

(19)



(11)

EP 1 685 308 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.10.2007 Patentblatt 2007/41

(51) Int Cl.:
E21B 43/119 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04765481.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/010609

(22) Anmeldetag: **22.09.2004**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/033472 (14.04.2005 Gazette 2005/15)

(54) **PERFORATIONSKANONENSYSTEM MIT SELBSTVERSCHLIESSENDEN DURCHSCHUSSLÖCHERN**

PERFORATION GUN SYSTEM PRODUCING SELF-CLOSING PERFORATION HOLES

SYSTEME DE CANON DE PERFORATION PRODUISANT DES TROUS DE PERFORATION A OBTURATION AUTOMATIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **VEEHMAYER, Malte**
53721 Siegburg (DE)
- **KRAUTHÄUSER, Wilfried**
53842 Troisdorf (DE)

(30) Priorität: **27.09.2003 DE 10344958**
30.01.2004 DE 102004004750
10.03.2004 DE 102004011616
11.09.2004 DE 102004043948

(74) Vertreter: **Scherzberg, Andreas Hans**
Patente, Marken & Lizenzen
c/o Chemetall GmbH
Trakehner Strasse 3
60487 Frankfurt am Main (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.08.2006 Patentblatt 2006/31

(73) Patentinhaber: **Dynaenergetics GmbH & Co. KG**
53840 Troisdorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-00/49271 CA-A- 2 271 620
US-A- 2 765 739

(72) Erfinder:
• **ROSPEK, Rolf**
31234 Edemissen (DE)

EP 1 685 308 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Perforationskanone nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 3.

[0002] Perforationskanonen werden in Tiefbohrlochsprengungen in der Erdöl- und Erdgasindustrie zur Anbindung der Bohrung an den Speicherhorizont eingesetzt.

[0003] Eine Perforationskanone besteht aus einem äußeren Kanonenrohr in dessen Innerem Perforatoren - üblicherweise Hohl- oder Gehossladungen - angeordnet sind, die bei Zündung radial nach außen durch das Kanonenrohr schießen. Im Kanonenrohr verbleiben nach dem Schuß Durchschusslöcher.

[0004] Zur Zündung der Perforatoren führt eine Sprengschnur durch das Kanonenrohr, welche bei Zündung die Perforatoren zur Zündung veranlasst.

[0005] Problematisch bei diesem Verfahren sind Rest- und Bruchstücke der Perforatoren und der Bauteile im Inneren des Kanonenrohrs, die nach dem Schuss durch die Durchschusslöcher in die Bohrung fallen können. Um diesen "debris" (Bruchstücke der Perforatoren) zu vermeiden wird in der WO 00/49 271 vorgeschlagen, zum selbstständigen Verschließen der Durchschusslöcher ein außerhalb des Kanonenrohrs auf der Außenwand des Kanonenrohrs aufliegendes verschiebbares Schieberohr nach dem Schuss durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den Durchmesser des Durchschusslochs zu verschieben. Dieses System hat in Horizontalbohrungen Nachteile, da hier das Schieberohr auf der "Casing Innenwandung" aufliegt und dadurch ein Verschieben des Schieberohrs erschwert ist. Mit Casing ist das in die Bohrung eingebrachte äußerste Rohr gemeint, in das die Perforationskanone eingelassen wird.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Perforationskanone nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so zu verbessern, dass mit einfachen und sicheren Mitteln ein Austreten von Bruchstücken aus dem Kanonenrohr in die Bohrung vermieden wird.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe in einer ersten Ausführungsform dadurch gelöst, dass die Mittel zum selbsttätigen Verschließen Kartuschen mit einem quellfähigen 2-Komponenten-Schaum umfassen und diese Kartuschen im Kanonenrohr angeordnet sind und durch die gezündete Sprengschnur aufbrechbar sind, wodurch Schaum aus den Kartuschen austritt, aufquillt und die Durchschusslöcher verstopft.

[0008] In bevorzugter Ausführungsform ist jeweils einem Perforator eine Kartusche benachbart angeordnet.

[0009] Bei Perforationskanonen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3, d. h. Perforationskanonen mit einem äußeren Kanonenrohr, in dessen Inneren Perforatoren angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr führende Sprengschnur zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr an Durchschusslöchern durchschlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschusslöcher vorgesehen sind und diese Mittel ein Schieberohr umfassen, welches nach dem Durchschuss

durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den Durchmesser des Durchschussloches verschiebbar ist, wird vorgeschlagen, dass das Schieberohr coaxial zwischen den Perforatoren und dem Kanonenrohr angeordnet ist. Hierdurch wird mit einfachen und sicheren Mitteln ein Austreten von Bruchstücken aus dem Kanonenrohr in die Bohrung vermieden. Bei Horizontalbohrungen, bei denen die Außenwand auf der Casing Innenwandung aufliegt, ist ein Verschieben des Schieberohrs sicher möglich.

[0010] In bevorzugter Ausführungsform ist das Schieberohr in seiner Ausgangsposition über ein Sicherungselement fixiert, welches nach Zündung der Sprengschnur aufbricht und die Verschiebung des Schieberohrs freigibt.

[0011] Die Verstellvorrichtung kann eine gespannte Feder oder ein durch die Sprengschnur zündbares pyrotechnisches Element sein.

[0012] In bevorzugter Ausführungsform ist das Schieberohr auf der Seite, in die es sich verschieben soll, verschlossen und ist auf der anderen Seite offen, wodurch das Schieberohr wie ein Kolben ausgebildet ist, der durch den sich durch die Zündung der Perforatoren aufbauenden Druck verschiebbar ist.

[0013] Zur Fixierung des Schieberohrs nach dem Verschieben wird vorgeschlagen, dass das Schieberohr eine Wandstärke aufweist, die eine radiale Ausdehnung durch den im Kanonenrohr aufgebauten Druck nach der Zündung der Perforatoren zulässt.

[0014] Vorteilhafterweise ist zwischen dem Schieberohr und dem Kanonenrohr ein Fluid angeordnet. Mit diesem Fluid kann der Zeitpunkt der radialen Ausdehnung des Schieberohrs gesteuert werden.

[0015] Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung an Hand von vier Figuren näher erläutert.

[0016] Figur 1 zeigt ein Kanonenrohr 1 einer Perforationskanone zur Verwendung in der Erdöl- und Erdgasindustrie zur Anbindung einer Bohrung an den Speicherhorizont. Das Kanonenrohr 1 ist an seinen beiden Enden durch jeweils einen Verbinder oder Abschluß 18 verschlossen. Im Inneren des Kanonenrohrs 1 ist ein Schieberohr 4 und darin ein Ladungsträger 9 angeordnet, an dem Perforatoren 10 befestigt sind. In den gezeigten Figuren sind diese Perforatoren 10 Hohlladungen. Zur Zündung dieser Perforatoren 10 ist eine Sprengschnur 11 an die jeweiligen Anzündpunkte der Perforatoren 10 geführt. Die Sprengschnur 11 ist durch die Verbinder oder Abschlüsse 18 in das Innere der Perforationskanone geführt.

[0017] Das Innenrohr bzw. das Schieberohr 4 ist an einem Ende z. B. durch eine Kappe 5 verschlossen. Angrenzend an die Kappe 5 befindet sich ein Sicherungselement 7, hier ein Scherstift, der das Schieberohr 4 vor dem Schuß derart befestigt, dass sich das Schieberohr 4 nicht im Kanonenrohr 1 in Längsrichtung verschieben kann.

[0018] Im Kanonenrohr 1, gegenüber den Perforatoren 10, können Sollbruchstellen 3 eingebracht sein, so

dass nach der Zündung der Perforatoren 10 der sich bildende Hohlladungsstrahl 12 (siehe Figur 2) ungehindert das Kanonenrohr 1 durchschlagen kann.

[0019] Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone unmittelbar nach der Zündung. Die Sprengschnur 11 hat die Perforatoren 10 gezündet. Der sich ausbildende Hohlladungsstrahl bzw. Hohlladungsjet 12 hat das Schieberohr 4 und das Kanonenrohr 1 durchschlagen. Die Metallgehäuse der Perforatoren 10 zerlegen sich dabei und bilden Splitter- und Bruchstücke, die einen Teil des "debris" bilden.

[0020] Figur 3 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone unmittelbar nach dem Schuß. Der Hohlladungsstrahl 12 hat das Schieberohr 4 am Durchschußloch 14 und das Kanonenrohr 1 am Durchschußloch 13 durchschlagen. Im Inneren des Schieberohrs 4 hat sich ein Druck aufgebaut. Dieser Druck beaufschlagt das Schieberohr 4 in die Richtung des Sicherungselements 7, da das Schieberohr 4 an der Seite des Sicherungselements 5 durch eine Kappe 5 verschlossen ist und an der entgegengesetzten Seite offen ist. Im Inneren hat sich "debris" 17 gebildet.

[0021] Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone nach dem Schuß. Durch den Druck im Schieberohr 4 ist das Sicherungselement 7 abgesichert worden, wodurch das Schieberohr 4 sich bis an den naheliegenden Verbinder oder Abschluß 18 verschoben hat. Dadurch können die verbleibenden Kleinteile bzw. der debris 17 nicht das Kanonenrohr 1 verlassen. Nicht gezeigt ist, dass sich das Innenrohr 4 nach dem Schuß aufgebläht und damit mit dem Kanonenrohr 1 verkeilt hat.

[0022] Die Erfindung besteht also aus einem Mechanismus, der nach dem Schuss die Perforationslöcher bzw. Durchschußlöcher 13 in der Kanonenwandung 2 verschließt und somit ein Austreten des "debris" 17 verhindert. Als Verschlussmechanismus können Schaumkartuschen oder wie beschrieben, ein Schieber- oder Rotationsmechanismus dienen. Im Falle der Schaumkartuschen werden einige Perforatoren 10 durch Kartuschen mit 2-Komponenten Schaum ersetzt. Durch die Sprengschnur 11, die die Perforatoren bzw. Ladungen 10 zündet, wird die Kartusche zur Umsetzung gebracht, der Schaum quillt auf und verstopft die Durchschußlöcher 13.

[0023] Beim Einsatz eines Schieber- oder Rotationsmechanismus wird in die Kanone ein zweites Rohr, ein Schieberohr 4 eingesetzt, welches nach dem Durchschuss um mindestens den Durchmesser des Durchschußlochs 13 verschoben wird (entweder longitudinal; Schiebermechanismus oder transversal, Rotationsmechanismus). In Figur 1 ist der Verschiebeweg durch ein X (siehe Bezugszeichen 8) gekennzeichnet. Zur Bewegung des Innenrohrs bzw. zweiten Rohrs oder Schieberohrs 4 nach dem Schuss kann eine vorgespannte Feder dienen. Das Schieberohr 4 wird in der Ausgangsposition über ein Sicherungselement 7 fixiert, das z. B. durch die Sprengschnur 11 zerstört wird. Als Sicherungselement 7 können z. B. Bolzen, Sprengringe oder Schrauben die-

nen. Die Zerstörung kann z. B. auch über ein pyrotechnisches Element - eventuell auch mit Verzögerungssatz - erfolgen. Zur Bewegung des Schiebermechanismus bzw. des Schieberohrs 5 kann auch der Innendruck in der Kanone nach dem Schuss verursacht durch die Reaktionsprodukte der Explosivstoffe in den Perforatoren 10 dienen. Wird das Schieberohr 4 auf der Seite, in die es sich bewegen soll verschlossen und auf der anderen Seite geöffnet gehalten, kann sich dieses Schieberohr 4 wie ein Kolben bewegen. Der Innendruck kann sich nur durch die Perforationslöcher 14 und die Durchführungen 6 für die Sprengschnur 11 entlasten. Die Zeit bis zum vollständigen Druckabbau ist ausreichend um das Schieberohr 4 zu verschieben und somit die Durchschußlöcher 13, 14 zu verschließen. Gleichzeitig bewirkt der Gasdruck ein Aufblähen des Schieberohrs 4 (bekannt auch für herkömmliche Perforationskanonen unter dem Begriff "Gun Swell"). Das sich ausdehnende Schieberohr 4 kann sich mit der Innenwandung des Außenrohrs bzw. Kanonenrohrs 1 verkeilen und kann somit nicht zurückrutschen. Der Zeitpunkt dieser Ausdehnung kann z. B. über ein Fluid zwischen Innen- und Außenwandung kontrolliert werden. Hierzu kann z. B. Fett oder Silikonöl verwendet werden.

Patentansprüche

1. Perforationskanone mit einem äußeren Kanonenrohr (1), in dessen Innerem Perforatoren (10) angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr (1) führende Sprengschnur (11) zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr (1) an Durchschußlöchern (13) durchschlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschußlöcher (13) vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum selbsttätigen Verschließen Kartuschen mit einem quellfähigen 2-Komponenten-Schaum umfassen und diese Kartuschen im Kanonenrohr (1) angeordnet sind und durch die gezündete Sprengschnur (11) aufbrechbar sind, wodurch Schaum aus den Kartuschen austritt, aufquillt und die Durchschußlöcher (13) verstopft.
2. Perforationskanone nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils einem Perforator (10) eine Kartusche benachbart angeordnet ist.
3. Perforationskanone mit einem äußeren Kanonenrohr (1), in dessen Innerem Perforatoren (10) angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr (1) führende Sprengschnur (11) zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr (1) an Durchschußlöchern (13) durchschlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschußlöcher (13) vorgesehen sind und diese Mittel ein Schieberohr (4) umfassen, welches nach dem Durchschuss durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den

Durchmesser des Durchschussloches (13) verschiebbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schieberohr (4) koaxial zwischen den Perforatoren (10) und dem Kanonenrohr (1) angeordnet ist.

4. Perforationskanone nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schieberohr (4) in seiner Ausgangsposition über ein Sicherungselement (7) fixiert ist, welches nach Zündung der Sprengschnur (11) aufbricht und die Verschiebung des Schieberohrs (4) freigibt.
5. Perforationskanone nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellvorrichtung eine gespannte Feder ist.
6. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellvorrichtung ein durch die Sprengschnur (11) zündbares pyrotechnisches Element ist.
7. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schieberohr (4) auf der Seite, in die es sich verschieben soll, verschlossen ist und auf der anderen Seite offen ist und **dadurch** wie ein Kolben durch den sich durch die Zündung der Perforatoren (10) aufbauenden Druck verschiebbar ist.
8. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schieberohr (4) eine Wandstärke aufweist, die eine radiale Ausdehnung und damit Fixierung im Kanonenrohr (1) nach dem Verschieben des Schieberohrs (4) durch den im Kanonenrohr (1) aufgebauten Druck nach der Zündung der Perforatoren (10) zulässt.
9. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Schieberohr (4) und dem Kanonenrohr (1) ein Fluid angeordnet ist.

Claims

1. A perforation gun having an outer gun barrel (1), arranged in the interior of which there are perforators (10) that can be ignited by way of a fuse (11) leading through the gun barrel (1) and after ignition pierce the gun barrel (1) at penetration holes (13), wherein means are provided for the automatic closure of the penetration holes (13), **characterised in that** the means for the automatic closure comprise cartridges with a swellable two-component foam and these cartridges are arranged in the gun barrel (1) and can be broken up by means of the ignited fuse (11), as a result of which foam emerges out of the cartridges, swells up and blocks the penetration holes (13).

2. A perforation gun according to claim 1, **characterised in that** a cartridge is arranged next to each perforator (10).

3. A perforation gun having an outer gun barrel (1), arranged in the interior of which there are perforators (10) that can be ignited by way of a fuse (11) leading through the gun barrel (1) and after ignition pierce the gun barrel (1) at penetration holes (13), wherein means are provided for automatically closing the penetration holes (13), and these means comprise a sliding tube (4) which can be displaced by means of an adjusting arrangement by at least the diameter of the penetration hole (13) after the penetration, **characterised in that** the sliding tube (4) is arranged coaxially between the perforators (10) and the gun barrel (1).

4. A perforation gun according to claim 3, **characterised in that** the sliding tube (4) is fixed in its starting position by way of a securing element (7) that breaks up after ignition of the fuse (11) and enables the displacement of the sliding tube (4).

5. A perforation gun according to claim 3 or 4, **characterised in that** the adjusting arrangement is a tensioned spring.

6. A perforation gun according to one of claims 3 to 5, **characterised in that** the adjusting arrangement is a pyrotechnic element that can be ignited by means of the fuse (11).

7. A perforation gun according to one of claims 3 to 6, **characterised in that** the sliding tube (4) is closed on the side to which it is to be displaced and is open on the other side and as a result can be displaced like a plunger by means of the pressure building up as a result of the ignition of the perforators (10).

8. A perforation gun according to one of claims 3 to 7, **characterised in that** the sliding tube (4) has a wall thickness that permits radial expansion and thus fixation in the gun barrel (1) after the sliding tube (4) has been displaced as a result of the pressure that has built up in the gun barrel (1) after the ignition of the perforators (10).

9. A perforation gun according to one of claims 3 to 8, **characterised in that** a fluid is arranged between the sliding tube (4) and the gun barrel (1).

Revendications

1. Canon de perforation comportant un tube de canon extérieur (1) à l'intérieur duquel sont disposés des perforateurs (10) qui peuvent être mis à feu au

- moyen d'un cordon détonateur (11) passant à l'intérieur du tube de canon (1) et après mise à feu traversent le tube de canon (1) au niveau de trous de tir (13), des moyens pour obturer automatiquement les trous de tir (13) étant prévus, **caractérisé par le fait que** les moyens pour obturer automatiquement les trous de tir (13) comprennent des cartouches avec une mousse à deux composants susceptible de gonfler, que lesdites cartouches sont disposées dans le tube de canon (1) et peuvent être ouvertes par le cordon détonateur (11) mis à feu, la mousse s'échappant alors des cartouches, gonflant et obstruant les trous de tir (13). 5
2. Canon de perforation selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** chaque fois une cartouche est disposée dans le voisinage d'un perforateur (10). 15
3. Canon de perforation comportant un tube de canon extérieur (1) à l'intérieur duquel sont disposés des perforateurs (10) qui peuvent être mis à feu au moyen d'un cordon détonateur (11) passant à l'intérieur du tube de canon (1) et après mise à feu traversent le tube de canon (1) au niveau de trous de tir (13), des moyens pour obturer automatiquement les trous de tir (13) étant prévus et lesdits moyens pour obturer automatiquement les trous de tir (13) comprenant un tube coulissant (4) qui après le tir peut être déplacé d'au moins la valeur du diamètre des trous de tir (13), **caractérisé par le fait que** le tube coulissant (4) est disposé coaxialement entre les cartouches (10) et le tube de canon (1). 20 25 30
4. Canon de perforation selon la revendication 3, **caractérisé par le fait que** le tube coulissant (4) dans sa position d'origine est tenu par un élément de sécurité (7) qui après mise feu du cordon détonateur (11) se rompt et autorise le déplacement du tube coulissant (4). 35 40
5. Canon de perforation selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé par le fait que** le dispositif de déplacement est un ressort tendu. 45
6. Canon de perforation selon une des revendications 3 à 5, **caractérisé par le fait que** le dispositif de déplacement est un élément pyrotechnique mis à feu par le cordon détonateur (11) 50
7. Canon de perforation selon une des revendications 3 à 6, **caractérisé par le fait que** le tube coulissant (4) du côté où il doit coulisser est fermé et est ouvert de l'autre côté et de ce fait peut se déplacer à la manière d'un piston sous l'action de la pression engendrée par la mise à feu des perforateurs (10). 55
8. Canon de perforation selon une des revendications 3 à 7, **caractérisé par le fait que** le tube coulissant (4) présente une épaisseur de paroi qui permet une expansion radiale et par suite son blocage dans le tube de canon (1) après le déplacement du tube coulissant (4) sous l'action de la pression qui s'établit dans le tube de canon (1) après la mise à feu des perforateurs (10). 9. Canon de perforation selon une des revendications 3 à 8, **caractérisé par le fait qu'un** fluide est placé entre le tube coulissant (4) et le tube de canon (1).

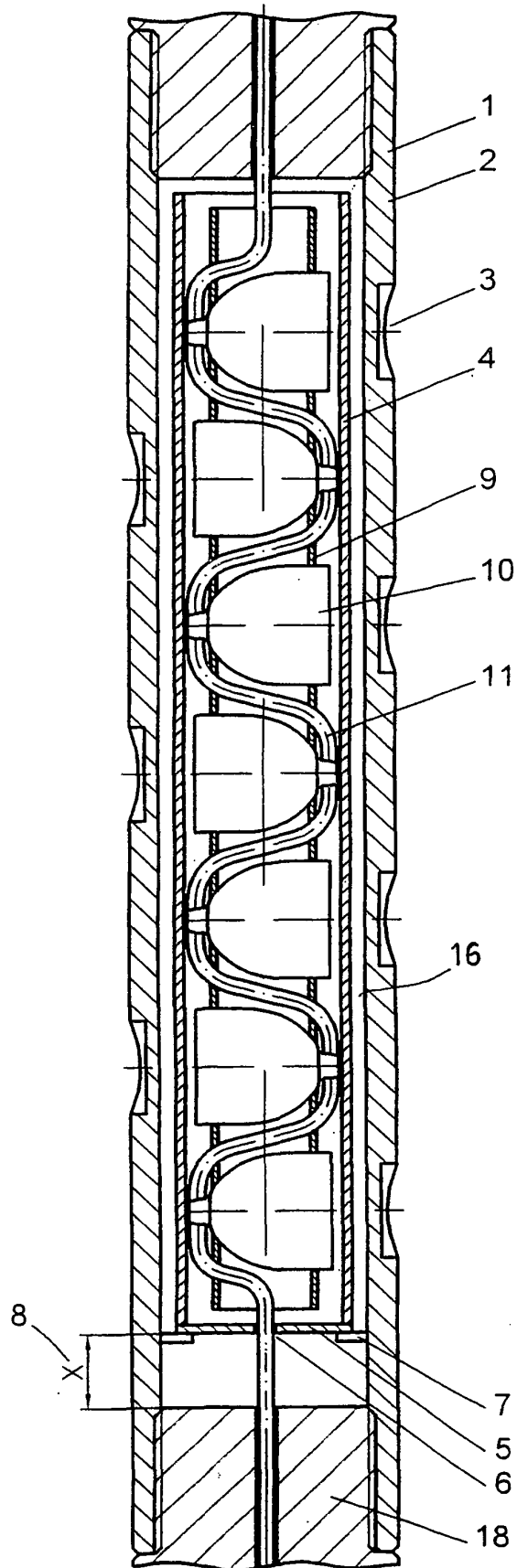


Fig.1

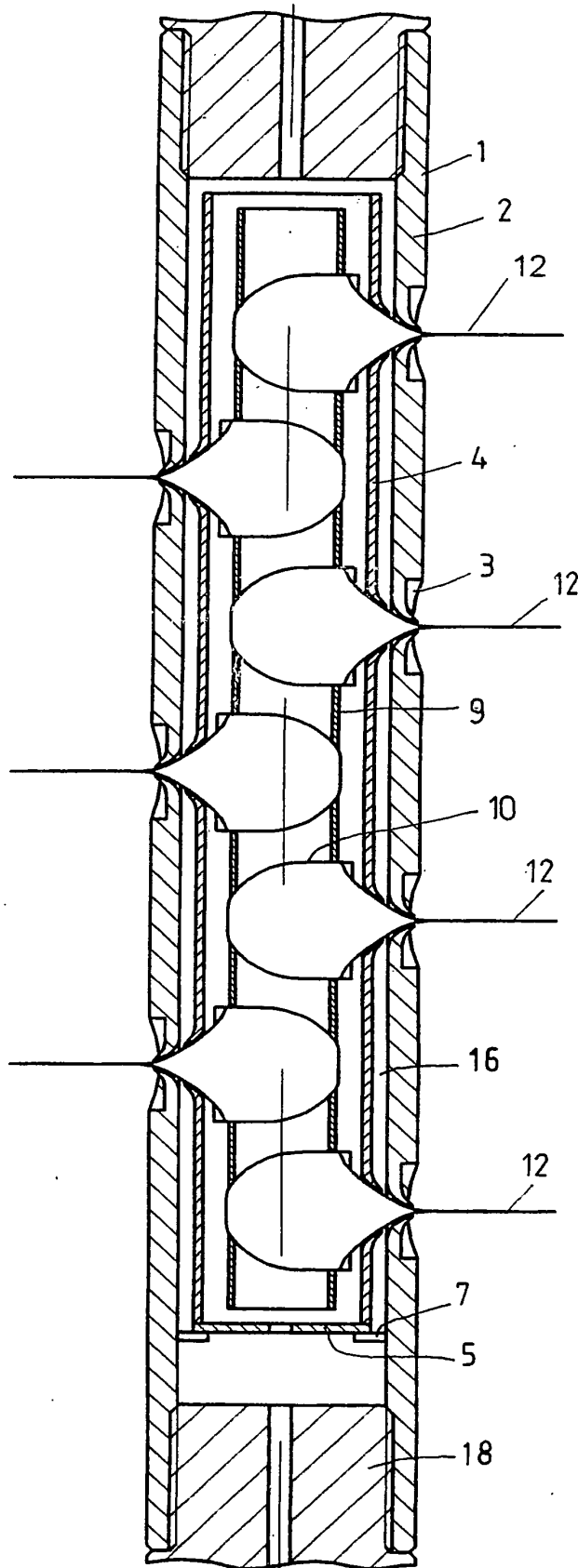


Fig.2

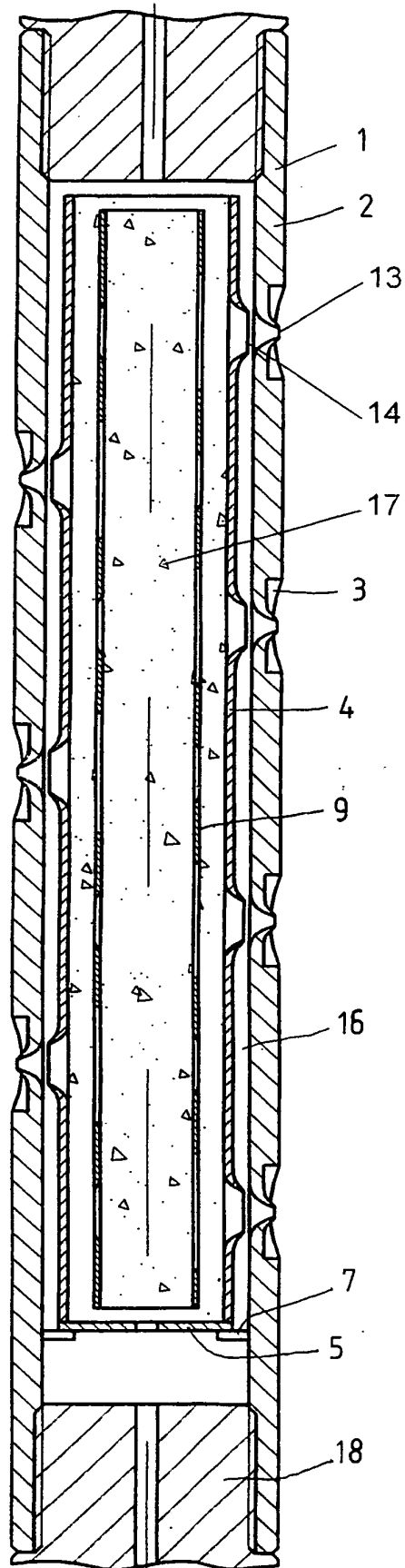


Fig.3

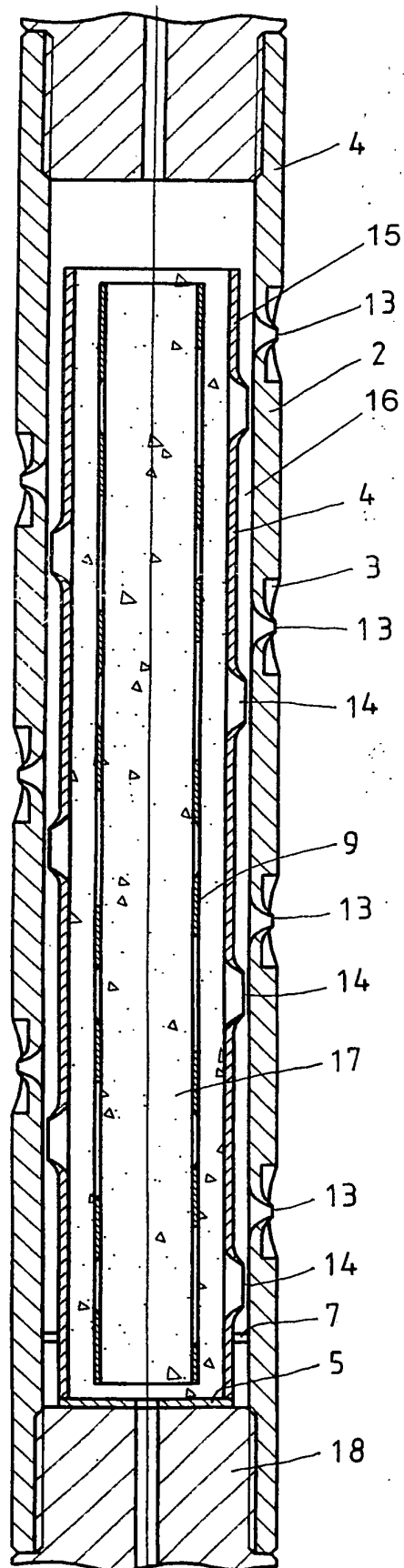


Fig.4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 0049271 A [0005]