

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 690 942 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:

06.10.1999 Patentblatt 1999/40

(51) Int Cl.⁶: **E02D 31/00**, E02D 19/16,
E21B 7/06, E21B 7/18,
E21B 21/14

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:

08.01.1997 Patentblatt 1997/02

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP94/01352

(21) Anmeldenummer: **94915557.6**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/25688 (10.11.1994 Gazette 1994/25)

(22) Anmeldetag: **28.04.1994**

(54) VERFAHREN ZUR ABDICHTUNG VON BODENKÖRPERN UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS

PROCESS FOR SEALING OFF GROUND SITES AND DEVICE FOR CARRYING OUT THIS PROCESS

PROCEDE PERMETTANT DE RENDRE DES MASSIFS DE TERRE ETANCHES ET DISPOSITIF DE MISE EN OEUVRE DUDIT PROCEDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE DK FR GB IT LU NL

(30) Priorität: **28.04.1993 DE 4313994**
15.10.1993 DE 4335290

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.01.1996 Patentblatt 1996/02

(73) Patentinhaber: **FLOWTEX
TECHNOLOGIE-IMPORT VON
KABELVERLEGEMASCHINEN GmbH
D-76275 Ettlingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **KLEISER, Klaus**
D-76297 Stutensee-Büchig (DE)
• **BAYER, Hans-Joachim**
D-76275 Ettlingen (DE)
• **GÄNGER, Jörg**
D-75334 Straubenhardt (DE)

- **BILKENROTH, Klaus-Dieter**
D-06679 Hohenmölsen (DE)
- **CALDONAZZI, Ortwin**
D-04277 Leipzig (DE)
- **BAIER, Herbert**
D-06749 Bitterfeld (DE)
- **HEILMANN, Manfred**
D-09599 Freiberg (DE)
- **KRETZSCHMAR, Hans-Jürgen**
D-09599 Freiberg (DE)

(74) Vertreter: **Füchsle, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
Hoffmann Eitle,
Patent- und Rechtsanwälte,
Arabellastrasse 4
81925 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 317 369 WO-A-93/00483
DE-A- 3 410 132 DE-A- 3 415 883
DE-A- 3 722 270 DE-C- 4 033 884
US-A- 4 637 462 US-A- 4 930 586

EP 0 690 942 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abdichtung von natürlichen oder künstlich geschütteten Bodenkörpern gegen einen vorhandenen oder potentiellen gasförmigen, flüssigen, strahlenden und/oder festen Kontaminationsherd, beispielsweise bei Altlasten (Altablagerungen, Altstandorten u.a.). Deponien, Rohrleitungen oder dergleichen, aber auch Baugruben, unter Verwendung von flüssigen, zähplastischen und feinteiligen festen Dichtstoffen bzw. Eluaten.

[0002] Es sind heutzutage schon verschiedenste Verfahren bekannt, Kontaminationsherde, insbesondere ungeordnete Mülldeponien, nachträglich einzukapseln, daß darin gelagerte Schadstoffe nicht an die Umgebung abgegeben werden können.

[0003] Aus der DE-A 3 407 382 ist ein Verfahren zur nachträglichen unterirdischen Abdichtung, vorzugsweise von Deponien, bekannt, bei dem Arbeitsrohre von einem Bereich außerhalb eines Deponiekörpers unter den Deponiekörper eingebracht werden, ohne daß hierzu der Deponiekörper durchbohrt werden muß. Diese Arbeitsrohre werden von einem zuvor erzeugten vertikalen Schacht in einem bergmännischen Verfahren unterhalb der Deponie erstellt. Von diesen Arbeitsrohren aus wird mit einer speziellen Vorrichtung das Dichtungsmittel in den Bodenbereich injiziert. Bei diesem Verfahren ist ein technisch sehr hoher Aufwand notwendig und das bergmännische Auffahren zum Einbau der Arbeitsrohre nur für besondere Fälle vertretbar.

[0004] In der DE-A 34 39 858 ist offenbart, daß von zwei vertikalen, außerhalb der zu umschließenden Bodenmasse liegenden abgeschützten Schlitzwänden eine durchgehende Abdichtungssohle durch Unterfahren der zu umschließenden Bodenmasse mit Hilfe einer Schneid- und Injektionseinrichtung hergestellt und mit den vertikalen Schlitzwänden trogartig dicht verbunden wird. Die bei diesem Verfahren notwendigen senkrechten, abgestützten Schlitzwände erfordern wiederum einen hohen technischen Aufwand und sind sehr teuer.

[0005] Ein weiteres Verfahren zur nachträglichen Behandlung von Deponien zum Schutz der Umgebung ist in der DE-A 33 30 897 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die Grundfläche der Deponie in unmittelbar nebeneinanderliegende Flächenabschnitte aufgeteilt. An deren Nahtstellen werden Pilotbohrungen als gesteuerte Zielbohrungen von Startschächten zu jeweils gegenüberliegenden Zielschächten ausgeführt. In diese Pilotbohrungen werden dann Leitelemente eingeführt, deren Anfang und Ende sich in den gegenüberliegenden Start- bzw. Zielschächten befinden. Im Ringraum zwischen den Leitelementen ist eine Räum- und Injektionseinrichtung eingebracht, die mit einem Räumelement den Boden der Flächenabschnitte auflockert und für die Behandlung mit einem Abdichtungsmittel vorbereitet. Auch bei diesem Verfahren sind aufwendige Start- und Zielschächte notwendig, um die Räum- und Injektionseinrichtung einzubringen. Des weiteren ist es nicht mög-

lich, eine konturenangepaßte Abdichtung des Deponiekörpers vorzunehmen, da ein gerader Verlauf der Pilotbohrungen zum Betreiben der Räum- und Injektionseinrichtung notwendig ist.

[0006] Aus der EP-A-0 317 369 ist ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren handelt es sich um ein elektrokinetisches Verfahren, bei dem das Injizieren von geeigneten Dichtungsmitteln, wie Asphalt oder dergleichen, mit einer nachträglich als Injektionsrohrverwendeten Elektrode erfolgt, die vor dem Injizieren des Dichtungsmittels zum Erhitzen des umliegenden Bodenbereichs hergenommen wird. Das Injizieren des Dichtungsmittels erfolgt durch in der Elektrode eingebrachte Perforationsöffnungen mit niedrigem Druck, so daß eine Tränkung des Bodens stattfindet.

[0007] Das der Erfindung zugrundeliegende technische Problem besteht darin, ein einfaches Verfahren zum vollständigen Abdichten von Bodenkörpern, insbesondere Kontaminationsherde, wie Deponien, Rohrleitungen oder auch zu erstellende Baugruben, zu schaffen, bei dem keinerlei bergmännisch erstellte Stollen, flache Abbauräume oder Schächte notwendig sind.

[0008] Dieses technische Problem wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Als Dichtstoff wird ein gasförmiger, flüssiger und/oder feinanteiliger fester Dichtstoff während einer Längsbewegung des Bohrkopfs in der Bohrung kontinuierlich in den umliegenden Bodenbereich der Bohrung injiziert. Alle Formen des Dichtstoffeinbringens werden im nachfolgenden Injizieren genannt.

[0009] Durch das verlaufsgesteuerte Bohrverfahren sind alle Tätigkeiten von der Oberfläche aus ausführbar, so daß ein aufwendiges bergmännisches Erstellen von Start- und Zielschächten oder ähnlichem nicht mehr notwendig ist.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es dabei, daß die Bohrungen bedarfsgerecht unter anderem an die Kontur des kontaminierten Bereiches angepaßt werden können, wodurch nur ein Mindestmaß an Dichtstoff zur Injektion in die Bodenbereiche notwendig wird. Die Anzahl und Länge der erforderlichen Bohrungen zum vollständigen Einschließen des Kontaminationsherdes oder der zu erstellenden Baugrube ist hierdurch minimiert.

[0011] Je nach Bodengegebenheiten und der vorhandenen oder noch erforderlichen Vorerkundung der unteren Kontur des Kontaminationsherdes ist ein Sicherheitsabstand der eingebrachten Bohrungen zum Kontaminationsherd und/oder unterhalb der Tiefstpunkte der Erkundungsbohrungen von mindestens einigen Dezimetern vorteilhaft, um eine absolut sichere Abdichtung des Kontaminationsherdes zu erreichen.

[0012] Zum Vorantreiben der Bohrungen wird vorteilhafterweise ein an sich bekannter, jedoch modifizierter, voll steuerbarer ferngelenkter Bohrkopf verwendet, der es ermöglicht, die Bohrungen in jede gewünschte Richtung und Tiefe voranzutreiben.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders einfach und effizient, wenn der Dichtstoff während einer Längsbewegung des Bohrkopfs in der Bohrung kontinuierlich in den umliegenden Bodenbereich der Bohrung injiziert wird. Es kann zum einen schon beim Vorantreiben der Bohrung geschehen und/oder auch beim Zurückziehen des Bohrkopfes bzw. eines speziellen Räumgerätes zur Eintrittsöffnung hin. Dabei wird der Dichtstoff durch am Bohrkopf angeordnete Düsen oder Austrittsöffnungen in den Bodenbereich injiziert.

[0014] Um eine flächenartige Sperrschicht durch verlaufsgesteuerte Bohrungen herzustellen, ist es vorteilhaft, den Dichtstoff entweder in mindestens einem Seitenstrahl (zusätzliche Frontstrahlen sind möglich) aus dem rotierenden Bohrstrang zur Erzeugung angrenzender bis überschnitterzylinderartiger Injektionskörper auszubringen oder durch mindestens zwei Seiten- und/oder Frontstrahlen bei nicht rotierendem Bohrstrang zur Erzeugung flügelartiger berührender bis überschnitter Injektionskörper auszubringen oder in anderer geometrischer Düsenanordnung für daraus resultierende Injektionskörperanordnungen austreten zu lassen. Ziel ist die Erstellung insgesamt beispielsweise wannen- bis beckenförmig erscheinender, überwiegend horizontal wirkender Sperrschichten.

[0015] Die Anordnung der durch die oben beschriebenen möglichen Injektionsvarianten ist in ihren Möglichkeiten vielfältig. Vorteilhafterweise schließen die bei nicht rotierendem Bohrgestänge durch mindestens zwei Injektionsaustritte erzeugten, nebeneinander oder übereinander liegenden Injektionsbahnen jeweils einer Bohrung einen Winkel von etwa 90° bis 180° ein. Hierdurch kann beispielsweise Sickerwasser in die dadurch gebildeten Rinnen zu den Tiefpunkten laufen und durch innenseitige, in gleicher Bohrtechnik erzeugte Mikrotunnel mit Filterrohreinbau gefaßt und gehoben werden.

[0016] Damit der Kontaminationsherd vollständig von einer Sperrschicht eingeschlossen wird, ist es vorteilhaft, eine Anzahl Bohrungen in Abständen parallel zueinander in den Boden voranzutreiben, wobei sich die jeweils benachbarten, durch Dichtstoff injizierten Bereiche einer Bohrung berühren oder in eine vorher erstellte Lamelle, d.h. einen mit Dichtstoff injizierten Bodenbereich, einschneiden sollte, so daß kein Sickerwasser mehr durch diese Sperrschichten und deren Überlappungsbereiche in tiefer liegende Bodenschichten hindurchtreten kann.

[0017] Es ist auch möglich, mehrere solcher Sperrschichten seitlich und unterhalb des Kontaminationsherdes zu erstellen, um eine absolute sichere Abdichtung des Kontaminationsherdes zu erreichen. Hierzu werden vorteilhafterweise eine weitere Anzahl Bohrungen in definierten Abständen zueinander in einem beispielsweise vertikalen Winkel zu der ersten Anzahl Bohrungen, die den Kontaminationsherd unterfahren, vorangetrieben und wiederum von diesen Bohrungen aus der Dichtstoff in die benachbarten Bodenbereiche inji-

ziert. Dadurch werden zwei oder mehr vollständig geschlossene, den Kontaminationsherd umfassende Sperrschichten gebildet, die einen absolut sicheren Verschuß gewährleisten.

[0018] Um eine sichere Abdichtung des Kontaminationsherdes zu erreichen, ist es beispielsweise auch möglich, ein Netz von Bohrungen konturenangepaßt unterhalb des Kontaminationsherdes voranzutreiben, wodurch die benachbarten Bodenbereiche jeweils einer Bohrung mehrmals mit Dichtstoff injiziert werden können und dadurch gewährleistet ist, daß keine Lecks in der gebildeten Sperrschicht entstehen.

[0019] Bei mehrfachen Sperrschichten werden die Bohrungen übereinander benachbarter Sohlen in Abständen parallel zueinander um 20° - 160° zu einer ersten Anzahl Bohrungen der Nachbarebene in Abständen parallel zueinander unter den Kontaminationsherd vorangetrieben.

[0020] Es hat sich herausgestellt, daß unter anderem der Einsatz einer Montanwachsemulsion als flüssiger Dichtstoff hervorragende Eigenschaften aufweist. Ebenfalls sehr vorteilhafte Eigenschaften weisen Polysilikate, Harze, andere Wachse oder sonstige, chemisch resistente und flexibel bleibende Injektionsmedien auf.

[0021] Eine durch die Injizierung von beispielsweise Montanwachsemulsion gebildete Sperrschicht ist sehr flexibel gegenüber nachträglichen Setzungen des Deponiekörpers und ermöglicht flexurhafte Verformbarkeiten der Sperrlage(n).

[0022] Außerdem ist die durch die Montanwachsemulsion gebildete Sperrschicht resistent gegen flüssige und gasförmige, die Barriere attackierende Stoffe im Sicker-, Kapillar- und Grundwasser.

[0023] Es hat sich herausgestellt, daß eine Sperrschicht mit einer Stärke von 30 bis 60 cm völlig ausreicht, um eine sichere Abdichtung zu erreichen.

[0024] Zudem ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, weitere Stoffe beizumischen, oder bei einem mehrschichtigen Aufbau auch Lagen mit anderen injektiven, absorptiven und/oder dichtenden Stoffen einzubringen, um je nach Bodengegebenheiten eine hervorragende Abdichtung zu erreichen.

[0025] Die hohe Gleitfähigkeit der Montanwachsemulsion kommt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders zum Tragen, da die hohe Gleitfähigkeit auch den guten Transport anderer Substanzen ermöglicht und z. B. einen sehr geringen Verschleiß der Düsen hervorruft und somit eine lange Standzeit des Bohrkopfs ermöglicht.

[0026] Die Injizierung der Dichtstoffe ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch unterhalb des Frac-Druckes je nach Permeabilitätsstruktur des die Bohrung umgebenden Gebietes möglich. Durch die Niederdruckinjektionen wird eine optimale Anpassung der zu erstellenden Sperrschichten an die Bodengegebenheiten möglich.

[0027] Je nach Bodenbeschaffenheit oder der zu er-

wartenden Sickerstoffe ist es vorteilhaft, bei mehreren hintereinander oder übereinander angeordneten, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gebildeten Sperrschichten jede Sperrschicht aus unterschiedlichen Dicht- bzw. Injektionsmitteln aufzubauen.

[0028] Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens hat vorteilhafterweise Düsen an einem voll lenkbaren, fernlenkbaren Bohrkopf, die das Einbringen des flüssigen Dichtstoffs in den Bodenbereich mit sensiblem oder hohem Druck bis in einen Abstand von 2 bis 3 m von der Bohrwandung aus ermöglichen.

[0029] Beispielsweise ist es besonders vorteilhaft, ein erstes Düsenpaar gegenüber einem zweiten Düsenpaar um 5° bis 180° bezüglich der Längsachse des Bohrkopfes versetzt anzuordnen. Jedes der Düsenpaare umfaßt zwei sich gegenüberliegende Düsen, die jeweils so gerichtet sind, daß jeweils mit der Längsachse des Bohrkopfes ein Winkel von 30° bis 90° eingeschlossen ist. Hierdurch lassen sich unterschiedlichste Geometrien der mit Injektionsmitteln angereicherten Bodenbereiche erstellen.

[0030] Vorteilhafterweise können diese Düsen von Preßluftaustritten umgeben sein, die einen starken Luftvoroder parallelschnitt ergeben, der es ermöglicht, einen beliebig geformten Dichtungsstrahl zu formen, wobei ein flächenartiges Einbringen des Dichtungsmittels in den Boden bevorzugt wird. Generell sind Injektionen mit den Ein-(Mono-) bis Mehrphasen-Verfahren möglich. Durch die Anordnung von durch z.B. flächenartige Rinnen bildende Sperrschichten unterhalb des Kontaminationsherdes ist es möglich, das Sickerwasser in bestimmte Richtungen zu lenken. Selbstverständlich sind auch zylindrisch ineinandergreifende Sperrkörper machbar.

[0031] Im folgenden sind zur weiteren Erläuterung und zum besseren Verständnis der Erfindung mehrere Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer konturenangepaßten Abdichtung einer Deponie mit dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Bohrkopfs beim Vorantreiben einer Bohrung unter eine Altlast,

Fig. 2a eine schematische Darstellung der Bildung einer Sperrschicht durch Injizieren eines Dichtungsmittels beim Zurückziehen des Bohrkopfes,

Fig 3 einen Querschnitt quer zu einer Anzahl Bohrungen unterhalb der Deponie,

Fig. 4 bis 10

5

Fig. 11

10

Fig. 12

15

Fig. 13

20

Fig. 14

25

Fig. 15

30

Fig. 16

35

Fig. 17

40

Fig 18

45

[0032] Wie in den Fig. 1 bis 3 dargestellt, ist ein Deponiekörper 1 in dem unterirdisch liegenden Teil unregelmäßig geformt. Eine Anzahl Bohrungen 2 werden außerhalb des Deponiekörpers von der Oberfläche aus mit dem bekannten verlaufsgesteuerten Bohrverfahren konturenangepaßt unter den Kontaminationskörper hindurch bis zur gegenüberliegenden Seite des Deponiekörpers 1 vorangetrieben.

[0033] Von jeder Bohrung 2 ausgehend, ist der Dichtstoff in die umliegenden Bodenbereiche jeweils einer Bohrung 2 injiziert, wobei sich die benachbarten Berei-

jeweils eine schematische Darstellung eines Querschnitts quer zu einer Anzahl Bohrungen, bei der die Anordnung der Bohrungen zueinander sowie die zugehörigen Injektionsbereiche unterschiedlich ausgeführt sind,

eine schematische Darstellung einer Vorderansicht eines Bohrkopfes mit unterschiedlich gerichteten Düsen,

eine schematische Darstellung einer Seitenansicht des in Fig. 12 gezeigten Bohrkopfes,

eine schematische Darstellung der Bohrungsverläufe und Injektionsbereiche zur Abdichtung einer Baugrube,

eine schematische Darstellung eines Querschnitts quer zu einer Rohrleitung mit parallel dazu eingebrachten Bohrungen und Injektionsbereichen,

eine schematische Darstellung eines Querschnitts quer zu einer Rohrleitung mit einem Leck, das durch eine Bohrung abgedichtet ist,

eine weitere schematische Darstellung zur vollständigen Abdichtung einer Rohrleitung,

eine schematische Darstellung eines Querschnitts quer zu einer mit kontaminierten Bruchstücken eines zerstörten Rohrs umgebenen Rohrleitung, die durch eine darunter vorgetriebene Bohrung und Injektionen gesichert ist,

eine weitere schematische Darstellung eines Querschnitts nach Fig. 17, die durch Bohrungen und Injektionen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vollständig umhüllt ist.

che jeweils einer Bohrung 2 berühren bzw. überlappen und somit eine geschlossene Sperrschicht 3, die konturenangepaßt an den Deponiekörper 1 verläuft, bilden.

[0034] Aus der Fig. 2a ist ersichtlich, daß eine zweite Sperrschicht 4 unter die erste Sperrschicht 3 durch ein hier um 90° gedrehtes Netz von in Abständen parallel zueinander liegenden Bohrungen 5 und davon ausgehend injizierten Bodenbereichen 4 gebildet wird.

[0035] In Fig. 2 ist der voll steuerbare, fernlenkbare Bohrkopf 6 dargestellt, wie er den Deponiekörper 1 unterfährt.

[0036] Zur Bildung einer konturenangepaßten Sperrschicht sind verschiedene Anordnungen der Bohrungen möglich. Ein Beispiel ist in Fig. 3 dargestellt. Dort sind Bohrungen 2 in Abständen parallel zueinander leicht vertikal zueinander versetzt und die jeweils von einer Bohrung 2 flächenartig ausgehenden Sperrschichten 4 überlappen sich und bilden einen Winkel von etwa 120° zueinander.

[0037] Nachdem der Konturenverlauf des Deponiekörpers 1 genau anhand von Kartenmaterial, früher aufgenommenen Bildern, geophysikalische Aufnahmen, Vorbohrungen etc. erkundet wurde, wird ein Netz von Bohrungen 2, die den Deponiekörper 1 konturenangepaßt unterfahren, mit dem voll verlaufsgesteuerten Bohrverfahren vorangetrieben und währenddessen bzw. beim Zurückziehen das flüssige Dichtungsmittel, bevorzugt Montanwachs, in die umliegenden Bodenbereiche jeweils einer Bohrung injiziert. Diese mit flüssigem Dichtungsmittel gemischten Bodenbereiche 4 überlappen sich jeweils und bilden somit eine geschlossene Sperrschicht 3, die den Deponiekörper 1 vollständig dicht umschließt.

[0038] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es nicht unbedingt notwendig, die Bohrungen 2 bis zu einer der Eintrittsöffnung gegenüberliegenden weiteren Öffnung zu führen. Es können auch nur Sperrschichten 3 in Teilbereiche der Bodenschicht eingebracht werden.

[0039] In den Fig. 4 bis 10 sind weitere Ausführungsbeispiele für die Anordnung von mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgetriebenen Bohrungen schematisch dargestellt. Bei den gezeigten Ausführungsbeispielen verlaufen die Bohrungen jeweils horizontal oder auch vertikal. Sie sind von der Oberfläche aus zu jeder gewünschten Stelle einbringbar, um den Bodenkörper abzudichten.

[0040] Wie in Fig. 4 gezeigt, sind eine erste Reihe von Bohrungen 2a übereinander mit gleichen Abständen zueinander in den Boden eingebracht. Hierzu ist eine zweite Reihe von Bohrungen 2b, die auch übereinander liegen und mit gleichen Abständen zueinander verlaufen, versetzt zur ersten Reihe der Bohrungen 2a angeordnet. Von jeder Bohrung 2a, 2b erstrecken sich jeweils zwei leicht aufgeweitete Injektionsbereiche, wobei die von einer Bohrung ausgehenden Injektionsbereiche einen Winkel von etwa 130° einschließen. Jeweils die benachbarten Injektionsbereiche überschneiden sich. Die von der ersten Reihe von Bohrungen 2a und von der

zweiten Reihe von Bohrungen 2b ausgehenden Injektionsbereiche schneiden sich jeweils so, daß sich vollständig eingeschlossene Bereiche bilden, in denen z.B. weitere voll verlaufsgesteuerte Bohrungen 10 eingebracht werden, die als Überwachungsbohrungen dienen. Diese Anordnung der Bohrungen 2a, 2b bewirkt eine Art Doppelwanddichtung.

[0041] Bei der in Fig. 5 gezeigten Anordnung der Bohrungen 2a, 2b, 2c sind zwischen der ersten Reihe von Bohrungen 2a und der zweiten Reihe von Bohrungen 2b eine weitere Anzahl von Bohrungen 2c zwischen diesen Bohrungen 2a, 2b eingebracht, wobei von den Bohrungen 2c sich jeweils vier einzelne, im Querschnitt leicht auffächernde Injektionsbereiche erstrecken. Diese schneiden wiederum die jeweils zwei von der ersten Reihe von Bohrungen 2a und der zweiten Reihe von Bohrungen 2b ausgehenden Injektionsbereiche. Eine sehr gute Vernetzung der einzelnen Injektionsbereiche und somit eine sehr wirksame Abdichtung des Bodenkörpers ist hierdurch gewährleistet.

[0042] Eine weitere beispielhafte schematische Darstellung der Anordnung von Bohrungen ähnlich der Anordnungen von Bohrungen nach der Fig. 4 ist in der Fig. 6 gezeigt. Gegenüber dem Ausführungsbeispiel aus der Fig. 4 erstrecken sich die einzelnen Injektionsbereiche noch weiter in das Erdreich hinein und bilden sich überschneidende Injektionsbereiche bzw. längs der einzelnen Bohrungen 2a, 2b erstreckende Injektionsebenen.

[0043] Bei dem in Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiel der Anordnung der Bohrungen 2a, 2b, 2c wird eine Art Dreifachwand gebildet. Hierzu ist eine erste Reihe von parallel zueinander verlaufenden Bohrungen 2a in den Boden eingebracht. Jeweils von einer Bohrung ausgehend erstrecken sich zwei einen Winkel von etwa 130° einschließende Injektionsbereiche. Zwei aufeinander zulaufende Injektionsbereiche zweier benachbarter Bohrungen 2a überkreuzen sich, bilden hierdurch eine erste Dichtungswand. Eine gleich aufgebaute Reihe von Bohrungen 2c ist parallel versetzt zu der ersten Reihe von Bohrungen 2a angeordnet. Eine dritte Reihe von Bohrungen 2b mit zugehörigen Injektionsbereichen ist spiegelverkehrt zur zweiten Reihe parallel hierzu versetzt angeordnet, wodurch die sich von den einzelnen Bohrungen 2b, 2c erstreckenden Injektionsbereiche einander überkreuzen und im Querschnitt eine rautenförmige Anordnung der Injektionsebenen bilden. Wiederum ist eine zuverlässige Abdichtung des Bodenkörpers gewährleistet.

[0044] Die sich leicht auffächernde Ausbildung der in den Fig. 4 bis 7 gezeigten Injektionsbereiche ergeben sich dadurch, daß beim Zurückziehen der Bohrkopf keine Drehung ausführt und gleichmäßig Injektionsmittel durch verschiedene Düsenanordnungen in den umliegenden Bodenbereich injiziert wird. Die schematisch dargestellten Injektionsbereiche sind also in Wirklichkeit sich von den Bohrungen aus erstreckende injektionsangereicherte Sperrschichten bzw. Ebenen. Es versteht sich von selbst, daß die Bohrungen horizontal wie auch

vertikal oder beliebig geneigt verlaufen können, da diese von der Oberfläche aus eingebracht und unter den abzudichtenden Bodenkörper vollkommen verlaufsgesteuert vorangetrieben werden.

[0045] Bei den weiteren Ausführungsbeispielen 8 bis 10 sind weitere beispielhafte, schematisch dargestellte Anordnungen von Bohrungen gezeigt, bei der jedoch der Bohrkopf in einem vorbestimmten Winkelbereich hinund herschwingt oder sich ständig um seine Längsachse dreht.

[0046] Aus der Fig. 8 ist ein Querschnitt quer zu einer Anzahl Bohrungen 2a, 2b gezeigt, bei der beim Zurückziehen des Bohrkopfes oder auch schon beim Vorantreiben der einzelnen Bohrungen 2a ständig unter Drehung des Bohrkopfes Injektionsmittel in den umliegenden Bodenbereich injiziert wird. Hierdurch bilden sich säulenartige Injektionsbereiche um jeweils eine Bohrung 2a. Die Bohrungen 2a sind so voneinander beabstandet, daß die Injektionsbereiche jeweils einer benachbarten Bohrung sich überschneiden. Parallel hierzu verlaufen weitere Bohrungen 2b, von denen sich einzelne mit Injektionsmittel angereicherte Bodenschichten erstrecken, die wiederum die säulenartigen Injektionsbereiche um die Bohrung 2a schneiden.

[0047] Bei den in Fig. 9 und 10 schematisch dargestellten Querschnitten quer zu den Bohrungen ist der Bohrkopf 6 beim Zurückziehen um einen vorbestimmten Winkel hin- und herschwenkend geführt. An dem Bohrkopf sind sich paarweise gegenüberstehende Düsen angebracht, die unterschiedliche Eindringtiefen des Injektionsmittels im umliegenden Bohrungsbereich bewirken. Hierdurch entstehen im Bereich jeweils einer Bohrung 2 zwei Paare von Injektionsbereichen, wobei ein Paar einen größeren Radius und das senkrechte hierzu angeordnete Paar einen kleineren Radius besitzt. Die Bohrungen 2 verlaufen wiederum parallel zueinander und sind derartig beabstandet, daß die Injektionsbereiche mit größerem Radius sich überschneiden. Hierdurch wird wiederum eine wirksame Abdichtung erreicht, bei der auch der nächst der Bohrung liegende Bodenbereich absolut dicht mit Injektionsmittel injiziert ist. Bei dem in Fig. 9 gezeigten Beispiel liegt der Verschwenkwinkel bei etwa 45°, und bei dem in Fig. 10 gezeigten Beispiel wird der Bohrkopf um etwa 90 bis 100° hin und her verschwenkt.

[0048] Fig. 11 und 12 zeigen eine schematische Darstellung der Anordnung der Düsen am Bohrkopf 6, der für die genannten Beispiele vorteilhafterweise benutzt wird. Fig. 11 ist eine Vorderansicht und zeigt die sich paarweise gegenüberliegenden Düsen mit den Injektionssprühwinkeln 15 und 16. In Fig. 12 ist eine Seitenansicht des Bohrkopfes 6 gemäß Fig. 11 dargestellt, bei dem das vordere Paar von Düsen leicht nach vorne gerichtet und das hierzu um 90° gedrehte hintere Düsenpaar leicht nach hinten gerichtet ist.

[0049] Fig. 13 zeigt ein weiteres Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine Baugrube zum Schutz vor Wassereintrich oder Schadstoffeinsik-

kerung abgedichtet wird. Die Bohrungen 2 werden hierbei von einem Standort außerhalb der vorgesehenen Baugrube 25 aus bis in die gewünschte Tiefe eingebracht. Je nach Gegebenheit wird durch eine der zuvor beispielhaft beschriebenen Anordnung von Bohrungen und durch Injizierung der Injektionsmittel eine abdichtende Wanne geschaffen. Da mit dem erfindungsgemäßen Bohrverfahren von einem Standort aus verschiedene Bohrungen 2 vorangetrieben werden können, ist zur Abdichtung einer schematisch dargestellten Baugrube 25 nur ein Standortwechsel des Bohrgerätes notwendig. Von einem ersten Standort aus werden Bohrungen 2 unter die vorgesehene Baugrube 25 vorangetrieben und jeweils Injektionsmittel injiziert, so daß sich eine abdichtende Wanne ergibt. Von einem weiteren Standort aus werden horizontal verlaufende Bohrungen 2 mit sich überschneidenden Injektionsbereichen derart zu den bereits erstellten Bohrungen vorangetrieben, daß die zuerst erstellte Bodenwanne geschnitten wird und den Bodenkörper bzw. die vorgesehene Baugrube 25 dicht umhüllt. Nun kann die Baugrube 25 ausgehoben werden ohne daß Grundwasser oder schadstoffhaltiges Sickerwasser eindringt.

[0050] Fig. 14 bis 18 zeigen ein weiteres Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Bohrverfahrens.

[0051] Fig. 14 zeigt einen Querschnitt durch eine im Boden liegende Rohrleitung 20, die z.B. zur Ableitung von schadstoffhaltigem Sickerwasser dient. Da in vielen Fällen diese Rohrleitungen 20 porös und überaltert sind, ist oftmals eine nachträgliche Abdichtung der darunterliegenden Bodenschichten notwendig. Wie in Fig. 14 gezeigt, werden hierfür eine Anzahl von parallel zur Rohrleitung 20 verlaufende Bohrungen 2 von der Oberfläche aus vorangetrieben. Beim Zurückziehen des Bohrkopfes wird Injektionsmittel in die umliegenden Bodenbereiche gleichmäßig flächenförmig injiziert. Dabei verlaufen die einzelnen Bohrungen 2 parallel zueinander auf einer um den Mittelpunkt der Rohrleitung 20 liegenden Mantelfläche. Die Injektionsbereiche der benachbarten Bohrungen 2 überschneiden sich wieder. Somit wird ein Auffangkanal unterhalb der Rohrleitung 20 gebildet, der bei einem eventuell auftretenden Leck die aussickenden Schadstoffe auffängt und abführt.

[0052] In Fig. 15 ist eine Schadstelle 20a in einer Rohrleitung 20 gezeigt, durch die Schadstoffe in darunterliegende Bodenschichten aussickern. Zur Reparatur dieser Schadstelle ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, eine Bohrung 2 von der Oberfläche aus zu der lokalisierten Schadstelle 20a zu führen und von der Bohrung 2 aus Injektionsmittel in den Bodenbereich derart zu injizieren, daß diese bis zur Rohrleitung 20 reichen und die Schadstelle 20a dichtend umschließen.

[0053] Fig. 16 zeigt einen Querschnitt einer Rohrleitung 20, die durch zwei parallel zueinanderliegende Bohrungen 2 mit senkrecht von jeder Bohrung 2 ausgehenden Injektionsbereiche in einem unteren Teilbereich umfaßt wird.

[0054] Fig. 17 und 18 zeigen noch ein weiteres Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Verfahrens. In vielen Fällen ist die zur Abführung von Sickerwässern dienende Rohrleitung 20 unterhalb von Deponien zu gering bemessen worden und deshalb besteht die Notwendigkeit von größeren Leitungsquerschnitten. Bekanntermaßen werden hierzu die älteren Rohrleitungen in einem "Bursting-Verfahren" oder "Pipe-Eating-Verfahren" zerstört und neue, größere Leitungen nachgeschoben. Bei diesen bekannten Verfahren besteht jedoch weiterhin das Problem, daß die Bruchstücke 21 der älteren Rohrleitungen weiterhin Schadstoffe beinhalten, die in darunterliegende Bodenschichten gelangen können. Zur Absicherung dieser darunterliegenden Schichten wird von der Oberfläche aus eine Bohrung 2 vorangetrieben und Injektionsmittel in die umliegenden Bodenbereiche injiziert, so daß entweder, wie in Fig. 17 gezeigt, eine Halbschale gebildet wird, die einen Kanal zur Abführung dieser Sickerwässer bildet oder, wie in Fig. 18 gezeigt, mehrere Bohrungen 2 vorangetrieben werden, deren Injektionsbereiche die neue Rohrleitung 20 und die Bruchstücke 21 der älteren Rohrleitung vollständig umhüllen und dichtend einkapseln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abdichtung von Bodenkörpern, insbesondere einer Deponie, Altablagerung oder dergleichen, unter Verwendung von Dichtstoffen, bei dem mittels eines voll verlaufgesteuerten Bohrverfahrens von der Oberfläche außerhalb des Bodenkörpers aus mindestens eine Bohrung unter den Bodenkörper vorangetrieben und der Dichtstoff in den umliegenden Bodenbereich der Bohrung injiziert wird, dadurch gekennzeichnet, daß
 - zum Bohren und Injizieren ein vollsteuerbarer, ferngelenkter Bohrkopf verwendet wird, und
 - der Dichtstoff während einer Längsbewegung des Bohrkopfes in der Bohrung kontinuierlich aus dem Bohrkopf in den Bodenbereich der Bohrung injiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrung an die Kontur des Bodenkörpers angepaßt verläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrung mit einem Sicherheitsabstand zur Kontur des zu unterfahrenden Bodenkörpers verläuft.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Sicherheitsabstand mindestens einige Dezimeter beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff beim Vorantreiben und/oder Zurückziehen des Bohrkopfes in die benachbarten Bodenbereiche der Bohrung injiziert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff durch am Bohrkopf angeordnete Düsen in den Boden injiziert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff in mindestens einem flächenartigen Strahl in den Boden injiziert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff in zwei oder mehr flächenartigen Strahlen in den Boden injiziert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei durch die flächenartigen Strahlen gebildeten Ebenen einen Winkel von 90° bis 180° einschließen.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff auch in Längsrichtung der Bohrung in den Boden injiziert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzahl Bohrungen in Abständen parallel zueinander den Bodenkörper unterfahren, wobei die Parallelität auch von einem fächerförmig betriebenen Standort aus erreicht werden kann.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß sich die benachbarten, mit Dichtstoff injizierten Bodenbereiche jeweils einer Bohrung berühren oder überlappen.
13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß sich die benachbarten, mit Dichtstoff injizierten Bereiche jeweils einer Bohrung überschneiden.
14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die benachbarten, mit Dichtstoff injizierten Bodenbereiche so zueinander liegen, daß sie eine geschlossene Sperrschicht bilden, die in Abständen zueinander liegende Rinnen bilden.
15. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine weitere Anzahl Bohrungen in Abständen parallel zueinander und in einem vertikalen Abstand zu der ersten Anzahl Bohrungen den Bodenkörper unterfahren.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff nur in einem Teilbereich längs einer Bohrung kontinuierlich in den Bodenbereich injiziert wird.

5

17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Bohrung von der Oberfläche außerhalb des Bodenkörpers aus den Bodenkörper unterfährt und an einer weiteren Stelle außerhalb des Kontaminationsherdes an der Oberfläche austritt.

10

18. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine weitere Anzahl Bohrungen in Abständen parallel zueinander um 20 - 160°, idealerweise um 90° gedreht zu einer ersten Anzahl Bohrungen in Abständen parallel zueinander den Bodenkörper unterfahren.

15

20

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dichtstoff eine Montanwachsemlulsion, ein Polymersilikat, Wasserglas, Harz, eine Zementemulsion in Mischung mit einem der genannten Dichtstoffe oder ein anderer Wachsstoff sein kann.

25

20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die sich aus injiziertem Dichtstoff und gewachsenem Boden gebildeten Abdichtungsschichten zusammen den Bodenkörper vollständig dicht umschließen.

30

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, weiter umfassend die folgenden Verfahrensschritte nach dem Bilden einer Sperrschicht:

35

- Vorantreiben von voll verlaufsgesteuerten Bohrungen in die oder unterhalb der gebildeten Sperrschichten;

40

- Einbringen von Kontrollelementen in diese Bohrungen; und

45

- Übermitteln der durch die Kontrollelemente gemeldeten Werte an überirdische Auswertungsanlagen.

22. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bohrdurchmesser bis zu einem Meter beträgt.

50

Claims

55

1. Method for sealing off ground bodies, in particular a tip, waste deposit or the like, using sealants, in

which by a fully controlled-path drilling method from the surface outside the ground body at least one bore is drilled under the ground body, and the sealant is injected into the surrounding ground region of the bore, characterised in that

- a fully controllable, remote-guided drill head is used for drilling and injection, and
- the sealant is continuously injected from the drill head into the ground region of the bore during a longitudinal movement of the drill head in the bore.

2. Method according to claim 1, characterised in that the path of the bore matches the contour of the ground body.

3. Method according to claim 2, characterised in that the bore extends at a safe distance from the contour of the ground body to be undercut.

4. Method according to claim 3, characterised in that the safe distance is at least a few decimetres.

5. Method according to claim 1, characterised in that during driving and/or retraction of the drill head the sealant is injected into the adjacent ground regions of the bore.

6. Method according to any of the preceding claims, characterised in that the sealant is injected into the ground through nozzles arranged on the drill head.

7. Method according to any of the preceding claims, characterised in that the sealant is injected into the ground in at least one planar jet.

8. Method according to any of the preceding claims, characterised in that the sealant is injected into the ground in two or more planar jets.

9. Method according to claim 8, characterised in that the two levels formed by the planar jets form an angle of 90° to 180°.

10. Method according to any of the preceding claims, characterised in that the sealant is injected into the ground also in the longitudinal direction of the bore.

11. Method according to claim 1, characterised in that a number of bores at intervals parallel to each other undercut the ground body, wherein parallelism can also be achieved from a site operated in a fan shape.

12. Method according to claim 11, characterised in that the adjacent ground regions of one bore injected with sealant touch or overlap each other.

13. Method according to claim 11, characterised in that the adjacent regions of one bore injected with sealant intersect.

14. Method according to one or more of the preceding claims, characterised in that the adjacent ground regions injected with sealant are located in such a way relative to each other that they form a closed barrier layer, forming channels located at intervals from each other.

15. Method according to claim 11, characterised in that a further number of bores at intervals parallel to each other and at a vertical distance from the first number of bores undercut the ground body.

16. Method according to any of the preceding claims, characterised in that the sealant is continuously injected into the ground region in only one part along a bore.

17. Method according to one or more of the preceding claims, characterised in that at least one bore from the surface outside the ground body undercuts the ground body and emerges at the surface at a further location outside the source of contamination.

18. Method according to one or more of the preceding claims, characterised in that a further number of bores at intervals parallel to each other, rotated through 20-160°, ideally through 90° to a first number of bores at intervals parallel to each other, undercut the ground body.

19. Method according to claim 1, characterised in that the sealant can be a montan wax emulsion, a polymer silicate, waterglass, resin, a cement emulsion mixed with any of the aforesaid sealants or another wax substance.

20. Method according to one or more of the preceding claims, characterised in that the sealing layers formed from injected sealant and overgrown soil together surround the ground body in completely sealing tight relationship.

21. Method according to any of claims 1 to 20, further including the following steps after the formation of a barrier layer;

- drilling of fully controlled-path bores into or underneath the barrier layers formed,
- introduction of monitoring elements into these bores, and
- transmission of the values indicated by the monitoring elements to above-ground evaluation systems.

22. Method according to claim 1, characterized in that the diameter of the bore is less than or equal to one meter.

Revendications

1. Procédé permettant de rendre des massifs de terre étanches, en particulier une décharge de déchets, un stockage de vieux produits ou analogues, en utilisant des substances d'étanchéité, procédé pour lequel, au moyen d'un procédé de forage à cheminement complètement commandé, on fait progresser depuis la surface, à l'extérieur du massif de terre, au moins un forage, sous le massif de terre et la substance d'étanchéité étant injectée dans la zone de sol environnante du forage, caractérisé en ce qu'

- on utilise une tête de forage à commande totale, télécommandée, pour effectuer le forage et l'injection, et
- la substance d'étanchéité est injectée pendant le déplacement longitudinal de la tête de forage dans le forage, de façon continue, depuis la tête de forage, dans la zone de sol du forage.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le forage s'étend de façon adaptée au contour du massif de terre.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le forage s'étend avec un espacement de sécurité par rapport au contour du massif de terre au-dessous duquel on passe.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'espacement de sécurité est d'au moins quelques décimètres.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité est injectée dans les zones de sol voisines du forage pendant la progression et/ou le retrait de la tête de forage.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité est injectée dans le sol au moyen de buses disposées sur la tête de forage.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité est injectée dans le sol en au moins un jet en éventail.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité est injectée dans le sol en deux jets en éventail ou

plus.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les plans faits par les jets en éventails font un angle de 90° à 180°.

5

10. Procédé selon l'une des revendication précédentes, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité est également injectée dans le sol dans la direction longitudinale du forage.

10

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un nombre de forages donné, réalisés suivant des espacements parallèles entre eux, permet un passage sous les massifs de terre, le parallélisme pouvant également être obtenu depuis un site exploité en éventail.

15

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que les zones de sol voisines subissant une injection de substances d'étanchéité sont chacune au contact d'un forage ou se chevauchent.

20

13. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que les zones voisines, subissant une injection de substance d'étanchéité, de chaque forage se coupent.

25

14. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que les zones de sol voisines subissant une injection de substance d'étanchéité sont situées les unes par rapport aux autres de manière à constituer une couche de barrage fermée, formant des goulottes situées à distance les unes des autres.

30

15. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'un nombre supplémentaire de forages est réalisé, espacés et parallèles entre eux et passant sous le massif de terre, avec un espacement vertical par rapport au premier nombre de forages.

40

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité n'est injectée de façon continue dans la zone de sols que dans une zone partielle le long d'un forage.

45

17. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un forage venant de la surface, passant hors du massif de terre, passe sous le massif de terre et sort de la surface en un autre endroit à l'extérieur du foyer de contamination.

50

18. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendication précédentes, caractérisé en ce qu'un autre nombre de forages est réalisé suivant des espacements et parallèlement les uns aux autres en étant tournés

55

de 20° à 160°, de façon idéale de 90° par rapport à un premier nombre de forages réalisés selon des espacements et parallèlement les uns aux autres en passant sous le massif de terre.

19. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance d'étanchéité peut être une émulsion de cire minérale, un silicate de polymère, du silicate de potassium, une résine, une émulsion de ciment en mélange avec l'une des substances d'étanchéité citées ou une autre substance cireuse.

20. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que les couches d'étanchéité constituées de substances d'étanchéité injectées et de sols enduits de cire enclosent conjointement le massif de terre, complètement et de façon étanche.

21. Procédé de contrôle d'un système d'étanchéité constitué selon l'une ou plusieurs de revendications 1 à 20, comprenant en outre les étapes de procédé ci-après, après constitution d'une couche de barrage :

- avancement de forages dont la trajectoire est complètement commandée, dans ou au-dessous des couches de barrage constituées,
- introduction d'éléments de contrôle dans ces forages, et
- transmission des valeurs fournies par les éléments de contrôle à des installations d'exploitation situées au-dessus de la surface.

22. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le diamètre de forage va jusqu'à un mètre.

Fig. 1

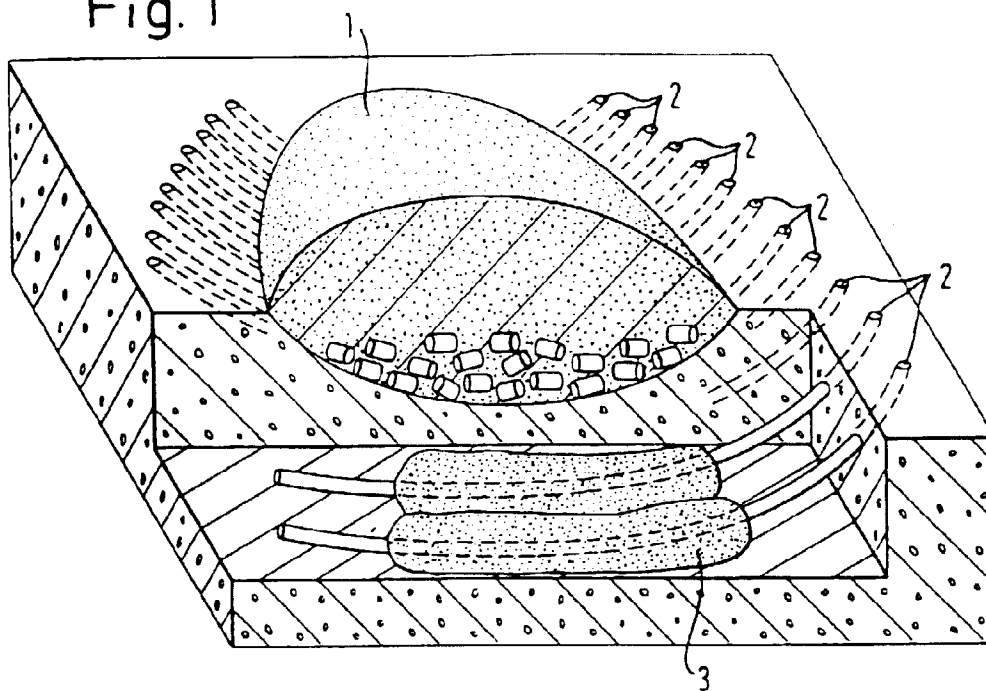


Fig. 2

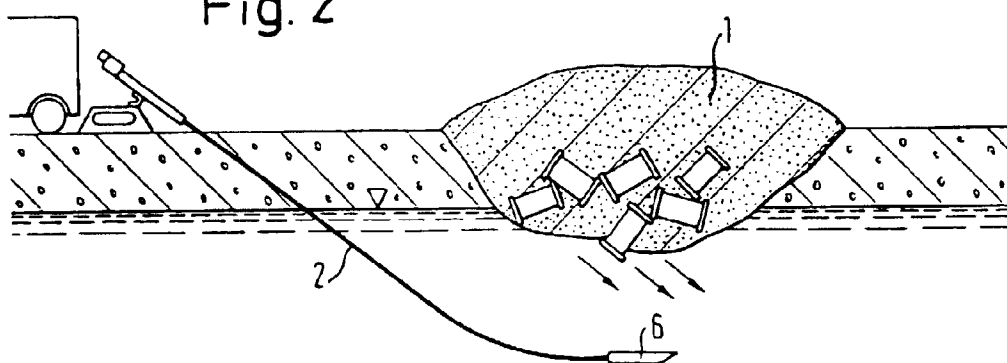


Fig. 2a

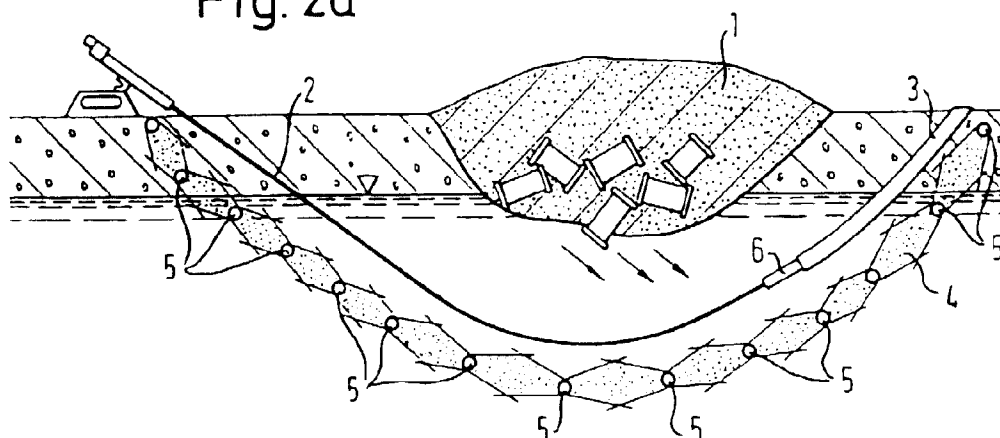


Fig. 3

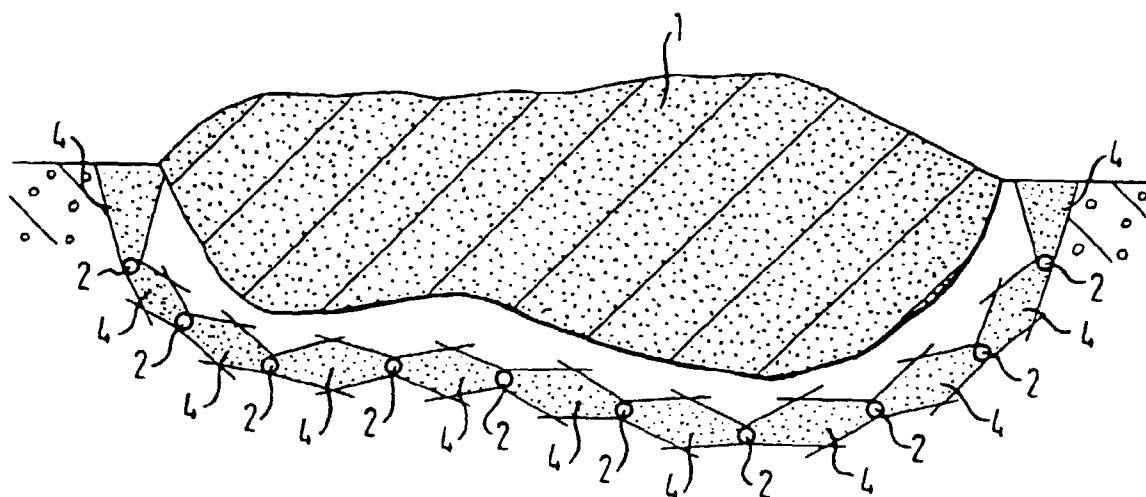


Fig. 4

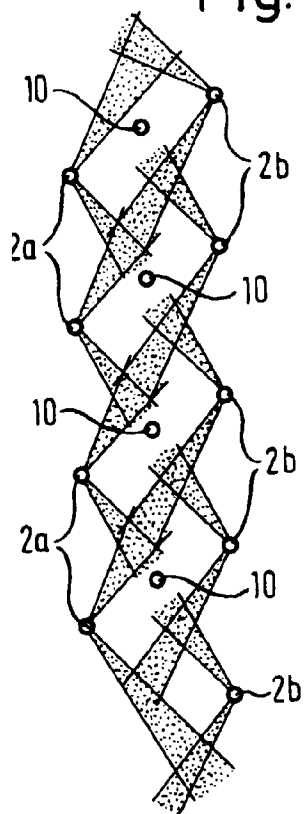


Fig. 5

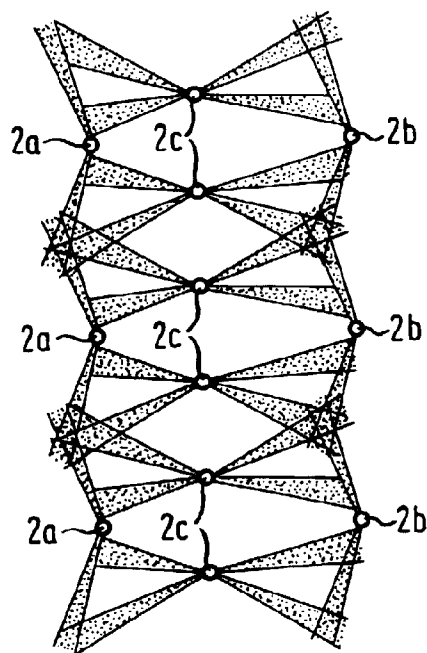


Fig. 6

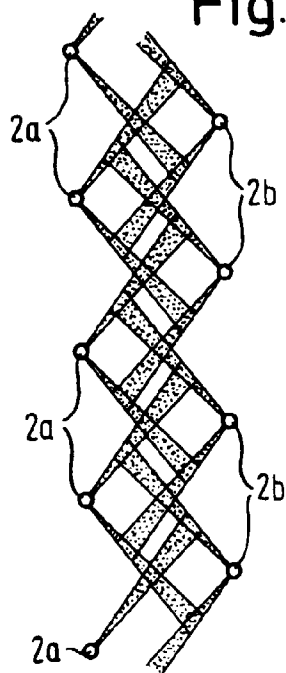


Fig. 7

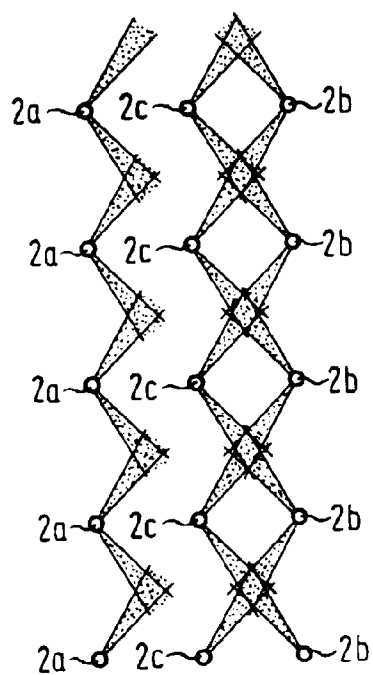


Fig. 8

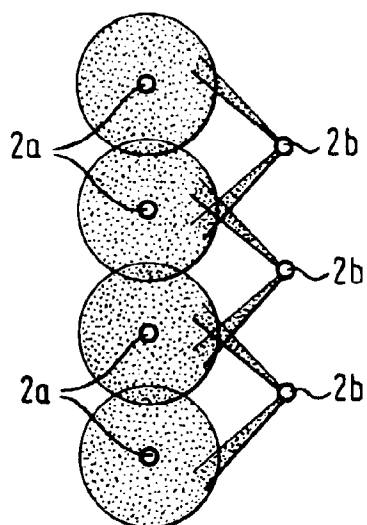


Fig. 9

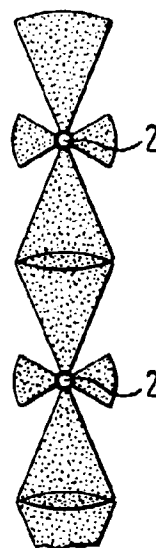


Fig. 10

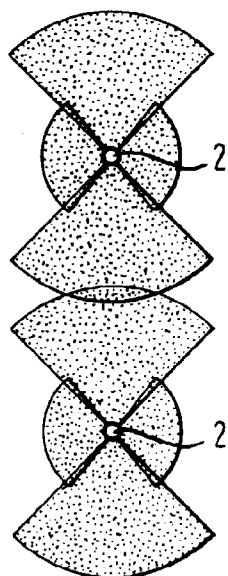


Fig. 11

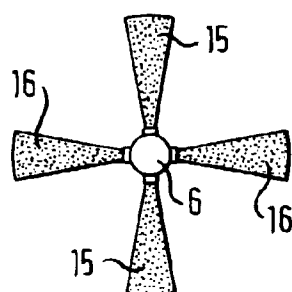


Fig. 12

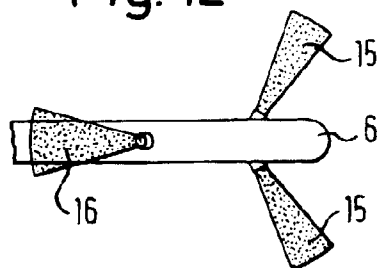


Fig. 13

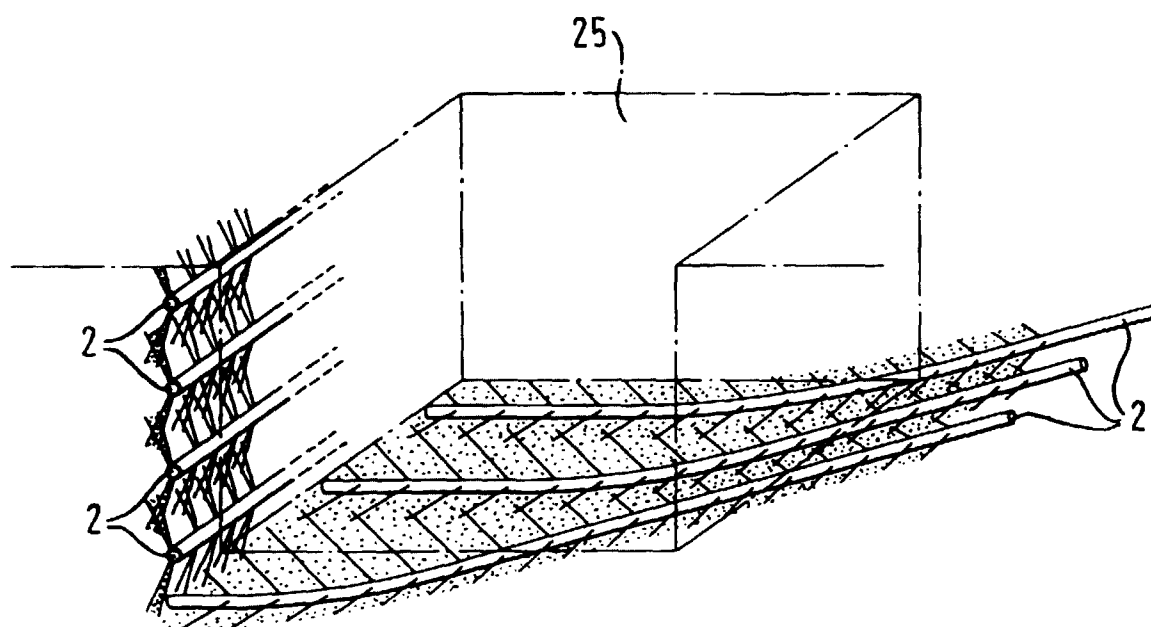


Fig. 14

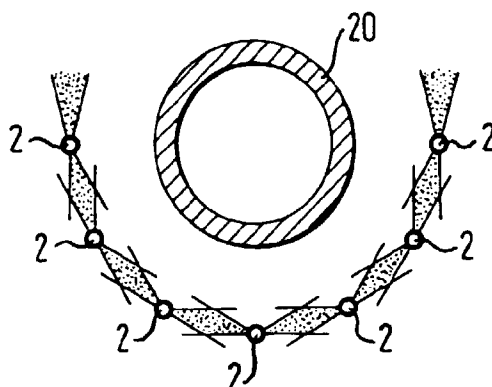


Fig. 15

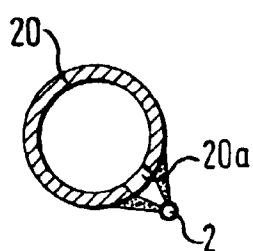


Fig. 16

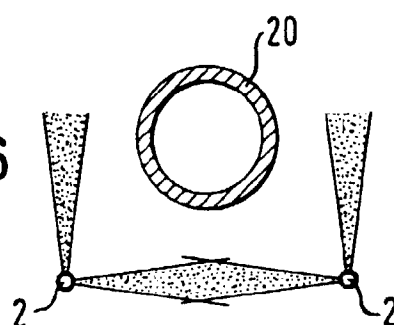


Fig. 17

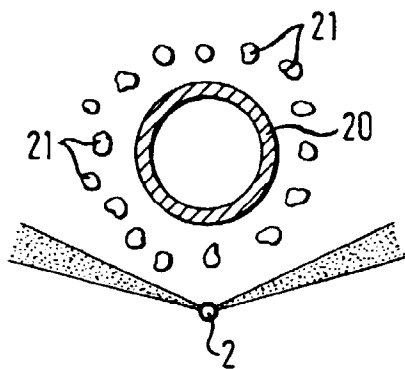


Fig. 18

