 5 % zur Herstellung zu verwenden. Derartige Dampferzeugerrohre sind für besonders hohe Dampfparameter geeignet und ermöglichen so einen besonders hohen Wirkungsgrad eines Dampferzeugers.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Dampferzeugerrohren, bei dem ein Einbaukörper in Nuten (4) einer Schablonenwelle (1) fixiert wird, die Schablonenwelle (1) mit dem Einbaukörper in ein Dampferzeugerrohr eingeführt wird, die Fixierung des Einbaukörpers an der Schablonenwelle (1) gelöst wird und die Schablonenwelle (1) wieder aus dem Dampferzeugerrohr entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Einbaukörper an der Schablonenwelle (1) mit einer Vorspannung fixiert wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Anzahl von Nuten (4) spiralförmig in die Schablonenwelle (1) eingebracht ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Schablonenwelle (1) aus dem Dampferzeugerrohr gedreht wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Nuten (4) konisch ausgeführt sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Einbaukörper eine Anzahl von Drähten umfasst.

7. Dampferzeugerrohr, hergestellt mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Dampferzeuger (10) mit einem Dampferzeugerrohr nach Anspruch 6.

FIG 1

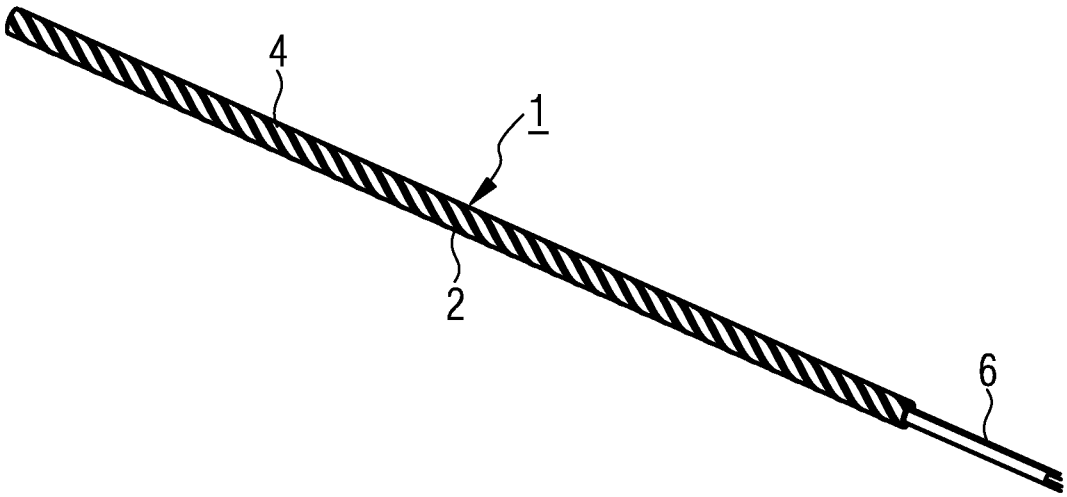


FIG 2

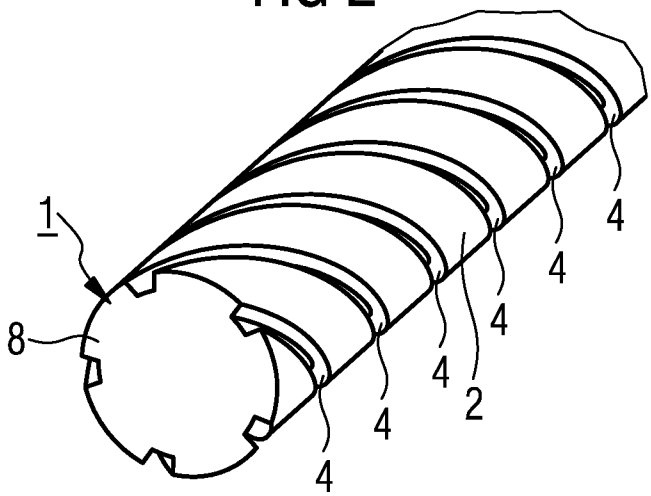


FIG 3

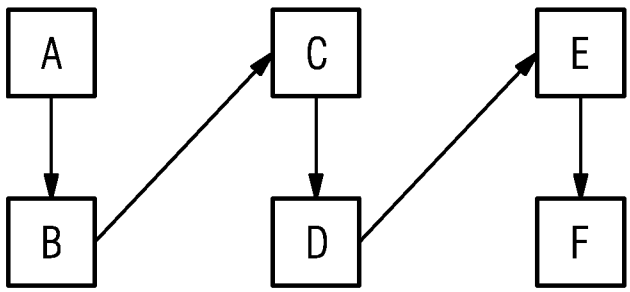


FIG 4

