



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 526 T2 2005.01.05**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 180 194 B1**

(51) Int Cl.7: **E21B 37/04**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 526.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB00/02053**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 931 447.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/73619**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.02.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.01.2005**

(30) Unionspriorität:

9912339	27.05.1999	GB
0008645	07.04.2000	GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:

Weatherford/Lamb, Inc., Houston, Tex., US

(72) Erfinder:

**SIMPSON, Neil Andrew Abercrombie, Portlethen,
Aberdeen AB12 4QX, GB**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **UNTERIRDISCHE VORRICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung, die für den Einsatz an unterirdischen oder anderen nicht zugänglichen Orten bestimmt ist, und insbesondere, aber nicht ausschließlich, auf eine solche Vorrichtung, die Energie eines Fluids, das in einer unterirdischen Leitung strömt, in Energie umwandeln kann, die sich von dieser Vorrichtung nutzen lässt. Ein Aspekt dieser Erfindung bezieht sich auf einen Traktor.

[0002] Im Industriezweig der Erdöl- und Erdgas-Exploration und Extraktion gibt es eine breite Anwendung von unterirdischen und Unterwasser-Leitungen, die häufig eine ausgedehnte Länge aufweisen: beispielsweise können sich Bohrlöcher von Bohrlöchköpfen aus über mehrere Kilometer bis zu Kohlenwasserstoff Lagerstätten erstrecken und Unterwasser-Pipelines können sich über mehrere Kilometer beispielsweise zwischen Unterwasser-Bohrlöchköpfen und Stützplattformen und zwischen Förderplattformen und Onshore-Anlagen erstrecken. Mit der Zeit kommt es zu einer Materialansammlung an den Innenwänden solcher Pipelines, wobei das Material Paraffin, Kesselstein und verschiedene Bodensätze umfassen kann. Eine solche Materialansammlung reduziert natürlich die Durchflussgeschwindigkeit der Pipeline und kann schließlich dazu führen, dass sich die Pipeline verstopft. Üblicherweise werden solche Pipelines in regelmäßigen Abständen dadurch gereinigt, dass ein "Molch" durch die Pipeline hindurchbewegt wird, wobei der Molch an einer geeigneten, quellenseitig gelegenen Stelle in die Pipeline eingebracht wird und wobei dies einen vorübergehenden Produktionsstopp erforderlich machen kann. Ein Molch weist normalerweise eine zylindrische Form mit einem Durchmesser auf, der etwas kleiner als der der Pipeline ist und wird von der Fluidströmung in der Pipeline durch die Pipeline transportiert. Das abgelöste Material sammelt sich deswegen vor dem Molch an und es ist deshalb nicht ungewöhnlich, dass Molche in Pipelines steckenbleiben, wodurch ein Produktionsstopp verursacht werden kann. Um einen steckengebliebenen Molch zu bergen, muss der Molch ausfindig gemacht werden, die Pipeline für die Entfernung des Molches geöffnet werden und die Pipeline danach wieder in den Betriebszustand versetzt werden. Da diese Arbeitsgänge unter Wasser ausgeführt werden müssen, ist die Bergung eines steckengebliebenen Molches ein teures und schwieriges Unternehmen.

[0003] In US4,007,784 wird eine Kolbenvorrichtung zum Abkratzen der Wände eines Bohrlöcher-Förderrohres beschrieben. Die Vorrichtung umfasst ein Rotorelement, das durch eine Druckdifferenz im Rohr in Drehung versetzt wird. Um die Vorrichtung herum angeordnete Reinigungsbürsten kratzen Material und Flüssigkeit von den Rohrwänden ab, während sich

die Vorrichtung durch das Rohr bewegt.

[0004] Es gehört u.a. zu den Aufgaben der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, diese Nachteile zu beseitigen bzw. abzuschwächen. Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen sich insbesondere auf einen Traktor, der Energie eines Fluids, das in einer Pipeline strömt, in Energie umwandeln kann, die sich zum Antreiben des Traktors in der zur Richtung der Fluidströmung entgegengesetzten Richtung nutzen lässt; der Traktor kann eingesetzt werden, um ein Pipeline-Reinigungswerkzeug oder eine Pipeline-Reinigungsvorrichtung durch eine Pipeline zu transportieren.

[0005] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Traktor bereitgestellt, der für die Fortbewegung durch einen sich bewegenden Fluidstrom ausgelegt ist, wobei der Traktor Folgendes umfasst:
einen Körper;
Antriebsmittel für die Bewegung des Körpers in einer gewünschten Richtung; ein drehbares Element, das am Körper montiert und dafür ausgelegt ist, durch das sich bewegende Fluid angetrieben zu werden und
Umwandlungsmittel zur Umwandlung der Bewegung des Elementes für den Antrieb der Antriebsmittel, dadurch gekennzeichnet, dass die Umwandlungsmittel eine berührungslose Kopplung zwischen dem drehbaren Element und den Antriebsmitteln umfassen.

[0006] Eine solche Anordnung ermöglicht dem Traktor, sich in einem bewegenden Fluidstrom zu bewegen und seine Antriebsenergie von dem sich bewegenden Fluid zu erhalten. Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ermöglicht dies, dass der Traktor betrieben werden kann, ohne dass eine Verbindung zu einer entfernten Energiequelle erforderlich ist und ohne dass der Traktor seine eigene Energieversorgung mit sich führen muss. Der Traktor kann so aufgebaut sein, dass er durch den Antrieb in der gleichen Richtung wie das Fluid fortbewegt wird, ist aber vorzugsweise so aufgebaut, dass er durch den Antrieb in der zum Fluidstrom entgegengesetzten Richtung fortbewegt wird und sich somit zur Quelle hin bzw. gegen die Strömung fortbewegt.

[0007] Das Element ist vorzugsweise dafür ausgelegt, durch die am Körper vorbeigeleitete Strömung in Drehung versetzt zu werden und das Element kann die Form einer Turbinenschaufelanordnung aufweisen. Das drehbare Element dreht sich vorzugsweise um den Körper und die Drehachse des drehbaren Elementes ist vorzugsweise zum Körper coaxial angeordnet.

[0008] Die Umwandlungsmittel sind vorzugsweise einstellbar, um die Kopplung zwischen dem drehbaren Element und den Antriebsmitteln zu variieren. Bei einer Ausführungsform ist der Kopplungsgrad varia-

bel und es kann beispielsweise das maximale Drehmoment oder die maximale Kraft als Größe, die zwischen dem drehbaren Element und den Antriebsmitteln übertragen wird, variiert werden, und bei einer anderen Ausführungsform kann die Getriebeabstufung zwischen dem drehbaren Element und den Antriebsmitteln variiert werden. Bei anderen Ausführungsformen kann der Kopplungsgrad zwischen dem drehbaren Element und den Antriebsmitteln fest vorgegeben sein, beispielsweise können die Umwandlungsmittel einen nicht einstellbaren Getriebezug umfassen.

[0009] Vorzugsweise umfassen die Umwandlungsmittel eine Magnetinduktionskopplung. Dies erleichtert die Abdichtung der verschiedenen Elemente des Traktors gegen das Eindringen von Fluiden und anderen Materialien, die in der Umgebung des Traktors vorhanden sein mögen und kann die Reibungsverluste, die normalerweise durch die Verwendung von Gleitdichtungen auftreten, reduzieren. Bei der bevorzugten Magnetinduktionskopplung ist der Abstand zwischen den Antriebs- und angetriebenen Elementen der Kopplung variabel, um den Kopplungsgrad zwischen den Elementen zu variieren. Am besten ist es, wenn die Elemente relativ zueinander axial verschiebbar sind. Somit lässt sich durch Variation des Axialabstandes und folglich des Kopplungsgrades zwischen den Elementen beispielsweise die Leistung oder das Drehmoment als Größe, die vom drehbaren Element auf die Antriebsmittel übertragen wird und somit die Drehzahl des Traktors reduzieren. Alternativ können die Umwandlungsmittel eine mechanische Antriebskopplung umfassen, obwohl für die meisten Anwendungen dies die Bereitstellung von Gleitdichtungen oder etwas Ähnlichem erfordern würde.

[0010] Der Traktor kann Schneidmittel zum Entfernen oder Ablösen von Material mit sich führen, das den Körper umgibt oder an den Körper angrenzt, beispielsweise Ablagerungen an der Innenwand einer Leitung, durch die sich der Traktor fortbewegt. Die Schneidmittel können eine Klinge mit sich in Radialrichtung oder in Axialrichtung erstreckenden Klingen umfassen und die Klingen können starr oder in der Form von Lamellen montiert sein. Alternativ können die Schneidmittel die Form von Fluidstrahlen oder eines Ultraschallsenders aufweisen. Bei solchen Ausführungsformen lässt sich Energie von dem fluidgetriebenen Element nutzen, um eine Pumpe anzutreiben oder eine Ultraschallquelle mit Energie zu speisen.

[0011] Die Umwandlungsmittel können mit einer Kopplungssteuerung verbunden sein, die den Kopplungsgrad zwischen Antriebs- und angetriebenen Elementen der Kopplung steuern kann. Die Kopplungssteuerung kann eine Drehklinge umfassen und bei einer Verminderung der Klingendrehzahl, die darauf hinweist, dass der Traktor auf eine Verengung

oder ein Hindernis gestoßen ist und die Klinge einen "leistungsbeanspruchenden" Schnitt machen muss, kann der Kopplungsgrad reduziert werden, um die Vorschubgeschwindigkeit des Traktors zu verringern. Bei anderen Ausführungsformen kann die Kopplungssteuerung einen Messsensor, wie z.B. einen Lehring, umfassen.

[0012] Vorzugsweise umfassen die Umwandlungsmittel ein Reduziergetriebe zur Umwandlung eines Einganges für hohe Drehzahl und niedriges Drehmoment vom drehbaren Element auf einen Ausgang für relativ niedrige Drehzahl und hohes Drehmoment für die Antriebsmittel. Beispielsweise kann sich das drehbare Element mit 2.000 1/min drehen und diese Drehung kann in einem Verhältnis von 80:1 auf 25 1/min untersetzt sein. Außerdem umfassen die Umwandlungsmittel vorzugsweise eine Abtriebswelle, die im Wesentlichen koaxial zur Drehachse des drehbaren Elementes angeordnet ist. Am besten ist es, wenn die Umwandlungsmittel ein Harmonic-Drive-Getriebe umfassen. Ein typisches Harmonic-Drive-Getriebe umfasst drei Hauptbestandteile: (1) einen äußeren starren Ring mit Innenverzahnung, (2) ein nachgiebiges, dünnes zylindrisches Gehäuseteil mit Außenverzahnung an einem etwas kleineren Teilkreisdurchmesser als der äußere Ring, wobei das Gehäuseteil über (3) ein elliptisches Dornteil, an dem ein Dünnring-Kugellager gelagert ist, passt und durch dasselbe in einer elliptischen Form gehalten wird. Das Gehäuseteil ist etwas kleiner im Durchmesser als der Außenring und hat gewöhnlich zwei Zähne weniger als der Ring. Die elliptische Form des Dornteils bewirkt, dass sich die Zähne des Gehäuseteils über die große Achse der Ellipse an zwei gegenüberliegenden Bereichen mit dem Ring im Eingriff befinden. Da sich das Dornteil dreht, bewegt sich die Zone, an der sich die Zähne des Rings mit denen des Gehäuseteils im Eingriff befinden, mit der großen Achse der Ellipse. Für jede 180°-Bewegung im Uhrzeigersinn des Dornteils bewegt sich das Gehäuseteil relativ zum äußeren Ring um einen Zahn im Gegenuhrzeigersinn. Somit führt jede vollständige Umdrehung im Uhrzeigersinn des Dornteils dazu, dass sich das Gehäuseteil relativ zum äußeren Ring um zwei Zähne aus seiner vorherigen Position im Gegenuhrzeigersinn bewegt.

[0013] Bei anderen Ausführungsformen können die Umwandlungsmittel einen Generator, wie z.B. einen Dynamo oder Alternator, und einen Elektromotor umfassen, der an die Antriebsmittel gekoppelt ist. Diese Anordnung bietet den Vorteil, dass das Abgabedrehmoment des Motors, unabhängig von der Motordrehzahl, konstant ist. Außerdem sorgt das für etwas Flexibilität bezüglich der relativen Orte des Generators und Motors, da zwischen ihnen keine mechanische Kopplung erforderlich ist. Die Umwandlungsmittel können eine Batterie oder eine andere Speicheranordnung für elektrische Energie umfassen, wobei die

Batterie durch den Generator mit elektrischer Energie versorgt wird. Ein Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass die Batterie bei vorübergehendem Nichtvorhandensein einer Fluidströmung für den Traktor Antriebsenergie bereitstellen kann.

[0014] Die Umwandlungsmittel können eine Hydraulikfluidpumpe und einen Hydraulikmotor umfassen, oder können eine oder mehrere Kombinationen von Energieumwandlungs- und -übertragungsanordnungen umfassen, um für die spezielle Anwendung des Traktors passend zu sein.

[0015] Die Antriebsmittel können jede passende Form annehmen und können Räder, Schenkel, spurgebundene Führungen, Fluidpumpenräder oder etwas Ähnliches umfassen. Am besten ist der Traktor für den Einsatz in Leitungen ausgelegt und die Antriebsmittel weisen die Form einer Vielzahl von Bürstentraktionselementen auf, wie dies z.B. in WO98\0627 beschrieben wurde, dessen Offenbarung hier durch Bezugnahme aufgenommen wird. Die Bürstentraktionselemente werden durch Nocken in eine Pendelbewegung oder in eine Rückwärts- und Vorwärtstaumelbewegung versetzt, die an einer mittleren Antriebswelle montiert sind und die Traktion von Elastomer- oder sonst wie nachgiebigen Fingern beziehen, welche die Innenwand der Leitung berühren, die ein Rohr oder ein verrohrtes oder offenes Bohrloch sein kann. Die Änderung der Einbaulage der Finger in Bezug auf die Achse der Lager, an denen jedes Bürstentraktionselement montiert ist, erhöht oder erniedrigt das Haftvermögen, das von den Fingern durch Vergrößerung oder Verkleinerung des effektiven Durchmessers eines jeden Traktionselementes bereitgestellt wird. Eine zyklische Variation hinsichtlich der Einbaulage einer Serie von angrenzenden Traktionselementen, mit Hilfe derer die Traktionselemente den Traktor antreiben können, lässt sich durch Variation des Winkelversatzes eines jeden Traktionselementes an der mittleren Antriebswelle erreichen. Zum Beispiel kann jeder Nocken an der Antriebswelle mit einem Winkelversatz, bezogen auf den angrenzenden Nocken, von 60°, 90°, 120° und 180° eingebaut werden. Außerdem lässt sich durch Verschiebung der jeweiligen Einbaulage der Traktionselemente von einer Seite einer neutralen Achse zur anderen die Traktionsrichtung umzukehren. Dies ist nützlich, wenn der Traktor herausgeholt werden soll; durch Verschieben der Einbaulage kann dann der Traktor in der umgekehrten Richtung angetrieben werden, oder wo der Traktor gegen die Strömungsrichtung bewegt wurde, kann die durch das Fluid am Traktor erzeugte Kraft ausreichend sein, um den Traktor zu schieben bzw. dessen Fortbewegungsrichtung umzukehren. Um eine solche Bewegung zu erleichtern, kann der Traktor außerdem eine selektiv betätigbare Fluid-Durchflussreduziereinrichtung umfassen, die für eine Wechselwirkung mit dem strömenden Fluid ausgelegt ist, um eine Kraft auf den

Traktor zu erzeugen. Diese Durchflussreduziereinrichtung kann die Form eines Fallschirms oder einer ähnlichen Anordnung, oder radial ausdehnbarer Dichtungen oder von etwas Ähnlichem aufweisen.

[0016] Der Traktor kann eine Vielzahl von Körpern umfassen, die alle mit Antriebsmitteln, einem Element und Umwandlungsmitteln versehen sind. Alternativ können einzelne Traktorelemente selektiv an den Körpern bereitgestellt werden. Die Körper können mit Hilfe aller geeigneten Mittel gekoppelt werden, beispielsweise durch flexible Kabel, Ketten oder Gelenkwellen und wo Antriebs- oder andere Kräfte zwischen Körpern übertragen werden müssen, können beispielsweise Gleichlauf-Gelenkwellen zum Einsatz kommen. Die Möglichkeit, den Traktor aus einer Anzahl von flexibel gekoppelten oder gelenkigen Körpern bilden zu können, erleichtert die Überwindung von engen Bögen, einschließlich der 3D- und 5D-Bögen (das sind Rohre, die einen Bogenradius haben, der drei- bis fünfmal so groß wie der Rohrradius ist), die häufig bei Anwendungen der Erdöl- und Erdgas-Exploration und -Erzeugung eingesetzt werden.

[0017] Der Traktor enthält vorzugsweise einen Hindernissensor, der mit einem oder beiden Mitteln der Umwandlungsmittel und der Antriebsmittel betriebsfähig verbunden ist und zur Richtungsumkehr oder Entkopplung dieser Mittel dient, damit der Traktor stoppen oder sich in eine entgegengesetzte Richtung bewegen kann. Der Sensor kann eine Sonde am vorderen Ende des Traktors zur Erkennung von festen Hindernissen oder zur Erkennung von scharfen Kurven in einem Rohr umfassen, in dem sich der Traktor befindet; beispielsweise kann die Sonde dafür ausgelegt sein, einen 3D-Bogen in einem Rohr zu erkennen, wobei es sich dabei um einen Bogen mit einem Radius handelt, der dreimal so groß wie der Radius des Rohres ist. Somit lässt sich der Traktor für die Fortbewegung durch ein Rohr auslegen, die so lange erfolgt, bis der Traktor auf einen 3D-Bogen an einem bekannten Ort stößt, und beim Antreffen des Bogens kehrt der Traktor dann um. Alternativ kann der Sensor einen Leerring oder eine Schneidklinge umfassen.

[0018] Der Körper definiert vorzugsweise ein Gehäuse, das zur Unterbringung der Umwandlungsmittel dient und das Gehäuse ist vorzugsweise druckkompensiert.

[0019] Diese und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden jetzt beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, wobei:

[0020] Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines Traktors gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist und diesen zeigt,

wie er teilweise in einem Rohrbogen angeordnet ist;

[0021] Fig. 2 eine perspektivische vergrößerte Darstellung einer Traktoreinheit des Traktors von Fig. 1 ist;

[0022] Fig. 3 eine vergrößerte Schnittdarstellung von Fig. 2 ist und

[0023] Fig. 4 eine perspektivische Darstellung einer Schneidklingenanordnung für den Einsatz mit einem Traktor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0024] Zuerst wird auf Fig. 1 der Zeichnungen Bezug genommen, die einen Traktor 2 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Der Traktor 2 ist teilweise in einem Rohrbogen 4 dargestellt. Der Traktor 2 umfasst eine Hindernis-Sensoreinheit 6 an seinem vorderen Ende, ein Servicemodul 8 an seinem hinteren Ende und eine Vielzahl (in diesem Beispiel vier) von Traktoreinheiten 10 (nur zwei sind sichtbar), die miteinander in Reihe gekoppelt sind. In der Praxis wird die Anzahl der bereitgestellten Einheiten 10 von der erforderlichen Höhe der Antriebskraft abhängen.

[0025] Jetzt wird außerdem auf Fig. 2 der Zeichnungen Bezug genommen, die eine einzelne Traktoreinheit 10 im Detail zeigt. Die Einheit 10 umfasst ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse 12, an dem ein Turbinenrotor 14 montiert ist, der eine Anzahl von im Allgemeinen spiralförmigen Schaufeln 16 umfasst. Wie noch beschrieben werden wird, ist der Turbinenrotor 14 für den Antrieb der vier Bürstentraktionselemente 22, über ein Getriebe 18 (Fig. 3) im Gehäuse 12, mit einer mittigen Antriebswelle 20 verbunden, wie dies ausführlicher in WO98\06927 beschrieben ist.

[0026] Jede Traktoreinheit 10 ist über eine geeignete Gelenkwelle 24 an die anderen Traktoreinheiten gekoppelt. Wie noch beschrieben wird und anhand Fig. 1 offensichtlich ist, ist die vordere Traktoreinheit an eine Hindernis-Sensoreinheit 6 gekoppelt, während die hintere Einheit an ein Servicemodul 8 gekoppelt ist, wobei beide Kopplungen ebenfalls durch Gelenkwellen bereitgestellt werden.

[0027] Jetzt wird außerdem auf Fig. 3 der Zeichnungen Bezug genommen, die eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Gehäuses 12 ist. Die Turbine 14 umfasst eine zylindrische Hülse 25, die am Gehäuse 12 koaxial zur Antriebswelle 20 montiert ist. Die Hülse 25 dient zur Befestigung einer Anzahl von Magneten 26, die mit Gegenpolmagneten 28 wechselwirken, die an einem Schwungrad 30 im Gehäuse 12 montiert sind. Die Magnete 26, 28 sind so angeordnet, dass eine induktive Kopplung durch den dazwischen angeordneten, nichtmagnetischen Körper-

teil 32 hindurch bereitgestellt wird. Somit wird durch die Magnete 26, 28 eine "berührungslose" Kopplung bereitgestellt und es entfällt die Notwendigkeit, Dichtungen oder etwas Ähnliches zwischen der Turbine 14 und dem Gehäuse 12 bereitzustellen. Das Schwungrad 30 ist an das Getriebe 18 gekoppelt, das in Form eines Harmonic-Drive-Getriebes ausgeführt ist, wie es beispielsweise von der Antriebstechnik GmbH aus Limburg/Lahn, Deutschland, geliefert wird. Somit ist das Schwungrad 30 an ein elliptisches Dornteil (das als Wave Generator bezeichnet wird) 34 gekoppelt, um das herum ein nachgiebiges, dünnes zylindrisches Gehäuseteil mit Außenverzahnung (das wegen der Kürze der Darstellung als Flexspline bezeichnet wird) 36 montiert ist. Außen um den Flexspline 36 ist ein starrer Ring montiert, der eine Innenverzahnung definiert und als Circular Spline 38 bezeichnet wird. Der Wave Generator 34 weist ein Dünnring-Kugellager auf. Das bevorzugte Getriebe 18 stellt eine Übersetzung von 80:1 bereit, so dass, wenn sich die Turbine 14 mit 2.000 1/min dreht, dies auf die Antriebswelle 20 übersetzt wird, die sich somit mit 25 1/min dreht. Das Getriebe 18 ist natürlich mit geeigneten Lagern versehen, in diesem Fall umfassen diese Schräglager 40 und Axial-Rillenkugellager 42 in einem Lager-Getriebe-Aufnahmekörper 44.

[0028] Wie dargestellt, erstreckt sich die Antriebswelle nach rechts durch eine druckkompensierte Dichtung 46, die Antriebswelle 20 kann aber natürlich in diesem Ende des Gehäuses 12 enden, falls der Antrieb oder die Kopplung nicht auf beiden Seiten des Gehäuses 12 erforderlich ist. Die dargestellte Wellenkonfiguration wird eingesetzt, um die Verbindung mit der Hindernis-Sensoreinheit 6 herzustellen, und kann auch eingesetzt werden, um ein Schneidwerkzeug oder etwas Ähnliches, das am Traktor montiert ist, anzutreiben, wie dies unter Bezugnahme auf Fig. 4 der Zeichnungen später beschrieben wird.

[0029] Die Bürstentraktionselemente 22 umfassen jeweils einen Nocken 48, der an der Antriebswelle 20 montiert ist und sechs Elastomer-Finger 50, die durch die Drehung der Antriebswelle 20 in eine Pendelbewegung oder in eine Rückwärts- und Vorwärtstau-melbewegung versetzt werden. Wie in WO98\06927 beschrieben ist, sind die Nocken 48 versetzt, um die vom jedem Traktionselement 22 bereitgestellte Traktion zu variieren, so dass die Drehung der Antriebswelle 20 bewirkt, dass sich die Traktoreinheit 10 in Richtung A durch ein Rohr oder eine Leitung bewegt, die von den Enden der Finger 50 berührt wird. Die Finger 50 sind an den jeweiligen Nocken 48 mit Hilfe von Lagern 49 montiert und durch Verschieben der Finger 50 von einer Seite der Lagerachse zur anderen, lässt sich die Traktionsrichtung umkehren, so dass die Bewegung des Traktors in der zur ursprünglichen Antriebsrichtung entgegengesetzten Richtung erleichtert wird.

[0030] Wie oben erwähnt wurde, ist die Hindernis-Sensoreinheit **6** an der vorderen Traktoreinheit montiert und umfasst eine längliche Sonde **60**, die koaxial zur Traktoreinheit und zur Antriebswelle **20** montiert ist. Wenn die Sonde **60** auf ein festes Hindernis trifft, wird die Sonde **60** relativ zur vorderen Einheit **10** zurückgeschoben. Die Rückwärtsbewegung wird in eine entsprechende Bewegung der Antriebswelle **20** übersetzt und durch die vordere Traktoreinheit **10** auf die Antriebswelle der anderen Einheiten weitergeleitet und hat eine Anzahl von Auswirkungen. Erstens kehrt die Axialbewegung jeder Traktoreinheits-Antriebswelle **20** die Traktionsrichtung jedes Traktionselementes **22** um. Außerdem wird die Antriebswellenbewegung ebenfalls auf das Servicemodul **8** weitergeleitet und triggert die Auslösung eines gefederten Fallschirms **62**, der normalerweise in einer eingezogenen Konfiguration im Modulkörper **64** enthalten ist und zurückgehalten wird. Folglich lässt sich der Traktor **10** jetzt durch das sich bewegende Fluid zurückschieben.

[0031] Dieses Merkmal des Traktors **2** erleichtert den Arbeitsgang des Herausholens, da der Traktor **2** in einer Pipeline an einem geeigneten Ort eingebracht werden kann und sich dann durch die Pipeline fortbewegt, und zwar gegen die Strömungsrichtung des Fluids in der Pipeline, bis er auf ein festes Hindernis trifft. Anstelle gegen das Hindernis zu fahren und sich vielleicht in der Pipeline zu verklemmen, was eine komplexe und teure Bergungsoperation erforderlich machen würde, erfasst die Sonde **60** das Vorhandensein des Hindernisses und sorgt für die automatische Richtungsumkehr des Traktors **2**, der dann vom ursprünglichen Einsatzort aus herausgeholt werden kann.

[0032] Die Länge der Sonde lässt sich so auswählen, dass der Traktor **2** beim Antreffen eines Bogens in der Pipeline, der eine vorgegebene Krümmung aufweist, umkehrt. Zum Beispiel kann gewünscht werden, dass sich der Traktor durch eine Ölpipeline von einem Einsatzort zu einem Bohrlochkopf fortbewegt, wobei bekannt ist, dass die Pipeline dort einen 3D-Bogen aufweist. Durch Auswahl einer entsprechenden Sondenlänge lässt sich ein solcher Bogen als festes Hindernis erfassen; somit kehrt der Traktor **2** automatisch seine Fortbewegungsrichtung um, nachdem er den Bohrlochkopf erreicht hat.

[0033] Die Hindernis-Sensoreinheit **6** umfasst außerdem einen Messsensor **66**, der einen Lehrring **68** umfasst. Der Lehrring **68** ist koaxial zur Traktoreinheit **10** montiert und umfasst Rollen **70**, um die Bewegung des Rings längs der Rohrwand zu erleichtern. Der Messsensor **66** arbeitet in einer ähnlichen Weise wie die Sonde **60**, d.h. beim Antreffen einer Querschnittsverengung hinsichtlich des Lehrrings wird der Ring **68** relativ zur sich vorwärtsbewegenden Traktoreinheit **10** zurückgeschoben und diese Bewegung wird

in eine Bewegung der Antriebswelle **20** übersetzt, mit ähnlichen Auswirkungen auf die entsprechende Bewegung der Sonde **60**.

[0034] Das Servicemodul **8**, das den Fallschirm **62** enthält, dient außerdem zur Unterbringung verschiedener Sensoren, um beispielsweise den Pipelinezustand zu erfassen, um die Früherkennung von Korrosion, Erosion oder anderen Pipelineschäden oder Defekten zu ermöglichen, oder die Erfassung von Druck, Temperatur oder sonstigen Parameter zu gestatten. Andere Geräte, die die Signalsender und den Signalempfänger umfassen und die Fernüberwachung oder Fernsteuerung des Traktors ermöglichen, können ebenfalls in dem Modul **8** bereitgestellt werden. Das Modul **8** kann von einer Batterie oder etwas Ähnlichem gespeist werden, oder kann Strom von einem Generator ziehen, der von einer Turbine der Traktoreinheit mit Energie versorgt wird. Bei anderen Ausführungsformen kann das Modul **8** eine speziell dafür vorgesehene Turbine aufweisen.

[0035] Jetzt wird auf **Fig. 4** der Zeichnungen Bezug genommen, die eine Schneidwerkzeuganordnung **71** darstellt, die an den Traktor **2** für den Einsatz bei Pipeline-Reinigungsgängen montiert werden kann. Das Schneidwerkzeug **71** ist dafür ausgelegt, an der vorderen Traktoreinheit **10** montiert und von einer nach vorne verlängerten Antriebswelle **20** angetrieben zu werden, gemäß der Darstellung in **Fig. 3**, und zwar über ein Getriebe, um eine geeignete Drehzahl bereitzustellen. Das Schneidwerkzeug **71** befindet sich vor einem Lehrring **72** und weist zwei Sätze von sich radial erstreckenden Schneidklingen **74**, **76** auf, die in den zugehörigen Ringen **78**, **80** montiert sind, und einen Satz von sich axial und radial erstreckenden Klingen **82**, die sich zwischen den Klingensätzen **74**, **76** erstrecken.

[0036] Im Einsatz wird das Schneidwerkzeug **70** in Drehung versetzt und bewegt sich durch die Pipeline, wobei der Traktor Paraffin und andere Ablagerungen ablöst und aufbricht, die sich in der Pipeline angesammelt haben und wobei die Ablagerungen dann durch das strömende Fluid am Traktor **2** vorbei, in der entgegengesetzten Richtung zur Traktorbewegung, fortgespült werden. Dies ist anders als bei den konventionellen Pipeline-Reinigungsmolchen, die in der gleichen Richtung wie das strömende Fluid geschoben werden, und somit das abgelöste Material vor den Molchen herschieben, was zu einer Materialansammlung führt, die schließlich die Fortbewegung des Molches verhindern kann.

[0037] Das Schneidwerkzeug **70** kann eine ähnliche Funktion wie sie für die Sonde **60** und den Lehrring **68** oben beschrieben wurde erfüllen, und zwar dahingehend, dass beim Antreffen eines Hindernisses, das vom Schneidwerkzeug **70** nicht entfernt wurde, das Schneidwerkzeug **70** relativ zur Traktoreinheit **10** zu-

rückgeschoben wird und die Fortbewegungsrichtung des Traktors **2** umgekehrt wird. Alternativ oder zusätzlich kann das Schneidwerkzeug **70** so angeordnet werden, dass beim Antreffen einer starken Ablagerung, die wahrscheinlich zur Verringerung der Drehzahl des Schneidwerkzeugs führt, ein Drehzahlregler an der Antriebswelle des Schneidwerkzeugs eine Rückwärtsbewegung der Antriebswelle **20** und des Schwungrades **30** erzwingt, wodurch sich ein entsprechender Fluchtungsfehler zwischen den Magneten **26, 28** ergibt und somit der Kopplungsgrad zwischen der Turbine **14** und der Antriebswelle **20** reduziert wird. Dies verringert die Vorschubgeschwindigkeit des Traktors **2**, so dass sich das Schneidwerkzeug **70** langsamer fortbewegt und die Möglichkeit hat, die Ablagerung zu beseitigen. Alternativ oder zusätzlich kann der Kopplungsgrad unverändert erhalten bleiben, aber die Antriebswelle **20** koaxial bewegt werden, um die relative Positionierung der Bürstentraktionselemente **22** zu variieren, um die Vorschubgeschwindigkeit zu verringern; diese Anordnung bietet den Vorteil, dass sich die Leistungsaufnahme des Schneidwerkzeugs **70** nicht verringert. Bei anderen Ausführungsformen kann das Schneidwerkzeug **70** auch von einer speziell dafür vorgesehenen Schneidwerkzeug-Turbine angetrieben werden.

[0038] Für den Fachmann ist es offensichtlich, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine Traktorordnung bereitstellen, die sich ohne eine externe Energieversorgung durch eine Pipeline oder eine andere Leitung oder ein Bohrloch, mit der Strömung oder gegen die Strömung des Fluids in der Pipeline, fortbewegen kann. Die Möglichkeit, die Traktionsrichtung der bevorzugten Antriebsanordnung umzukehren, erleichtert außerdem das Herausholen des Traktors, wodurch das Einbringen und die Entnahme des Traktors an der gleichen Stelle möglich ist. Die Bereitstellung der magnetischen Kopplung bei der bevorzugten Ausführungsform zwischen der Turbine und dem Getriebe und der Einsatz eines Harmonic-Drive-Getriebes stellen eine kompakte und berührungslose Kopplung zwischen der Turbine und dem Traktionselement bereit und ermöglichen es, die Turbine **14** konzentrisch um die Antriebswelle **20** zu montieren.

[0039] Für den Fachmann ist es außerdem offensichtlich, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen nur Beispiele für die Realisierung der vorliegenden Erfindung sind, und dass zahlreiche Abwandlungen und Verbesserungen daran gemacht werden können, ohne dass vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abgewichen wird.

Patentansprüche

1. Traktor, ausgelegt für die Fortbewegung durch einem sich bewegenden Fluidstrom, wobei der Traktor Folgendes umfasst:

einen Körper (**12**);
Antriebsmittel (**20, 22**) für die Bewegung des Körpers (**12**) in einer gewünschten Richtung;
ein drehbares Element (**14**), das am Körper (**12**) montiert und dafür ausgelegt ist, durch das sich bewegende Fluid angetrieben zu werden und
Umwandlungsmittel zur Umwandlung der Bewegung des drehbaren Elementes (**14**) für den Antrieb der Antriebsmittel (**20, 22**), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwandlungsmittel eine berührungslose Kopplung (**26, 28**) zwischen dem drehbaren Element (**14**) und den Antriebsmitteln (**20, 22**) umfassen.

2. Traktor nach Anspruch 1, wobei das drehbare Element (**14**) dafür ausgelegt ist, durch die am Körper (**12**) vorbeigeleitete Fluidströmung in Rotation versetzt zu werden.

3. Traktor nach Anspruch 1 oder 2, wobei das drehbare Element (**14**) eine Turbinenschaufel (**16**) umfasst.

4. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umwandlungsmittel einstellbar sind, um den Kopplungsgrad zwischen dem drehbaren Element (**14**) und den Antriebsmitteln (**20, 22**) zu variieren.

5. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umwandlungsmittel eine magnetische Kopplung (**26, 28**) umfassen.

6. Traktor nach Anspruch 5, wobei die Kopplung (**26, 28**) Antriebs- und angetriebene Elemente (**24, 28**) umfasst, die relativ zueinander axial verschiebbar sind.

7. Traktor nach Ansprüche 5 oder 6, wobei die Umwandlungsmittel betriebsfähig mit einer Kopplungssteuerung (**70**) verbunden sind, um den Kopplungsgrad zwischen Antriebs- und angetriebenen Elementen (**24, 28**) der Kopplung (**26, 28**) zu steuern.

8. Traktor nach Anspruch 7, wobei die Kopplungssteuerung (**70**) eine angetriebene Drehklinge (**82**) umfasst, und Mittel, die auf eine Verringerung der Klingengeschwindigkeit reagieren, um den Kopplungsgrad zu verringern und somit die Vorschubgeschwindigkeit des Traktors (**10**) zu verlangsamen.

9. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umwandlungsmittel ein Reduziergetriebe (**18**) zur Umwandlung eines Einganges für hohe Geschwindigkeit und niedriges Drehmoment vom drehbaren Element (**14**) auf einen Ausgang für relativ niedrige Geschwindigkeit und hohes Drehmoment für die Antriebsmittel (**20, 22**) umfassen.

10. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umwandlungsmittel ein Harmo-

nic-Drive-Getriebe (**18**) umfassen.

11. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der außerdem Schneidmittel (**70**) zum Entfernen oder Ablösen von Material enthält, das an den Körper (**12**) angrenzt.

12. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antriebsmittel (**20, 22**) in Form einer Vielzahl von Traktionselementen (**22**) in Form rückstellfähiger Traktionsfinger vorliegen, die an Nocken an einer mittigen Antriebswelle (**20**) montiert sind, wobei die Traktionselemente (**22**) für die Rückwärts- und Vorwärtstaumelbewegung durch Rotation der Welle (**20**) ausgelegt sind.

13. Traktor nach Anspruch 12, wobei die Einbaulagen der Traktionselemente (**22**) von einer Seite einer entsprechenden neutralen Achse zur anderen verschiebbar sind, um die Traktionsrichtung umzukehren.

14. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der außerdem eine selektiv betätigbare Fluiddurchflussbegrenzung (**62**) umfasst, die für die Wechselwirkung mit einem strömenden Fluid ausgelegt ist, um eine Kraft am Traktor zu erzeugen.

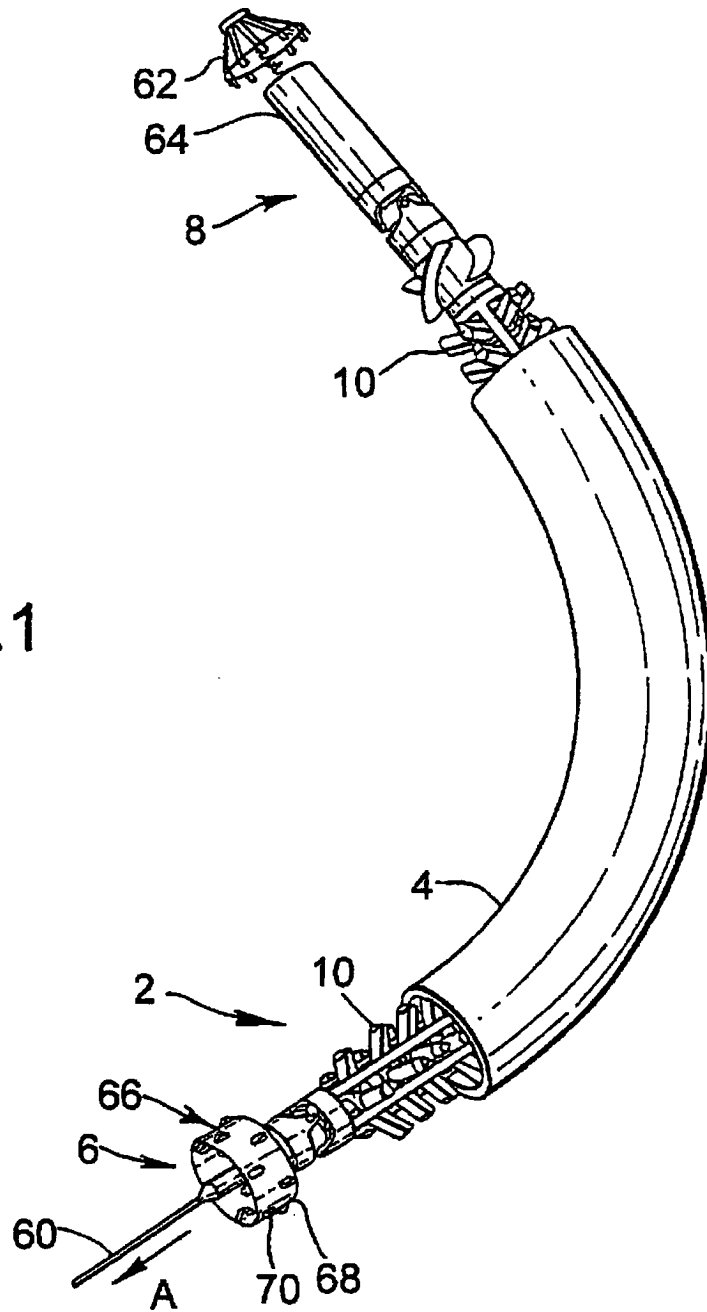
15. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Traktor (**10**) eine Vielzahl von Körpern (**12**) umfasst und jeder Körper (**12**) mit Antriebsmitteln (**20, 22**), einem drehbaren Element (**14**) und Umwandlungsmitteln ausgestattet ist und wobei die Körper (**12**) mit Hilfe von Gelenkwellen gekoppelt sind.

16. Traktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Traktor (**10**) einen Hindernissensor (**6**) enthält, der mit mindestens einem Mittel der Umwandlungsmittel (**26, 28**) und Antriebsmittel (**20, 22**) betriebsfähig verbunden ist, das mindestens zur Richtungsumkehr oder Auskopplung der Mittel dient, damit der Traktor (**10**) sich in eine entgegengesetzte Richtung bewegen kann.

17. Traktor nach Anspruch 16, wobei der Sensor (**6**) betriebsfähig mit einer selektiv betätigbaren Fluiddurchflussbegrenzung (**62**) verbunden ist, die für die Wechselwirkung mit einem strömenden Fluid ausgelegt ist, um eine Kraft am Traktor (**10**) zu erzeugen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1



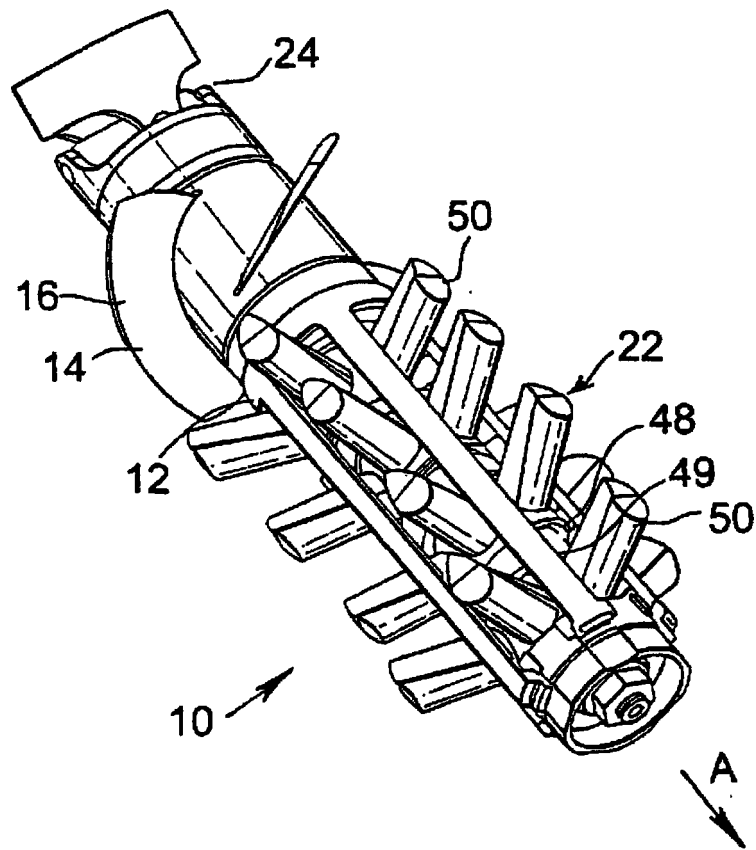


Fig.2

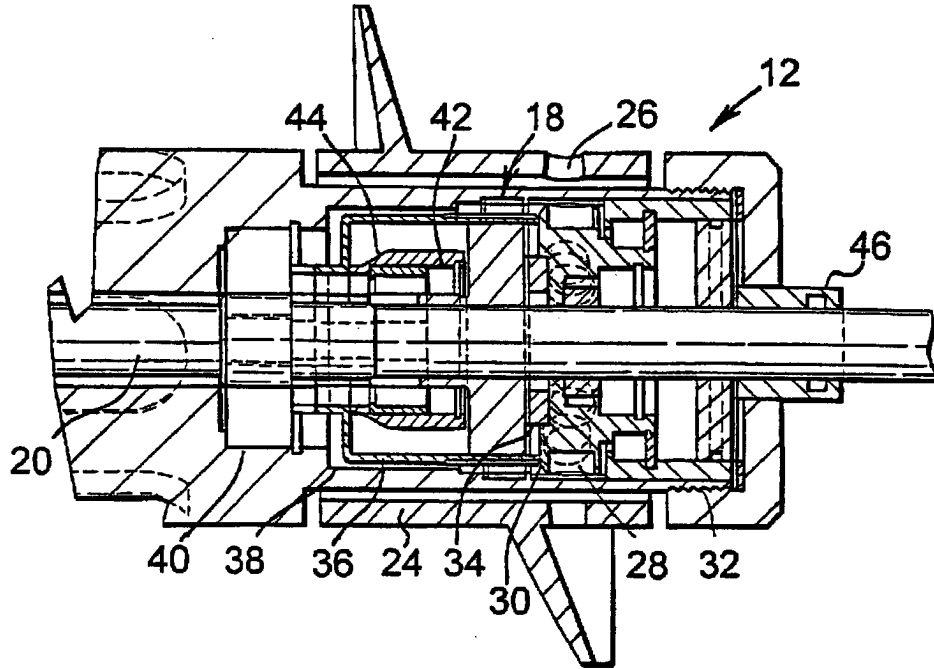


Fig.3

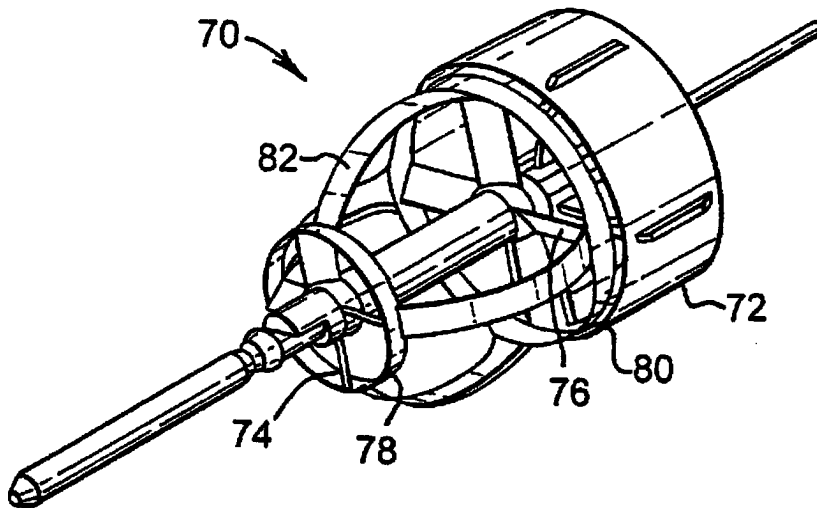


Fig.4