



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 009 499 A1** 2009.08.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 009 499.4**

(22) Anmeldetag: **15.02.2008**

(43) Offenlegungstag: **20.08.2009**

(51) Int Cl.⁸: **E21B 43/26** (2006.01)

(71) Anmelder:
Jung, Reinhard, Dr., 30916 Isernhagen, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

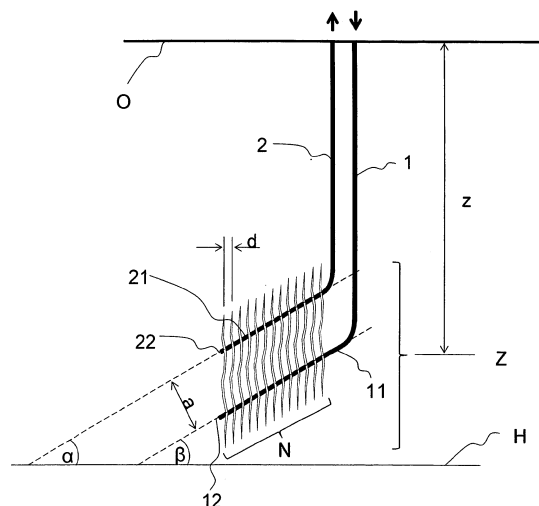
(74) Vertreter:
**Hansen, J., Dipl.-Geophys., Pat.-Anw., 21680
 Stade**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Geothermisches Zirkulationssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausbildung eines geothermischen Zirkulationssystems in einem Zieluntergrundbereich, bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung und wenigstens einer Produktionsbohrung, wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung über ein Rissssystem im Zieluntergrundbereich erzeugt wird und ein Wärmeträgermedium über Injektionsbohrung, Rissssystem und Produktionsbohrung zirkuliert wird, gekennzeichnet durch die Schritte Ablenken der Injektions- und Produktionsbohrung beim Bohren, so dass der Zieluntergrundbereich von den Bohrungen geneigt bis horizontal durchörtert wird; Erzeugen einer Vielzahl von Rissen im Zieluntergrundbereich durch schrittweise hydraulische Separierung kurzer Bohrlochabschnitte und hydraulische Risserzeugung vom jeweiligen separierten Bohrlochabschnitt aus.

Ferner betrifft die Erfindung eine Anordnung für ein geothermisches Zirkulationssystem in einem Zieluntergrundbereich, bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung und wenigstens einer Produktionsbohrung, wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung über ein Rissssystem im Zieluntergrundbereich besteht, wobei die Injektionsbohrung und die Produktionsbohrung im Zieluntergrundbereich Bohrlochstrecken aufweisen, die abgelenkt in einem Winkel (α , β) von 0° bis 89° zur Horizontalen angeordnet sind, und eine Vielzahl von Rissen zur hydraulischen Verbindung zwischen ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausbildung eines geothermischen Zirkulationssystems in gering permeablen Gesteinen des tiefen Untergrundes, dem Zieluntergrundbereich, bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung und wenigstens einer Produktionsbohrung, wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung über ein hydraulisch erzeugtes Rissssystem im Zieluntergrundbereich geschaffen und ein Wärmeträgermedium über Injektionsbohrung, Rissssystem und Produktionsbohrung zirkuliert wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Anordnung für ein geothermisches Zirkulationssystem in gering permeablen Gesteinen, dem Zieluntergrundbereich, bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung und wenigstens einer Produktionsbohrung, wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung über ein Rissssystem im Zieluntergrundbereich besteht.

[0002] Die gering permeablen Gesteine des tiefen Untergrundes sind die mit Abstand größte geothermische Ressource, die auch in Ländern wie Deutschland, die arm an konventionell nutzbaren geothermischen Lagerstätten sind, einen substantiellen Beitrag zur Wärme- und Stromversorgung liefern könnte. In internationalen Forschungsprojekten wird seit rund 35 Jahren an Verfahren zu ihrer Erschließung gearbeitet. Beispielsweise wurden in den sog. „Hot Dry Rock“-Forschungsvorhaben Zirkulationssysteme im heißen und trockenen Granit in Tiefen von 2.000 bis 5.000 m erstellt. Dabei wurden in der Tiefe über mehrere hundert Meter lange unverrohrte Bohrlochstrecken Wasser mit sehr hohen Fließraten und -drücken ins Gestein injiziert, um ein Rissssystem zu induzieren. Mit diesem Verfahren konnten bisher nur unzureichende Fließraten und eine entsprechend niedrige thermische Leistung des Zirkulationssystems erreicht werden. Zudem muss befürchtet werden, dass keine ausreichend großen Wärmeaustauschflächen erzeugt werden. Das erzeugte Rissssystem dürfte sich im Wesentlichen auf einen Haupttriss beschränken. Den hohen Potenzialen für die geothermische Stromerzeugung in Deutschland stehen somit erhebliche Schwierigkeiten in der Erstellung eines wirtschaftlich nutzbaren Zirkulationssystems gegenüber.

[0003] Ausgehend von den bisher erprobten „Hot Dry Rock“-Konzepten ist es daher Aufgabe der Erfindung ein geothermisches Zirkulationssystem anzugeben, das in ingenieurmäßig planbarer Weise wirtschaftlich realisiert werden kann.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren zur Ausbildung eines geothermischen Zirkulationssystems gemäß Anspruch 1. Ferner wird die Aufgabe vorrichtungsgemäß mit einer Anordnung gemäß Anspruch 8 gelöst.

[0005] Der Ausbildung des Zirkulationssystems mit einer Vielzahl von Rissen liegt die Überlegung zugrunde, dass im Untergrund im Allgemeinen hohe mechanische Vertikalspannungen und geringere Horizontalspannungen vorherrschen. Ferner besteht in den Horizontalspannungen meist eine ausgeprägte Richtungsanisotropie, womit hydraulisch induzierte Risse bevorzugt vertikal und aufgrund der Anisotropie der horizontalen Spannungen im Wesentlichen in Richtung der maximalen Horizontalspannung ausgerichtet sind. Werden nun die Injektions- und Produktionsbohrung beim Bohren bevorzugt in Richtung der minimalen Horizontalspannung umgelenkt, können vertikale und senkrecht zur Umlenkungsrichtung der Bohrung orientierte Risse ausgehend von der jeweiligen Bohrung erzeugt werden. Diese Risse verschneiden mit der jeweiligen Bohrung je nach Neigung der abgelenkten Bohrlochstrecke über einen relativ kurzen Bohrlochabschnitt. Entsprechend können bei einer längeren abgelenkten Bohrlochstrecke eine Vielzahl von zueinander im Wesentlichen parallel angeordneten und vertikal orientierten Rissen erzeugt werden. Zur Risserzeugung wird bevorzugt ein an einem Rohrgestänge geführter Doppelpacker verwendet, der die hydraulische Separierung eines kurzen Bohrlochabschnittes erlaubt und über den Wasser gezielt in den separierten Bohrlochabschnitt verpresst werden kann. Durch Versetzen des Doppelpackers können somit nacheinander die in Abstand und Anzahl gewünschten Risse erzeugt werden. Somit ist ein Multirissystem in ingenieurmäßig planbarer Weise im Zieluntergrundbereich realisierbar.

[0006] Dadurch, dass vor der hydraulischen Risserzeugung die Injektions- und/oder Produktionsbohrung(en) verrohrt und zementiert werden sowie eine Perforation der Verrohrung an zu jeder hydraulischen Risserzeugung zugeordneten Bohrlochabschnitten erfolgt, wird eine Bohrlochstrecke mit glatter und gleichmäßiger Wandung bereitgestellt, die mit einer Doppelpackeranordnung sicher hydraulisch zu separieren ist. Durch das gezielte Vornehmen von Perforationen durch die Verrohrung und Zementierung werden in genau vorgegebenen Abständen die hydraulischen Verbindungen zum Zieluntergrundbereich erzeugt. Verrohrung bedeutet dabei ein Rohrausbau der Bohrung über die gesamte Bohrung oder über Teilabschnitte der Bohrung, die auch Liner genannt werden.

[0007] Wenn eine Erstbohrung der Bohrungen, insbesondere die Injektionsbohrung, zuerst gebohrt wird und die hydraulische Risserzeugung aus dieser Erstbohrung erfolgt, können aus der Erstbohrung bereits geologische und geophysikalische Tests zur Untergrunderkundung durchgeführt werden, um dann bei Eignung die gewünschten Risse in der im Zieluntergrundbereich befindlichen Bohrlochstrecke auszuführen.

[0008] Wenn nach der Erzeugung der Vielzahl von Rissen diese von einer Zweitbohrung der Bohrungen, insbesondere der Produktionsbohrung, durchörtert wird, kann beim Bohren der Zweitbohrung die tatsächliche Ausbildung der hydraulisch erzeugten Risse, die beispielsweise zuvor durch geophysikalische Messmethoden ermittelt werden, bei der Ausbildung und Ausrichtung der Zweitbohrung berücksichtigt werden. Beim Durchörtern der Zweitbohrung durch die Risse wird meist eine ausreichende hydraulische Verbindung geschaffen, so dass das aus Injektionsbohrung, Rissystem und Produktionsbohrung bestehende geothermische Zirkulationssystem funktionsfähig ist. Über die Injektionsbohrung kann nun das Wärmeträgermedium, meist Wasser, eingepresst und über die Produktionsbohrung entnommen werden. Dabei wird das Wärmeträgermedium mit Fließraten von 10–200 l/s, insbesondere 30–100 l/s zirkuliert. Bei Zirkulationsraten von 100 l/s kann bei einer Gesteinstemperatur von 160°C ein geothermisches Kraftwerk mit einer Leistung von ca. 4 MW_e betrieben werden. Zudem eignen sich derartige geothermische Zirkulationssysteme auch und ergänzend für die Wärmeerzeugung, beispielsweise für die Wohnraumbeheizung über Fernwärmesysteme.

[0009] Ergänzend oder als alternative Ausführungsform wird auch die Zweitbohrung verrohrt und zementiert, wonach die Verrohrung an zugeordneten Bohrlochabschnitten perforiert wird und dort eine selektive hydraulische Risserzeugung aus dieser Zweitbohrung erfolgt. Bei dieser Ausgestaltung werden somit auch hydraulische Risse ausgehend von der Zweitbohrung erzeugt, die sich mit den aus der Erstbohrung erzeugten Rissen ausreichend hydraulisch verschneiden, so dass die erforderliche hydraulische Verbindung zur Zirkulation erreicht wird.

[0010] Dadurch, dass die Bohrlochstrecken der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung im Zieluntergrundbereich im Wesentlichen parallel zueinander ausgebildet sind, ist die im Zieluntergrund entlang des jeweiligen Risses zu überbrückende Fließstrecke im Wesentlichen vergleichbar. Zum Ausgleich der erheblichen Strömungswiderstände im Bohrloch können die geneigten oder horizontalen Bohrlochstrecken sich auch zur Bohrlochsohle hin leicht annähernd angeordnet werden. Damit wird erreicht, dass trotz des in der Bohrlochstrecke entstehenden hydrodynamischen Druckgefälles die Gesamtließrate gleichmäßiger auf die Einzelrisse verteilt wird und zudem in den weiter von der Bohrlochsohle entfernten Risse eine größere Wärmeaustauschfläche zur Verfügung steht. Der Neigungswinkel der Bohrlochstrecken zur Horizontalen beträgt bevorzugt 0° bis 60°, insbesondere 0° bis 45°, um eine möglichst kurze Verschneidung jedes vertikalen Einzelrisses mit der Bohrlochstrecke zu erreichen. Entsprechend kann bei gleicher Länge der abgelenkten Bohrlochstrecke eine größere Anzahl von Rissen mit einem gegeb-

nen Abstand zueinander erzeugt werden, je weiter die Bohrlochstrecke zur Horizontalen umgelenkt ist. Bei einem Zieluntergrundbereich, der aus einer geologischen Schicht mit relativ geringer Mächtigkeit, beispielsweise nur wenige 100 m, besteht, ist ein geringer Neigungswinkel zur Horizontalen von 0° bis maximal 15° bevorzugt.

[0011] Da jeder Riss in kristallinen oder kristallin-ähnlichen Gesteinen in der Regel nur Fließraten von 1 bis 10 l/s bei akzeptablen Druckdifferenzen zulässt, sollten für eine gewünschte Gesamtließrate von bevorzugt 100 l/s mindestens 10 Risse, bevorzugt 20 bis 50 Risse vorgesehen werden.

[0012] Um eine Gesamtnutzungsdauer von wenigstens 20 Jahren für die geothermische Ausbeutung der Lagerstätte sicherzustellen und somit ein ausreichend großes Untergrundsvolumen abkühlen zu können, haben die horizontalen oder geneigten Bohrlochstrecken der Injektions- und Produktionsbohrung(en) eine Länge von 300 m bis 2.000 m, insbesondere 500 m bis 1.200 m und der Abstand der beiden Bohrlochstrecken zueinander beträgt etwa 200 m bis 1.000 m, insbesondere ca. 500 m.

[0013] Nachfolgend werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Figuren dargestellt.

[0014] Darin zeigt:

[0015] [Fig. 1](#) in einer schematischen Querschnittsdarstellung ein geothermisches Zirkulationssystem in einer ersten Ausführungsform,

[0016] [Fig. 2](#) in einer schematischen Querschnittsdarstellung ein geothermisches Zirkulationssystem in einer zweiten Ausführungsform,

[0017] [Fig. 3](#) die in [Fig. 2](#) dargestellte Ausführungsform eines Zirkulationssystems in einer Querschnittsskizze in einer Ansicht senkrecht zur Zeichenebene in [Fig. 2](#),

[0018] [Fig. 4](#) eine Detailansicht einer Bohrlochstrecke mit Doppelpacker,

[0019] [Fig. 5](#) die in [Fig. 4](#) gezeigte Situation während oder nach Erzeugung eines Risses,

[0020] [Fig. 6](#) die in [Fig. 5](#) dargestellte Situation mit einem weiteren Riss und

[0021] [Fig. 7](#) eine weitere Ausführungsform des geothermischen Zirkulationssystems.

[0022] In [Fig. 1](#) ist ein geothermisches Zirkulationssystem in einer ersten Ausführungsform dargestellt. Das Zirkulationssystem weist eine Injektionsbohrung

1 und eine Produktionsbohrung 2 auf. Die Injektionsbohrung 1 führt von der Erdoberfläche O bis zu einem Zieluntergrundbereich Z, der beispielsweise in einer mittleren Tiefe z von 4.000 bis 5.000 m liegt. Im Zieluntergrundbereich Z ist die Injektionsbohrung 1 abgelenkt und führt in einem Winkel β von beispielsweise 30° zur Horizontalen H entlang einer ersten Bohrlochstrecke 11 bis zur ersten Bohrlochsohle 12 der Injektionsbohrung 1.

[0023] Zumindest die erste Bohrlochstrecke 11 der Injektionsbohrung 1 weist eine Verrohrung 13 auf, die mit einer Zementierung 14 versehen ist, wie in der Detailansicht in Fig. 4 ersichtlich ist. Die Verrohrung 13 weist entlang der ersten Bohrlochstrecke 11 Perforationen 15 in den gewünschten Rissabständen d auf.

[0024] In Fig. 4 ist in der ersten Bohrlochstrecke 11 ein Doppelpacker 3 dargestellt, der aus einem ersten Packer 31 und einem zu diesem beabstandeten zweiten Packer 32 besteht. Der Doppelpacker 3 wird an einem Rohrgestänge 33 von der Erdoberfläche O durch die Injektionsbohrung 1 bis zur gewünschten Position abgetäuft, dort wird der entsprechende Bohrlochabschnitt durch Aufweiten der beiden Packer 31, 32 hydraulisch separiert. Über das Rohrgestänge 33 wird Wasser unter hohem Druck und ausreichender Fließrate zur Erzeugung eines Risses in den separierten Bohrlochabschnitt und von diesem durch die Perforation 15 in den Zieluntergrundbereich Z injiziert. Entsprechend bildet sich ein im Wesentlichen vertikaler Riss, dessen Fläche im Wesentlichen orthogonal zur minimalen Horizontalspannung im Zieluntergrundbereich Z ausgerichtet ist. In Fig. 5 ist schematisch ein entsprechender Riss 4 dargestellt. Nach dem Erzeugen des Risses werden die hydraulischen Eigenschaften des Risses durch den Druckabfall bzw. durch Beobachtung der Rücklauffließrate beim Entspannen ermittelt. Nach Druckausgleich und Entspannen der beiden Packer 31, 32 wird der Doppelpacker 3 mit dem Rohrgestänge 33 zur benachbarten Risslokation an der nächsten Perforation 15 in der Verrohrung 13 verschoben und erneut gesetzt. Nach hydraulischer Separierung des entsprechenden Bohrlochabschnitts wird erneut durch Einpumpen von Wasser unter hohem Druck und ausreichender Fließrate über das Rohrgestänge 33 ein weiterer Riss 4 erzeugt, wie dies in Fig. 6 abgebildet ist.

[0025] Nach Erzeugung einer Vielzahl von Rissen, im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel beispielhaft $N = 13$, wird die Produktionsbohrung 2 gebohrt. Dabei wird die Produktionsbohrung 2 ebenfalls im Zieluntergrundbereich Z abgelenkt, wobei eine geneigte zweite Bohrlochstrecke 21 entsteht, die die zuvor mit geophysikalischen Messmethoden georteten Risse 4 durchörtert. Im Verschneidungsbereich der Produktionsbohrung 2 mit den Rissen 4 entsteht eine hydraulische Verbindung, so dass das geothermi-

sche Zirkulationssystem funktionsfähig ist. Die zweite Bohrlochstrecke 21 der Produktionsbohrung 2 endet nach der Verschneidung mit dem letzten Riss 4 und bildet dort eine zweite Bohrlochsohle 22. Die zweite Bohrlochstrecke 21 ist bevorzugt parallel mit einem Abstand a von beispielsweise 500 m zur ersten Bohrlochstrecke 11 der Injektionsbohrung 1 angeordnet. Zur Stützung der Bohrlochstrecke 21 kann diese mit einer geschlitzten Verrohrung bzw. Liner versehen werden.

[0026] In Fig. 2 ist eine zweite Ausführungsform des geothermischen Zirkulationssystems im schematischen Querschnitt dargestellt. Funktionsgleiche Bauelemente tragen gleiche Bezugszeichen wie zur Ausführungsform gemäß Fig. 1. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 sind in Fig. 2 von beiden Bohrlochstrecken 11 und 21 Risse 4, 4' induziert worden, die sich im Zieluntergrundbereich Z verschneiden. Diese Situation ist insbesondere in Fig. 3 in einer Drahtmodellansicht in einer zur Zeichenebene von Fig. 2 vertikalen Ebene in Ansicht zur Fig. 2 von links dargestellt. In der Ausführung gemäß Fig. 2 sind die erste Bohrlochstrecke 11 und die zweite Bohrlochstrecke 21 wiederum im Wesentlichen parallel zueinander in einem Abstand a angeordnet. Die Neigungswinkel α , β zur Horizontalen H betragen ebenfalls ca. 30° .

[0027] In einer weiteren Ausführungsform ist in Fig. 7 ein geothermisches Zirkulationssystem dargestellt. Funktionsgleiche Bauelemente tragen gleiche Bezugszeichen wie zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 und Fig. 2. In der Ausführung gemäß Fig. 7 werden die Injektions- und Produktionsbohrung 1, 2 so weit abgelenkt, dass die erste und zweite Bohrlochstrecken 11, 21 horizontal innerhalb des Zieluntergrundbereichs Z verlaufen. Diese Ausführung ist bei Zieluntergrundbereichen Z mit relativ geringer Mächtigkeit zu bevorzugen.

Bezugszeichenliste

1	Injektionsbohrung
11	erste Bohrlochstrecke
12	erste Bohrlochsohle
13	Verrohrung
14	Zementierung
15	Perforation
2	Produktionsbohrung
21	zweite Bohrlochstrecke
22	zweite Bohrlochsohle
3	Doppelpacker
31	erster Packer
32	zweiter Packer
33	Rohrgestänge
4, 4'	Riss
α , β	Winkel
a	Abstand
d	Rissabstand

H	Horizontalebene
N	Rissanzahl
O	Erdoberfläche
z	Tiefe
Z	Zieluntergrundbereich

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung eines geothermischen Zirkulationssystems in einem Zieluntergrundbereich bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung und wenigstens einer Produktionsbohrung, wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung und der Produktionsbohrung über ein Rissystem im Zieluntergrundbereich erzeugt wird und ein Wärmeträgermedium über Injektionsbohrung, Rissystem und Produktionsbohrung zirkuliert wird, gekennzeichnet durch die Schritte:

– Ablenken der Injektions- und Produktionsbohrung beim Bohren, so dass der Zieluntergrundbereich von den Bohrungen geneigt bis horizontal durchörtert wird;

– Erzeugen einer Vielzahl von Rissen im Zieluntergrundbereich durch schrittweise hydraulische Separierung kurzer Bohrlochabschnitte und hydraulische Risserzeugung vom jeweiligen separierten Bohrlochabschnitt aus.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor der hydraulischen Risserzeugung die Injektions- und/oder Produktionsbohrung(en) verrohrt und zementiert wird sowie eine Perforation der Verrohrung an zu jeder hydraulischen Risserzeugung zugeordneten Bohrlochabschnitten erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erstbohrung der Bohrungen, insbesondere die Injektionsbohrung, zuerst gebohrt wird und die hydraulische Risserzeugung aus dieser Erstbohrung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Erzeugung der Vielzahl von Rissen diese von einer Zweitbohrung der Bohrungen, insbesondere der Produktionsbohrung, durchörtert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweitbohrung verrohrt und zementiert wird, wonach die Verrohrung an zugeordneten Bohrlochabschnitten perforiert wird und dort eine selektive hydraulische Risserzeugung aus dieser Zweitbohrung erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Risserzeugung mit einem an einem Rohrgestänge geführten Doppelpacker innerhalb der perforierten Verrohrung durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmeträgermedium mit Fließraten von 10–200 l/s, insbesondere 30–100 l/s zirkuliert wird.

8. Anordnung für ein geothermisches Zirkulationssystem in einem Zieluntergrundbereich (Z) bestehend aus wenigstens einer Injektionsbohrung (1) und wenigstens einer Produktionsbohrung (2), wobei eine hydraulische Verbindung zwischen der Injektionsbohrung (1) und der Produktionsbohrung (2) über ein Rissystem (4, 4') im Zieluntergrundbereich (Z) besteht, dadurch gekennzeichnet,

– dass die Injektionsbohrung (1) und die Produktionsbohrung (2) im Zieluntergrundbereich (Z) Bohrlochstrecken (11, 21) aufweisen, die abgelenkt in einem Winkel (α , β) von 0° bis 80° zur Horizontalen (H) angeordnet sind, und

– dass eine Vielzahl von Rissen (4, 4') zur hydraulischen Verbindung zwischen Injektionsbohrung (1) und Produktionsbohrung (2) vorgesehen sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrlochstrecken (11, 21) der Injektionsbohrung (1) und der Produktionsbohrung (2) im Zieluntergrundbereich (Z) im Wesentlichen parallel zueinander oder in einem spitzen Winkel zueinander, so dass der Abstand (a) zwischen den Bohrungen zur Bohrsohle (13, 23) abnimmt, ausgebildet sind.

10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel (α , β) 0° bis 60°, insbesondere 0° bis 45° beträgt.

11. Anordnung nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 10 Risse (4, 4'), bevorzugt 20 bis 50 Risse vorgesehen sind.

12. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionsbohrung (1) eine Verrohrung (13) und Zementierung (14) aufweist, wobei an den gewünschten Risslokationen Perforationen (15) in der Verrohrung (13) vorgesehen sind.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Produktionsbohrung (2) eine Verrohrung und Zementierung aufweist, wobei an den gewünschten Risslokationen Perforationen in der Verrohrung vorgesehen sind.

14. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die horizontalen oder geneigten Bohrlochstrecken (11, 21) der Injektions- und Produktionsbohrung(en) (1, 2) eine Länge von 300 m bis 2.000 m, insbesondere 500 m bis 1.200 m haben und der Abstand (a) der beiden Bohrlochstrecken (11, 21) zueinander etwa 200 m bis

1.000 m, insbesondere ca. 500 m beträgt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

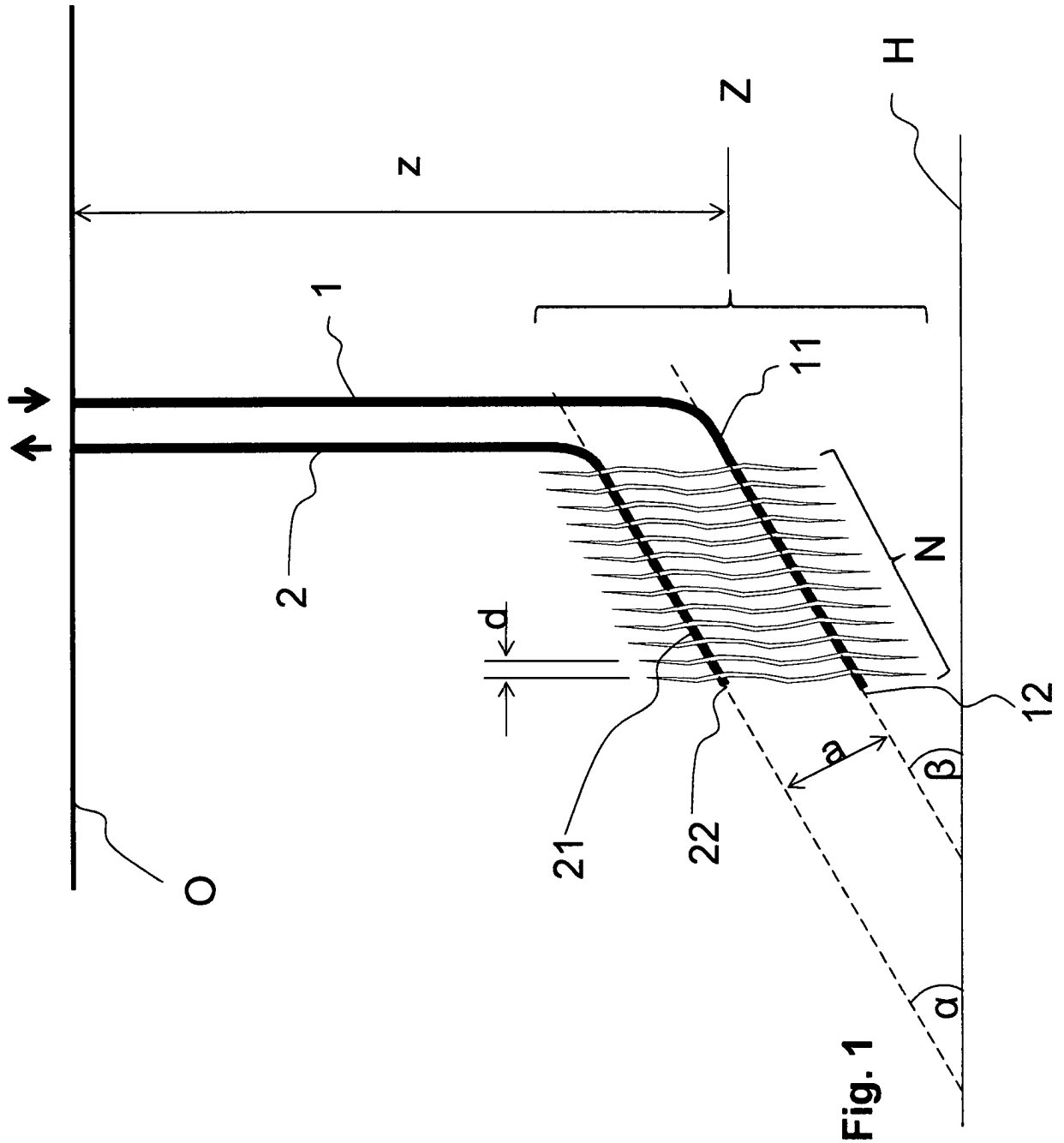


Fig. 1

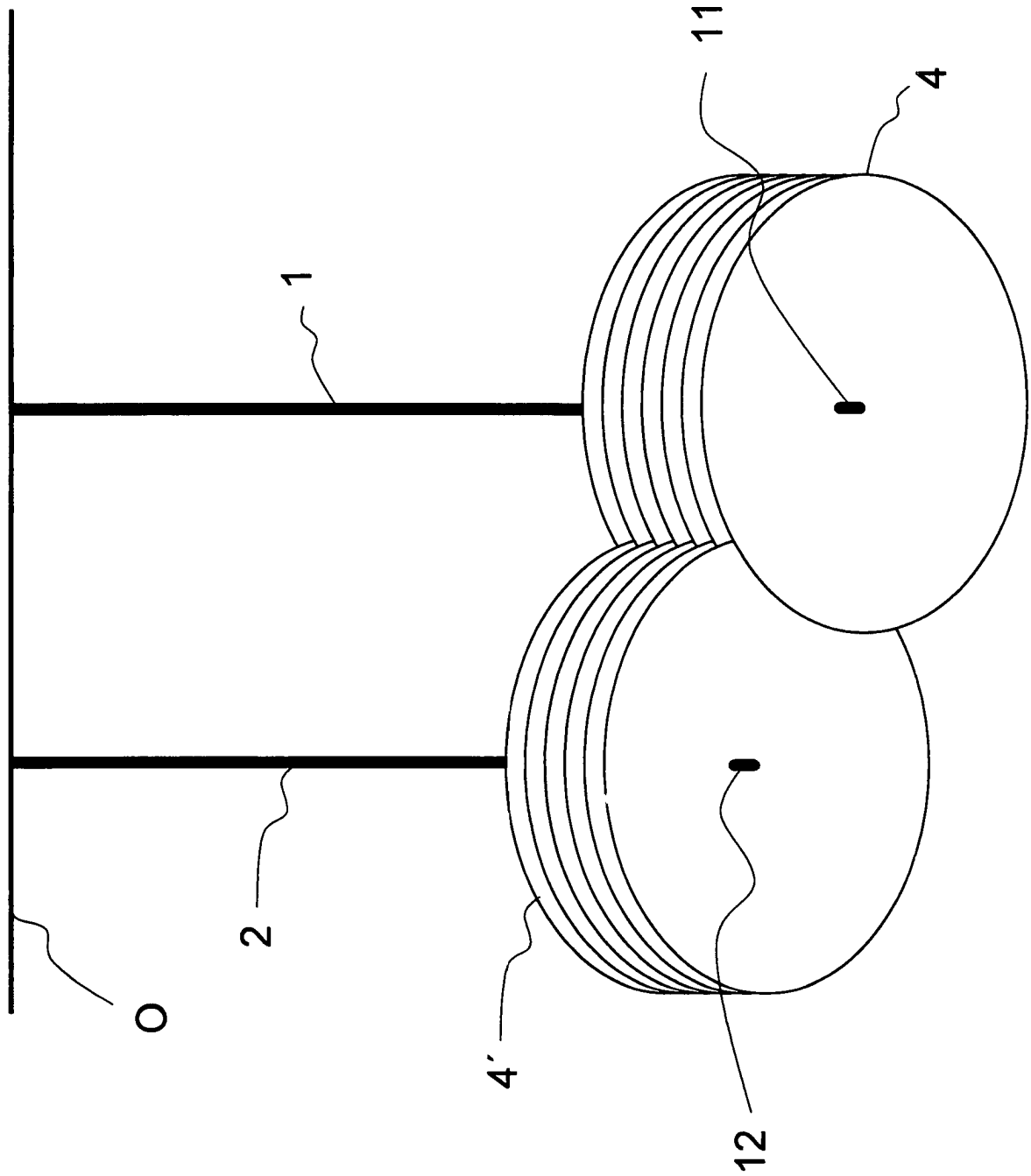


Fig. 3

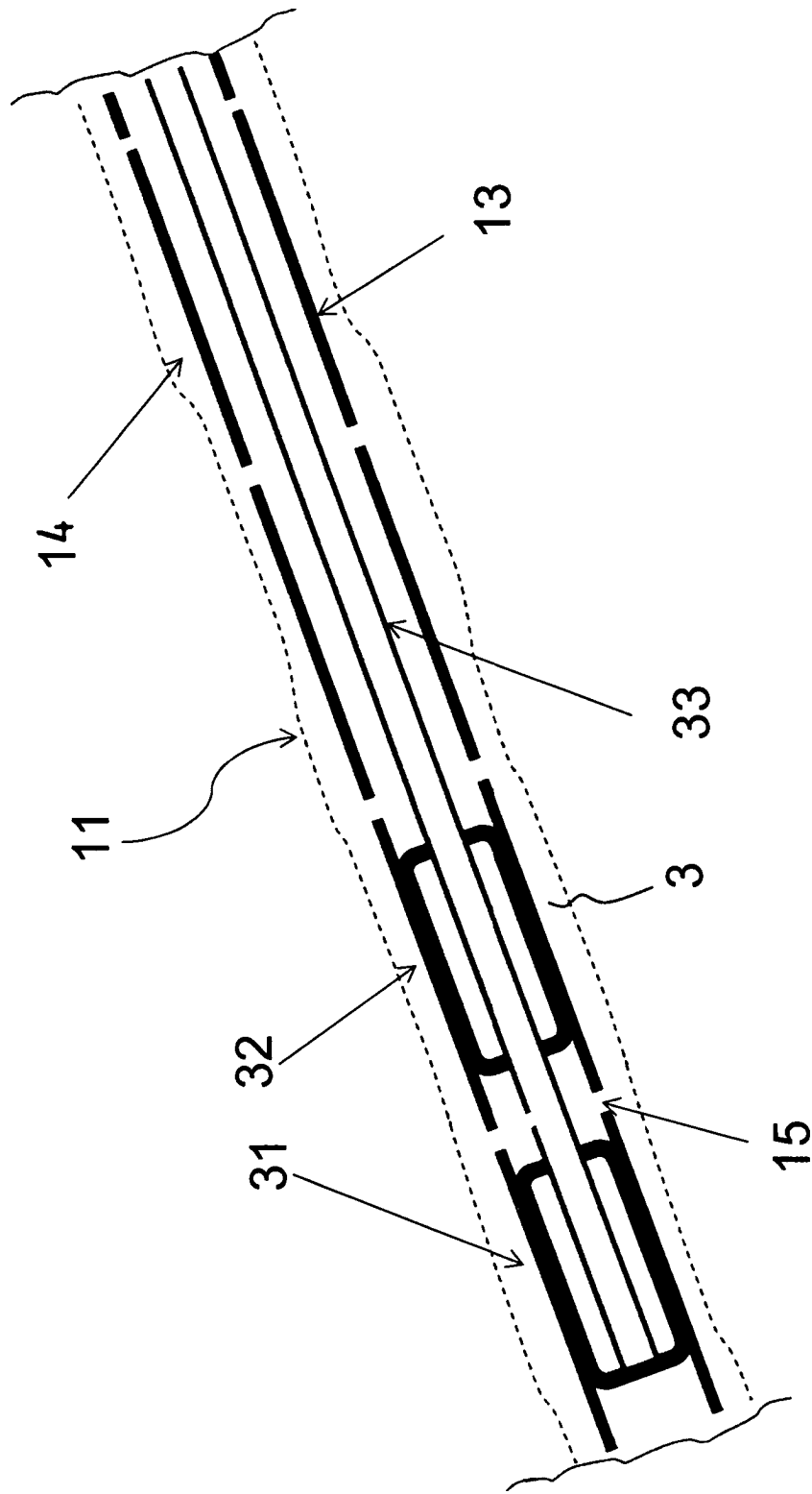


Fig. 4

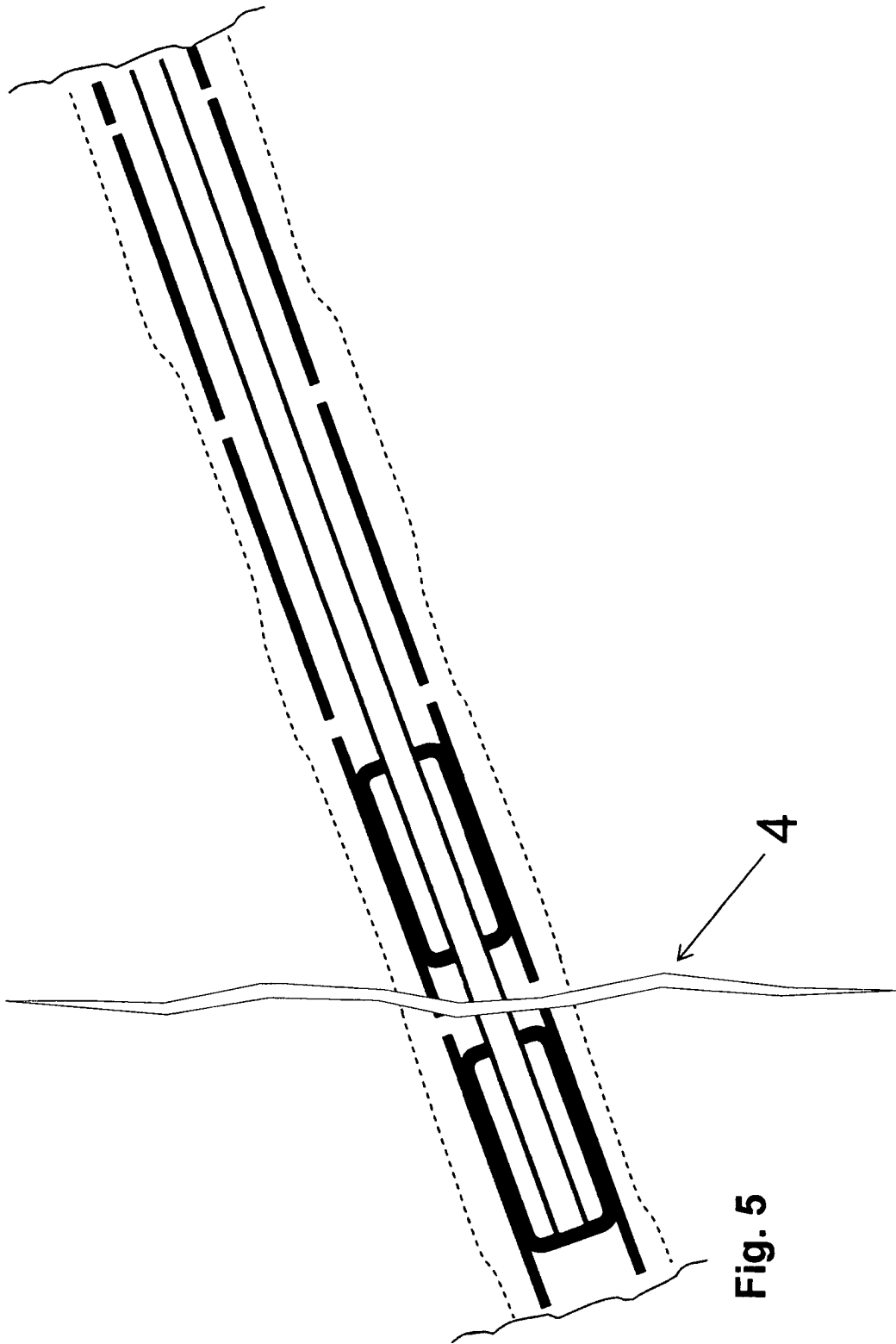


Fig. 5

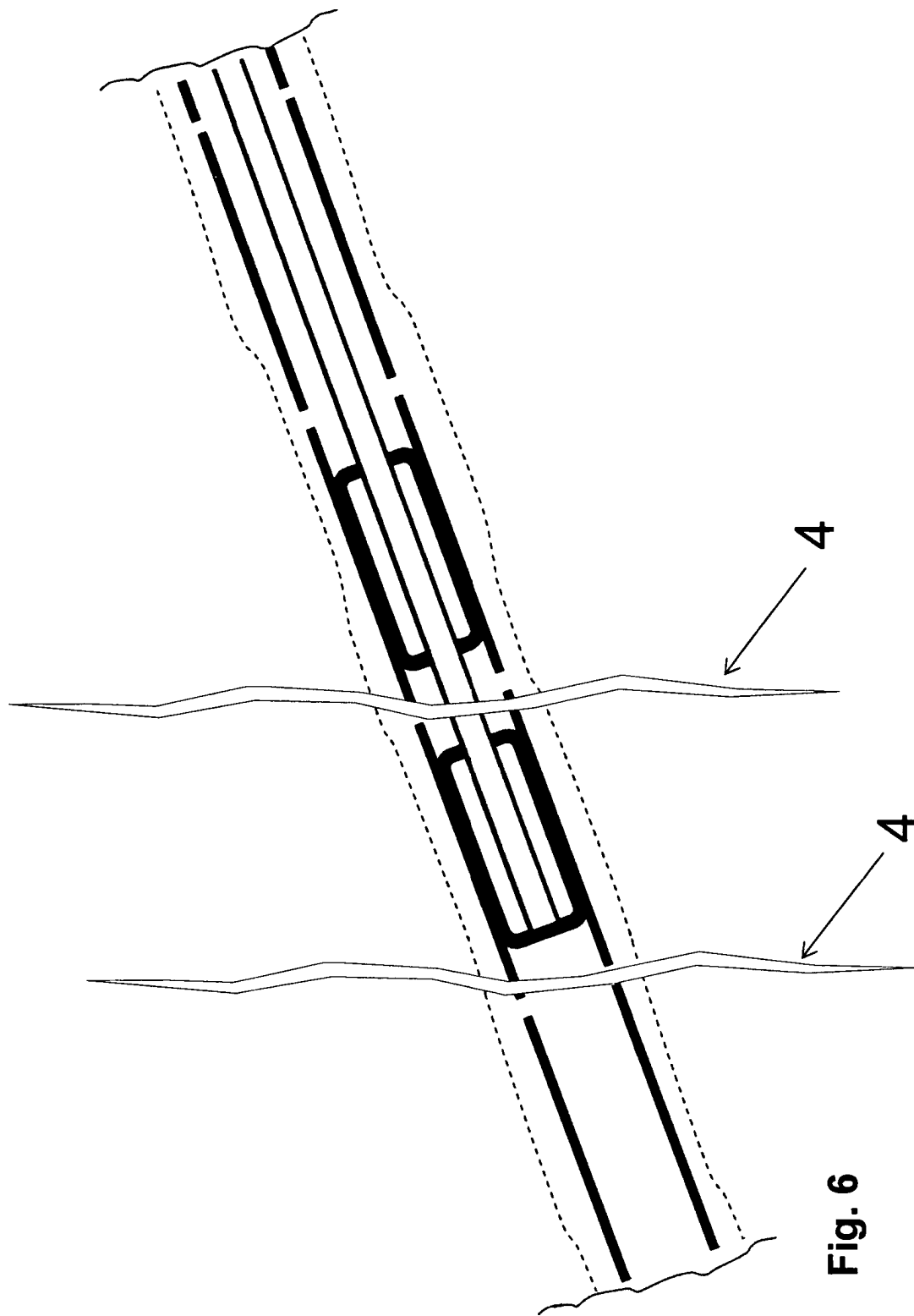


Fig. 6

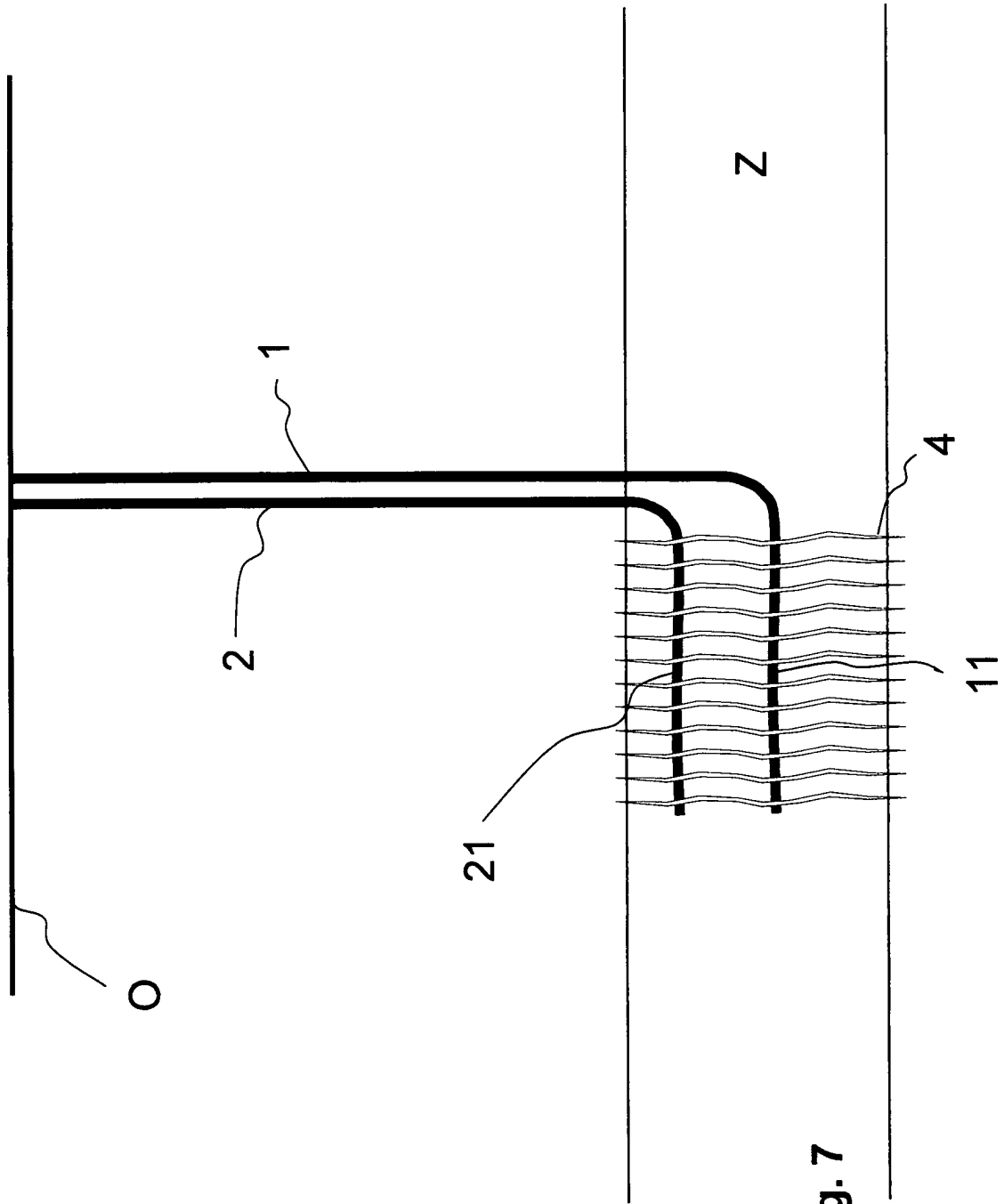


Fig. 7