



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **717 800 B1**

(51) Int. Cl.: **F24T** **10/13** (2018.01)
F28F **21/06** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 001073/2020

(22) Anmeldedatum: 01.09.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.03.2022

(24) Patent erteilt: 15.05.2023

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.05.2023

(73) Inhaber:
HakaGerodur AG, Mooswiesstrasse 67
9201 Gossau (CH)

(72) Erfinder:
Michael Menzl, 9200 Gossau (CH)
Peter Mayer, 8717 Benken (CH)

(74) Vertreter:
Schaad Balass Menzl & Partner AG Patent- und
Markenanwälte, Bellerivestrasse 20 Postfach
8034 Zürich (CH)

(54) **Erdwärmesondenrohr.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Erdwärmesondenrohr für eine Erdwärmesondenanlage, wobei das Erdwärmesondenrohr pigmentiert ist und mindestens teilweise ein thermoplastisches Polyethylen umfasst, welches in Rohrform einen σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 20°C und 50 Jahre von mindestens 10 MPa aufweist. Das erfindungsgemässe Erdwärmesondenrohr ist dadurch gekennzeichnet, dass der σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 60°C und 50 Jahre mindestens 6 MPa beträgt.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Erdwärmesondenrohr für eine Erdwärmesondenanlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Erdwärmesonde umfassend mindestens zwei dieser Erdwärmesondenrohre. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines spezifischen Polyethylens für ein pigmentiertes Erdwärmesondenrohr, insbesondere ein für die Wärmeregeneration des umgebenden Erdreichs ausgelegtes Erdwärmesondenrohrs, sowie die Verwendung des Erdwärmesondenrohrs zur geothermischen Anwendung bis zu einer Tiefe von maximal 450 m.

[0002] Erdwärmesondenanlagen sind dem Fachmann bekannt und werden zur Nutzung der Erdwärme (Geothermie) eingesetzt. Dazu werden Erdwärmesondenrohre, die in der Regel über ein als Sondenfuss bezeichnetes Verbindungsstück paarweise miteinander verbunden sind und derart eine Erdwärmesonde bilden, in ein Bohrloch im Erdreich abgesenkt.

[0003] Im Betrieb wird ein fluider Wärmeträger durch ein erstes Erdwärmesondenrohr (Erdwärmesondenanzulaufrohr) von einem in Erdbodennähe angeordnetem erstem Ende zu dessen entgegengesetzt angeordnetem zweitem Ende bzw. zum Sondenfuss geführt. Über den Sondenfuss wird der Wärmeträger umgelenkt und über ein zweites Erdwärmesondenrohr (Erdwärmesondenrücklaufrohr) von dessen zweitem Ende wieder nach oben zu dessen erstem Ende geführt. Auf seinem Weg wird der Wärmeträger durch die über die Rohrwandung geleitete Erdwärme erwärmt, welche in der Regel mittels eines an die Erdwärmesondenrohre angeschlossenen Wärmetauschers bzw. einer Wärmepumpe einer wirtschaftlichen Nutzung zugänglich gemacht wird.

[0004] Als Beispiel für eine konkrete Ausführung eines Erdwärmesondenrohrs bzw. dessen Herstellung sei etwa auf die EP-A-2365027 verwiesen.

[0005] Um das Bohrloch nach dem Absenken der Erdwärmesondenrohre abzudichten, wird der verbleibende Hohlraum in der Regel mit einer Verpressmasse hinterfüllt. Als Verpressmasse wird oft ein Material mit relativ guten Wärmeleitfähigkeitseigenschaften verwendet, wodurch eine gute Wärmeübertragung vom Erdreich zu den Erdwärmesondenrohren und letztendlich zum Wärmeträger gewährleistet werden soll. Konkret werden als Verpressmasse oft Bentonit oder Einpressmörtel verwendet.

[0006] Um die Betriebssicherheit der Anlage zu gewährleisten, sind die Erdwärmesondenrohre dahingehend dimensioniert, dem maximal zu erwartenden Druck standzuhalten. Dieser maximal zu erwartende Druck ergibt sich für die vertikal verlegten Erdwärmesondenrohre einerseits aus dem hydrostatischen (Innen-)Druck des Wärmeträgers und andererseits aus dem hydrostatischen (Aussen-)Druck der Verpressmasse, der dem Innendruck entgegenwirkt. Konkret muss das Erdwärmesondenrohr somit in der Regel lediglich dem Systemdruck der Erdwärmesondenanlage von 1 bis 5 bar und einem minimalen, sich aus dem Unterschied besagter hydrostatischen Drucke ergebenden Differenzdruck standhalten. Allerdings kann es aufgrund geologischer Gegebenheiten vorkommen, dass die in das Bohrloch eingeführte Verpressmasse durch Klüfte abfließt, was zur Bildung von Kavitäten innerhalb der Hinterfüllung führt. Mithin kann es vorkommen, dass bereichsweise dem hydrostatischen Innendruck kein hydrostatischer Aussendruck entgegenwirkt.

[0007] Im Sinne der Betriebssicherheit werden Erdwärmesondenrohre somit so ausgelegt, dass sie dem maximal zu erwartenden Innendruck auch in Abwesenheit eines entgegengewirkenden Aussendruckes standhalten können.

[0008] Vor diesem Hintergrund wird in der EP-A-2706308 ein Erdwärmesondenrohr beschrieben, welches in einem dem vorlaufenden Ende zugewandten Längsabschnitt einen in Richtung zum vorlaufenden Ende hin abnehmenden SDR-Wert, d.h. ein abnehmendes Verhältnis zwischen Rohraussendurchmesser zur Rohrwandstärke, aufweist.

[0009] Als Basis für die Standard-Dimensionierung von Erdwärmesondenrohren wird von einer Betriebstemperatur von 20°C ausgegangen.

[0010] Aufgrund dessen, dass in jüngerer Zeit die Geothermie verstärkt genutzt wird, stellt sich gerade in urbanen Gebieten seit einiger Zeit das weitere Problem, dass das Erdreich im Bereich der Erdwärmesonden aktiv regeneriert werden muss. So reicht angesichts der immer geringer werdenden Abstände zwischen den einzelnen Erdwärmesonden das natürliche Potential nicht aus, um eine ausreichende Energiemenge nachhaltig bereitzustellen. Für die aktive Regeneration wird Wärmeenergie dem Erdreich wieder zugeführt, wobei ein Wärmeträgermedium, welches vorgängig z.B. mittels Solarwärme, Umgebungsluft, industrieller Abwärme oder Wärme von Abwasser erwärmt wurde, durch die Erdwärmesonde geleitet wird und dabei Wärme an das umgebende Erdreich abgibt. Die Temperatur des Wärmeträgermediums liegt dabei höher als 20°C und kann bis 60°C betragen.

[0011] In der oben angeführten EP-A-2365027 wird als Material für Erdwärmesondenrohre Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polybuten (PB) und Polyamid (PA) genannt. In der EP-A-2706308 wird wiederum eine Erdwärmesonde beschrieben, in welcher die Erdwärmesondenrohre aus einem Polyolefin und die Umlenkung aus Polyamid gebildet ist.

[0012] Während die aus dem Stand der Technik bekannten Materialien eine ausreichend hohe Festigkeit für die Anwendung zur geothermischen Energiegewinnung aufweisen, stellen sich an Erdwärmesondenrohre, welche auch auf die aktive Wärmeregeneration ausgelegt sind, andere Anforderungen. So wurde festgestellt, dass bei einer Langzeitanwendung die mechanischen Eigenschaften gängiger für die Herstellung von Erdwärmesondenrohren verwendeter Materialien abnehmen, weil sie über eine längere Periode erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind. Darüber hinaus müssen die Erdwärmesondenrohre gegen eine Fortpflanzung möglicher Risse beständig sein, welche zu einem Ausfall des Systems führen könnten.

[0013] Da insbesondere bei der Verwendung von Polyethylen die Langzeitbeständigkeit bei erhöhten Temperaturen beeinträchtigt wird und die Festigkeitseigenschaften abnehmen, ist eine Standard-Dimensionierung von Erdwärmesondenrohren für den Einsatz bei diesen Temperaturen nicht möglich. Unter Berücksichtigung der abnehmenden Festigkeit bei erhöhter Temperatur ist somit für entsprechende Anwendungen die Wanddicke des Erdwärmesondenrohrs zu vergrössern, was zu einem höheren Materialanteil und zu höheren Herstellungskosten führt. Zudem geht eine vergrösserte Wanddicke bei gleichbleibenden Aussendurchmesser des Rohrs mit einem verringerten Innendurchmesser einher, was einen erhöhten Durchflusswiderstand für die Wärmeträgerflüssigkeit und letztendlich einen erhöhten Energiebedarf der Umwälzpumpe zur Folge hat.

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt nun darin, ein Erdwärmesondenrohr für eine Erdwärmesondenanlage zur Verfügung zu stellen, welches unter Beibehaltung gängiger Dimensionen auch dann einen sicheren Betrieb der Erdwärmesondenanlage gewährleistet, wenn es zur aktiven Wärmeregeneration des das Erdwärmesondenrohr umgebenden Erdreichs eingesetzt wird. Insbesondere soll das Erdwärmesondenrohr eine ausreichend hohe Rissfortpflanzungsbeständigkeit aufweisen und auch bei Verwendung eines Wärmeträgermediums mit erhöhter Temperatur, und insbesondere einer Temperatur bis 60°C, über eine längere Zeitdauer weitgehend alterungsbeständig sein.

[0015] Die erfindungsgemässe Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 definierte Erdwärmesondenrohr gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0016] Gemäss Anspruch 1 ist das Erdwärmesondenrohr der vorliegenden Erfindung pigmentiert und umfasst mindestens teilweise ein thermoplastisches Polyethylen, welches zusätzlich durch die in Anspruch 1 definierten Eigenschaften charakterisiert wird.

[0017] Als Pigment wird in der Regel ein schwarzes Pigment eingesetzt, insbesondere Russ. Die Pigmentierung ist für die Verwendung des Rohrs als Erdwärmesondenrohre deshalb von Relevanz, weil diese unter Umständen über längere Zeit einer Sonnenlichtexposition ausgesetzt sein können, etwa während der Lagerung auf der Baustelle. Eine damit einhergehende Verfärbung des Erdwärmesondenrohrs, die letztendlich dazu führen könnte, dass es von einem potentiellen Abnehmer zurückgewiesen wird, kann mit der Pigmentierung somit verhindert werden.

[0018] Anspruchsgemäss handelt es sich beim verwendeten Polyethylen um ein thermoplastisches Polyethylen. Das Material ist somit schweisssbar, was im Hinblick auf dessen Verwendung in Erdwärmesonden, in denen die Erdwärmesondenrohre mit einer Umlenkung verbunden werden, von hoher Relevanz ist. So kann im Bereich der Umlenkung, d.h. an der tiefsten Stelle der Erdwärmesonde, an welcher im Falle von Fehlstellen in der Hinterfüllung ein sehr hoher hydrostatischer Druck vorliegen kann, eine sehr stabile Verbindung zwischen Erdwärmesondenrohr und Umlenkung gewährleistet werden. In der Regel basiert das Polyethylen des erfindungsgemässen Erdwärmesondenrohrs auf einem High-Density Polyethylen (HDPE).

[0019] Wie weiter im Anspruch definiert weist das Polyethylen in Rohrform einen σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 20°C und 50 Jahre von mindestens 10 MPa auf. Der σ_{LTHS} -Wert bezieht sich dabei konkret auf eine Rohrform mit einem Aussendurchmesser von 32 mm und einer Wandstärke von 3,0 mm und basiert auf einer Analyse gemäss ISO 1167 (EN ISO 1167:2006) als Testmethode und ISO 9080 (EN ISO 9080:2012) als Berechnungsmethode.

[0020] Die Methoden zur Bestimmung des σ_{LTHS} -Werts sind dem Fachmann bekannt und werden in den oben angegebenen Normen eindeutig definiert.

[0021] Zusammengefasst wird σ , d.h. die Zeitstand-Innendruckfestigkeit, für das zu untersuchende Material bei 20°C (Wasser) für einen Zeitraum von 50 Jahre aus entsprechenden Zeitstandkurven ermittelt. Die Erstellung dieser Zeitstandkurven erfolgt dabei über die Messung einzelner Zeitstand-Werte, d.h. die Bestimmung der Standzeit bei vorgegebener Umfangsspannung, und ihre Auswertung nach der Standard-Extrapolationsmethode gemäss ISO 9080 (EN ISO 9080:2012). Die Auswertung ergibt für die Umfangsspannung bei 20°C Betriebstemperatur und 50 Jahren Beanspruchungsdauer den Erwartungswert LTHS (Long Term Hydrostatic Strength) bzw. den σ_{LTHS} -Wert.

[0022] Das Polyethylen der vorliegende Erfindung ist nun dadurch gekennzeichnet, dass der σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 60°C und 50 Jahre mindestens 6 MPa beträgt, wiederum bezogen auf eine Rohrform mit einem Aussendurchmesser von 32 mm und einer Wandstärke von 3,0 mm und basierend auf einer Analyse gemäss ISO 1167 (EN ISO 1167:2006) als Testmethode und ISO 9080 (EN ISO 9080:2012) als Berechnungsmethode. Vorzugsweise beträgt der σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 60°C und 50 Jahre mindestens 6,2 MPa, besonders bevorzugt mindestens 6,3 MPa.

[0023] Während ein Polyethylen mit besagten Eigenschaften im Stand der Technik bekannt ist, wurde dieses bislang nicht mit einer Pigmentierung verwendet, insbesondere nicht für pigmentierte Erdwärmesondenrohre.

[0024] Es hat sich gezeigt, dass bei Verwendung des beschriebenen Materials die erforderlichen Langzeitfestigkeiten trotz Pigmentierung des Erdwärmesondenrohrs erreicht werden können. So zeigt das erfindungsgemässe Erdwärmesondenrohr auch bei Verwendung eines Wärmeträgermediums mit erhöhter Temperatur, und insbesondere einer Temperatur bis 60°C, über eine längere Zeitdauer keine Defekte, womit es für die Verwendung zur aktiven Wärmeregeneration des das Erdwärmesondenrohr umgebenden Erdreichs eingesetzt werden kann.

[0025] Insbesondere weist das erfindungsgemässe Erdwärmesondenrohr eine ausreichend hohe Rissfortpflanzungsbeständigkeit auf, womit es über eine relativ lange Zeitdauer stabil bleibt, obwohl durch die beim Abteufen entstehenden Kerben eine relativ grosse Kerb-Belastung besteht.

[0026] Letztendlich kann dadurch ein sicherer Betrieb der Erdwärmesondenanlage auch dann gewährleistet werden, wenn das Erdwärmesondenrohr auch für die aktive Wärmereneration des Erdreichs eingesetzt wird.

[0027] Das Polyethylen des erfindungsgemässen Erdwärmesondenrohrs weist in der Regel eine Oxidationsinduktionszeit bei 210°C von mehr als 15 Minuten und einen Strain Hardening Modulus (Dehnungsverfestigungsmodul) bei 80°C von mehr als 50 MPa auf. Im Besonderen beziehen sich die Werte auf eine nach ISO 11357-6 bestimmte Oxidationsinduktionszeit bzw. einen nach ISO 18488 bestimmten Strain Hardening Modulus. Vorzugsweise beträgt die Oxidationsinduktionszeit bei 210°C mehr als 20 Minuten.

[0028] Im Übrigen hat sich gezeigt, dass ein Polyethylen, welches ferner eine Dichte von 0,94 bis 0,98 g/cm³ bei 23°C aufweist, besonders bevorzugt ist. Die angegebenen Werte bzw. der angegebene Bereich bezieht sich dabei insbesondere auf eine gemäss ISO 1183-1 bestimmte Dichte.

[0029] Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Polyethylen ferner durch einen Schmelzflussindex von 0.22 bis 0.26 g/10 min bei einer Prüftemperatur von 190°C und einer Masse von 5 kg definiert, wobei sich die angegebenen Werte bzw. der angegebene Bereich insbesondere auf einen gemäss ISO 1133-1 bestimmten Schmelzflussindex beziehen.

[0030] Weiter ist bevorzugt, dass das Polyethylen ferner durch einen Elastizitätsmodul (Biegemodul) von 800 bis 1400 MPa bei 23°C definiert ist. Hierbei beziehen sich die angegebenen Werte insbesondere auf einen gemäss ISO 178 bestimmten Elastizitätsmodul. Damit ist das Material wesentlich weniger steif als etwa vernetztes Polyethylen (PE_x), welches zwar hinsichtlich der Rissfortpflanzungsbeständigkeit erwünschte Eigenschaften aufweist, aufgrund der hohen Steifigkeit und der mangelnden Schweissbarkeit aber nur bedingt für die Herstellung von Erdwärmesonden bzw. Erdwärmesondenrohren geeignet ist.

[0031] Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Polyethylen ferner durch eine Streckspannung von 18 bis 26 MPa bei 23°C (insbesondere bestimmt nach ISO 527-2) definiert, da sich hierfür besonders vorteilhafte mechanische Eigenschaften für das Erdwärmesondenrohr ergeben.

[0032] Hinsichtlich der Pigmentierung ist besonders bevorzugt, dass das Polyethylen eine Russverteilung gemäss ISO 18553 von weniger als Grad 3 aufweist. Zudem ist bevorzugt, dass das Polyethylen einen Russgehalt gemäss ISO 6964 im Bereich von 1,5 bis 3,0%, vorzugsweise 2,0 bis 3,0%, aufweist. Es wurde festgestellt, dass bei einer Pigmentierung innerhalb dieser Bereiche die mechanischen Eigenschaften insbesondere hinsichtlich Temperatur- und Rissfortpflanzungsbeständigkeit nicht oder nur in unerheblichem Masse beeinträchtigt werden. Eine Abnahme der Temperatur- und Rissfortpflanzungsbeständigkeit, die der Fachmann aufgrund der durch das Pigment in der Polymermatrix auftretenden Fehlstellen erwarten würde, findet somit bei Einhaltung der oben angegebenen Russverteilung und/oder des oben angegebenen Russgehalts nicht statt.

[0033] Gemäss einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Erdwärmesonde umfassend mindestens zwei Erdwärmesondenrohre gemäss obiger Beschreibung, die dazu bestimmt sind, ins Erdreich abgeteuft zu werden, und von denen ein erstes ein Erdwärmesondenanzulaufrohr und ein zweites ein Erdwärmesondenrücklaufrohr bildet. Die Erdwärmesonde umfasst dabei zudem eine Umlenkung, über welche das Erdwärmesondenanzulaufrohr und das Erdwärmesondenrücklaufrohr an ihrem in Abteufrichtung vorlaufenden Ende miteinander verbunden sind.

[0034] Konkret ist die Umlenkung (auch als Sondenfuss bezeichnet) U-förmig ausgestaltet und weist einen Schmutzsammler auf. Denkbar ist dabei, dass der Schmutzsammler wie in der EP-A-2395301 beschrieben ausgebildet ist. Die Umlenkung kann im Spritzguss hergestellt werden. Je nach Dimensionen ist aber denkbar und unter Umständen bevorzugt, die Umlenkung aus Vollmaterial zu fräsen, wobei bei einer derart hergestellten Umlenkung kein Schmutzsammler vorliegt.

[0035] Zudem weist die Umlenkung bzw. der Sondenfuss in der Regel eine Vorrichtung zur Befestigung von Gewichten als Einbauhilfe auf. Im Übrigen weist die Umlenkung bzw. der Sondenfuss in der Regel einen integrierten Auflagesteg für eine Stossvorrichtung zum Abteufen der Erdwärmesonde auf.

[0036] Denkbar ist insbesondere eine Erdwärmesonde, welche insgesamt vier Rohre aufweist und somit eine sogenannte Doppel-U-Sonde bildet. Nebst einer U-förmigen Ausgestaltung der Erdwärmesonde ist auch eine koaxiale Ausgestaltung der Erdwärmesonde denkbar. Bei dieser Ausgestaltung umfasst die Erdwärmesonde zwei ineinandergeschobene Erdwärmesondenrohre mit einem dazwischen ausgebildeten Ringspalt und einem am tiefsten Punkt eingeschweissten Verschlussstopfen.

[0037] Die Länge der Erdwärmesondenrohre liegt vorzugsweise in einem Bereich von 20 bis 450 m, vorzugsweise 30 bis 400 m.

[0038] Vorzugsweise liegt der Rohraussendurchmesser d des Erdwärmesondenrohrs im Bereich von 25 mm bis 53 mm, weiter bevorzugt von 32 mm bis 43 mm, und beträgt am meisten bevorzugt mindestens annähernd 32 mm oder 40 mm. Denkbar ist zudem, dass ein zusätzlicher Schutzmantel vorliegt; dieser ist aber in den oben angegebenen Dimensionen des Rohraussendurchmessers d nicht miteinbezogen.

[0039] Der Rohrinne Durchmesser d_i liegt vorzugsweise im Bereich von 20 mm bis 43 mm, weiter bevorzugt von 26 mm bis 34 mm, und beträgt am meisten bevorzugt mindestens annähernd 27 mm oder 33 mm.

[0040] Die Rohrwandstärke des Erdwärmesondenrohrs liegt vorzugsweise im Bereich von 1.9 mm bis 10 mm, bevorzugt im Bereich von 2,5 mm bis 3,7 mm.

[0041] Weiter ist bevorzugt, dass der minimale Biegeradius des Erdwärmesondenrohrs bei 0°C bei 50 x d_n , bei 10°C bei 35 x d_n und bei 20°C bei 20 x d_n liegt, wobei d_n den Nennaussendurchmesser des Erdwärmesondenrohrs bezeichnet.

[0042] Gemäss einer weiteren Ausführungsform ist die Umlenkung aus demselben Material gebildet wie die Erdwärmesondenrohre. Diese Ausführungsform unterscheidet sich damit zusätzlich von der in EP-A-2706308 als bevorzugt bezeichneten Ausführungsform, gemäss welcher die Erdwärmesondenrohre aus einem Polyolefin und die Umlenkung aus Polyamid gebildet ist.

[0043] Wie erwähnt sind die oben beschriebenen Erdwärmesondenrohre aufgrund ihrer Temperaturbeständigkeit insbesondere auch für die aktive Wärmereneration des Erdreichs geeignet. Gemäss einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung somit auch die Verwendung des oben beschriebenen Polyethylens für ein Erdwärmesondenrohr, insbesondere ein für die Wärmereneration des umgebenden Erdreichs ausgelegtes Erdwärmesondenrohrs. Desweiteren betrifft die Erfindung auch die Verwendung des oben beschriebenen Erdwärmesondenrohrs zur geothermischen Anwendung bis zu einer Tiefe von maximal 450 m.

Ausführungsbeispiel

[0044] Ein erfindungsgemässes Erdwärmesondenrohr bzw. eine erfindungsgemässe Erdwärmesonde kann in einem im Folgenden beschriebenen Extrusionsverfahren hergestellt werden.

[0045] Hierzu wird in einer kontinuierlich betriebenen Schneckenpresse ein als Granulat eingeführtes Polyethylen vom Typ ELTEX® TUB121 NRG durch Druck und Temperatur aufgeschmolzen, plastifiziert und als Schmelzestrang in einen sogenannten Rohrkopf ausgestossen. Im Rohrkopf erfolgt die Umformung in einen endlosen Schmelze-Strang mit ringförmigem Querschnitt. Ein auf den Rohrkopf aufgesetztes Werkzeug formt diesen Schmelze-Strang bezüglich Aussendurchmesser und Wanddicke entsprechend dem gewünschten Rohrquerschnitt. Der endlose Schmelze-Strang durchläuft anschliessend unter äusserem Unterdruck eine Kalibrier- und Kühleinrichtung, in welcher der Schmelzestrang abgekühlt wird.

[0046] Dieser abgekühlte Strang wird damit zum Rohr und kontinuierlich mittels eines Abzugs durch die Produktionsanlage gezogen. Dabei werden Wanddicke und Aussendurchmesser zur Qualitätssicherung kontinuierlich erfasst und entsprechend der Toleranzvorgaben geregelt.

[0047] Am Ende der Produktionsanlage wird das Erdwärmesondenrohr, welches die erfindungsgemässen Eigenschaften aufweist, mittels einer Wickelvorrichtung entsprechend der gewünschten Länge zu einem Rohr-Ring, Ringbund genannt, gewickelt, abgeschnitten und zur Weiterverarbeitung entnommen.

[0048] Die sogenannten Enden von je zwei Ringbunden werden in einem weiteren Verfahren mittels einer/s zusätzlichen Umlenkung bzw. Sondenfusses zu einer Erdwärmesonde flüssigkeits- und druckdicht verbunden.

[0049] Tests haben gezeigt, dass die derart hergestellten Erdwärmesondenrohre bzw. Erdwärmesonden eine hohe mechanische Festigkeit auch dann beibehalten, wenn sie über längere Zeit einer Temperatur von -20°C bis 60°C ausgesetzt sind. Somit können die Erdwärmesondenrohre sowohl für die geothermische Energiegewinnung als auch für die aktive Wärmereneration verwendet werden, ohne dass die mechanische Stabilität massgeblich beeinträchtigt wird.

Patentansprüche

1. Erdwärmesondenrohr für eine Erdwärmesondenanlage, wobei das Erdwärmesondenrohr pigmentiert ist und mindestens teilweise ein thermoplastisches Polyethylen umfasst, welches in Rohrform einen σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 20°C und 50 Jahre von mindestens 10 MPa aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der σ_{LTHS} -Wert bezogen auf 60°C und 50 Jahre mindestens 6 MPa beträgt.
2. Erdwärmesondenrohr gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Russ als Pigment enthalten ist und das Polyethylen eine Russverteilung gemäss ISO 18553:2002 von weniger als Grad 3 aufweist.
3. Erdwärmesondenrohr gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Russ als Pigment enthalten ist und das Polyethylen einen Russgehalt gemäss ISO 6964:2019 im Bereich von 1,5 bis 3,0% aufweist.
4. Erdwärmesondenrohr gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohraussendurchmesser d im Bereich von 25 mm bis 53 mm liegt, bevorzugt von 32 mm bis 43 mm, und am meisten bevorzugt 32 mm oder 40 mm beträgt.
5. Erdwärmesondenrohr gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrinne Durchmesser d_i im Bereich von 20 mm bis 43 mm liegt, bevorzugt von 26 mm bis 34 mm, und am meisten bevorzugt 27 mm oder 33 mm beträgt.

6. Erdwärmesondenrohr gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrwandstärke im Bereich von 1,9 mm bis 10 mm, bevorzugt im Bereich von 2,5 mm bis 3,7 mm liegt.
7. Erdwärmesonde umfassend mindestens zwei Erdwärmesondenrohre gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, die dazu bestimmt sind, ins Erdreich abgeteuft zu werden, und von denen ein erstes ein Erdwärmesondenzulaufrohr und ein zweites ein Erdwärmesondenrücklaufrohr bildet, und die Erdwärmesonde zudem eine Umlenkung umfasst, über welche das Erdwärmesondenzulaufrohr und das Erdwärmesondenrücklaufrohr an ihrem in Abteufrichtung verlaufenden Ende miteinander verbunden sind.
8. Erdwärmesonde gemäss Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Erdwärmesondenzulaufrohr und das Erdwärmesondenrücklaufrohr an ihrem in Abteufrichtung verlaufenden Ende mit der Umlenkung verschweisst sind.
9. Verwendung eines Erdwärmesondenrohrs gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6 zur geothermischen Anwendung bis zu einer Tiefe von maximal 450 m.
10. Verwendung eines Erdwärmesondenrohrs gemäss Anspruch 9 für die Wärmeregeneration des umgebenden Erdreichs.