

⑫

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑲ Anmeldenummer: **84111093.5**

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: **F 04 B 21/00, F 04 B 47/02**

⑳ Anmeldetag: **18.09.84**

③① Priorität: **30.09.83 DE 3335607**

⑦① Anmelder: **BAYER AG, Konzernverwaltung RP**  
**Patentabteilung, D-5090 Leverkusen 1 Bayerwerk (DE)**

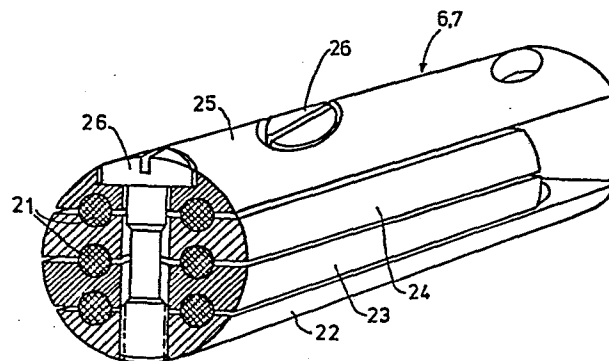
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **05.06.85**  
**Patentblatt 85/23**

⑦② Erfinder: **Hoffmann, Jürgen, Bilharzstrasse 10,**  
**D-5000 Köln 80 (DE)**  
Erfinder: **Prels, Lothar, Dr., August-Kierspel-Strasse 42,**  
**D-5060 Bergisch-Gladbach 2 (DE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **AT DE FR GB NL**

⑤④ **Pumpengestänge.**

⑤⑦ Das Pumpengestänge (5) bei einer Gestängetiefpumpe besteht aus mehreren, im wesentlichen parallel laufenden, aber nicht aneinanderliegenden, unidirektional verstärkten Faserverbundstäben (21), deren Querschnittsfläche kleiner als 1 cm<sup>2</sup> ist. Damit lassen sich die vorteilhaften Materialeigenschaften in hohem Maße ausnutzen. Das Gestänge kann vor Ort gefertigt werden. Eine Überwachung der einzelnen Faserverbundstäbe (21) im eingebauten Zustand ist möglich.



BAYER AKTIENGESELLSCHAFT  
Konzernverwaltung RP  
Patentabteilung

5090 Leverkusen, Bayerwerk  
Hö/m-c

### Pumpengestänge

Die Erfindung betrifft eine Gestängetiefpumpe, bei der ein in einem Steigrohr an einem Pumpengestänge hängender Kolben in einem Pumpengehäuse am Grund des Steigrohres von einem oberirdischen Pumpantrieb auf und ab bewegt  
5 wird.

Bei solchen Pumpen können die eigentliche Pumpe in der Erde und der Antrieb mehrere 1000 m voneinander entfernt sein. Der Kraftübertragung über das Pumpengestänge ("sucker rods") kommt große Bedeutung zu. Üblicherweise  
10 ist das Pumpengestänge aus Stangen genormten Baustahls von beispielsweise 7,5 m Länge zusammengeschraubt. Das Pumpengestänge ist sehr schwer.

Da das Fördergut korrosiv wirkende Bestandteile enthalten kann, wird in der kanadischen Patentschrift  
15 1 087 521 vorgeschlagen, die Stahlstangen durch Faser-verbundwerkstoffe zu ersetzen. Um eine Verbindung der Stangen zu ermöglichen, sind Stahlhülsen an die Enden der Stäbe geklebt. Abgesehen von dem erheblichen Herstellungsaufwand und dem zusätzlichen Gewicht durch die

Hülsen, sind die Verbindungen Schwachstellen, die immer noch korrosionsgefährdet sind und die nur eine sehr begrenzte Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften der faserverstärkten Stäbe ermöglichen.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Pumpengestänge für Gestängetiefpumpen bereitzustellen, das die bei bekannten Gestängen auftretenden Probleme vermeidet bzw. verkleinert. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das Pumpengestänge aus mehreren, im wesentlichen parallel verlaufenden, aber nicht aneinander-  
10 liegenden, unidirektional verstärkten Faserverbundstäben besteht, von denen jeder eine über die gesamte Länge gleichbleibende Querschnittsfläche kleiner als  $1 \text{ cm}^2$  besitzt. Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen beschrieben.  
15

- Mit der Erfindung wird insbesondere erreicht, daß wegen des eingesetzten Materials keine Korrosionsprobleme mehr auftreten; durch den Wegfall der Verbindungshülsen eine erhebliche Gewichtsersparnis auftritt, so daß die  
20 Antriebsleistung und die Stabilität der Kraftübertragungsvorrichtung nicht so hoch sein müssen, und durch die vereinfachte Montage ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil erzielt werden kann. Das Versagen eines Faserverbundstabes führt nicht unmittelbar zum Versagen  
25 oder zur Zerstörung des gesamten Gestänges.

Bei dieser Kraftübertragung sind nur oben und unten je ein Verbindungselement erforderlich, die vorteilhafterweise als Klemmplattenverankerungen ausgeführt sind.

5 Auch wenn wegen der korrosiven Umgebung dieses Element aus  
teurem Stahl gefertigt werden muß, wird eine sehr erheb-  
liche Preis- und Gewichtsreduktion erreicht. Mit diesem  
Gestänge gelingt es, die hervorragenden Festigkeitsei-  
genschaften des unidirektional verstärkten Faserver-  
bundes zu einem höheren Anteil auszunutzen.

10 Wegen des Aufbaus eines Gestänges aus mehreren Faser-  
verbundstäben kann in einfacher Weise über deren Zahl  
eine einfache Anpassung an die Anforderungen erreicht  
werden. Es genügt im Prinzip ein aufgewickelter  
Endlosstrang von Faserverbundstäben, beispielsweise  
mit einem Querschnitt von  $0,75 \text{ cm}^2$ , um alle praktisch  
vorkommenden Aufgaben abzudecken. Die Faserverbund-  
stäbe verlaufen in jedem Fall von der unteren Klemm-  
15 plattenverankerung durch bis zum oberen Ende, da eine  
Anpassung des Querschnittes, wie er gelegentlich bei  
Stahlstangen vorgenommen wird, nicht erforderlich ist  
und keine Kostenvorteile erbringt.

20 Die Faserverbundstäbe bestehen aus unidirektional verstärk-  
tem Material, wie es beispielsweise in der EP-PS 0 000 734  
beschrieben ist und wie es beispielsweise unter dem Waren-  
zeichen Polystal<sup>®</sup> im Handel ist. Geeignet sind danach  
alle Faserverbundstäbe mit 70 bis 85 Gew.-% Endlosfasern  
aus Glasfasern, Kohlenstoff und Aramidfasern. Als Reak-  
25 tionsharze können Epoxid, Polyester, Polyurethan und Phe-  
nolharze verwendet werden. Die Rohdichte liegt zwischen  
 $1,4$  bis  $2,2 \text{ kg/dm}^2$ . Als Querschnitte sind Flächen zwischen  
 $20$  bis  $100 \text{ mm}^2$ , vorzugsweise  $40$  bis  $80 \text{ mm}^2$ , geeignet. Die

- Zugfestigkeit liegt zwischen 1000 bis 2000 N/mm<sup>2</sup>. Der Biege-Modul beträgt - bezogen auf den ganzen Querschnitt - 40000 bis 200000 N/mm<sup>2</sup>. Die Faserverbundstäbe in den angegebenen Abmessungen lassen sich auf Trommeln wickeln.
- 5 Der Transport und die Zuführung im Steigrohr werden dadurch wesentlich erleichtert.

- Es kommt vor, daß das Bohrloch nicht exakt vertikal verläuft oder auch stellenweise versetzt oder gekrümmt ist. Zum Ausgleich solcher Unregelmäßigkeiten ist das erfindungsgemäße Pumpengestänge hervorragend geeignet. Es
- 10 kann dabei sinnvoll sein, an mehreren Stellen im Steigrohr Führungselemente in Form von Abstandshaltern an dem Gestänge vorzusehen. Bevorzugt bestehen sie aus thermoplastischen Polymeren, die z.B. durch Anklemmen
- 15 an dem Pumpengestänge befestigt werden können. Durch Zahl und Anordnung der Abstandshalter kann darüber hinaus das Schwingungsverhalten des Pumpengestänges beeinflußt werden.

- In ähnlich einfacher Weise läßt sich auch das Pumpengestänge im oberen Bereich des Steigrohres dichten. Bei
- 20 den konventionellen Gestängetiefpumpen ist hierzu die sogenannte "Polierstange" erforderlich.

Das Pumpengestänge ist unempfindlich gegenüber einer Korrosionsbeanspruchung.

- 25 Nach einer Weiterbildung der Erfindung kann jeder einzelne Faserverbundstab auch in eingebautem Zustand auf seine Brauchbarkeit überprüft werden. Auch bei besonders

hochwertigem Material ist es unter den gegebenen Umständen oft nicht zu vermeiden, daß einzelne Faserverbundelemente beschädigt werden. Bei den bisher verwendeten Pumpengestängen hatte das katastrophale Folgen,  
5 denn eine Bergung einer Pumpe bei gerissenem Pumpengestänge kann beispielsweise mehrere Tage lang dauern. Bei dem erfindungsgemäßen Pumpengestänge kann in einfacher Weise bei jedem einzelnen Faserverbundstab zumindest festgestellt werden, ob er gebrochen  
10 ist, wenn bei der Endloserstellung des Faserverbundes ein Indikator eingebettet wird; bevorzugt sind metallische oder Licht-Leiter. Der elektrische Widerstand ist besonders leicht meßbar. Bei Licht-Leitern kann man aus der Dämpfung ungefähr abschätzen, wie weit ein gestörter  
15 Bereich entfernt ist. Aufgrund solcher Messungen kann die Schwere eines Schadens beurteilt werden, und es kann beispielsweise bei einem Gestänge aus zwölf Faserverbundstäben, bei dem nur ein Faserverbundstab zerstört ist, möglicherweise aufgrund der Überdimensionierung der Weiterlauf verantwortet werden, wohingegen  
20 ohne separate Kontrolle der Ausbau in Frage kommt.

Das erfindungsgemäße Pumpengestänge kann auch aus verschiedenen Faserverbundstäben kombiniert werden, insbesondere durch verschiedenen Fasergehalt oder durch  
25 verschiedene Faserverstärkungstypen. Es wird dadurch das Schwingungsverhalten des Pumpengestänges beeinflusst.

Darüber hinaus können auch die einzelnen Faserverbundstäbe noch mit einem Thermoplasten ummantelt sein,

beispielsweise als zusätzlichen Schutz gegen Korrosion und mechanische Beschädigungen.

Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und im folgenden weiter beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

- 5      Fig. 1      Schematische Darstellung einer Gestängetiefpumpe;
- Fig. 2      Klemmplattenverankerung eines Gestänges aus sechs Faserverbundstäben;
- 10      Fig. 3      perspektivische Ansicht eines Schnittes nach Fig. 2;
- Fig. 4      Abstandshalter;
- Fig. 5      Überwachung der einzelnen Faserverbundstäbe mit eingelegtem Leitungsdraht.

15      Durch den oberirdischen Antrieb 1 wird über die Kurbelstange 2 der Pumpenschwengel 3 mit dem sogenannten "Pferdekopf" 4 am Ende bewegt. Das Pumpengestänge 5 ist durchgehend ohne jede Zwischenverbindung und besteht aus einer Anzahl von unidirektional verstärkten Faserverbundelementen. Am Anfang und am Ende sind sie von der

20      oberen und unteren Klemmplattenverankerung 6 bzw. 7 gefaßt; damit ist über das Drahtseil 8 die Verbindung mit dem Pferdekopf 4 und der Pumpe 9 hergestellt. Zur Führung des Pumpengestänges 5 sind Abstandshalter 10 vorgesehen. Bei den bisherigen Gestängetiefpumpen ist der obere

25      Bereich des Steigrohres 11 mit einer Stopfbuchse 12 abgedichtet, durch die die Polierstange geführt wird.

Le A 22 603

Bei der erfindungsgemäßen Pumpe ist in diesem Bereich ein entsprechend lang ausgebildeter Kunststoffzylinder 13, der als "Abstandshalter" dient und die Dichtfunktion übernimmt, vorgesehen. Das Steigrohr 11 ist von einem Futterrohr 14 umgeben, das im unteren Bereich perforiert ist. Die Flüssigkeit wird am Kopf 15 des Steigrohres 11 entnommen. An der Pumpe 9 sind der Kolben 16, das Kolbenventil 17 und Fußventil 18 angedeutet.

Wegen der hohen Festigkeit des unidirektional verstärkten Faserverbundmaterials ist die Ausbildung einer entsprechenden Klemmplattenverankerung zur Kraftanleitung sehr wichtig. In den Fig. 2 und 3 ist ein solches Element für sechs runde Faserverbundstäbe 21 dargestellt. Der Durchmesser eines Faserverbundstabes 21 beträgt hier 7,5 mm. Die Verankerung besteht aus mehreren übereinanderliegenden Klemmplatten 22, 23, 24, 25, in denen die Faserverbundstäbe 21 formschlüssig eingebettet sind, was einen sehr guten volumetrischen Pressdruck ermöglicht. Die Klemmplatten 22, 23, 24, 25 werden mittels Dehnschrauben 26 miteinander verspannt. Die Dehnschrauben 26 verhindern auch ein Abgleiten der Klemmplatten 22, 23, 24, 25 gegeneinander. Die maximale Belastbarkeit eines Faserverbundstabes 21 beträgt ca. 60 kN, der Elastizitätsmodul ca. 50.000 N/mm<sup>2</sup>; bei einem 2.000 m tiefen Bohrloch ergibt sich damit ein Gewicht der unidirektional verstärkten Faserverbundstäbe von etwa 1.200 kg; Klemmplatten, Polierstange und Abstandshalter machen noch etwa 200 kg aus. Ähnlich leistungsfähige Pumpengestänge sind bisher unbekannt.



- Fig. 4 zeigt einen Abstandshalter 10, der im wesentlichen wie eine Klemmplattenverankerung aufgebaut ist; der Außendurchmesser ist lediglich auf den Innendurchmesser des Steigrohres 11 abgestimmt, und statt Stahl wird üblicherweise Kunststoff verwendet. Es wird dadurch bei Schäden oder gekrümmten Bohrlöchern ein Reiben des Gestänges an der Rohrwand verhindert und die Führung verbessert. Die Polierstange ist ähnlich, aber länger als ein Abstandshalter 10 aus Kunststoff aufgebaut.
- 10 Die Überwachung der einzelnen Faserverbundstäbe ist in Fig. 5 schematisch dargestellt. Schon bei der Herstellung von Faserverbundstäben kann in jeden Stab 30 ein elektrischer Leiter 31 eingelassen werden. Der Einfachheit halber sind nur drei Faserverbundstäbe und die obere und untere Klemmplattenverankerung 32 bzw. 33 schematisch dargestellt. Die Leiter 31 sind jeweils aus den Faserverbundstäben 30 am Ende herausgeführt. Im Bereich der unteren Klemmplattenverankerung 33 sind die Leiter 31 alle miteinander verbunden. Die an der oberen Klemmplatte 32 herausgeführten Leiter 31 sind mit Meßgeräten 34 verbunden.

Die Montage eines Pumpengestänges ist vor Ort möglich. Die auf Wickeltrommeln aufgespulten "Endlosfaserverbundstäbe" werden bis ans Bohrloch gefahren. Dort werden zunächst die Enden der Faserverbundstäbe und die elektrische Kontrolleinrichtung mit der pumpenseitigen Klemmplattenverankerung montiert und mit der Pumpe verbunden. Die Pumpe wird anschließend in das Bohrloch

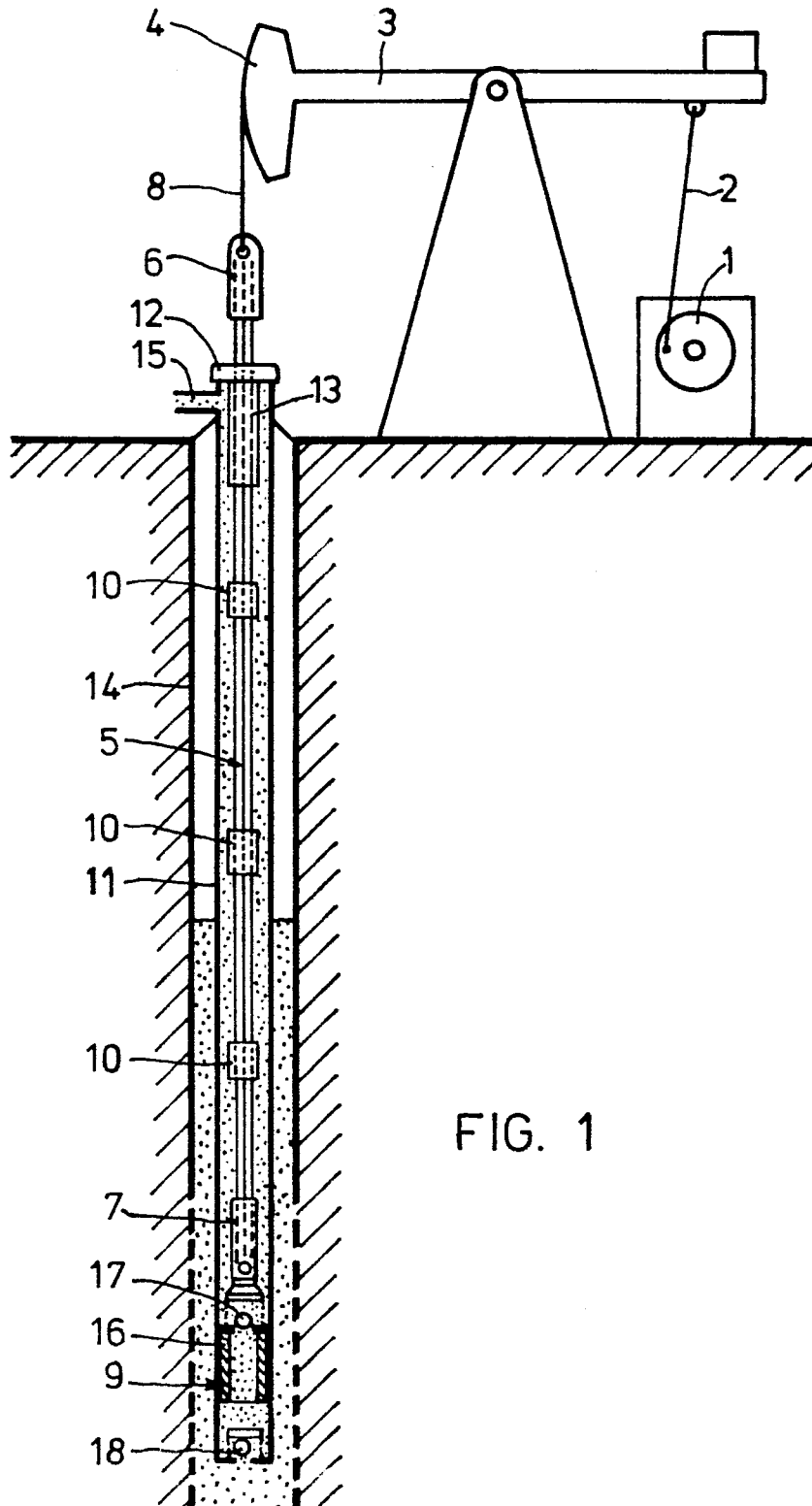
abgelassen; die Abblaßgeschwindigkeit wird über eine Bremsvorrichtung an den Wickeltrommeln geregelt. Erforderlichenfalls werden in bestimmten Abständen Abstandshalter aufgeschraubt. Hat die Pumpe ihre Position erreicht,  
5 wird die antriebsseitige Klemmplattenverankerung montiert und mit dem Drahtseil-Montagekopf des Pumpen-Pferdekopfes verbunden. Kurz vor dem Erreichen der Pumpenendposition wird noch das als Polierstange wirkende Führungselement an die Faserverbundstäbe montiert.

Patentansprüche

1. Gestängetiefpumpe, bei der ein in einem Steigrohr  
(11) an einem Pumpengestänge (5) hängender Kolben  
(16) in einem Pumpengehäuse (9) am Grund des Steig-  
rohres (11) von einem oberirdischen Pumpantrieb (1)  
5 auf und ab bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß  
das Pumpengestänge (5) aus mehreren, im wesentlichen  
parallel laufenden, aber nicht aneinanderliegenden  
unidirektional verstärkten Faserverbundstäben (21)  
besteht, von denen jeder eine über die gesamte Länge  
10 gleichbleibende Querschnittsfläche kleiner als  $1 \text{ cm}^2$   
besitzt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Verbindung des Pumpengestänges (5) mit dem Kolben (16)  
bzw. dem Antrieb (4) nur über eine untere bzw. obere  
15 Klemmplattenverankerung (7 bzw. 6) erfolgt.
3. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß zur Führung des Pumpengestänges  
(5) im Steigrohr (11) Abstandshalter (10), vor-  
zugsweise aus Kunststoff, an den Faserverbundstäben  
20 (21) angeklemt sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-  
durch gekennzeichnet, daß zur Abdichtung des Pumpen-  
gestänges (5) am oberen Ende des Steigrohres (11)  
ein Kunststoffzylinder (13) an den Faserverbund-  
25 stäben (21) angeklemt ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Faserverbundstab (30) ein elektrischer Leiter (31) vorhanden ist, die Leiter (31) im Bereich der unteren Klemmplattenverankerung (33) untereinander verbunden sind und die Leiter im Bereich der oberen Klemmplattenverankerung (32) so weit herausgeführt sind, daß Verbindungen mit einem Leitfähigkeitsmeßgerät (34) herstellbar sind.
- 5
- 10 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Faserverbundstab ein metallischer Leiter vorhanden ist und die Leiter im Bereich der oberen Klemmplattenverankerung so weit herausgeführt sind, daß Verbindungen mit einem Meßgerät zur Ultraschallmessung herstellbar sind.
- 15
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Faserverbundstab ein Lichtleitkabel vorhanden ist und die Lichtleitkabel im Bereich der oberen Klemmplattenverankerung so weit herausgeführt sind, daß eine Verbindung mit einem Meßgerät für die Lichtdämpfung herstellbar ist.
- 20
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpengestänge (15) aus unterschiedlichen Faserverbundstäben, insbesondere solchen mit unterschiedlichen Fasern oder Faseranteilen, besteht.
- 25

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserverbundstäbe mit thermoplastischen Polymeren ummantelt sind.



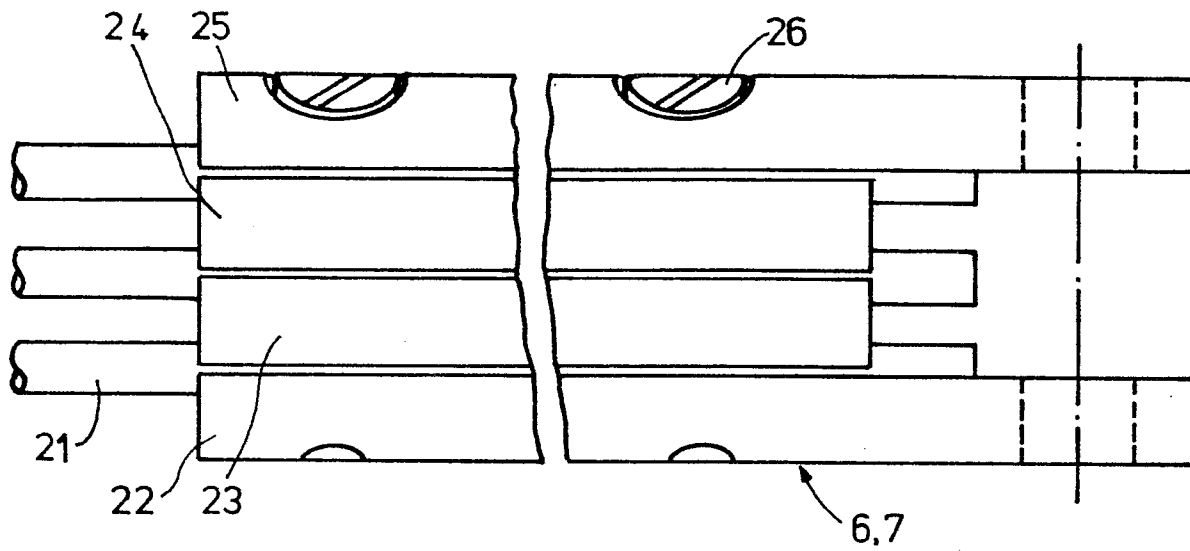


FIG. 2

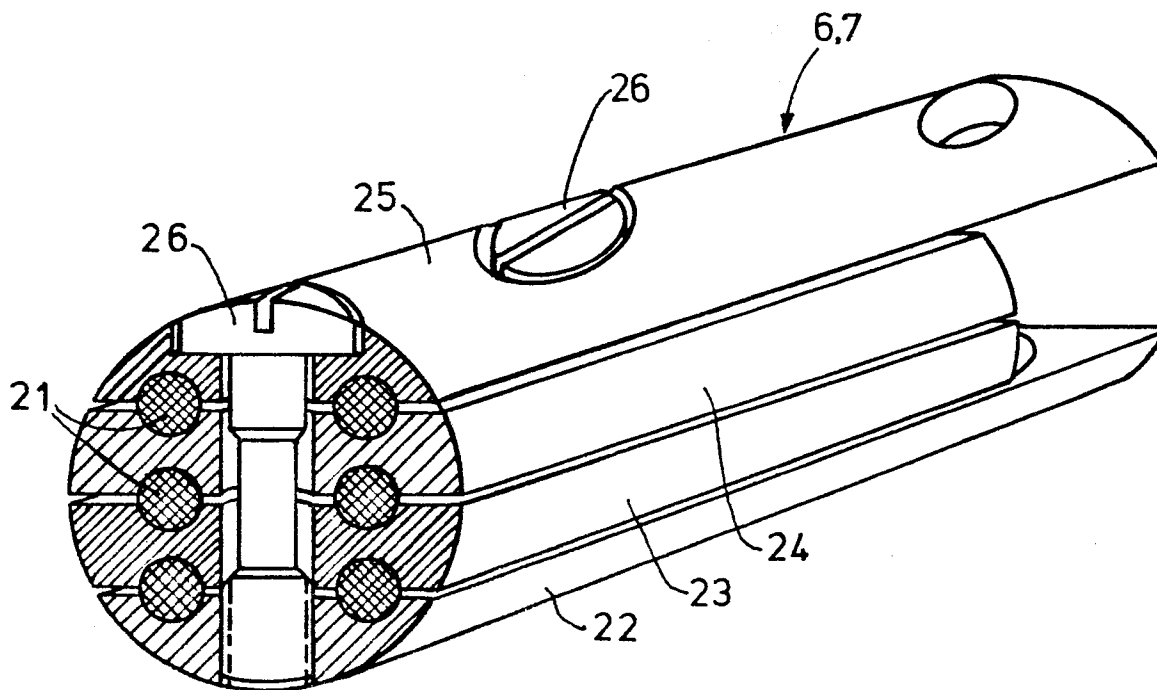


FIG. 3

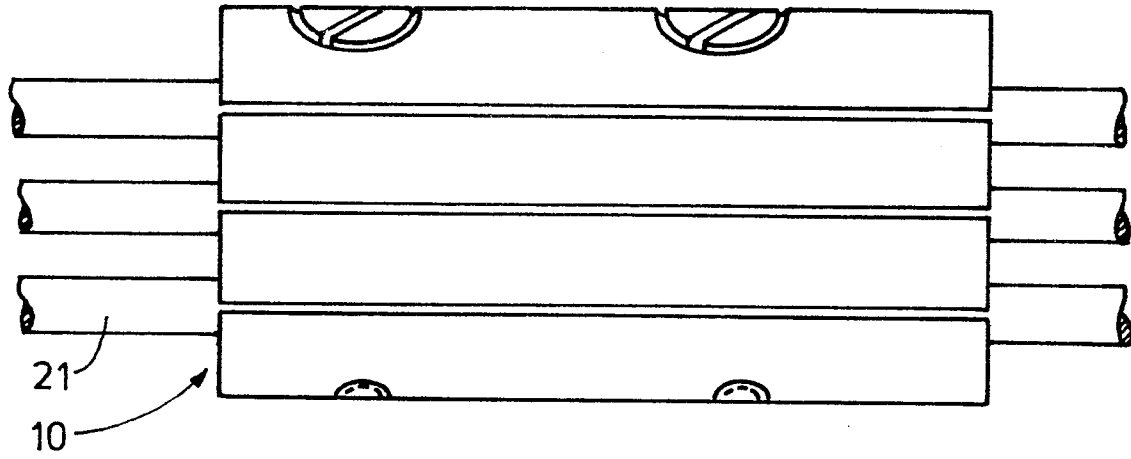


FIG. 4

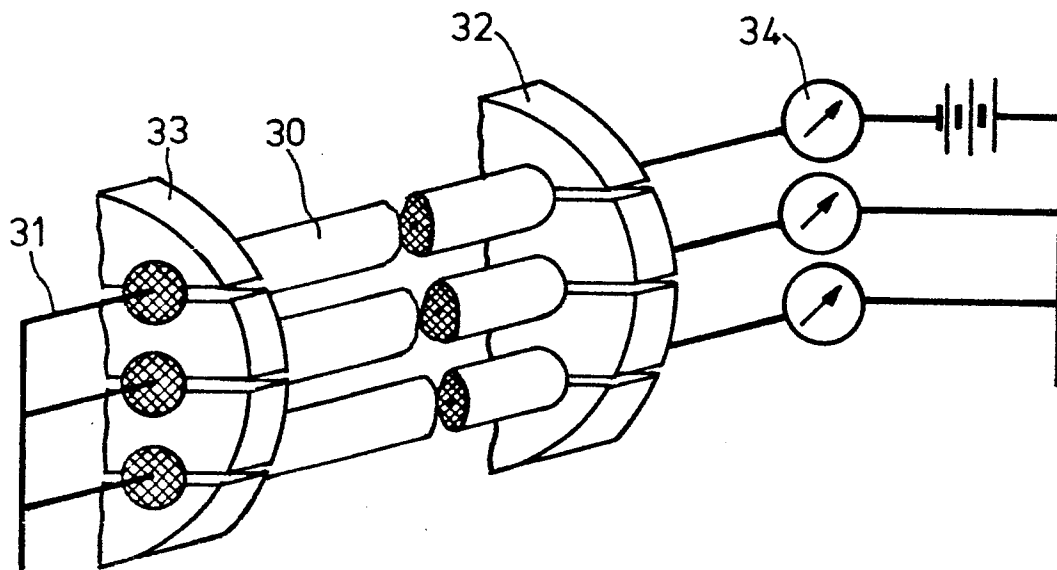


FIG. 5