



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **707 577 A2**

(51) Int. Cl.: **F24J 3/08** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00404/13

(71) Anmelder:
Klaus Heller, Köllikerstrasse 82
5014 Gretzenbach (CH)
Catalin Teodoriu, Erzstrasse 20A
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)

(22) Anmeldedatum: 05.02.2013

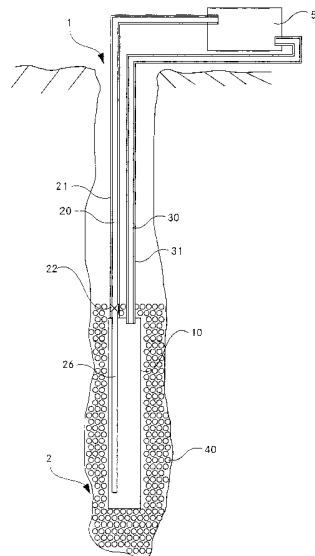
(72) Erfinder:
Klaus Heller, 5014 Gretzenbach (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.08.2014

(74) Vertreter:
Keller & Partner Patentanwälte AG, Schmiedenplatz 5
Postfach
3000 Bern 7 (CH)

(54) **Vorrichtung zur Gewinnung von Erdwärme.**

(57) Eine Vorrichtung zur Gewinnung von Erdwärme aus einer Bohrung (1) mit einem Bohrlochkopf und einem Bohrgrund (2) umfasst eine Fördereinrichtung, womit ein Medium vom Bohrlochkopf zum Bohrgrund (2) sowie vom Bohrgrund (2) zum Bohrlochkopf förderbar ist. Die Vorrichtung umfasst weiter ein in den Bohrgrund (2) eingebrachtes Füllmaterial (40), womit Wärme an das Medium übertragbar ist.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Gewinnung von Erdwärme aus einer Bohrung mit einem Bohrlochkopf und einem Bohrgrund, umfassend eine Fördereinrichtung, womit ein Medium vom Bohrlochkopf zum Bohrgrund sowie vom Bohrgrund zum Bohrlochkopf förderbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Gewinnung von Erdwärme.

Stand der Technik

[0002] Die Gewinnung von Energie aus Erdwärme ist seit langem bekannt. Dazu wird in eine Bohrung ein Wärmeträgermedium geführt, um dies am Bohrgrund von der erhöhten Temperatur im Bohrgrund zu erwärmen und anschliessend an die Oberfläche zurück zu pumpen, wo die Wärmeenergie umgesetzt wird.

[0003] Um die geothermische Energiegewinnung zu optimieren sind verschiedenste Entwicklungen vorgenommen worden.

[0004] So zeigt zum Beispiel die EP 2 189 731 A1 eine solche geothermale Sonde. Die Vorrichtung umfasst ein abwärts gerichtetes Förderrohr, welches in einen sich im Erdreich befindlichen Behälter führt, sowie ein aufwärts gerichtetes Förderrohr, womit ein geschlossener Kreislauf für ein Medium (zum Beispiel Wasser) gebildet wird. Die Vorrichtung kann durch natürliche Zirkulation oder alternativ durch eine Pumpe betrieben sein.

[0005] Die DE 3 029 900 A1 betrifft einen Wärmetauscher zur Nutzung der Erdwärme, mit einem in einem Bohrloch eingebrachten Heizkessel, welcher über ein Ventil thermostatgesteuert oder nach dem Sturzflaschenprinzip gefüllt wird. Der Kessel wird über ein Fallrohr gefüllt, während der sich bildende Dampf über ein isoliertes Steigrohr nach oben abgeleitet wird.

[0006] Die bekannten Vorrichtungen zur Gewinnung von geothermischer Energie haben den Nachteil, dass sie einen zu kleinen Wirkungsgrad aufweisen respektive eine zu geringe Wärmeleistung respektive elektrische Leistung erzeugen.

Darstellung der Erfindung

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörige Vorrichtung zur geothermischen Energiegewinnung zu schaffen, womit eine hohe Leistung erzeugbar ist.

[0008] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung umfasst die Vorrichtung weiter ein in den Bohrgrund eingebrachtes Füllmaterial, womit Wärme, vorzugsweise über einen Behälter, insbesondere über einen Dampfdruckbehälter, an das Medium übertragbar ist.

[0009] In einem Verfahren zur Gewinnung von Erdwärme aus einer Bohrung mit einem Bohrlochkopf und einem Bohrgrund wird mit einer Transporteinrichtung ein Medium vom Bohrlochkopf zum Bohrgrund und anschliessend vom Bohrgrund zum Bohrlochkopf gefördert, wobei Wärme von einem in den Bohrgrund eingelassenen Füllmaterial an das Medium übertragen wird.

[0010] Beim Füllmaterial handelt es sich vorzugsweise um ein Schüttgut oder um einen fließfähigen Feststoff. Alternativ können zur Wärmeübertragung an den Behälter auch sogenannte Wärmerohre oder Heatpipes eingesetzt werden. Mit solchen Wärmeüberträgern wird eine hohe Wärmestromdichte von der Umgebung an den Behälter ermöglicht. Die konkrete Ausgestaltung solcher Wärmerohre ist dem Fachmann hinreichend bekannt.

[0011] Der Bohrlochkopf bezeichnet dabei den Eintritt des Bohrlochs an der Oberfläche des Geländes oder die Mündung des Bohrlochs.

[0012] Mit dem Füllmaterial wird ein Wärmetransport von der Umgebung des Bohrgrundes an das Medium verbessert. Dazu weist das Füllmaterial vorzugsweise einen hohen Wärmeleitkoeffizienten und/oder eine hohe spezifische Wärmekapazität auf. Mit dem hohen Wärmeleitkoeffizienten wird ein effizienter Wärmetransport zum Medium, respektive über den Dampfdruckbehälter zum Medium erreicht. Durch die hohe spezifische Wärmekapazität wird zudem eine hohe Wärmetransportleistung erreicht. Das Füllmaterial kann zudem das Bohrloch, insbesondere im Betrieb der Wärmeenergiegewinnung, stabilisieren und stützen.

[0013] Unter dem Begriff «Bohrung» wird mindestens ein Bohrloch im Erdreich oder Gestein verstanden, welches in eine Tiefe ragt, in welcher eine erhöhte Temperatur gegenüber der Oberfläche herrscht. Eine Bohrung muss nicht zwingend senkrecht sein, sondern kann auch zur horizontalen einen Winkel von bis zu 90° aufweisen. Der Bohrungsdurchmesser kann unterschiedlich bemessen und den Umständen angepasst sein. Ein Durchmesser kann zum Beispiel zwischen wenigen Zentimetern, zum Beispiel zwischen 10 und 30 cm, bis hin zu einem Meter oder mehr betragen. Es ist auch möglich, dass eine Bohrung nicht einen einzigen Durchmesser aufweist, sondern mehrere. So kann der Bohrungsdurchmesser zum Beispiel vom Beginn der Bohrung an respektive vom Bohrlochkopf an der Erdoberfläche hin zum Bohrgrund, das heisst, am tiefsten Punkt der Bohrung, kontinuierlich abnehmen.

[0014] Die Fördereinrichtung stellt den Mediumtransport sicher. Einerseits dient die Fördereinrichtung der Förderung des Mediums vom Bohrlochkopf zum Bohrgrund, wo das Medium über das Füllmaterial aufgewärmt oder verdampft wird. An-

schliessend wird das erwärmte oder verdampfte Medium über die Fördereinrichtung wieder zum Bohrlochkopf transportiert, wo die Wärmeenergie des Medium genutzt wird. Die Nutzung kann dabei vielfältig sein. Je nach Wärmemenge kann damit eine Turbine zur Stromproduktion betrieben werden. Weiter kann die Wärmeenergie auch direkt, oder über einen Wärmetauscher geführt, zum Heizen von Gebäuden oder zur Warmwasseraufbereitung verwendet werden. Dem Fachmann sind weitere Anwendungsgebiete bekannt.

[0015] Die Fördereinrichtung muss nicht zwingend über einen Antrieb, wie zum Beispiel einen Elektromotor oder dergleichen, verfügen. Es ist auch denkbar, dass der Transport des Medium zum Beispiel durch einen Dichteunterschied zwischen dem kalten Medium und dem erwärmten Medium erreicht wird.

[0016] Ebenso muss die Fördereinrichtung nicht zwingend über eine Rohrleitung verfügen. In einer Ausführung können zum Beispiel lediglich zwei separate Bohrlöcher vorgesehen sein, wobei im Bohrgrund ein Füllmaterial eingelassen wird. Das Medium wird anschliessend in das erste Bohrloch geführt und gelangt, zum Beispiel dampfförmig, durch das zweite Bohrloch wieder zurück an die Oberfläche.

[0017] In einem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zur Gewinnung von Erdwärme wird in eine Bohrung ein Füllmaterial gegeben, womit Wärme vom Füllmaterial an ein Medium übertragbar ist.

[0018] Das Medium kann zum Beispiel in direktem Kontakt mit dem Füllmaterial sein. In diesem Fall ist das Füllmaterial vorzugsweise porös oder liegt als Schüttgut vor, so dass eine möglichst grosse Oberfläche erhalten wird, welche eine entsprechend grosse Wärmeübertragung mit dem Medium ermöglicht. In diesem Fall ist das Medium vorzugsweise Wasser. Wasser hat mehrere Vorzüge, nämlich die hohe spezifische Wärmekapazität, die hohe Verdampfungswärme und niedrige Viskosität bei relativ hohem Siedepunkt. Aufgrund der Umweltverträglichkeit kann Wasser zudem eben in offenen Kreisläufen eingesetzt werden.

[0019] Vorzugsweise ist das Medium aber in einem geschlossenen Kreislauf geführt. Damit können einerseits Kontaminationen des Bohrgrundes, aber auch des Mediums vermieden werden. Des Weiteren wird damit eine weitgehend freie Wahl des Mediums erreicht, da das Medium ja mit dem Erdreich nicht in Kontakt kommt. So können auch Öle, wie zum Beispiel Mineralöle, Synthetiköle oder biologische Öle und andere dem Fachmann bekannte Medien, welche als Wärmeträger geeignet sind, eingesetzt werden. Beim Einsatz von Wasser können damit auch Zusätze, wie Frostschutz, Salze zur Gefrierpunktsenkung etc. zugegeben werden.

[0020] Bevorzugt umfasst die Vorrichtung einen Behälter mit einer Behälterwandung, einem Mediumeinlass und einem Mediumauslass, wobei die Behälterwandung in wärmeleitender Verbindung mit dem Füllmaterial steht und der Mediumeinlass und der Mediumauslass mediumführend mit der Fördereinrichtung verbunden sind.

[0021] Vorzugsweise wird ein Behälter mit einem Mediumeinlass und einem Mediumauslass in wärmeleitendem Kontakt in das Füllmaterial eingebettet. Bevorzugt wird dazu zuerst der Behälter im Bereich des Bohrgrundes platziert, um anschliessend das Füllmaterial einzutragen. In Varianten kann auch zuerst das Füllmaterial eingetragen werden, um anschliessend den Behälter zu positionieren.

[0022] Über den Mediumeinlass wird das aufzuwärmende Medium in den Behälter geführt. Im Behälter wird das Medium erwärmt und gelangt anschliessend durch den Mediumauslass wieder aus dem Behälter. Durch das Vorsehen eines Behälters wird nun ein geschlossener Mediumkreislauf ermöglicht. Das Füllmaterial muss in diesem Fall nicht zwingend porös sein respektive Zwischenräume aufweisen, sondern kann auch kompakt ausgebildet sein, womit die Wärmeleitung weiter erhöht werden kann. Zwischenräume oder Poren können aber auch mit einem, vorzugsweise wärmeleitenden, Medium gefüllt sein, so dass nicht zwingend ein kompaktes Füllmaterial vorgesehen sein muss.

[0023] Vorzugsweise wird das Medium vom Bohrlochkopf in einen sich am Bohrgrund befindlichen Behälter gefördert und anschliessend vom Behälter zum Bohrlochkopf gefördert, wobei die Wärme vom Füllmaterial über eine Behälterwandung des Behälters an das Medium übertragen wird. Damit wird eine physikalische Trennung des Füllmaterials und der Umgebung des Bohrgrundes vom Medium erreicht, womit das Medium frei gewählt werden kann. Dadurch kann das Medium auch vor Verunreinigungen geschützt werden, womit zum Beispiel eine Korrosion der Vorrichtung oder Verstopfungen und Beschädigungen vermieden werden können.

[0024] In Varianten kann auch auf den Behälter verzichtet werden. Es kann auch eine Zuleitung und eine Ableitung des Mediums im Bereich des Bohrgrundes U-förmig verbunden sein. In diesem Fall kann die Zuleitung im Bereich des Bohrgrundes auch spiralförmig geführt sein, um die Oberfläche für den Wärmeaustausch zu vergrössern und den zeitlichen Aufenthalt des Mediums im warmen Bereich der Bohrung zu vergrössern.

[0025] Bevorzugt umfasst die Fördereinrichtung ein Fallrohr und ein Steigrohr, wobei das Fallrohr mit dem Mediumeinlass mediumführend verbunden ist und wobei das Steigrohr mit dem Mediumauslass mediumführend verbunden ist, wobei vorzugsweise das Fallrohr und das Steigrohr koaxial geführt sind.

[0026] Das Fallrohr kann dabei entweder über eine Pumpe mit dem Medium, oder nur über die Gewichtskraft des Mediums selbst gespiesen sein. Im Behälter angelangt, kann nämlich das Medium entweder nur aufgeheizt oder aber verdampft werden. Insbesondere im letzteren Fall, wenn das Medium im Behälter verdampft wird, hat dies zur Folge, dass die Dichte des Mediums massiv sinkt und mit Druck wieder an die Oberfläche geführt werden kann, so dass der hydrostatische Druck durch die Mediumssäule im Fallrohr dazu ausreichen kann. Natürlich kann zur Unterstützung respektive für eine bessere

Regulierung dennoch eine Pumpe zum Speisen des Fallrohrs vorgesehen sein. Auch kann gegebenenfalls eine Pumpe am Ende des Steigrohrs vorgesehen sein, welche die Rückführung des Dampfes oder des erhitzten Mediums begünstigen respektive regulieren kann. Diese kann gegebenenfalls als Dampfpumpe ausgebildet sein. Das Steigrohr ist vorzugsweise wärmeisoliert, so dass ein Wärmeverlust während des Transportes des Dampfes respektive des aufgeheizten Mediums möglichst gering gehalten und eine möglichst grosse Wärmeausbeute erreicht werden kann. Für die Isolation sind dem Fachmann hinreichend Möglichkeiten bekannt, wie zum Beispiel durch einen Doppelmantel, eine Isolationsbeschichtung aus einem Faserwerkstoff, einem Wärmedämmschaum wie zum Beispiel Steinwolle, Glaswolle, Polystyrol und/oder Vakuum etc. In einer bevorzugten Ausführungsform können das Fallrohr und das Steigrohr koaxial geführt sein.

[0027] In Varianten kann auch auf das Fallrohr verzichtet werden. Der Behälter kann in diesem Fall mit dem Medium versorgt werden, indem das Bohrloch mit dem Medium geflutet wird, so dass das Medium durch den hydrostatischen Druck über ein Ventil in den Behälter eindringen kann. Das Steigrohr und das Fallrohr müssen nicht zwingen koaxial geführt sein. Insbesondere wenn das Fallrohr einen Rohrfortsatz umfasst, kann es aus konstruktiven Gründen von Vorteil sein, wenn das Fallrohr und das Steigrohr nicht koaxial geführt sind.

[0028] Vorzugsweise umfasst das Fallrohr einen innerhalb des Behälters liegenden Rohrfortsatz, welcher insbesondere im Bereich eines Bohrlochkopfs eine Umlenkung zur Verteilung des Mediums umfasst. Damit kann das Medium gezielter in den Behälter geführt werden. Weiter kann damit gewährleistet werden, dass auch in einem verhältnismässig langen Behälter das Medium über den gesamten Behälter verteilt Wärme aufnehmen kann. Es soll insbesondere verhindert werden, dass der Behälter an einem unteren Ende überhitzt, so dass das eingetragene Medium zu früh verdampft und nicht bis zum unteren Ende des Behälters gelangt. Mit der Umlenkung kann die Verteilung des Mediums im Behälter weiter optimiert werden. Des Weiteren wird damit der Medieneingang lokal vom Mediumausgang getrennt, so dass die Verweilzeit des Mediums im Behälter vergrössert werden kann. Die Umlenkung kann zum Beispiel als quer zur Öffnung liegendes Blech ausgebildet sein, auf welches der Mediumstrahl senkrecht auftrifft und so um einen Winkel von beispielsweise ungefähr 90° oder mehr abgelenkt werden kann. Diese Umlenkung kann auch derart beschaffen sein, dass das Medium zumindest teilweise zerstäubt wird. Das Umlenklech kann aber auch als einfacher Rohrbogen im Endbereich des Rohrfortsatzes ausgebildet sein.

[0029] In Varianten kann auf die Umlenkung auch verzichtet werden.

[0030] Vorzugsweise umfasst der Rohrfortsatz ein Druckreduzierventil. Damit kann der Medieneinlass in den Behälter reguliert werden. Je nach Länge des Behälters respektive des Rohrfortsatzes kann es von Vorteil sein, mehrere Druckreduzierventile vorzusehen. Das Druckreduzierventil kann fix eingestellt sein oder aber auch variabel steuerbar sein. Das Druckreduzierventil oder eines der Druckreduzierventile kann eingangs des Rohrfortsatzes respektive am Ende des Fallrohrs im Bereich des Eintritts in den Behälter angeordnet sein. Weiter kann das, oder ein weiteres, Druckreduzierventil auch am Ende des Rohrfortsatzes angebracht sein. Solche Druckreduzierventile sind dem Fachmann hinreichend bekannt.

[0031] In Varianten kann auf das Druckreduzierventil auch verzichtet werden. Stattdessen kann auch der Rohrfortsatz einen geringeren Innendurchmesser aufweisen oder mit Schikanen ausgestattet sein, welche die Fliessgeschwindigkeit des Mediums reduzieren.

[0032] Bevorzugt umfasst der Rohrfortsatz mehrere Öffnungen, über welche das Medium im Behälter verteilbar ist. Diese Öffnungen sind vorzugsweise über die Länge des Rohrfortsatzes verteilt. Die Öffnungsdurchmesser können dabei derart variiert sein, dass ein möglichst gleichmässiger Eintrag des Mediums in den Behälter möglich wird. Der Rohrfortsatz kann damit in einem unteren Bereich geschlossen sein, so dass das Medium ausschliesslich durch die Öffnungen im Rohrmantel des Rohrfortsatzes austritt. Der Rohrfortsatz kann aber auch am unteren Ende eine Verjüngung aufweisen, womit ein Rückstau für die Öffnungen erreicht wird.

[0033] In Varianten kann auf die Öffnungen im Rohrfortsatz auch verzichtet werden, insbesondere wenn der Behälter nicht zu lang ist.

[0034] Vorzugsweise weisen die Öffnungen im Randbereich eine Verstärkung auf, welche insbesondere künstliche Edelsteine umfasst. Auch wenn der Rohrfortsatz aus besonders hartem Edelstahl hergestellt ist, muss dennoch an Kanten mit erosiven Beschädigungen durch das Medium gerechnet werden, da das Medium typischerweise mit hohem Druck in den Behälter eingetragen wird. Daher sind die Öffnungen bevorzugt derart verstärkt, dass sie dem Mediumstrom unbeschadet standhalten können. Eine solche Verstärkung kann durch eine Formgebung und/oder die Materialwahl erreicht werden. Besonders bevorzugt sind die Öffnungen mit künstlichen Edelsteinen gefasst, da diese eine besonders hohe Härte aufweisen und dennoch relativ kostengünstig sind. Alternativ können auch andere Materialien, wie speziell gehärtete Metalllegierungen und dergleichen eingesetzt werden, wobei entweder der Rohrfortsatz oder eben nur die Bereiche um die Öffnungen mit dem Material ausgestattet werden.

[0035] Je nach Betriebsdruck des Mediums und/oder dem Material des Rohrfortsatzes kann auf die Verstärkung der Öffnungen auch verzichtet werden.

[0036] Bevorzugt weist das Füllmaterial eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als 10 W/m*K, bevorzugt mehr als 40 W/m*K auf. Damit kann die Wärmeleitung, zum Beispiel gegenüber einer Übertragung über einen Luft-Zwischenraum zwischen dem Medium und der Umgebung, optimiert werden.

[0037] In einem Bereich von mehr als 10 W/m²K liegt zum Beispiel hoch legierter, austenitischer Stahl mit ca. 15 W/m²K, Titan mit 22 W/m²K sowie gewisse Titanlegierungen. Dieser hat den Vorteil, dass er resistent gegenüber Korrosion ist.

[0038] In einem Bereich von mehr als 40 W/m²K fallen zum Beispiel unlegierter oder niedrig legierter Stahl (40–50 W/m²K), Eisen (80 W/m²K) oder Kohlenstoff (120–160 W/m²K). Dem Fachmann sind auch weitere geeignete Stoffe für das Füllmaterial bekannt. Vorzugsweise handelt es sich um inerte Stoffe, welche kostengünstig und umweltverträglich sind und sich durch eine gute Wärmeleitfähigkeit auszeichnen.

[0039] In Varianten kann auch eine geringere Wärmeleitfähigkeit in Kauf genommen werden, wenn zum Beispiel ein eingesetzter Behälter hinreichend gross ist, so dass die gewünschte Leistung dennoch erreicht werden kann. In diesem Fall kann auch Calciumcarbonat (Calcit) oder Siliciumdioxid mit einer Wärmeleitfähigkeit von jeweils über 1 W/m²K (Wasser weist gerade mal die Hälfte auf) eingesetzt werden.

[0040] Bevorzugt umfasst aber das Füllmaterial Metall, insbesondere Metallkugeln. Die Kugelform ist bevorzugt, da damit die Gefahr des Verkantens beim Eintragen in das Bohrloch gering gehalten werden kann. Metall als Material für das Füllmaterial ist zudem zu bevorzugen, da es aufgrund der hohen Dichte besonders kompakt zwischen Bohrloch und Behälter eingefüllt werden kann. Zudem zeichnen sich Metalle durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit aus.

[0041] In Varianten können, wie weiter oben bereits erwähnt, auch andere Stoffe als Füllmaterial eingesetzt werden. Ebenso können die Materialien auch in anderen Formen oder Aggregatzuständen in die Zwischenräume zwischen dem Behälter und dem Bohrloch eingetragen werden.

[0042] Bevorzugt umfasst das Füllmaterial Stahlkugeln, vorzugsweise mit einem Durchmesser zwischen 0.5 und 5 mm, insbesondere zwischen 1 und 3 mm. Obschon reines Eisen etwa eine doppelt so hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist, sind Stahlkugeln, insbesondere aus niedrig legiertem Stahl, zu bevorzugen, da diese nicht rosten und dennoch eine recht hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Durch die relativ geringen Durchmesser der Stahlkugeln wird ein fließfähiges Schüttgut erreicht, welches besonders einfach in die Zwischenräume zwischen dem Behälter und dem Bohrloch gelangen kann. Kleine Kugeln sind insbesondere zu bevorzugen, da damit die Wärmeleitung weiter verbessert werden kann.

[0043] Die Stahlkugeln können natürlich im Durchmesser auch von obigen Angaben abweichen, insbesondere kann auch ein Stahlpulver mit kleinerer Korngrösse als 0.5 mm oder ein Mischung von Stahlkugeln verschiedener Durchmesser eingesetzt werden.

[0044] Vorzugsweise wird, in Abhängigkeit des Bohrgrundes, eine Bohrung in eine Tiefe vorgenommen, wo eine Temperatur von über 300 °C herrscht. Anschliessend wird allenfalls zuerst der Behälter und dann das Füllmaterial eingelassen. Die Bohrtiefe ist in Bezug auf den Wärmegradienten abhängig vom Bohrgrund respektive der Region, wo die Bohrung stattfinden soll. Bei einem grossen Wärmegradienten, das heisst, wenn die Temperatur pro Meter Bohrtiefe stark zunimmt, kann die Bohrtiefe geringer ausfallen, als bei einem Bohrgrund, bei welchem die Temperatur pro Meter Bohrtiefe weniger stark zunimmt.

[0045] Die Temperatur am Bohrgrund liegt vorzugsweise zwischen 350 °C und 500 °C. Je nach Bohrgrund kann diese Temperatur aber schon bei geringeren Tiefen erreicht werden. Abhängig von der gewünschten Leistung kann auch die Temperatur tiefer sein, zum Beispiel zwischen 200 °C und 300 °C. Dies hängt vom Einsatzzweck der Erdwärme ab. Falls lediglich eine Heizung, ein Thermalbad oder dergleichen gespiesen werden soll, können auch tiefere Temperaturen ausreichen, so dass typischerweise auch die Bohrtiefe geringer gewählt werden kann. Vorzugsweise wird aber eine optimale Energieausbeute angestrebt.

[0046] Dem Fachmann ist aber klar, dass die Vorrichtung auch bei geringeren Tiefen betriebstauglich sein kann. Dies hängt nicht zuletzt von der gewünschten Leistung der Vorrichtung ab. So kann eine Bohrtiefe von 5 bis 7 km oder sogar zwischen 1 und 5 km bereits ausreichen. Wird das Verfahren, respektive die Vorrichtung zum Beispiel in einem vulkanischen Gebiet eingesetzt, so kann die Bohrtiefe auch wesentlich geringer ausfallen. Andererseits kann die Bohrtiefe auch grösser als 7 km sein.

[0047] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0048] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Gewinnung von geothermaler Wärme einer ersten Ausführungsform; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Behälters einer zweiten Ausführungsform.

[0049] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0050] Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Gewinnung von geothermaler Wärme einer ersten Ausführungsform. In einem Bohrloch 1 wird dazu ein Behälter 10 am Bohrgrund 2 platziert, welcher über ein Fallrohr 20 und ein Steigrohr 30 mit einer Einrichtung 50 im Bereich des Bohrlochkopfs, welche einen Wärmetauscher, einen Dampftrockner und einen Generator umfasst, mediumführend verbunden ist. Der sich zwischen dem Bohrgrund 2 und dem Behälter 10 ergebende Zwischenraum ist vorliegend mit einem Füllmaterial 40 gefüllt, welches als Stahlkugeln mit Durchmesser ab ca. 0.5 mm vorliegt. Damit wird ein optimaler Wärmetransport zwischen dem Bohrgrund 2 und dem Behälter 10 erreicht.

[0051] Der Bohrgrund 2 befindet sich unter 5 km unter der Erdoberfläche, wobei am Bohrgrund eine erhöhte Temperatur von über 300 °C herrscht. Die vorliegende Ausführungsform umfasst einen Behälter 10, welcher eine Länge von 200 m oder mehr bei einem Durchmesser von über 15 cm aufweist. Der Behälter 10 ist damit im Wesentlichen als Rohr mit vergrössertem Innendurchmesser ausgebildet.

[0052] Als Wärmeträger wird in der vorliegenden Ausführungsform Wasser eingesetzt. Das Wasser gelangt durch den hydrostatischen Druck selbstständig, das heisst ohne zusätzlichen Antrieb durch Pumpen oder dergleichen, über das mit einer Isolation 21 versehene Fallrohr 20 in den sich dem Fallrohr unmittelbar anschliessenden Fallrohrfortsatz 26, welcher bereits innerhalb des Behälters 10 liegt und daher nicht isoliert ist. Am Ende des Fallrohres 20 befindet sich ein Druckreduzierventil 22, womit die Wasserzufuhr in den Behälter 10 steuerbar ist. Vorliegend handelt es sich um ein Ventil mit konstanter Einstellung. Dies wird abhängig von der Bohrtiefe und dem Fallrohrdurchmesser vorgängig eingestellt.

[0053] Über das Druckreduzierventil 22 gelangt das Wasser schliesslich in den Behälter 10. Die Wärme des Bohrgrunds 2 wird nun über das Füllmaterial 40, das heisst über die Stahlkugeln, an die Behälterwand übertragen. Von der Behälterwand wird die Wärme an das Medium, vorliegend Wasser geleitet. Das Wasser wird damit verdampft und gelangt über das Steigrohr 30, welches mit einer Isolationsschicht 31 gegen Wärmeverlust isoliert ist, nach oben. Der heisse Dampf gelangt schliesslich in den Wärmetauscher 50, wo mit der Wärmeenergie, zum Beispiel über eine Dampfturbine, ein Stromgenerator betrieben werden kann. Bevor der Dampf zur Dampfturbine gelangt, wird er über einen Überhitzer oder Dampftrockner geführt. Damit kann der Wirkungsgrad der Dampfturbine erhöht werden. Auf diesen Dampftrockner kann aber auch verzichtet werden, wenn die Dampftemperatur beim Bohrlochkopf über 374 °C liegt, da Nassdampf nur zwischen 100 °C und 374 °C existiert (bezogen auf Normaldruck), wohingegen bei einer Temperatur von mehr als 374 °C der Dampf bereits als Trockendampf vorliegt.

[0054] Nachdem dem kondensierten Dampf die Restwärme entzogen worden ist, kann das nun wieder abgekühlte Wasser über das Fallrohr 20 in den Behälter geführt werden, womit der Kreislauf von neuem beginnt.

[0055] Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Gewinnung von geothermaler Wärme einer zweiten Ausführungsform. Wie bei der ersten Ausführungsform ist der Behälter 10.1 im Bohrgrund (nicht dargestellt) in einem Füllmaterial 40 bestehend aus Stahlkugeln, eingebettet. Im Unterschied zur Fig. 1 sind das Fallrohr 20.1 und das Steigrohr 30.1 bis zum Eintritt in den Behälter 10.1 koaxial geführt. Um den Auslass aus dem Fallrohr 20.1 und den Einlass des Steigrohrs 30.1 lokal zu trennen, mündet das Steigrohr vorliegend innerhalb des Behälters 10.1 in einem oberen Bereich, das heisst beim Eintritt in den Behälter 10.1, seitlich aus dem Fallrohr 20.1. Dazu weist das Fallrohr 20.1 dort eine Durchbrechung auf. Dem Fachmann sind aber auch andere Modifikationen desselben Prinzips bekannt (der Austritt kann auch knapp oberhalb des Behälters 10.1 ausgebildet sein).

[0056] Sowohl das Fallrohr 20.1 als auch das Steigrohr 30.1 sind vorliegend wärmeisoliert (nicht dargestellt). Das Fallrohr 20.1, das heisst, das äussere der beiden koaxialen Rohre, umfasst unmittelbar vor dem Eintritt in den Behälter 10.1 ein Druckreduzierventil 22.1, welches den Eintritt des Wassers respektive des Wärmeträgermediums kontrolliert. Dem Fachmann ist die Ausbildung solcher annularen Ventile bekannt, zum Beispiel kann das Druckreduzierventil 22.1 lediglich als eine Verjüngung des Fallrohrs ausgebildet sein.

[0057] Alternativ kann der Eintritt des Steigrohrs 30.1 auch ausserhalb, das heisst oberhalb des Behälters ausgebildet sein, so dass das Druckreduzierventil 22.1 zwischen dem Eintritt und dem Behälter angeordnet werden kann. Der Eintritt des Steigrohrs 30.1 würde einfach durch ein Rohrstück mit dem Behälter verbunden werden, so dass auch ein einfach aufgebautes, insbesondere regelbares Druckreduzierventil 22.1 vorgesehen sein kann.

[0058] Der Fallrohrfortsatz 20.1 weist vorliegend seitlich Öffnungen 23 auf, welche randseitig mit künstlichen Edelsteinen verstärkt und so gegen Erosion geschützt sind. Durch diese Öffnungen strömt das Wasser mit hohem Druck und wird gleichmässig im Behälter 10.1 versprüht. In dieser Ausführung befindet sich am distalen Ende des Fallrohrfortsatzes 26.1, das heisst beim Austritt des Fallrohrfortsatzes 26.1, eine Düse 25, welche nach unten, in Richtung des Fallrohrs 20.1, gerichtet ist. Unterhalb der Düse 25 ist ein gewölbtes Umlenblech 24 mit dem Fallrohrfortsatz 26.1 derart verbunden, dass aus der Düse 25 austretendes Wasser auf die konkave Seite des Umlenblechs 24 trifft und so umfangseitig, seitlich versprüht wird.

[0059] In einer dritten, nicht dargestellten Variante kann auf das Umlenblech in der Ausführung gemäss Fig. 2 auch verzichtet werden. Ebenso kann die Ausführungsform gemäss Fig. 2 auch mit parallel nebeneinander, das heisst nicht koaxial geführten, Fallrohr und Steigrohr ausgestattet sein. In einer vierten, nicht dargestellten Variante kann die Ausführungsform

gemäss Fig. 1 ein solches Umlenklech unten am Fallrohrfortsatz 26 umfassen. In einer fünften, nicht dargestellten Ausführungsform kann die Ausführungsform gemäss Fig. 1 Öffnungen gemäss der Ausführungsform der Fig. 2 aufweisen.

[0060] Die Stahlkugeln können auch andere Durchmesser aufweisen. Zudem können auch andere Materialien für den Wärmetransport zwischen Bohrgrund 2 und Behälter 10 vorgesehen sein. So könnte der Zwischenraum auch mit einem zementartigen Material aufgefüllt respektive ausgegossen werden, welches eine hinreichend gute Wärmeleitfähigkeit aufweist. Damit könnte zudem die Stabilität des Bohrlochs weiter verbessert werden.

[0061] Als Wärmeträger können, insbesondere beim bevorzugten geschlossenen Kreislauf des Wärmeträgers, auch ein Öl oder weitere Flüssigkeiten vorgesehen sein. Das Druckreduzierventil 22 kann auch am Ende des Fallrohrfortsatzes 26 montiert sein.

[0062] Statt den Wasserdampf durch einen Wärmetauscher zu führen, kann damit auch direkt eine Dampfturbine oder dergleichen betrieben werden (zum Beispiel zur Stromerzeugung).

[0063] Auch wenn in der Fig. 1 die Bohrung senkrecht dargestellt wird, ist dem Fachmann klar, dass solche Bohrungen auch einen gewissen Neigungswinkel aufweisen können. Dieser kann zum Beispiel zwischen einem Winkel von 1° bis 10° zur Vertikalen liegen oder auch grösser sein.

[0064] Zusammenfassend ist festzustellen, dass erfindungsgemäss eine besonders effiziente Vorrichtung zur Gewinnung von geothermaler Energie geschaffen wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Gewinnung von Erdwärme aus einer Bohrung (1) mit einem Bohrlochkopf und einem Bohrgrund (2), umfassend eine Fördereinrichtung, womit ein Medium von dem Bohrlochkopf zum Bohrgrund (2) sowie vom Bohrgrund (2) zum Bohrlochkopf förderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung weiter ein in den Bohrgrund (2) eingebrachtes Füllmaterial (40) umfasst, womit Wärme an das Medium übertragbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Behälter (10) mit einer Behälterwandung, einem Mediumeinlass und einem Mediumauslass umfasst, wobei die Behälterwandung in wärmeleitender Verbindung mit dem Füllmaterial (40) steht und der Mediumeinlass und der Mediumauslass mediumführend mit der Fördereinrichtung verbunden sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördereinrichtung ein Fallrohr (20) und ein Steigrohr (30) umfasst, wobei das Fallrohr (20) mit dem Mediumeinlass mediumführend verbunden ist und wobei das Steigrohr (30) mit dem Mediumauslass mediumführend verbunden ist, wobei vorzugsweise das Fallrohr (20) und das Steigrohr (30) koaxial geführt sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Fallrohr (20) einen innerhalb des Behälters (10) liegenden Rohrfortsatz (26) umfasst, welcher insbesondere im Bereich eines Bohrlochkopfs des Rohrfortsatzes (26) eine Umlenkung zur Verteilung des Mediums umfasst.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrfortsatz (26) ein Druckreduzierventil (22) umfasst.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrfortsatz (26) mehrere Öffnungen (23) umfasst, über welche das Medium im Behälter (10) verteilbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen (23) im Randbereich eine Verstärkung aufweisen, welche insbesondere künstliche Edelsteine umfasst.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Füllmaterial (40) eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als 10 W/m²K, bevorzugt mehr als 40 W/m²K, aufweist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Füllmaterial (40) Metall, insbesondere Metallkugeln, umfasst.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Füllmaterial (40) Stahlkugeln umfasst, vorzugsweise mit einem Durchmesser zwischen 0.4 und 5 mm, insbesondere zwischen 0.5 und 3 mm.
11. Verfahren zur Gewinnung von Erdwärme aus einer Bohrung mit einem Bohrlochkopf und einem Bohrgrund (2), wobei mit einer Transporteinrichtung ein Medium vom Bohrlochkopf zum Bohrgrund (2) und anschliessend vom Bohrgrund (2) zum Bohrlochkopf gefördert wird, dadurch gekennzeichnet, dass Wärme von einem in den Bohrgrund (2) eingelassenen Füllmaterial (40) an das Medium übertragen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium vom Bohrlochkopf in einen sich am Bohrgrund (2) befindlichen Behälter (10) gefördert wird und anschliessend vom Behälter (10) zum Bohrlochkopf gefördert wird, wobei die Wärme vom Füllmaterial (40) über eine Behälterwandung des Behälters (10) an das Medium übertragen wird.

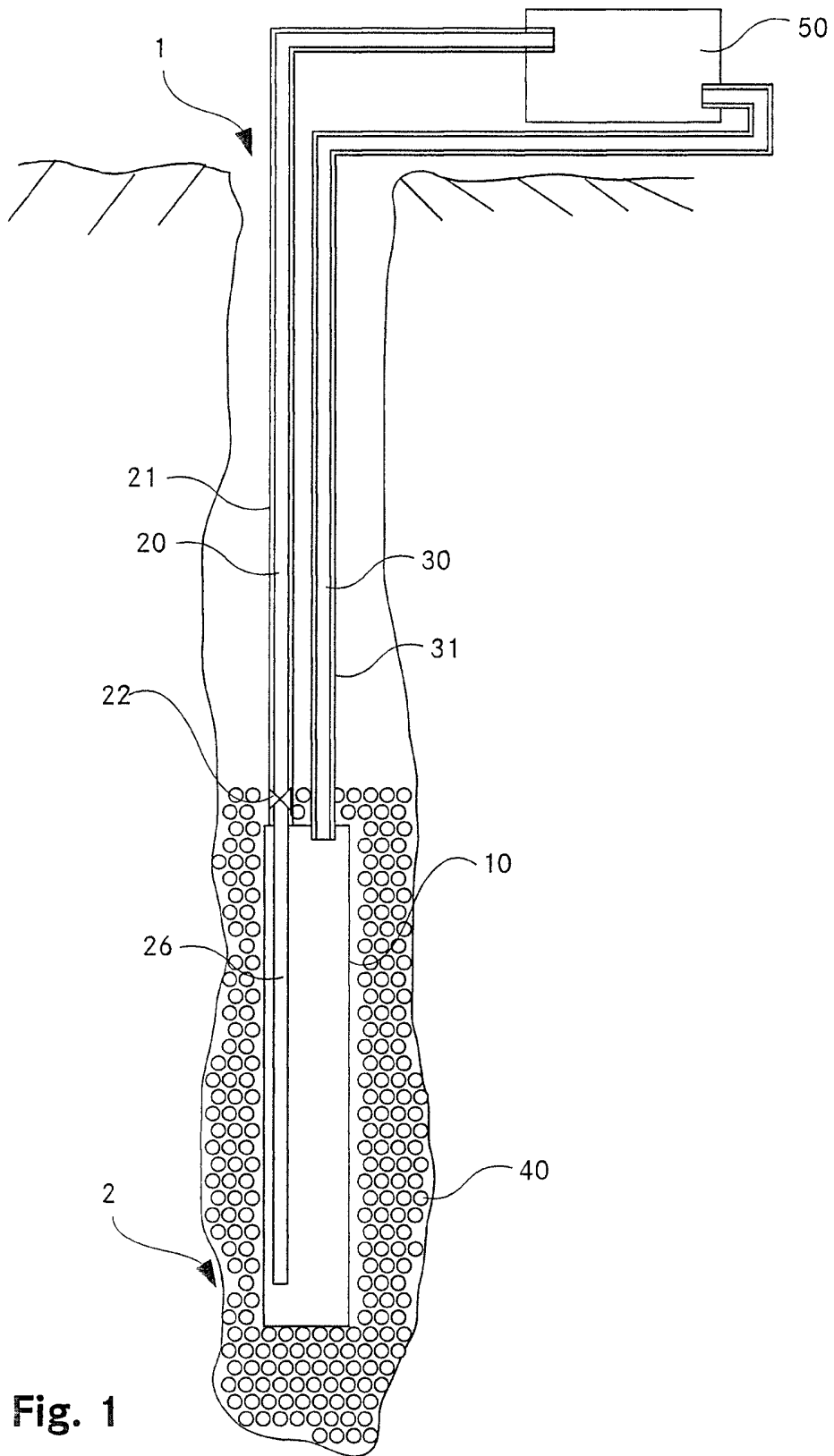


Fig. 1

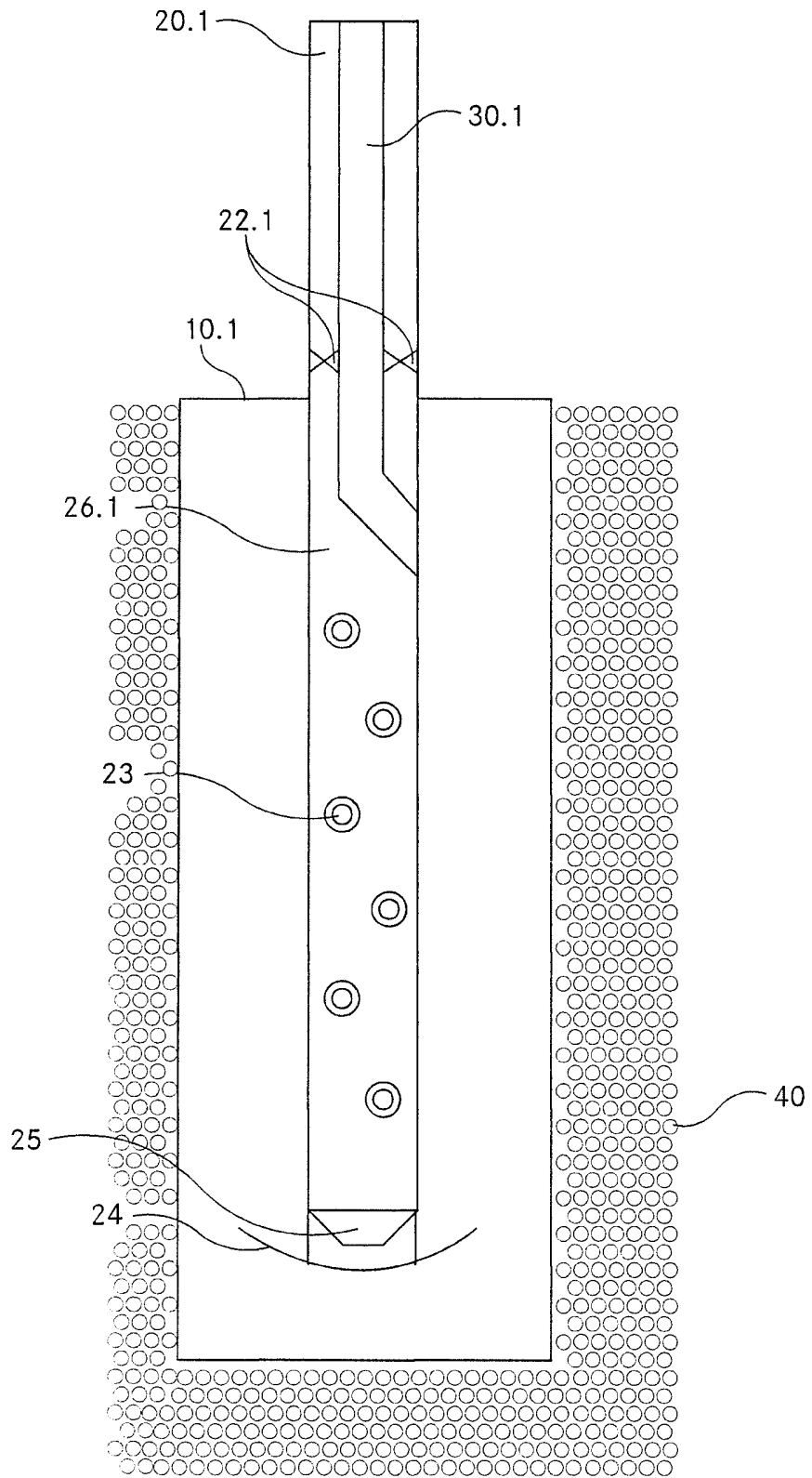


Fig. 2