

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102187055 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 14

(21) 申请号 200980140451. 2

代理人 王会卿

(22) 申请日 2009. 10. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

E21B 43/24 (2006. 01)

61/104, 974 2008. 10. 13 US

61/168, 498 2009. 04. 10 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 04. 13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/060092 2009. 10. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02010/045098 EN 2010. 04. 22

(71) 申请人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 R·M·巴斯 A·M·G·L·克鲁斯

E·R·F·奥坎波斯 D·拉古

J·S·松 J·J·文迪托

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

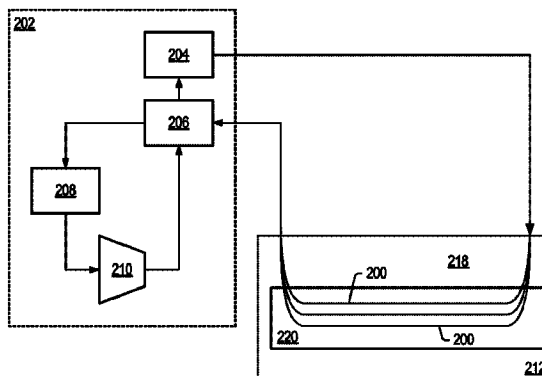
权利要求书 2 页 说明书 22 页 附图 18 页

(54) 发明名称

用于加热地下地层的循环传热流体系统

(57) 摘要

本发明描述了用于处理地下地层的系统和方法。一种用于加热地下地层的方法可包括：从多个加热器向地层供给热；和使加热器中的一个或多个的一部分移出配备有滑动密封件的井口，以调节加热器的热膨胀。



1. 一种用于加热地下地层的方法,包括:
从多个加热器向地层供给热;和
使加热器中的一个或多个的一部分移出配备有滑动密封件的井口,以调节加热器的热膨胀。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中从多个加热器供给热包括使传热流体流经一个或多个加热器。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中加热器的移出井口的部分是隔热的。
4. 如权利要求 1 所述的方法,还包括在由于热膨胀所引起的加热器长度发生显著变化停止之后固定加热器相对于加热器所经过的井口的位置。
5. 一种用于加热地下地层的方法,包括:
从多个加热器向地层供给热;和
使用一个或多个滑配接头使所述加热器中的一个或多个的一部分移出井口。
6. 如权利要求 5 所述的方法,其中至少一个滑配接头的至少一部分包括至少一个滑动密封件,其中所述滑动密封件在空间上隔热。
7. 如权利要求 5 所述的方法,其中从多个加热器供给热包括使传热流体流经一个或多个加热器。
8. 如权利要求 5 所述的方法,其中加热器的移出井口的部分是绝缘的。
9. 如权利要求 5 所述的方法,还包括在由于热膨胀所引起的加热器长度发生显著变化停止之后固定加热器相对于加热器所经过的井口的位置。
10. 一种用于调节地层中加热器的热膨胀的方法,包括:
加热地层中的加热器;和
将加热器的一部分提升离开地层以调节加热器的热膨胀。
11. 如权利要求 10 所述的方法,其中至少一个滑配接头的至少一部分包括至少一个滑动密封件,其中所述滑动密封件在空间上隔热。
12. 如权利要求 10 所述的方法,其中从多个加热器供给热包括使传热流体流经一个或多个加热器。
13. 如权利要求 10 所述的方法,其中加热器的移出井口的部分是隔热的。
14. 如权利要求 10 所述的方法,还包括在由于热膨胀所引起的加热器长度发生显著变化停止之后固定加热器相对于加热器所经过的井口的位置。
15. 一种用于加热地下地层的系统,包括:
多个定位于地层中的加热器,所述加热器构造用于向地层提供热;和
与加热器的一部分联接的至少一个提升器,所述提升器构造用于将加热器的部分提升离开地层以调节加热器的热膨胀。
16. 如权利要求 15 所述的系统,其中从多个加热器供给热包括使传热流体流经一个或多个加热器。
17. 如权利要求 15 所述的系统,其中至少一个提升器包括液压提升器。
18. 如权利要求 15 所述的系统,还包括在至少一个提升器附近测量加热器的应变,以及基于所测量的应变控制由提升器施加给加热器的提升量。
19. 如权利要求 15 所述的系统,还包括在加热加热器之前测量与加热器联接的提升器

的第一液压压力, 在开始加热之后控制提升器的液压压力以将提升器的液压压力保持为至少接近第一液压压力。

20. 如权利要求 15 所述的系统, 还包括在由于热膨胀所引起的加热器长度发生显著变化停止之后固定加热器相对于加热器所经过的井口的位置。

用于加热地下地层的循环传热流体系统

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于从各种地下地层（例如含烃地层）生产烃、氢和 / 或其它产品的方法和系统。特别地，某些实施例涉及用于在就地转化过程期间加热地层的一部分的闭环循环系统。

背景技术

[0002] 从地下地层中所获得的烃通常用作能量源、原料以及消费品。对可用烃资源衰竭的关注和对产出烃的总体质量下降的关注，导致开发出了用于更有效地回收、处理和 / 或使用可用烃资源的方法。就地处理可用于从地下地层移出烃材料。可能需要改变地下地层中的烃材料的化学和 / 或物理性能，以使烃材料更容易从地下地层移出。化学和物理变化可包括地层中烃材料的生成可移出流体的就地反应、成分变化、溶解度变化、密度变化、相变和 / 或粘度变化。流体可以是，但是不限于，气体、液体、乳状液、浆液和 / 或具有与液体流类似的流动特性的固体颗粒流。

[0003] 许多不同类型的井或井眼可用于使用就地热处理方法来处理含烃地层。在一些实施例中，竖直和 / 或基本上竖直的井用于处理地层。在一些实施例中，水平或基本水平的井（诸如 J 形井和 / 或 L 形井）和 / 或 u 形井用于处理地层。在一些实施例中，水平井、竖直井和 / 或其它组合的组合用于处理地层。在某些实施例中，井延伸穿过地层的上覆岩层到达地层的含烃层。在一些情况下，井中的热损失到上覆岩层中。在一些情况下，用于支承水平井眼或 u 形井眼中的加热器和 / 或生产设备的地面和上覆岩层的基础结构尺寸和 / 或数量很大。

[0004] Sandberg 等人的美国专利 7, 575, 052 描述了一种就地热处理方法，该方法采用循环系统加热一个或多个处理区。循环系统可使用经过地层中的管道的已加热的液态传热流体以将热传递至地层。

[0005] Vinegar 等人的美国专利申请公开 2008-0135254 描述了一种用于就地热处理过程的系统和方法，该就地热处理过程采用循环系统来加热一个或多个处理区。循环系统使用经过地层中的管道的已加热的液态传热流体以将热传递至地层。在一些实施例中，管道布置在至少两个井眼中。

[0006] Nguyen 等人的美国专利申请公开 2009-0095476 描述了一种用于地下地层的加热系统，该加热系统包括位于地下地层中的开口内的导管。绝缘导体位于导管中。材料在导管中、在绝缘导体的一部分与导管的一部分之间。该材料可以是盐。该材料在加热系统的工作温度下是流体。热从绝缘导体传递至流体，从流体传递至导管，以及从导管传递至地下地层。

[0007] 对于提出用于从含烃地层中经济地产出烃、氢和 / 或其它产品的方法和系统已经付出了巨大的努力。但是，目前仍然存在许多不能从其中经济地产出烃、氢和 / 或其它产品的含烃地层。因而，仍需要改进的方法和系统，以相对于采用地面基设备回收烃的方法而言，减少用于处理地层的能量消耗、减少来自处理过程的排出物、便于加热系统的安装和 /

或减少损失到上覆岩层的热损失。

发明内容

[0008] 在此描述的实施例总体涉及用于处理地下地层的系统和方法。

[0009] 在一些实施例中,本发明提供了一种用于加热地下地层的方法,包括:从多个加热器向地层供给热;使加热器中的一个或多个的一部分移出配备有滑动密封件的井口,以调节加热器的热膨胀。

[0010] 在一些实施例中,本发明提供了一种用于加热地下地层的方法,包括:从多个加热器向地层供给热;和使用一个或多个滑配接头使所述加热器中的一个或多个的一部分移出井口。

[0011] 在一些实施例中,本发明提供了一种用于调节地层中加热器的热膨胀的方法,包括:加热地层中的加热器;将加热器的一部分提升离开地层以调节加热器的热膨胀。

[0012] 在一些实施例中,本发明提供了一种用于加热地下地层的系统,包括:多个定位于地层中的加热器,所述加热器构造用于向地层提供热;和与加热器的一部分联接的至少一个提升器,所述提升器构造用于将加热器的部分提升离开地层以调节加热器的热膨胀。

[0013] 在另外的实施例中,特定实施例的特征可与其它实施例的特征组合。例如,一个实施例的特征可与任一其它实施例中的特征组合。在另外的实施例中,使用在此所述的方法和系统中的任一个来实现处理地下地层。在另外的实施例中,附加特征可添加到在此所述的特定实施例中。

附图说明

[0014] 根据下述详细描述并参照附图,本发明的优点对本领域的技术人员来说可变得显而易见,附图中:

[0015] 图 1 显示了用于处理含烃地层的就地热处理系统的一部分的一个实施例的示意图。

[0016] 图 2 示出了用于加热地层的一部分的传热流体循环系统的一个实施例的示意图。

[0017] 图 3 示出了 L 形加热器的一个实施例的示意图,该 L 形加热器与传热流体循环系统一起使用以加热地层的一部分。

[0018] 图 4 示出了竖直加热器的一个实施例的示意图,该竖直加热器与传热流体循环系统一起使用以加热地层的一部分,其中,加热器的热膨胀在地面下方进行调节。

[0019] 图 5 示出了竖直加热器的另一个实施例的示意图,该竖直加热器与传热流体循环系统一起使用以加热地层的一部分,其中,加热器的热膨胀在地面上方和下方进行调节。

[0020] 图 6 示出了利用绝缘水泥的上覆岩层隔热的一个实施例的剖视图。

[0021] 图 7 示出了利用隔热套的上覆岩层隔热的一个实施例的剖视图。

[0022] 图 8 示出了利用隔热套和真空的上覆岩层隔热的一个实施例的剖视图。

[0023] 图 9 示出了用于调节热膨胀的波纹管一个实施例的视图。

[0024] 图 10A 示出了具有用于调节热膨胀的膨胀环圈的管道的一个实施例的视图。

[0025] 图 10B 示出了具有用于调节热膨胀的盘绕或卷绕管道的管道的一个实施例的视图。

[0026] 图 10C 示出了具有封装在隔热容箱中的用于调节热膨胀的盘绕或卷绕管道的管道的一个实施例的视图。

[0027] 图 11 示出了在上覆岩层中的大直径套管内的隔热管道的一个实施例的视图。

[0028] 图 12 示出了在上覆岩层中的大直径套管内的隔热管道用于调节热膨胀的一个实施例的视图。

[0029] 图 13 示出了具有滑动密封件、填料箱或允许加热器的一部分相对于井口运动的其它压力控制设备的井口的一个实施例的视图。

[0030] 图 14 示出了具有与井口上方的固定导管相互作用的滑配接头的井口的一个实施例的视图。

[0031] 图 15 示出了具有与井口联接的固定导管相互作用的滑配接头的井口的一个实施例的视图。

[0032] 图 16 示出了具有密封件的传热流体循环系统的一个实施例的示意图。

[0033] 图 17 示出了具有密封件的传热流体循环系统的另一个实施例的示意图。

[0034] 图 18 示出了具有锁定机构和密封件的传热流体循环系统的一个实施例的示意图。

[0035] 图 19 示出了具有定位于井眼中的热传热流体循环系统的 u 形井眼的一个实施例的视图。

[0036] 图 20 示出了用于邻近处理区的传热流体循环系统的导管中导管加热器的一个实施例的端视图。

[0037] 图 21 示出了用于加热加热器的各部分以重新开始加热器中传热流体的流动的一个实施例的视图。

[0038] 图 22 示出了定位于地层中的传热流体循环系统的导管中导管加热器的一个实施例的示意图。

[0039] 图 23 示出了邻近上覆岩层的导管中导管加热器的一个实施例的剖视图。

[0040] 图 24 示出了用于液态传热流体的循环系统的一个实施例的示意图。

[0041] 虽然本发明易于具有多种修改和替代形式,但是其具体实施例在附图中以实例方式进行显示,并且可在此进行详细描述。附图可不按比例绘制。但是,应该理解的是,附图和详细描述不旨在将本发明限制为所公开的特别形式,而是相反地,旨在覆盖落入由所附权利要求所限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等同物和替代形式。

具体实施方式

[0042] 下述描述总体涉及用于处理地层中的烃的系统和方法。这些地层可被处理以生产烃产品、氢和其它产品。

[0043] “API 重力指标”表示在 15.5°C (60° F) 时的 API 重力指标。API 重力指标由美国材料试验协会方法 (ASTM Method) D6822 或 ASTM Method D1298 确定。

[0044] “流体压力”是由地层中的流体产生的压力。“静岩压力”(有时称为“静岩应力”)是地层中与上覆岩层块的单位面积的重量相等的压力。“流体静压”是由水柱施加在地层中的压力。

[0045] “地层”包括一个或多个含烃层、一个或多个非烃层、上覆岩层和 / 或下伏岩层。“烃

层”指地层中的含烃层。烃层可包含非烃材料和烃材料。“上覆岩层”和 / 或“下伏岩层”包括一种或多种不同类型的不可渗透材料。例如,上覆岩层和 / 或下伏岩层可包括岩石、页岩、泥岩或润湿 / 致密的碳酸盐岩。在一些就地热处理过程的实施例中,上覆岩层和 / 或下伏岩层可包括一层或多层含烃层,所述含烃层在就地热处理过程中是相对不可渗透的并且不受温度影响,所述就地热处理导致上覆岩层和 / 或下伏岩层的含烃层的性能发生显著变化。例如,下伏岩层可含有页岩或泥岩,但是不允许下伏岩层在就地热处理过程期间加热到热解温度。在一些情形中,上覆岩层和 / 或下伏岩层可以是稍微可渗透的。

[0046] “地层流体”是指存在于地层中的流体,并且可包括热解流体、合成气、流动的烃和水(蒸汽)。地层流体可包括烃流体以及非烃流体。术语“流动的流体”是指含烃地层中的由于地层的热处理而能够流动的流体。“产出流体”是指从地层移出的流体。

[0047] “热源”是用于基本上通过传导和 / 或辐射传热向地层的至少一部分提供热的任何系统。例如,热源可包括导电材料和 / 或包括电加热器,诸如绝缘导体、细长部件和 / 或布置在导管中的导体。热源还可包括通过燃烧地层外部或地层中的燃料来产生热的系统。所述系统可以是地表燃烧器、井下气体燃烧器、无焰分布式燃烧器和自然分布式燃烧器。在一些实施例中,一个或多个热源所提供或产生的热可由其它能量源提供。所述其它能量源可直接加热地层,或者所述能量可施加到直接或间接地加热地层的传递介质。应该理解的是,将热施加到地层的一个或多个热源可使用不同的能量源。因而,例如,对于给定地层,一些热源可由导电材料(电阻加热器)提供热,一些热源可通过燃烧提供热,一些热源可由一个或多个其它能量源(例如,化学反应、太阳能、风能、生物质或其它可再生能量源)提供热。化学反应可包括放热反应(例如氧化反应)。热源还可包括向加热位置(诸如加热器井)附近或周围的区域提供热的导电材料和 / 或加热器。

[0048] “加热器”是用于在井中或井眼区域附近产生热的任何系统或热源。加热器可以是,但不限于,电加热器、燃烧炉、与地层中的材料或从地层产出的材料发生反应的燃烧器、和 / 或它们的组合。

[0049] “重烃”是粘性烃流体。重烃可以包括高粘性烃流体,诸如重油、焦油和 / 或沥青。重烃可以包括碳和氢,以及较低浓度的硫、氧和氮。其它元素也可以微量存在于重烃中。重烃可通过 API 重力指标分类。重烃通常具有低于约 20° 的 API 重力指标。例如,重油通常具有约 10-20° 的 API 重力指标,而焦油通常具有低于约 10° 的 API 重力指标。重烃的粘性在 15° 时通常大于约 100 厘泊。重烃可包括芳烃或其它复杂的环烃。

[0050] 重烃可在相对可渗透的地层中找到。相对可渗透的地层可包括例如夹杂于砂或碳酸盐岩中的重烃。相对于地层或地层的一部分,“相对可渗透的”被定义为 10 毫达西或以上(例如 10 或 100 毫达西)的平均渗透性。相对于地层或地层的一部分,“相对低渗透性”被定义为小于约 10 毫达西的平均渗透性。1 达西等于约 0.99 平方微米。不可渗层通常具有小于约 0.1 毫达西的渗透性。

[0051] 包含重烃的某些类型地层还可包括,但并不限于,天然矿物蜡或天然沥青岩。“天然矿物蜡”典型地存在于大致管状的矿脉中,这些矿脉可具有数米宽、数千米长和数百米深。“天然沥青岩”包括具有芳族成分的固体烃,并典型地存在于大矿脉中。从诸如天然矿物蜡和天然沥青岩的地层中就地回收烃可包括熔融以形成液态烃和 / 或从地层中对烃进行溶解采矿。

[0052] “烃”通常定义为主要由碳和氢原子形成的分子。烃还可包括其它元素，例如，但不限于，卤素、金属元素、氮、氧和 / 或硫。烃可以是，但不限于，油母、沥青、焦沥青、油类、天然矿物蜡和沥青岩。烃可位于大地中的矿物基体中或与矿物基体相邻。基体可包括，但不限于，沉积岩、砂、沉积石英岩、碳酸盐岩、硅藻土和其它多孔介质。“烃流体”是包括烃的流体。烃流体可包括夹带非烃流体或被夹带在非烃流体中的流体，所述非烃流体诸如为氢、氮、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、水和氨。

[0053] “就地转化过程”是指通过热源加热含烃地层以将地层的至少一部分的温度升高到热解温度以上以使得在地层中产生热解流体的过程。

[0054] “就地热处理过程”是指使用热源加热含烃地层以将地层的至少一部分的温度升高到导致含烃材料地层的流体流动、降粘和 / 或热解的温度以上以使得在地层中产生流动的流体、降粘的流体和 / 或热解流体的过程。

[0055] “绝缘导体”是指任何能够导电的并且全部或部分地由电绝缘材料覆盖的细长物体。

[0056] “热解”是由于施加热而导致化学键的断裂。例如，热解可包括仅通过热将化合物转变为一种或多种其它物质。热可被传递到地层的一部分以引起热解。

[0057] “热解流体”或“热解产品”是指基本上在烃的热解期间产生的流体。通过热解反应产生的流体可与地层中的其它流体混合。混合物被认为是热解流体或热解产品。如在此所使用的，“热解区”是指被反应或进行反应以形成热解流体的地层体（例如，相对可渗透的地层，诸如沥青砂地层）。

[0058] “热的叠加”是指从两个或更多个热源向地层的选定部段提供热，以使得在热源之间的至少一个位置处的地层温度受热源影响。

[0059] “沥青砂地层”是烃主要以夹带在矿物颗粒结构或其它主岩岩性（例如砂或碳酸盐岩）中的重烃和 / 或焦油形式存在的地层。沥青砂地层的实例包括例如阿萨巴斯卡 (Athabasca) 地层，格罗斯蒙特 (Grosmont) 地层以及和平河 (Peace River) 地层，这三个地层均在加拿大的艾伯塔省，以及包括位于委内瑞拉的奥斯诺科河带的 Faja 地层。

[0060] “限温加热器”通常是指将热输出调节（例如，减少热输出）到规定温度以上而无需使用外部控制器的加热器，所述外部控制器诸如为温度控制器、功率调节器、整流器或其它装置。限温加热器可以是 AC（交流电流）或调制（例如“斩波”）DC（直流）供电的电阻加热器。

[0061] 层的“厚度”指的是层横截面的厚度，其中横截面与层的表面垂直。

[0062] “u 形井眼”是指从地层中的第一开口延伸穿过地层的至少一部分并且从地层中的第二开口穿出的井眼。在本文中，井眼可以仅大体上呈“v”形或“u”形，对于视为“u”形的井眼，“u”形的“腿”应该理解成不需要彼此平行或垂直于“u”的底部。

[0063] “改质”是指提高烃的质量。例如，改质重烃可导致提高重烃的 API 重力指标。

[0064] “降粘”是指在热处理期间解开分子和 / 或在热处理期间将大分子破坏成小分子，这导致了流体粘性的下降。

[0065] 除非另作说明，“粘度”是指在 40℃时的动态粘度。粘度通过 ASTM Method D445 确定。

[0066] 术语“井眼”是指通过钻井或将导管插入地层中而在地层中形成的孔。井眼可具

有基本上圆形的横截面或其它横截面形状。如在此所使用的,术语“井”和“开口”在指地层中的开口时可与术语“井眼”互换使用。

[0067] 可以各种方式处理地层,以生产出许多不同的产品。不同的阶段或过程可用于在就地热处理过程期间处理地层。在一些实施例中,地层的一个或多个部段进行溶解采矿,以从这些部段中移出可溶矿物。可在就地热处理过程之前、期间和 / 或之后对矿物进行溶解采矿。在一些实施例中,进行溶解采矿的一个或多个部段的平均温度可被保持在约 120°C 以下。

[0068] 在一些实施例中,一个或多个地层部分被加热,以便从这些部段移出水 and / 或从这些部段中移出甲烷和其它挥发性烃。在一些实施例中,在移出水 and 挥发性烃的过程中,平均温度可从环境温度上升到约 220°C 以下的温度。

[0069] 在一些实施例中,地层的一个或多个部段被加热到允许地层中的烃运动和 / 或降粘的温度。在一些实施例中,地层的一个或多个部段的平均温度可被升高到这些部段中的烃流动的温度(例如,从 100°C 到 250°C 范围内的温度、从 120°C 到 240°C 范围内的温度或者从 150°C 到 230°C 范围内的温度)。

[0070] 在一些实施例中,一个或多个部段被加热到允许在地层中进行热解反应的温度。在一些实施例中,地层的一个或多个部段的平均温度可被升高到烃在这些部段中的热解温度(例如从 230°C 到 900°C 范围内的温度、从 240°C 到 400°C 范围内的温度或者从 250°C 到 350°C 范围内的温度)。

[0071] 利用多个热源加热含烃地层可在热源周围形成热梯度,所述热源将地层中烃的温度以期望的加热速度升高到期望的温度。温度升高经过用于期望产品的流动温度范围和 / 或热解温度范围的速率可影响从含烃地层产生的地层流体的质量和数量。将地层温度缓慢升高经过流动温度范围和 / 或热解温度范围可允许从地层中生产出高质量、高 API 重力指标的烃。将地层温度缓慢升高经过流动温度范围和 / 或热解温度范围可允许移出存在于地层中的大量烃以作为烃产品。

[0072] 在一些就地热处理的实施例中,代替将温度缓慢地加热经过温度范围的是将地层的一部分加热到期望的温度。在一些实施例中,期望的温度是 300°C、325°C 或 350°C。可选择其它温度作为期望的温度。

[0073] 叠加来自热源的热允许在地层中相对快速有效地建立期望温度。从热源输入地层中的能量可被调节以使地层中的温度基本上保持在期望温度。

[0074] 流动和 / 或热解产品可通过生产井从地层生产出。在一些实施例中,一个或多个部段的平均温度升高到流动温度,并且烃从生产井生产出。在生产之后,由于流动降低到选定值以下,一个或多个部段的平均温度可被升高到热解温度。在一些实施例中,在达到热解温度之前不进行大量生产的情况下,一个或多个部段的平均温度可被升高到热解温度。包含热解产品的地层流体可通过生产井生产出。

[0075] 在一些实施例中,一个或多个部段的平均温度可被升高到足够高的温度,以便允许在流动和 / 或热解之后进行合成气体生产。在一些实施例中,烃可被升高至足够高温度,以便在达到足以允许进行合成气生产的温度之前不进行大量生产情况下允许进行合成气生产。例如,合成气体可在从约 400°C 到约 1200°C、从约 500°C 到约 1100°C 或者从约 550°C 到约 1000°C 的温度范围内产生。合成气产生流体(例如蒸汽和 / 或水)被引入到这些部段

中以产生合成气。合成气可从生产井中生产出。

[0076] 溶解采矿、挥发性烃和水的移出、使烃流动、热解烃、产生合成气和 / 或其它过程可在就地热处理过程中进行。在一些实施例中,一些过程可在就地热处理之后进行。这些过程可包括,但不限于,从已处理的部段回收热、将流体(例如,水和 / 或烃)存储在先前已处理的部段中和 / 或将二氧化碳隔绝在先前已处理的部段中。

[0077] 图 1 描绘了用于处理含烃地层的就地热处理系统的一部分的一个实施例的示意图。该就地处理系统可包括障壁井 100。障壁井用于在处理区周围形成障壁。所述障壁抑制流体流入和 / 或流出处理区。障壁井包括,但是不限于,脱水井、真空井、俘获井、注入井、灌浆井、冷冻井或它们的组合。在一些实施例中,障壁井 100 是脱水井。脱水井可去除液态水和 / 或阻止液态水进入待加热的地层部分或正在被加热的地层。在图 1 所示的实施例中,障壁井 100 显示为仅沿热源 102 的一侧延伸,但是障壁井通常环绕所使用的或将要使用的所有热源 102,以加热地层的处理区。

[0078] 热源 102 设置在地层的至少一部分中。热源 102 可包括导电材料。在一些实施例中,加热器例如为绝缘导体、导体在导管中的加热器、地表燃烧器、无焰分布式燃烧器和 / 或自然分布式燃烧器。热源 102 还可包括其它类型的加热器。热源 102 向地层的至少一部分提供热,以加热地层中的烃。能量可通过供给管线 104 供应给热源 102。供给管线 104 可根据一种或多种用于加热地层的热源而在结构上有所不同。用于热源的供给管线 104 可传输用于导电材料或电加热器的电,可传输用于燃烧器的燃料,或者可传输在地层中循环的热交换流体。在一些实施例中,用于就地热处理过程的电可由一个或多个核电站提供。使用核动力可使得降低或消除从就地热处理过程释放的二氧化碳。

[0079] 加热地层可引起地层的渗透性和 / 或孔隙率增大。渗透性和 / 或孔隙率的增大可通过由于水的汽化和移出、烃的移出和 / 或断裂的形成而使地层中的矿体减小而产生。由于地层的增大的渗透性和 / 或孔隙率,流体可更容易地在地层受热部分中流动。由于增大的渗透性和 / 或孔隙率,地层受热部分中的流体可运动通过地层相当长的距离。相当长的距离根据各种因素可以是 1000m 以上,该各种因素诸如是地层的渗透性、流体的性质、地层的温度和允许流体运动的压力梯度。流体在地层中行进相当长距离的能力允许生产井 106 在地层中相对远地间隔开。

[0080] 生产井 106 用于从地层移出地层流体。在一些实施例中,生产井 106 包括热源。生产井中的热源可在生产井处或生产井附近加热地层的的一个或多个部分。在一些就地热处理过程的实施例中,由每米生产井从生产井提供给地层的热量小于由加热地层的每米热源提供给地层的热量。从生产井提供给地层的热可通过汽化和移出生产井附近的液相流体和 / 或通过由形成大量和 / 或极微小的断裂而增大生产井附近的地层的渗透性来增大生产井附近的地层渗透性。

[0081] 在一些实施例中,生产井 106 中的热源允许从地层中移出地层流体的汽相。在生产井处或通过生产井提供热可用于:(1) 在该生产流体邻近上覆岩层在生产井中运动时抑制该生产流体的冷凝和 / 或逆流;(2) 增加输入到地层中的热;(3) 与没有热源的生产井相比提高生产井的产率;(4) 抑制生产井中高碳数(C₆及以上)化合物的冷凝;和 / 或(5) 增大生产井处或生产井附近的地层的渗透性。

[0082] 地层中的地下压力可对应于在地层中产生的流体压力。随着地层的受热部分中的

温度升高,受热部分中的压力可由于就地流体的热膨胀、增加的流体生成和水的汽化而增大。控制从地层移出流体的速率可允许控制地层中的压力。地层中的压力可在很多不同的位置处确定,诸如在生产井附近或是在生产井处、在热源附近或是在热源处、或在监控井处。

[0083] 在一些含烃地层中,从地层生产烃受到抑制,直到已经使地层中的至少一些烃流动和/或热解。当地层流体具有选定质量时,地层流体可从地层产出。在一些实施例中,选定质量包括至少约 20°、30° 或 40° 的 API 重力指标。直到使至少一些烃流动和/或热解,抑制生产才可加快重烃向轻烃的转化。抑制初期产量可使从地层产出的重烃的量最小。生产大量重烃可能需要昂贵的设备和/或缩短生产设备的寿命。

[0084] 在一些实施例中,可允许增加由在地层中产生的流动流体、热解流体或其它流体的膨胀所产生的压力,尽管通向生产井 106 的开放路径或任何其它压力降可能仍然不存在于地层中。可允许流体压力朝向岩石静压力增加。含烃地层中的断裂可在流体接近岩石静压力时形成。例如,可在地层的受热部分中从热源 102 至生产井 106 形成断裂。受热部分中断裂的产生可释放该部分中的一些压力。地层中的压力可能不得不保持低于选定压力以便抑制不想要的生产、上覆岩层或下伏岩层的断裂和/或烃在地层中的焦化。

[0085] 在达到流动和/或热解温度且允许从地层进行生产之后,地层中的压力可发生变化,用于改变和/或控制产出的地层流体的成分、用于控制地层流体中可冷凝流体相对于不可冷凝流体的百分比、和/或用于控制正在产出的地层流体的 API 重力指标。例如,降低压力可导致产出较大的可冷凝流体组分。可冷凝流体组分可含有较大百分比的烯烃。

[0086] 在一些就地热处理过程的实施例中,地层中的压力可保持足够高以促使产出 API 重力指标大于 20° 的地层流体。在地层中保持增大的压力可在就地热处理期间抑制地层塌陷。保持增大的压力可减少或消除对在地表处压缩地层流体以将收集管道中的流体输送到处理设备的需要。

[0087] 令人惊讶的是,在地层的受热部分中保持增加的压力可允许产生质量提高且相对低分子量的大量烃。压力可保持成使得产出的地层流体具有极小量的所选碳数以上的化合物。所选碳数可以是至多 25、至多 20、至多 12 或至多 8。一些高碳数化合物可夹带在地层中的蒸气中并且可与蒸气一起从地层移出。在地层中保持增大的压力可抑制在蒸气中夹带高碳数化合物和/或多环烃化合物。高碳数化合物和/或多环烃化合物可在地层中在相当长时间保持为液相。相当长时间可为化合物提供足够长的时间进行热解以形成低碳数化合物。

[0088] 从生产井 106 产出的地层流体可通过收集管道 108 输送到处理设备 110。地层流体还可从热源 102 产出。例如,流体可从热源 102 产出以控制邻近热源的地层中的压力。从热源 102 产出的流体可通过生产管或管道输送到收集管道 108,或者产出流体可通过生产管或管道直接输送到处理设备 110。处理设备 110 可包括分离单元、反应单元、改质单元、燃料室、涡轮、存储容器和/或其它用于处理产出的地层流体的系统和单元。处理设备可将地层产出的烃的至少一部分形成运输燃料。在一些实施例中,运输燃料可以是航空燃料(jet fuel),诸如 JP-8。

[0089] 在某些实施例中,热源、热源动力源、生产设备、供给管线和/或其它热源或生产支承设备布置在隧道(tunnels)中,以使得较小尺寸的热源和/或较小尺寸的设备能够用于处理地层。将这些设备和/或结构布置在隧道中同样可减少用于处理地层的能量源成

本,减少来自处理过程的排出物,便于加热系统的安装,和/或与采用地面基设备进行烃回收过程相比减少损失到上覆岩层的热损失。例如这些隧道可以为基本上水平隧道和/或倾斜隧道。

[0090] 在一些就地处理过程的实施例中,使用循环系统来加热地层。使用用于含烃地层的就地热处理的循环系统可减少用于处理地层的能量成本,减少来自该处理过程的排出物,和/或便于加热系统的安装。在某些实施例中,该循环系统是闭环循环系统。图2示出了使用循环系统加热地层的系统的示意图。该系统可用于加热烃,所述烃位于土地中较深处并且位于相对较大范围的地层中。在一些实施例中,烃可位于地面以下100m、200m、300m或更深。该循环系统还可用于加热并没有深入地中的烃。烃可存在于纵长延伸高达1000m、3000m、5000m或更多米的地层中。该循环系统的加热器可相对于相邻的加热器布置,以使得循环系统的加热器之间的热叠加允许地层的温度至少升高到地层中的含水地层流体的沸点以上。

[0091] 在一些实施例中,加热器200通过钻出第一井眼然后钻出与第一个井眼相连的第二井眼而形成于地层中。管道可布置在u形井眼中,以形成u形加热器200。加热器200通过管道连接到传热流体循环系统202。在一些实施例中,加热器以三角形图案布置。在一些实施例中,使用了其它规则的或不规则的图案。生产井和/或注入井也可位于地层中。生产井和/或注入井可具有与加热器200的加热部分类似、长的基本水平部段,或者生产井和/或注入井可其它方式定向(例如,这些井可以是竖直定向的井、或者包括一个或多个倾斜部分的井)。

[0092] 如图2所示,传热流体循环系统202可包括供热装置204、第一热交换器206、第二热交换器208和流体推进器210。供热装置204将传热流体加热到高温。供热装置204可以是炉子、太阳能收集器、化学反应器、核反应堆、燃料室和/或其它能够向传热流体供给热的高温源。如果传热流体是气体,则流体推进器210可以是压缩机。如果传热流体是液体,流体推进器210可以是泵。

[0093] 在离开地层212之后,传热流体经过第一热交换器206和第二热交换器208到达流体推进器210。第一热交换器206在离开地层212的传热流体与离开流体推进器210的传热流体之间的传热,以升高进入供热装置204的传热流体的温度,以及降低离开地层212的流体的温度。第二热交换器208进一步降低了传热流体的温度。在一些实施例中,第二传热流体208包括用于传热流体的储存罐或者是用于传热流体的储存罐。

[0094] 传热流体从第二热交换器208流到流体推进器210。流体推进器210可位于供热装置204之前,以使得流体推进器不必在高温下工作。

[0095] 在一个例中,传热流体是二氧化碳。供热装置204是将传热流体加热到从约700°C到约920°C、从约770°C到约870°C、或者从约800°C到约850°C范围内的温度的炉子。在一个实施例中,供热装置204将传热流体加热到约820°C的温度。传热流体从供热装置204流到加热器200。热从加热器200传热到邻近加热器的地层212。离开地层212的传热流体的温度可处于从约350°C到约580°C范围内的温度、从约400°C到约530°C范围内的温度、或者从约450°C到约500°C范围内的温度。在一个实施例中,离开地层212的传热流体的温度是约480°C。用于形成传热流体循环系统202的管道的冶金性可被改变,以显著地降低管道的成本。可从供热装置204到温度足够低的位置处使用高温钢,以使得可从该温度足够低

的位置到第一热交换器 206 使用较为廉价的钢。若干不同等级的钢可用于形成传热流体循环系统 202 的管道。

[0096] 在一些实施例中,晒盐(例如包含 60wt% (重量百分比)的 NaNO_3 和 40wt% KNO_3)用作循环流体系统中的传热流体。晒盐可具有约 230℃的熔点和约 565℃的工作温度上限。在一些实施例中, LiNO_3 (例如,在约 10%重量百分比与约 30%重量百分比之间的 LiNO_3)可添加到晒盐中,以生产具有较宽工作温度范围和较低熔点的第三系盐混合物,只是第三系盐混合物与晒盐相比最大工作温度稍微下降。第三系盐混合物的较低熔点可降低预热要求并且允许使用加压水和/或加压盐水作为用于预热循环系统的管道的传热流体。由在 550℃时第三系盐混合物所引起的加热器的金属腐蚀率与由在 565℃时晒盐所引起的加热器的金属腐蚀率相当。表 1 示出了晒盐和第三系盐混合物的熔点和工作温度上限。第三系盐混合物的含水溶液可在移出水时在没有凝固的情况下转变成熔盐,从而允许提供熔盐和/或将熔盐以水溶液形式进行存储。

[0097] 表 1

[0098]

硝酸盐	硝酸盐成分(重量百分比)	硝酸盐的熔点(℃)	硝酸盐的工作温度上限(℃)
Na: K	60: 40	230	600
Li: Na: K	12: 18: 70	200	550
Li: Na: K	20: 28: 52	150	550
Li: Na: K	27: 33: 40	160	550
Li: Na: K	30: 18: 52	120	550

[0099] 供热装置 204 可以是将传热流体加热到约 560℃温度的炉子。传热流体的返回温度可以从约 350℃到约 450℃。来自传热流体循环系统 202 的管道可隔热和/或被热追踪,以便于启动和确保流体流动。

[0100] 在一些实施例中,可使用竖直井、倾斜井或 L 形井加热器井眼来代替 u 形井眼(例如在第一位置具有入口而在第二位置具有出口的井眼)。图 3 示出了 L 形加热器 200。加热器 200 可联接至传热流体循环系统 202,并且可包括入口导管 214 和出口导管 216。传热流体循环系统 202 可将传热流体供给到多个加热器。来自传热流体循环系统 202 的传热流体可沿入口导管 214 向下流并且沿出口导管 216 向上流回。入口导管 214 和出口导管 216 可贯穿上覆岩层 218 是隔热的。在一些实施例中,入口导管 214 贯穿上覆岩层 218 和含烃层 220 是隔热的,以在使传热流体流入和流出期间抑制不期望的传热。

[0101] 在一些实施例中,邻近上覆岩层 218 的井眼 222 部分比邻近含烃层 220 的井眼部分更大。使较大开口邻近上覆岩层可允许容纳用于使入口导管 214 和/或出口导管 216 隔热的隔热体。从回流中损失到上覆岩层的一些热损失可能没有明显地影响效率,在传热流体是熔盐或者需要加热以保留液体的另一流体时尤其如此。如果传热流体循环结束,邻近加热器 200 的受热的上覆岩层可将传热流体保持为液体相当长时间。为上覆岩层 218 留有

一些传热余量可消除对出口导管 216 与上覆岩层之间的昂贵隔热系统的需求。在一些实施例中,绝缘水泥用于上覆岩层 218 与出口导管 216 之间。

[0102] 对于竖直、倾斜或 L 形加热器,井眼与容纳未通电加热器(例如,已安装但未使用的加热器)所需钻的深度相比可能要钻得更深。在通电之后,加热器的热膨胀可导致加热器的部分移动到设计用于调节加热器的热膨胀的井眼额外长度。对于 L 形加热器,井眼中剩余的钻井流体和/或地层流体可随着加热器在预热期间和/或用传热流体加热期间膨胀而促使加热器更深入地运动到井眼中。

[0103] 对于竖直或倾斜的井眼,井眼与容纳未通电加热器所需钻的深度相比可能要钻得更深。当加热器用传热流体被预热和/或加热时,加热器可延伸到井眼的额外深度。在一些实施例中,膨胀套筒可附连在加热器的末端处,以确保在不稳定钻孔情况下用于热膨胀的可用空间。

[0104] 图 4 示出了竖直加热器 220 的一部分的一个实施例的示意图。传热流体循环系统 202 可向加热器 200 的入口导管 214 提供传热流体。传热流体循环系统 202 可从出口导管 216 接收传热流体。入口导管 214 可通过焊缝 228 紧固至出口导管 216。入口导管 214 可包括隔热套 224。隔热套 224 可由若干段形成。用于入口导管 214 的隔热套 224 的每一段能够调节由入口导管的温度与隔热套外部的温度之间的温度差所引起的热膨胀。入口导管 214 和隔热套 224 由于热膨胀而发生的长度变化在出口导管 216 中进行调节。

[0105] 出口导管 216 可包括隔热套 224'。隔热套 224' 可在上覆岩层 218 与烃层 220 之间的分界线附近终止。在一些实施例中,隔热套 224' 使用盘管钻机进行安装。隔热套 224' 的上部第一部分可在井口 226 之上或附近通过焊缝 228 紧固至出口导管 216。加热器 200 可通过隔热套 224' 的外支撑构件与井口之间的联接而支承在井口 226 中。隔热套 224' 的外支撑构件可具有足够的强度以支承加热器 200。

[0106] 在一些实施例中,隔热套 224' 包括与隔热套 224' 的第一部分分离且低于该第一部分的第二部分(隔热套部分 224'')。隔热套部分 224'' 可通过焊缝 228 或其他类型的能够承受封隔器 230 下方的高温的密封件紧固出口导管 216。隔热套部分 224'' 与出口导管 216 之间的焊缝可抑制地层流体在隔热套与出口导管之间经过。在加热期间,隔热套 224' 的较冷的外表面与较热的内表面之间的热膨胀差可导致隔热套的第一部分与隔热套的第二部分(隔热套部分 224'')分离。该分离可在封隔器 230 上方、在加热器的上覆岩层部分附近发生。套管 238 与地层之间的绝缘水泥可进一步抑制向地层的热损失以及提高系统的总能量效率。

[0107] 封隔器 230 可以是抛光的孔接收器。封隔器 230 可被固定至井眼 222 的套管 238。在一些实施例中,封隔器 230 在地面下方 1000 米或更深的位置处。如果期望的话,封隔器 230 可位于 1000m 或更深的深度处。封隔器 230 可抑制地层流体从地层的受热部分沿着井眼向上流到井口 226。封隔器 230 可使隔热套部分 224'' 向下运动以调节加热器 200 的热膨胀。

[0108] 在一些实施例中,井口 226 包括固定密封件 232。固定密封件 232 可以是加热器 200 的抑制地层流体通过井眼 222 到达地面的第二密封件。

[0109] 图 5 示出了井眼 222 中的竖直加热器 200 的一部分的另一个实施例的示意图。图 5 所示的实施例类似于图 4 所示的实施例,只是固定密封件邻近上覆岩层 218 定位,并且滑

动密封件 234 位于井口 226 中。隔热套 224' 的从固定密封件 232 到井口 226 的部分能够从井口向上膨胀出来以调节热膨胀。加热器的位于固定密封件 232 以下的部分能够膨胀到井眼 222 的过量长度中以调节热膨胀。

[0110] 在一些实施例中, 加热器包括流动转换器。流动转换器可允许传热流体从循环系统向下流经加热器的入口导管的上覆岩层。来自加热器的回流可向上流经入口导管与出口导管之间的环形区域。流动转换器可改变从入口导管到出口导管与入口导管之间的环形区域中的向下流动。流动转换器还可改变从入口导管到环形区域的向上流动。流动转换器的应用可允许加热器在处理区附近在较高的温度下操作, 而不升高提供给加热器的传热流体的初始温度。

[0111] 对于竖直的、倾斜的或 L 形加热器, 在传热流体的流动被沿着入口导管向下引导并且通过入口导管与出口导管之间的环形区域返回的情况下, 可在加热器中形成温度梯度, 其中最热部分位于加热器的远端部。对于 L 形加热器, 第一组加热器的水平部分可与第二组加热器的水平部分交替。第一组加热器的用于加热地层的最热部分可邻近第二组加热器的用于加热地层的最冷部分, 而第二组加热器的用于加热地层的最热部分邻近第一组加热器的用于加热地层的最冷部分。对于竖直或倾斜的加热器, 选定加热器中的流量转换器可允许加热器布置成第一加热器的用于加热地层的最热部分邻近第二加热器的用于加热地层的最冷部分。使第一组加热器的用于加热地层的最热部分邻近第二组加热器的用于加热地层的最冷部分可允许对地层的加热更均匀。

[0112] 在一些实施例中, 传热流体在上覆岩层 218 中流动所经过的导管直径可小于通过处理区的导管直径。例如, 上覆岩层中的管子直径可以为大约 3 英寸 (大约 7.6cm), 邻近处理区的管子直径可以为大约 5 英寸 (大约 12.7cm)。通过上覆岩层 218 的较小直径的管子可减小从传热流体损失到上覆岩层的热损失。减少损失到上覆岩层 218 的热损失减少向邻近烃层 220 的导管提供的传热流体的冷却。在某些实施例中, 由于传热流体通过较小直径管子的速度增大而引起的较小直径管子的热损失增加被较小直径管子的较小表面积和传热流体在较小直径管子中的驻留时间减小抵消。

[0113] 来自传热流体循环系统 202 的供热装置 204 的传热流体经过地层 212 的上覆岩层 218, 在某些实施例中, 延伸穿过上覆岩层 218 的加热器部分是隔热的。在一些实施例中, 隔热体或隔热体的部分为聚酰亚胺绝缘材料。在一些实施例中, 烃层 220 中的加热器的入口部分具有渐缩的隔热体以减小加热器进入烃层的入口附近的烃层的过热。

[0114] 加热器 200 的上覆岩层部段可隔热以便阻止或抑制损失到地层的非含烃地层的热损失。在一些实施例中, 隔热通过导管中导管结构设计提供。传热流体流经内部导管。隔热体填充内部导管与外部导管之间的空间。有效的隔热体可以是用于抑制辐射热损失的金属箔与用于抑制传导热损失的微孔硅土粉的组合。在使用导管中导管结构设计时, 通过在组装期间抽真空和 / 或利用吸气器来降低内部导管与外部导管之间的空间中的压力可进一步减小热损失。为了处理内部导管与外部导管之间的热膨胀差, 内部导管可被施加预应力或者由低热膨胀性材料 (例如因瓦合金) 制成。隔热的导管中导管可随同连续管安装一起连续安装。隔热的导管中导管系统可从 Industrial Thermo Polymers Limited (Ontario, Canada) 和 Oil Tech Services, Inc (Houston, Texas, U. S. A.) 获得。其他有效的隔热材料包括, 但不限于, 水泥覆层、泡沫水泥、带有低导热性聚合物 (诸如蛭石)

的水泥、Izoflex™ 隔热体和诸如由 Aspen Aerogels, Inc (Northborough, Massachusetts, U. S. A. 提供的那些气凝胶 / 玻璃纤维合成物。

[0115] 图 6 示出了上覆岩层隔热体的一个实施例的剖视图。绝缘水泥 236 可置于套管 238 与地层 212 之间。绝缘水泥 236 还可置于传热流体导管 240 与套管 238 之间。

[0116] 图 7 示出了上覆岩层隔热体的一个可替代实施例的剖视图, 该上覆岩层隔热体包括围绕传热流体导管 240 的隔热套 224。隔热套 224 可包括例如气凝胶。间隙 242 可位于隔热套 224 与套管 238 之间。隔热套 224 与套管 238 的辐射率可以很低以便抑制间隙 242 中的辐射传热。不反应的气体可置于隔热套 224 与套管 238 之间的间隙 242 中。间隙 242 中的气体可抑制隔热套 224 与套管 238 之间的传导传热。在一些实施例中, 可抽真空并且在间隙 242 中保持真空。绝缘水泥 236 可置于套管 238 与地层 212 之间。在一些实施例中, 隔热套 224 具有比绝缘水泥的导热值明显更小的导热值。在某些实施例中, 由图 7 所示的隔热体所提供的隔热可好于由图 6 所示的隔热体所提供的隔热。

[0117] 图 8 示出了上覆岩层隔热体的一个可替代实施例的剖视图, 其中隔热套 224 围绕传热流体导管 240, 真空间隙 244 位于隔热套与导管 246 之间, 间隙 242 位于导管与套管 238 之间。绝缘水泥 236 可置于套管 238 与地层 212 之间。不反应气体可置于导管 246 与套管 238 之间的间隙 242 中。在一些实施例中, 可抽真空并且在间隙 242 中保持真空。可抽真空并且在隔热套 224 与导管 246 之间的真空间隙中保持真空。隔热套 224 可包括由箔 248 分隔开的隔热材料层。隔热材料可以是例如气凝胶。由箔 248 分隔开的隔热材料层可在传热流体导管 240 周围提供主要隔热。真空间隙 244 可抑制隔热套 224 与导管 246 之间的辐射、对流和 / 或传导传热。不反应气体可置于间隙 242 中。导管 246 和套管 238 的辐射率可以很低以便抑制导管与套管之间的辐射传热。在某些实施例中, 由图 8 所示的隔热体所提供的隔热可好于由图 7 所示的隔热体所提供的隔热。

[0118] 当传热流体循环通过地层中的管道来加热地层时, 传热流体的热可导致管道中发生变化。由于杨氏模量和其它强度特性随着温度变化, 管道中的热可降低管道的强度。管道中的高温可提高蠕变情形, 可引起弯曲情况, 以及可使管道从弹性变形区域运动到塑性变形区域。

[0119] 加热管道可引起管道的热膨胀。对于置于井眼中的长加热器, 管道可膨胀 20m 或更多。在一些实施例中, 管道的水平部分利用导热水泥被水泥固封在地层中。可能需要注意的是确保水泥中没有明显间隙以抑制管道向间隙的膨胀和抑制可能的失效。管道的热膨胀可在管子中引起起皱和 / 或管子壁厚的增加。

[0120] 对于具有渐进的弯曲半径 (例如, 每 30m 弯曲约 10°) 的长加热器, 管道的热膨胀可在地层的上覆岩层中或者在地层表面进行调节。在完成热膨胀之后, 加热器相对于井口的位置可被固定。在完成加热并且地层被冷却时, 加热器的位置可被解除固定以使得加热器的热收缩不会毁坏加热器。

[0121] 图 9-19 示出了用于调节热膨胀的各种方法的示意图。在一些实施例中, 由于热膨胀引起的加热器的长度变化可在井口上方进行调节。在由于热膨胀管所引起的加热器长度的变化停止时, 加热器相对于井口的位置可被固定。加热器相对于井口的位置可保持固定直到对地层加热结束。在结束加热之后, 加热器相对于井口的位置可被释放 (解除固定) 以便在加热器冷却时调节加热器的热收缩。

[0122] 图 9 示出了波纹管 250 的视图。波纹管 250 的长度 L 可改变以便调节管道 252 的热膨胀和 / 或收缩。波纹管 250 可位于地下或地面以上。在一些实施例中,波纹管 250 包含有将热传出井口的流体。

[0123] 图 10A 示出了在井口 226 上方具有用于调节热膨胀的膨胀环圈 254 的管道 252 的视图。井口 226 中的滑动密封件、填料盒和井口的其它压力控制设备允许管道 252 相对于套管 238 运动。管道 252 的膨胀在膨胀环圈 254 中进行调节。在一些实施例中,两个或更多个膨胀环圈 254 用于调节管道 252 的膨胀。

[0124] 图 10B 示出了在井口 226 上方具有用于调节热膨胀的盘绕或卷绕管道 256 的管道 252 的视图。井口 226 中的滑动密封件、填料盒和井口的其它压力控制设备允许管道 252 相对于套管 238 运动。管道 252 的膨胀在盘绕管道 256 中进行调节。在一些实施例中,通过使用连续管钻机在线轴上盘绕离开地层的加热器部分来调节膨胀。

[0125] 在一些实施例中,如图 10C 所示,盘绕管道 256 可被封装在隔热容箱 258 中。封装在隔热容箱 258 中的盘绕管道 256 可减小从盘绕管道和盘绕管道内的流体损失的热损失。在一些实施例中,盘绕管道 256 具有 2 英寸(约 0.6m)至 4 英寸(约 1.2m)的直径,以便调节管道 252 中的达约 30 英寸(约 9.1m)的膨胀。

[0126] 图 11 示出了在发生管道的热膨胀之后上覆岩层 218 中管道 252 的一部分。套管 238 具有大直径以便适应管道 252 的弯曲。绝缘水泥 236 可位于上覆岩层 218 与套管 238 之间。管道 252 的热膨胀引起管道的螺旋状弯曲或正弦曲线弯曲。管道 252 的螺旋状弯曲或正弦曲线弯曲调节管道的热膨胀,包括邻近正被加热的处理区的水平管道。如图 12 所示,管道 252 可以是定位于较大直径套管 238 中的多于一根的导管。使导管为多根导管允许调节地层中所有管道的热膨胀而不会增大流经上覆岩层 218 中的管道的流体的压降。

[0127] 在一些实施例中,地下管道的热膨胀可向上平移到井口。膨胀可通过井口处的一个或多个滑动密封件进行调节。这些密封件可包括**Grafoil®**垫圈、**Stellite®**垫圈和 / 或**Nitronic®**垫圈。在一些实施例中,这些密封件可包括从 BST Lift Systems, Inc. (Ventura, California, U. S. A.) 获得的密封件。

[0128] 图 13 示出了具有滑动密封件 234 的井口 226 的视图。井口 226 可包括填料盒和其它压力控制设备。循环的流体可经过导管 240。导管 240 可至少部分地由隔热导管 224 环绕。使用隔热导管 224 可消除对高温滑动密封件的需要以及对抗传热流体的密封件的需要。导管 240 的膨胀可在地面利用膨胀环圈、波纹管、盘绕或卷绕的管子和 / 或滑动接头进行处理。在一些实施例中,位于隔热导管 224 与套管 238 之间的封隔器 260 密封井眼以抵抗地层压力并保持用于额外隔热的气体。封隔器 260 可以是可膨胀的封隔器和 / 或抛光的孔接收器。在某些实施例中,封隔器 260 可在高达约 600°C 的温度下操作。在某些实施例中,封隔器 260 包括可从 BST Lift Systems, Inc. (Ventura, California, U. S. A.) 获得的密封件。

[0129] 在一些实施例中,地下管道的热膨胀在地面利用滑配接头进行处理,该滑配接头允许传热流体从地层膨胀出以调节热膨胀。热传热流体可从固定导管流入地层中的传热流体导管。从地层回流的传热流体可从传热流体导管流入该固定导管。位于固定导管与地层中的管道之间的滑动密封件、位于井口与地层中的管道之间的滑动密封件可作为滑配接头调节传热流体导管的膨胀。

[0130] 图 14 示出了一系统的视图,在该系统中,导管 240 中的传热流体被传入固定导管 262 或者从固定导管传出。隔热套 224 可环绕导管 240。滑动密封件 234 可位于隔热套 224 与井口 226 之间。位于隔热套 224 与套管 238 之间的封隔器可密封井眼以抵抗地层压力。传热流体密封件 264 可定位于固定导管 262 的一部分与导管 240 之间。传热流体密封件 264 可被固定至固定导管 262。所产生的滑配接头允许隔热套 224 和导管 240 相对于井口 226 运动以便调节定位于地层中的管道的热膨胀。导管 240 还能够相对于固定导管 262 运动以便调节热膨胀。传热流体密封件 264 可不隔热并且与流过的传热流体在空间上分离以便将传热流体密封件保持在相对低的温度下。

[0131] 在一些实施例中,热膨胀在地面利用滑动接头进行处理,在该滑动接头处,传热流体导管自由运动并且固定导管是井口的一部分。图 15 示出了一系统的视图,在该系统中,固定导管 262 固定至井口 226。固定导管 262 可包括隔热套 224。传热流体密封件 264 可联接至导管 240 的上部部分。传热流体密封件 264 可不隔热并且与流过的传热流体在空间上分离以便将传热流体密封件保持在相对低的温度下。导管 240 能够相对于固定导管 262 运动而不需要井口 226 中的滑动密封件。

[0132] 图 16 示出了密封件 264 的一个实施例。密封件 264 可包括附接至封隔器本体 268 的密封堆叠 266。封隔器本体 268 可使用封隔器安装滑块 270 和封隔器隔热密封件 272 联接至导管 240。密封堆叠 266 可接合导管 262 的抛光部分 274。在一些实施例中,例如,如果侧向负载对于密封堆叠来说太大,凸轮辊 276 用于提供对密封堆叠 266 的支承。在一些实施例中,擦拭器 278 联接至封隔器本体 268。擦拭器 278 可用于在导管 262 插入通过密封件 264 时清洁抛光部分 274。如果需要的话,擦拭器 278 可放置在密封件 264 的上侧。在一些实施例中,为了更好的接触,密封堆叠 266 使用弓形弹簧或其它预加载装置进行加载,以提高密封件的压缩性。

[0133] 在一些实施例中,密封件 264 和导管 262 一起插入导管 240 中。诸如心轴的锁定机构可用于将密封件和导管固定到位。图 17 示出了利用锁定机构 280 将密封件 264、导管 240 和导管 262 固定到位的一个实施例。锁定机构 280 包括隔热密封件 282 和锁定滑块 284。锁定机构 280 可在密封件 264 和导管 262 进入导管 240 中时被致动。

[0134] 在锁定机构 280 接合导管 240 的选定部分时,锁定机构中的弹簧可被致动并且使隔热密封件 282 在锁定滑块 284 正上方抵靠导管 240 的表面打开并露出。锁定机构 280 允许隔热密封件 282 在组件运动到导管 240 中时缩回。在导管 240 的轮廓致动锁定机构时,隔热密封件被打开和露出。

[0135] 销 286 将锁定机构 280、密封件 264、导管 240 和导管 262 固定到位。在某些实施例中,销在选定温度之后将组件解锁以允许导管运动(行进)。例如,销 286 可由在期望温度以上热降解(例如,熔融)的材料制成。

[0136] 在一些实施例中,锁定机构 280 使用软金属密封件(例如,通常用于将活塞泵安放在热井中的软金属摩擦密封件)安放到位。图 18 示出了使用软金属密封件 288 将锁定机构 280 安放到位的一个实施例。软金属密封件 288 通过将导管 240 的内径中的缩减部压扁而起作用。使用金属密封件与使用弹性体密封件相比可延长组件的使用寿命。

[0137] 在某些实施例中,提升系统联接至延伸出地层的加热器的管道。提升系统可将加热器的多个部分提升出地层以便调节热膨胀。图 19 示出了 u 形井眼 222 的视图,其中加热

器 200 位于该井眼中。井眼 222 可包括套管 238 和下部密封件 290。加热器 200 可包括隔热部分 292 和邻近处理区 300 的加热器部分。使密封件 264 运动可联接至加热器 200 的上部部分。提升系统 296 可在井口 226 上方联接至隔热部分 292。不反应气体（例如氮气和 / 或二氧化碳）可被引入套管 238 与隔热部分 292 之间的地下环形区域 298 中, 以便抑制气态的地层流体上升到井口 226 以及提供隔热气体覆层。隔热部分 292 可以是导管中导管, 其中循环系统的传热流体流经内部导管。每个隔热部分 292 的外部导管可处于比内部导管显著低的温度下。外部导管的较低温度允许外部导管用作用于提升加热器 200 的承载构件。外部导管与内部导管之间的膨胀差可通过内部波纹管和 / 或通过滑动密封件得以减轻。

[0138] 提升系统 296 可包括能够支承加热器 200 并且使隔热部分 292 运动进入或移出地层的液压提升器、动力连续管钻机和 / 或配重系统。在提升系统包括液压提升器时, 隔热部分 292 的外部导管可通过专用的平滑过渡接头在液压提升器处保持寒冷。液压提升器可包括两组滑块。第一组滑块可联接至加热器。对于液压缸的整个冲程, 液压提升器可对加热器保持恒定压力。第二组滑块可在重置液压缸冲程时周期性地抵靠外部导管安放。提升系统 296 还可包括应变仪和控制系统。应变仪可附连至隔热部分 292 的外部导管, 或者应变仪可在在隔热体下方附连至隔热部分的内部导管。将应变仪附连至外部导管可较容易并且附连连接可较为可靠。

[0139] 在加热开始之前, 可通过提升系统 296 提升加热器来设立控制系统的设定点, 从而加热器的部分在井眼 222 的弯曲部分接触套管 238。在加热器 200 被提升时, 应变可用作控制系统的设定点。在其它实施例中, 安放位置以不同方式选择。当加热开始时, 加热器部分 294 将开始膨胀, 而且加热器的一些部段将水平前进。如果膨胀迫使加热器 200 的多个部分抵靠套管 238, 则加热器的重量在隔热部分 292 与套管的接触点处被支承。由提升系统 296 测量的应变将趋于朝向零。额外的热膨胀可导致加热器 200 弯曲和失效。代替允许加热器 200 压靠套管 238 的是, 提升系统 296 的液压提升器可使隔热部分 292 的多个部段向上运动并且运动出地层, 以保持加热器抵靠套管的顶部。提升系统 296 的控制系统可提升加热器 200 以将由应变仪测量的应变保持为接近设定点的值。提升系统 296 还可用于在地层变冷时将隔热部分 292 重新引入地层中, 以避免在热收缩期间破坏加热器 200。

[0140] 在某些实施例中, 加热器的热膨胀在相对短的时间框架中完成。在一些实施例中, 在完成热膨胀之后, 加热器相对于井口的位置被固定。提升系统可从加热器拆除, 用在尚未被加热的其它加热器上。提升系统可在地层变冷时重新附连至加热器以调节加热器的热收缩。

[0141] 在一些实施例中, 提升系统可基于提升器的液压力进行控制。管子张力的变化可导致液压力的变化。控制系统可将液压力基本保持在设定液压力下, 以提供对地层中加热器的热膨胀的调节。

[0142] 在某些实施例中, 循环系统使用液体加热地层。与电热加热器或气体加热器相比, 由于用于加热液态传热流体的供热装置的高能量效率, 使用液态传热流体可使得系统的总能量效率高。如果炉子用于加热液态传热流体, 由于炉子的效率, 该过程的二氧化碳覆盖区 (footprint) 与电热加热器或使用位于井眼中的气体燃烧器相比可减少。如果核动力用于加热液态传热流体, 该过程的二氧化碳覆盖区可显著减小或者甚至消除。用于加热系统的地面设备可以简单的布局由通常可用的工业设备形成。具有简单布局的通常可用的设备可

增加系统的总体可靠性。

[0143] 在某些实施例中,液态传热流体是熔盐或其它如果温度低于选定温度则具有凝固可能性的液体。可能需要第二加热系统以确保传热流体保持为液体形式,并且确保传热流体处于允许传热流体从循环系统流经加热器的温度。在某些实施例中,该第二加热系统将加热器和 / 或传热流体加热到足以熔化传热流体并确保传热流体的流动性的温度,而不是加热到更高温度。可在流体循环系统的启动和 / 或重新启动期间很短的时间段内仅仅需要第二加热系统。在一些实施例中,第二加热装置可从加热器移除。在一些实施例中,第二加热装置不具有与加热器的使用寿命相当的预期使用寿命。

[0144] 在某些实施例中,熔盐用作传热流体。隔热的回流储存罐接收从地层返回的回流熔盐。回流储存罐中的温度例如可在约 350°C 附近。泵可使熔盐从回流储存罐运动到炉子中。每个泵可需要移动 4kg/s 到 30kg/s 之间的熔盐。每个炉子可向熔盐供给热。熔盐从炉子离开的温度可以为约 550°C。熔盐可从炉子通过管道流到隔热的供给储存罐。例如,每个供给储存罐可将熔盐供给到 50 个或更多个进入地层中的管道系统。熔盐流经地层并且流到回流储存罐。在某些实施例中,炉子具有 90% 或更高的效率。在某些实施例中,损失到上覆岩层中的热损失为 8% 或更少。

[0145] 在一些实施例中,用于循环系统的加热器包括沿着加热器长度的隔热体,其包括用于加热处理区的加热器部分。隔热体可便于将加热器插入地层中。邻近用于加热处理区的加热器部分的隔热体可足以在预热期间提供隔热,但在由传热流体的稳态循环所产生的温度下可能分解 (decompose)。在一些实施例中,隔热体层改变了加热器的辐射率,以抑制来自加热器的辐射传热。在隔热体分解之后,加热器的辐射率可促进向处理区辐射传热。隔热体可缩短将加热器和 / 或加热器中的传热流体的温度升高到足以确保熔化传热流体和确保传热流体流动性的温度所需要的时间。在一些实施例中,邻近将要加热处理区的加热器部分的隔热体可包括聚合物涂层。在某些实施例中,邻近上覆岩层的加热器部分的隔热体不同于邻近用于加热处理区的加热器部分的隔热体。邻近上覆岩层的加热器的隔热体可具有与加热器的使用寿命相等或更长的预期使用寿命。

[0146] 在一些实施例中,在加热器放置之后或放置期间,可降解的隔热材料(例如聚合物泡沫)可被引入井眼中。可降解的隔热体可在预热期间提供邻近用于加热处理区的加热器部分的隔热。用于加热处理区的液态传热流体可将加热器的温度升得足够高以降解和除去隔热体层。

[0147] 在使用熔盐或另一液体作为传热流体的循环系统的一些实施例中,加热器可以是地层中的单个导管。导管可被预热到足以确保传热流体的流动性的温度。在一些实施例中,第二传热流体循环通过导管以预热导管和 / 或邻近该导管的地层。在导管或邻近该导管的地层的温度足够热之后,可从导管中冲走第二流体,传热流体可循环通过管子。

[0148] 在一些实施例中,将用作传热流体的由盐组合物构成的水溶液(例如 Li:Na:K:NO₃) 用于预热导管。第二传热流体的温度可低于或等于井口的地下出口的温度。

[0149] 在一些实施例中,第二传热流体(例如水)可被加热到 0°C 到约 95°C 范围内的温度或者高达第二传热流体沸点的温度。在处于循环系统的储存罐中时,盐组合物可添加到第二传热流体中。盐的组合物和 / 或系统的压力可被调节,以抑制在温度增加时水溶液的沸腾。当导管被预热到足以确保熔盐流动性的温度时,剩余的水可从水溶液中除去,而仅仅

剩下熔盐。当盐溶液处于循环系统的储存罐中时,水通过蒸发而被除去。在一些实施例中,熔盐溶液的温度可被升高到 100℃ 以上。当导管被预热到足以确保熔盐的流动性的温度时,剩余的第二传热流体(例如,水)中的大部分或者全部可从盐溶液中移除,而仅仅留下熔盐。在一些实施例中,熔盐溶液的温度在蒸发过程期间在从 100℃ 到 250℃ 的范围内。

[0150] 在就地热处理过程完成时,熔盐可被冷却并且水被添加到盐中以形成另一水溶液。该水溶液可被传送到另一处理区并且继续进行该过程。将第三系熔盐用作水溶液便于传输溶液并且允许地层的一个以上部段用相同的盐进行处理。

[0151] 在一些使用熔盐或其它液体作为传热流体的循环系统的实施例中,加热器可具有导管中导管结构。用于加热地层的液态传热流体可流经穿过加热器的第一通道。第二传热流体可流经穿过导管中导管加热器的第二通道,以用于预热液态传热流体和/或用于确保液态传热流体的流动。在加热器被升高到足以确保传热流体连续流经加热器的温度之后,在用于第二传热流体的通道抽真空以抑制从第一通道到第二通道的传热。在一些实施例中,用于第二传热流体的通道用隔热材料填充和/或通过其它方式被阻塞。导管中导管加热器的导管中的通道可包括内部导管和内部导管与外部导管之间的环形区域。在一些实施例中,一个或多个流动转换器用于改变导管中导管加热器中从内部导管到环形区域的流动和/或反之亦然。

[0152] 图 20 示出了用于邻近处理区 300 的传热循环加热系统的导管中导管加热器 200 的一个实施例的剖视图。加热器 200 可定位于井眼 222 中。加热器 200 可包括外部导管 304 和内部导管 306。在加热器 200 的正常工作期间,液态传热流体可流经外部导管 304 与内部导管 306 之间的环形区域 308。在正常工作期间,可不需要流体流经内部导管 306 的流动。

[0153] 在预热期间和/或为了确保流动,第二传热流体可流经内部导管 306。第二流体可以是,但并不限于,空气、二氧化碳、废气和/或天然的或合成的油(例如, DowTherm A、Syltherm 或 Therminol 59)、室温熔盐(例如, $\text{NaCl}_2\text{-SrCl}_2$ 、 VCl_4 、 SnCl_4 或 TiCl_4)、高压液态水、蒸汽、或室温熔融的金属合金(例如, K-Na 共熔物或 Ga-In-Sn 共熔物)。在一些实施例中,在用于加热地层的传热流体被引入环形区域之前,外部导管 304 被流经环形区域 308 的第二传热流体(例如,二氧化碳或废气)加热。如果使用废气或其它高温流体,则另一传热流体(例如,水或蒸汽)可流经加热器,以将温度降低到液态传热流体的工作温度上限以下。在液态传热流体被引入加热器时,第二传热流体可从环形区域移出。内部导管 306 中的第二传热流体可以是与用于在预热期间预热外部导管 304 的第二流体相同的流体或者不同的流体。使用两种不同的第二传热流体可帮助识别加热器 200 中的整体性问题。在开始使用熔盐之前可识别任何整体性问题。

[0154] 在一些实施例中,在预热期间流经环形区域 308 的第二传热流体是在正常工作期间所使用的盐的含水混合物。盐的浓度可周期性地增加以升高温度,同时将温度保持在含水混合物的沸腾温度以下。含水混合物可用于将外部导管 304 的温度升高到足以允许熔盐在环形区域 308 中流动的温度。当到达该温度时,含水混合物中的剩余水可从混合物中蒸发掉,从而留下熔盐。熔盐可用于加热处理区 300。

[0155] 在一些实施例中,内部导管 306 可由相对廉价的材料(诸如碳钢)制成。在一些实施例中,内部导管 306 可由经受得住热处理过程的初始早期阶段的材料制成,外部导管 304

可由耐熔盐和地层流体腐蚀的材料（例如，P91 钢）制成。

[0156] 对于液态传热流体的给定质量流率，使用在外部导管 304 与内部导管 306 之间的环形区域 308 中流动的液态传热流体加热处理区相对于使液态传热流体流经单个导管具有某些优点。在首次使用液态传热流体时和 / 或在循环停止之后需要重新开始流动时，使第二传热流体流经内部导管 306 可预热加热器 200 并确保流动。外部导管 304 的大外表面积向地层提供用于传热的大表面积，以此同时由于存在内部导管 306，循环系统所需的液态传热流体的量减小。由于对于相同质量流率来说液态传热流体的速度增大，循环的液态传热流体可向处理区提供更好的动力注入率分布。还可提高加热器的可靠性。

[0157] 在一些实施例中，传热流体（熔盐）可变稠，流经外部导管 304 和 / 或内部导管 306 的传热流体的流动变慢和 / 或被削弱。选择性地加热内部导管 306 的各部分可向加热器 200 的各部分提供足够的热，以增大流经加热器的传热流体的流动。加热器 200 的各部分可包括铁磁性材料（例如绝缘导体），以允许电流沿着加热器的选定部分经过。对内部导管 306 电阻加热将足够的热传递给外部导管 304 和 / 或内部导管 306 中变稠的传热流体，以降低传热流体的粘性，从而与在加热熔盐之前通过管道的流动相比获得了增大的流动。使用随时间变化的电流允许电流沿着内部导管通过，而不经传热流体。

[0158] 图 21 示出了用于加热加热器 200 的各部分以使加热器中变稠的或不流动的传热流体重新开始流动的示意图。在某些实施例中，内部导管 306 和 / 或外部导管 304 的各部分包括被隔热体围绕的铁磁性材料。因而，内部导管 306 和 / 或外部导管 304 的这些部分可以是绝缘导体 302。绝缘导体 302 可作为限温加热器或集肤效应加热器。由于绝缘导体 302 的集肤效应，提供给绝缘导体的电流保持限制在内部导管 306 和 / 或外部导管 304 内，并且不会流经位于导管中的传热流体。

[0159] 在某些实施例中，绝缘导体 302 沿着内部导管 306 的选定长度（例如，内部导管的整个长度或仅内部导管的上覆岩层部分）定位。将电施加给内部导管 306 以在绝缘导体 302 中产生热。所产生的热可沿着内部导管的选定长度加热变稠的或不流动的传热流体。所产生的热可加热内部导管内部的传热流体和内部导管与外部导管 304 之间的环形空间内的传热流体。在某些实施例中，内部导管 306 仅包括定位于内部导管的上覆岩层部分中的绝缘导体 302。这些绝缘导体在内部导管 306 的上覆岩层部分中选择性地产生热。选择性地加热内部导管 306 的上覆岩层部分可将热传递给内部导管的上覆岩层部分中的变稠的传热流体并且重新开始流动。这种选择性的加热可通过将热集中在最可能遇到传热流体的变稠或不流动的区域而延长加热器的寿命以及使电加热成本最小化。

[0160] 在某些实施例中，绝缘导体 302 沿着外部导管 304 的选定长度（例如，外部导管的上覆岩层部分）定位。将电施加给外部导管 304 以在绝缘导体 302 中产生热。所产生的热可选择性地加热内部导管 306 与外部导管 304 之间的环形空间的上覆岩层部分。可从外部导管 304 传递足够的热以降低变稠的传热流体的粘性，从而允许熔盐在环形空间中的流动未削弱。

[0161] 在某些实施例中，具有导管中导管加热器构造允许使用流动转换器，该流动转换器将传热流体在加热器中的流动从在流动邻近处理区时的流经外部导管与内部导管之间的环形区域改变成在流动邻近上覆岩层时流经内部导管。图 22 示出了用于与流体循环系统 202、202' 一起使用以加热处理区 300 的导管中导管加热器 200 的示意图。在某些实施

例中,加热器 200 包括外部导管 304、内部导管 306 和流动转换器 310。流体循环系统 202、202' 向井口 226 提供已加热的液态传热流体。液态传热流体的流动方向由箭头 312 表示。

[0162] 来自流体循环系统 202 的传热流体流经井口 226 进入内部导管 306 中。传热流体流经流动转换器 310,该流动转换器将流动从内部导管 306 改变到外部导管 304 与内部导管之间的环形区域。传热流体于是流经处理区 300 中的加热器 200。来自传热流体的传热向处理区 300 提供热。传热流体于是流经第二流动转换器 310',该第二流动转换器将流动从环形区域改变成返回内部导管 306。传热流体通过第二井口 226' 从地层中移出并且被提供给流体循环系统 202'。来自流体循环系统 202' 的已加热的传热流体流经加热器 200' 返回流体循环系统 202。

[0163] 在流体邻近处理区 300 时,使用流动转换器 310 使流体流经环形区域促进了向处理区的增大的传热,这部分地是由于外部导管 304 的大传热面积。在邻近上覆岩层 218 时,使用流动转换器 310 使流体流经内部导管可减小损失到上覆岩层的热损失。另外地,加热器 200 在上覆岩层 218 附近可隔热以便减小损失到地层的热损失。

[0164] 图 23 示出了邻近上覆岩层 218 的导管中导管加热器 200 的一个实施例的剖视图。隔热体 314 可定位于外部导管 304 与内部导管 306 之间。液态传热流体可流经内部导管 306 的中心。隔热体 314 可以是高孔隙率的隔热体层,其抑制高温(例如,500°C 以上的温度)下的辐射并且允许在预热期间第二传热流体的流动和/或确保加热阶段的流动。在正常工作期间,可停止或抑制在上覆岩层 218 附近流经外部导管 304 与内部导管 306 之间的环形区域的流体流动。

[0165] 隔热套 315 可围绕外部导管 304 定位。u 形加热器的每一侧上的隔热套 224 可在系统未被加热时在很长长度上牢固地联接至外部导管 304,以使得 u 形井眼的每一侧上的隔热套能够支承加热器的重量。隔热套 224 可包括外部构件,该外部构件是允许加热器 200 被提升以调节加热器的热膨胀的结构构件。套管 238 可环绕隔热套 224。绝缘水泥 236 可将套管 238 联接至上覆岩层 218。绝缘水泥 236 可以是减小传导热损失的低导热性水泥。例如,绝缘水泥 236 可以是蛭石/水泥聚合物。不反应的气体可被引入隔热套 224 与套管 238 之间的间隙 242 中,以抑制地层流体在井眼中上升和/或提供隔热气体覆层。

[0166] 图 24 示出了循环系统 202 的一个实施例的示意图,所述循环系统向定位于地层中的导管中导管加热器(例如,图 22 所示的加热器)供应液态传热流体。循环系统 202 可包括供热装置 204、压缩机 316、热交换器 318、排气系统 320、液体储存罐 322、流体推进器 210(例如,泵)、供给歧管 324、回流歧管 326 和第二传热流体循环系统 328。在某些实施例中,供热装置 204 是炉子。用于供热装置 204 的燃料可通过燃料管线 330 供给。控制阀 332 可基于由温度监测器 334 测量的热传热流体的温度来调控供给到供热装置 204 的燃料量。

[0167] 用于供热装置 204 的氧化剂可通过氧化剂管线 336 供给。来自供热装置 204 的排出气可经过热交换器 318 到达排气系统 320。来自压缩机 316 的氧化剂可经过热交换器 318 以便被来自供热装置 204 的排出气加热。

[0168] 在一些实施例中,阀 338 在预热期间和/或启动对加热器的流体循环期间可被打开,以便为第二传热流体循环系统 328 提供加热流体。在一些实施例中,排出气经由第二传热流体循环系统 328 循环通过加热器。在一些实施例中,排出气经过第二传热流体循环系统 328 的一个或多个热交换器,以加热循环通过加热器的流体。

[0169] 在预热期间,第二传热流体循环系统 328 可将第二传热流体供给到加热器的内部导管和 / 或供给到内部导管与外部导管之间的环形区域。管线 340 可将第二传热流体提供到将流体供给到加热器的内部导管的供给歧管 324 部分。管线 342 可将第二传热流体提供到将流体供给到加热器的内部导管与外部导管之间的环形区域的供给歧管 324 部分。管线 344 可从将流体从加热器的内部导管返回的回流歧管 326 部分使第二传热流体回流。管线 346 可从将流体从加热器的环形区域返回的回流歧管 326 部分使第二传热流体回流。第二传热流体循环系统 328 的阀 348 可允许或停止第二传热流体流入或流出供给歧管 324 和 / 或回流歧管 326。在预热期间,所有阀 348 可以是开放的。在加热的确保流动阶段期间,用于管线 340 和管线 344 的阀 348 可以是关闭的,而用于管线 342 和管线 346 的阀 348 可以是开放的。来自供热装置 204 的液态传热流体可提供到在加热的确保流动阶段期间将流体供给到加热器的内部导管的供给歧管 324 部分。液态传热流体可从使流体从加热器的内部导管回流的回流歧管 326 部分回流到液体储存罐 322。在正常工作期间,所有阀 348 可以是关闭的。

[0170] 在一些实施例中,第二传热流体循环系统 328 是可动的系统。一旦建立传热流体流经加热器的正常流动,可使可动的第二传热流体循环系统 328 运动并且附连至尚未启动的另一循环系统。

[0171] 在正常工作期间,液体储存罐 322 可从返回歧管 326 接收传热流体。液体储存罐 322 可隔热和被热跟踪 (heat traced)。热跟踪可包括使蒸汽循环通过液体储存罐 322 中的旋管 (coils) 的蒸汽循环系统 350。经过旋管的蒸汽将液体储存罐 322 中的传热流体保持在期望的温度下或者在期望的温度范围内。

[0172] 流体推进器 210 可以使液态传热流体从液体储存罐 322 运动到供热装置 204。在一些实施例中,流体推进器 210 是位于液体储存罐 322 中的潜水泵。使流体运动器 210 处于储存罐中可保持泵很好地处于泵的操作温度极限内的温度下。再者,传热流体可用作泵的润滑剂。一个或多个冗余的泵系统可放置于液体储存罐 322 中。如果第一泵系统关闭或需要维修的话,则可使用冗余的泵系统。

[0173] 在供热装置 204 的启动期间,阀 352 可将液态传热流体引导至液体储存罐。在完成地层中加热器的预热之后,阀 352 可重新配置为将液态传热流体引导至将液态传热流体供给到已预热的加热器的内部导管的供给歧管 324 部分。从已预热的回流导管的内部导管回流的液态传热流体可经过接收经过地层的传热流体并将传热流体引导至液体储存罐 322 中的返回歧管 326 部分。

[0174] 为了开始使用流体循环系统 202,可使用蒸汽循环系统 350 来加热液体储存罐 322。传热流体可被添加到液体储存罐 322 中。传热流体可作为在液体储存罐 322 中熔化的固体颗粒被添加,或者液体传热流体可被添加到液体储存罐中。供热装置 204 可被启动,并且流体推进器 210 可用来将传热流体从液体储存罐 322 循环到供热装置并且返回。第二传热流体循环系统 328 可用来加热地层中的加热器,这些加热器与供给歧管 324 和返回歧管 326 联接。可停止将第二传热流体供给到对加热器的内部导管进行供料的供给歧管 324 部分。同样,可停止第二传热流体来自从加热器的内部导管接收传热流体的回流歧管部分的回流。来自供热装置 204 的传热流体于是被引导至加热器的内部导管。

[0175] 传热流体可流经加热器的内部导管到达流动转换器,所述流动转换器将流体流动

从内部导管的转变成流向内部导管与外部导管之间的环形区域。然后,传热流体可经过流动转换器,这些流动转换器将流动改变成返回内部导管。与加热器联接的阀可允许传热流体流入各加热器,以便按顺序启动各加热器,而不是使流体循环系统将传热流体一次性供给到全部加热器。

[0176] 返回歧管 326 接收经过地层中加热器的传热流体,这些加热器从第二流体循环系统被供给传热流体。返回歧管 326 中的传热流体可被引导返回到液体储存罐 322 中。

[0177] 在最初加热期间,第二传热流体循环系统 328 可继续将第二传热流体循环通过不接收由供热装置 204 供给的传热流体的加热器部分。在一些实施例中,第二传热流体循环系统 328 沿与由供热装置 204 供给的传热流体的流动相同的方向引导第二传热流体。在一些实施例中,第二传热流体循环系统 328 沿与由供热装置 204 供给的传热流体流动相反的方向引导第二传热流体。第二传热流体可确保由供热装置 204 供给的传热流体的持续流动。当由于由供热装置 204 供给的传热流体的传热而使得离开地层的第二传热流体比供给地层的第二传热流体更热时,可停止第二传热流体的流动。在一些实施例中,在一段选定时间段之后,在满足其它条件时,可停止第二传热流体的流动。

[0178] 在阅读上述说明之后,本发明各方面的进一步修改和可替代实施例对本领域技术人员来说是显而易见的。因此,本说明应解释为仅为说明性的并且用于教导本领域技术人员实现本发明的一般形式。应理解的是,在此所示和所描述的本发明的形式应视为目前的优选实施方式。元件和材料可与在此所示和所描述的的进行替换,部件和过程可颠倒,本发明的一些特征可独立使用,在获知本发明的上述说明的有益效果之后,所有这些将对本领域的技术人员来说是显而易见的。可对在此所描述的元件进行改变而不偏离下述权利要求中所描述的本发明的精神和范围。另外,应该理解的是,在此独立描述的特征在某些实施中可进行组合。

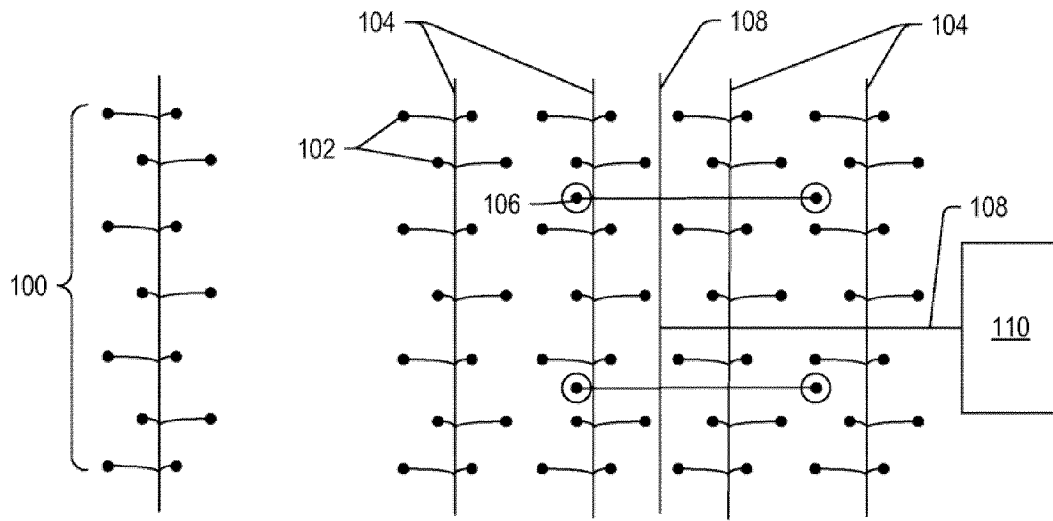


图 1

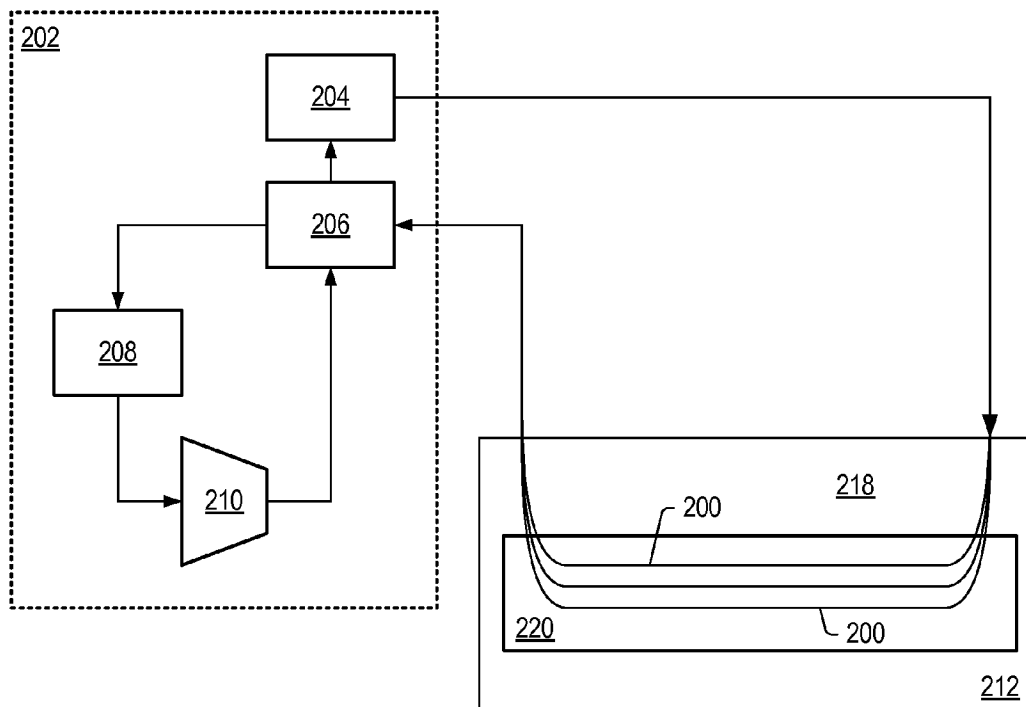


图 2

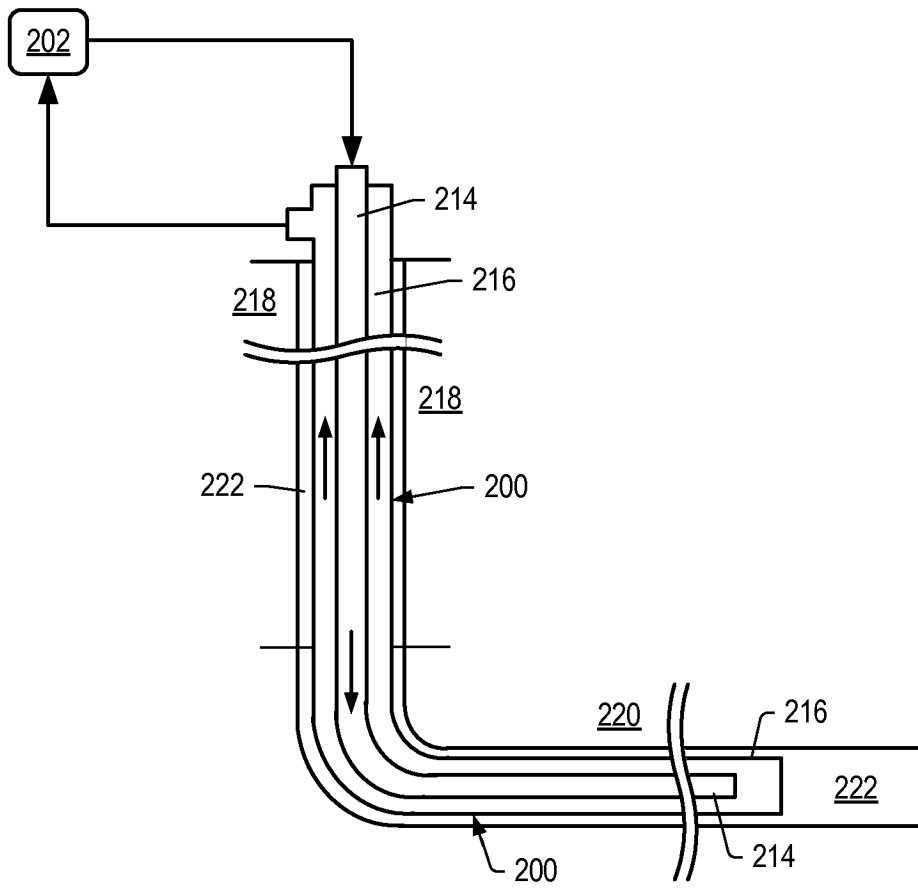


图 3

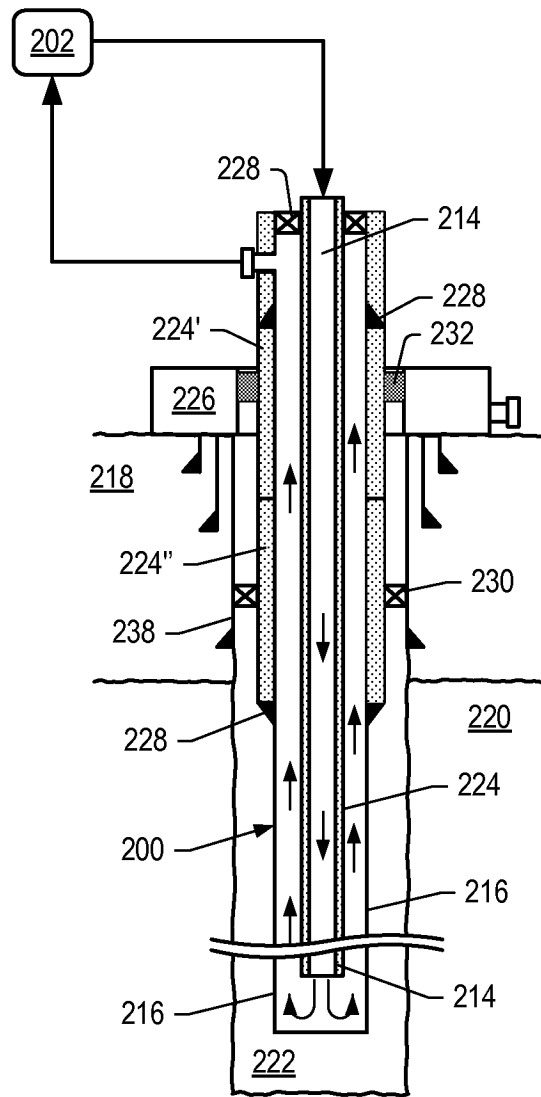


图 4

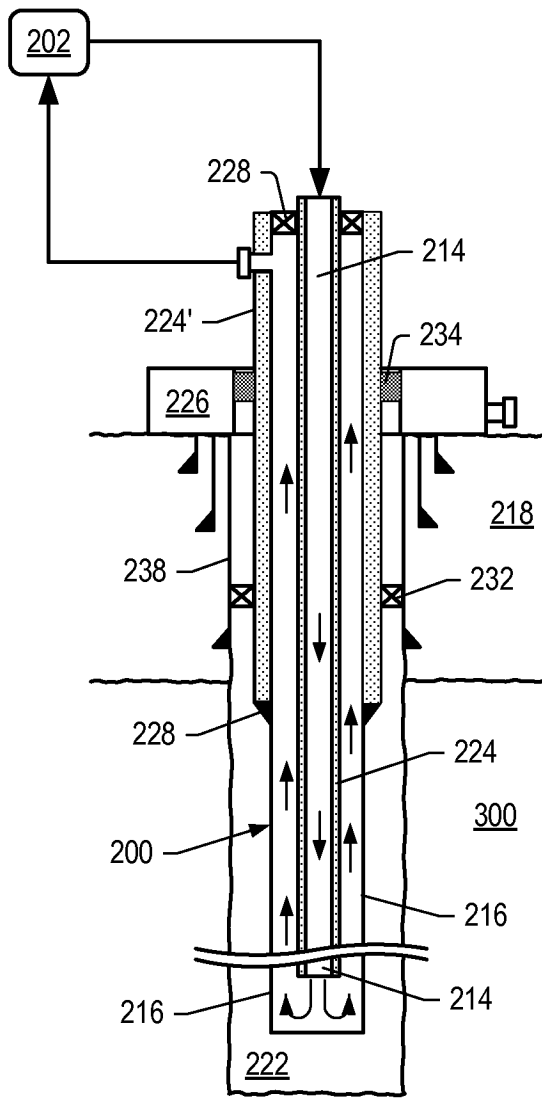


图 5

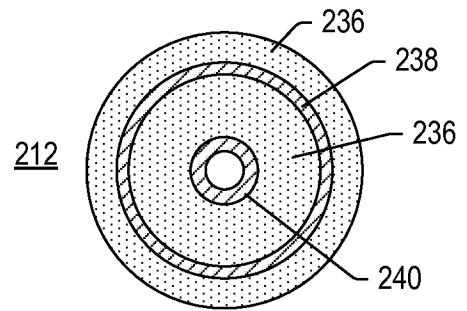


图 6

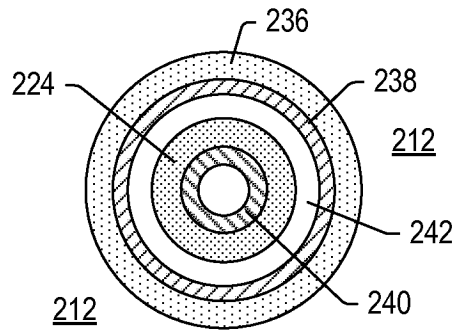


图 7

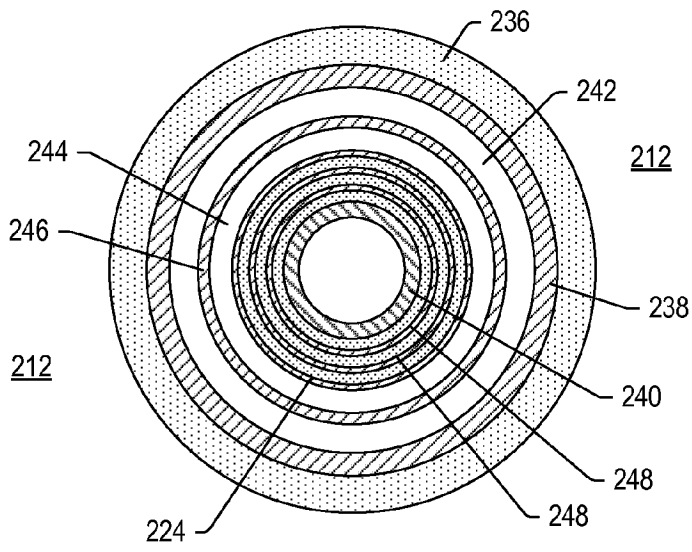


图 8

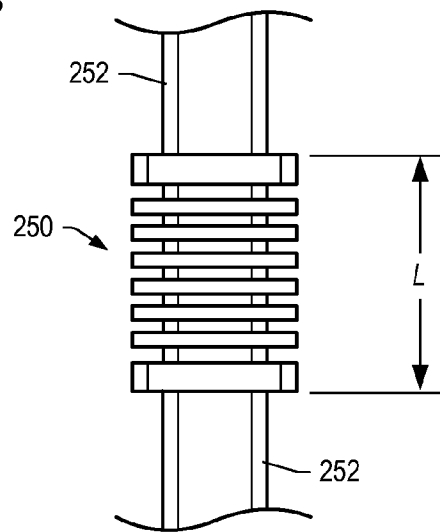


图 9

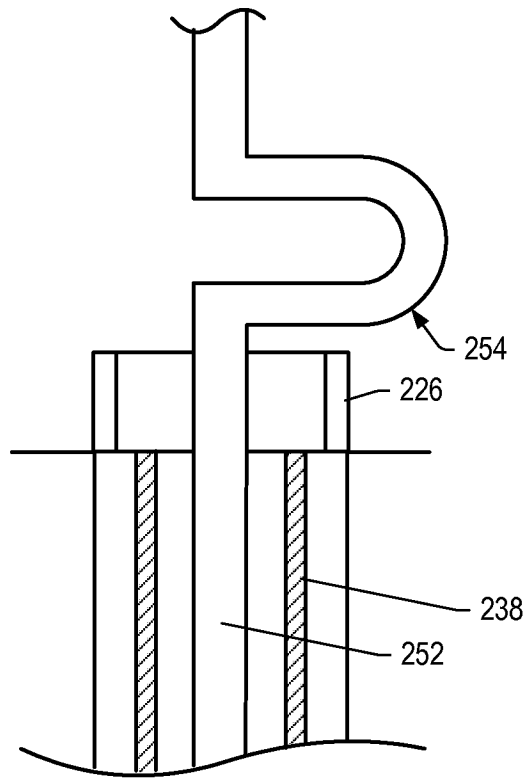


图 10A

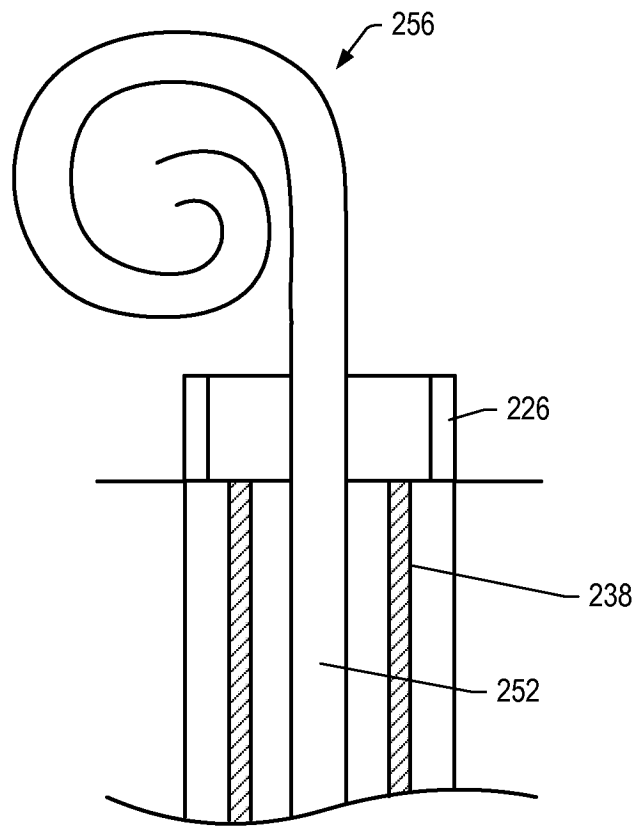


图 10B

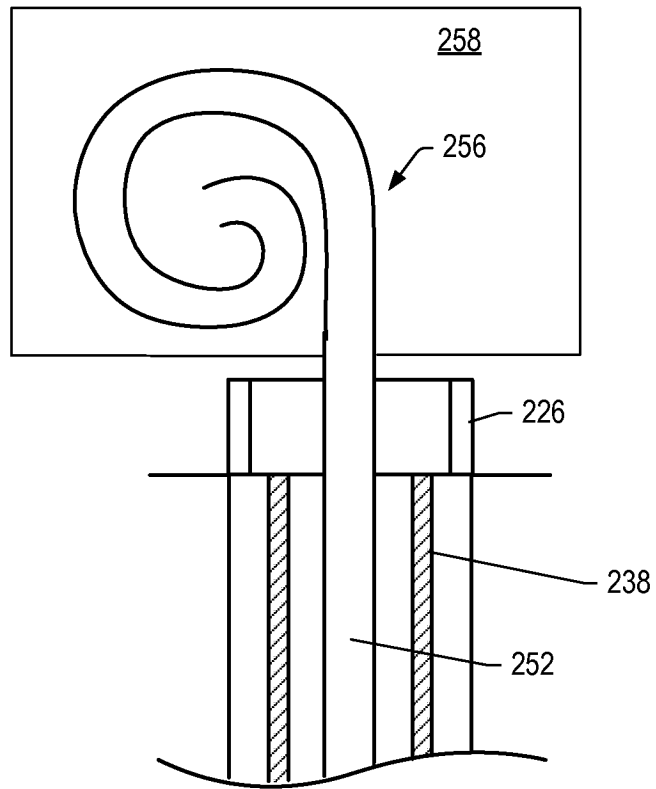


图 10C

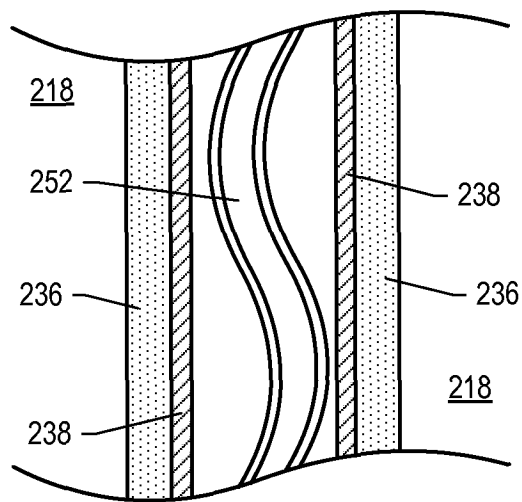


图 11

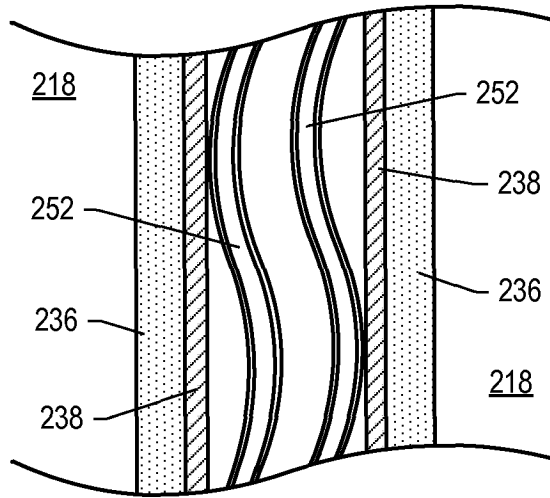


图 12

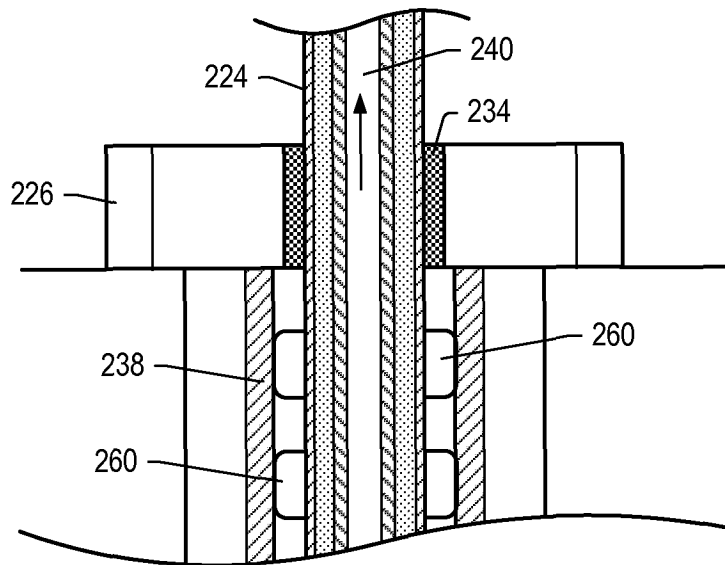


图 13

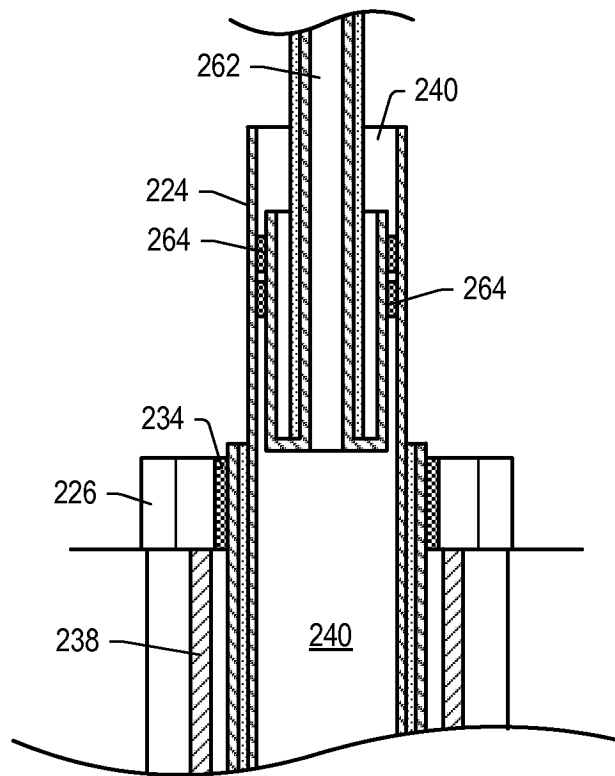


图 14

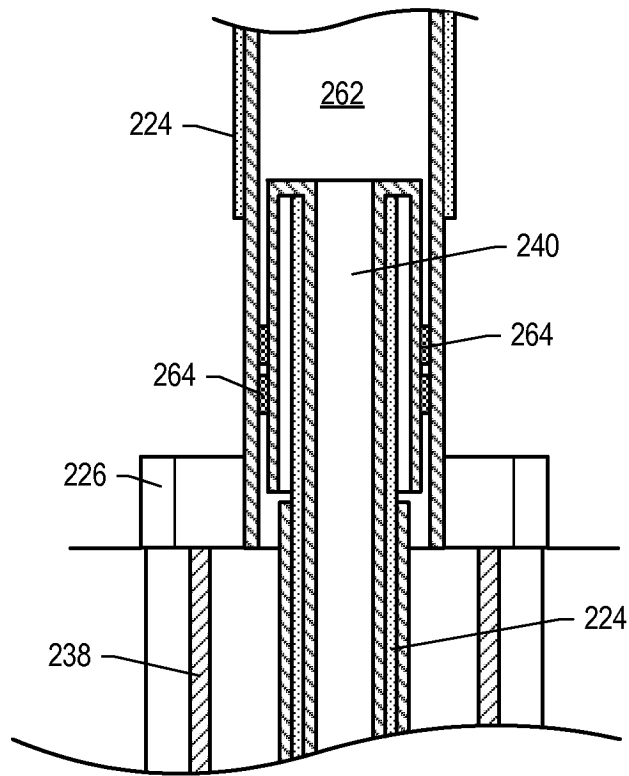


图 15

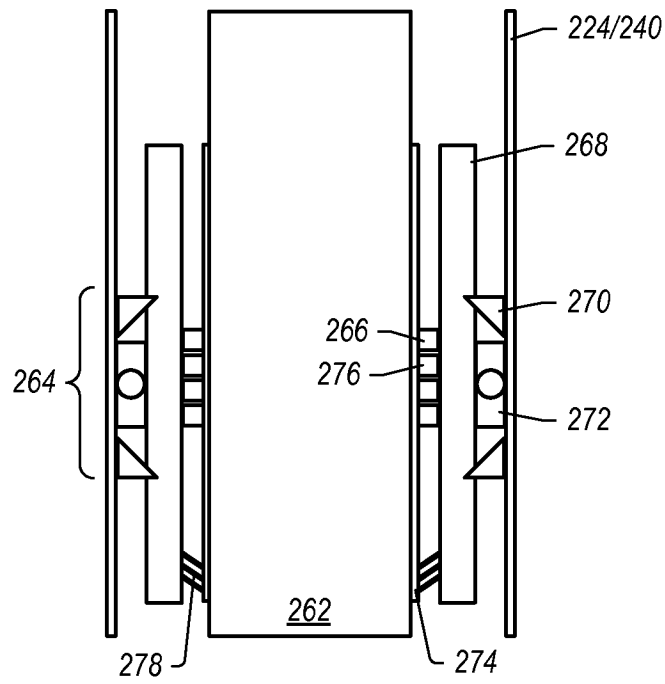


图 16

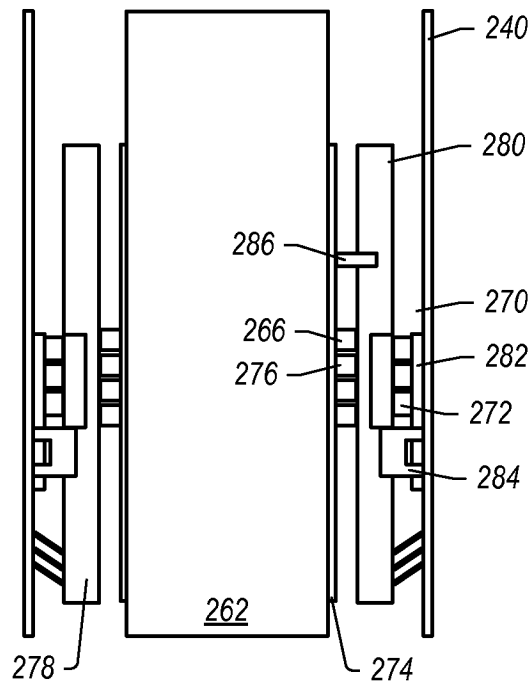


图 17

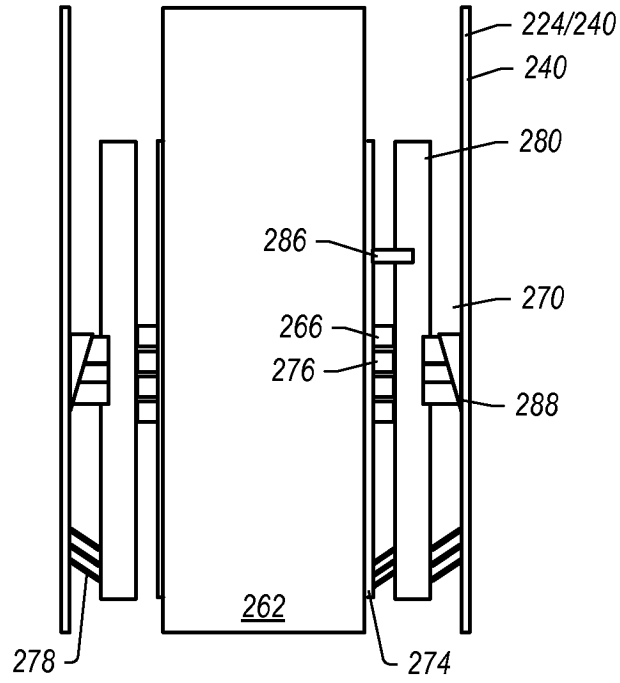


图 18

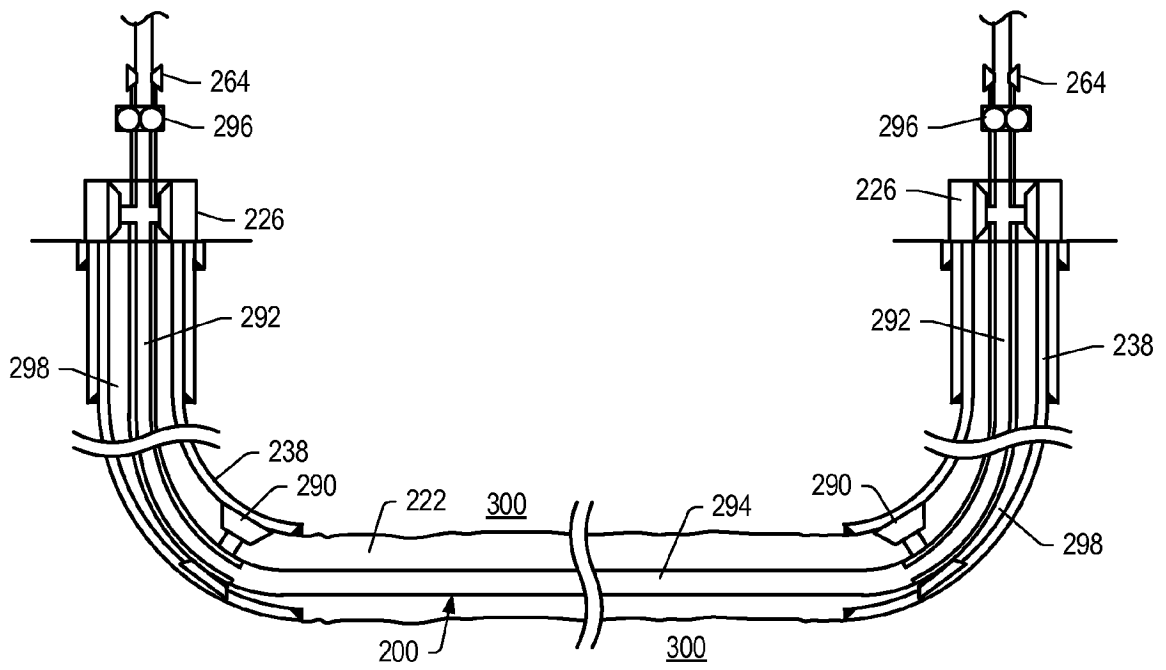


图 19

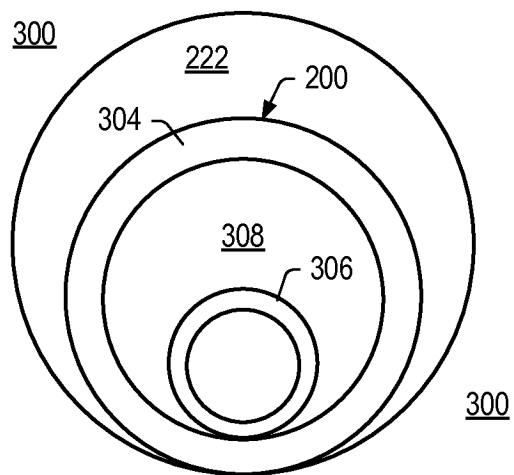


图 20

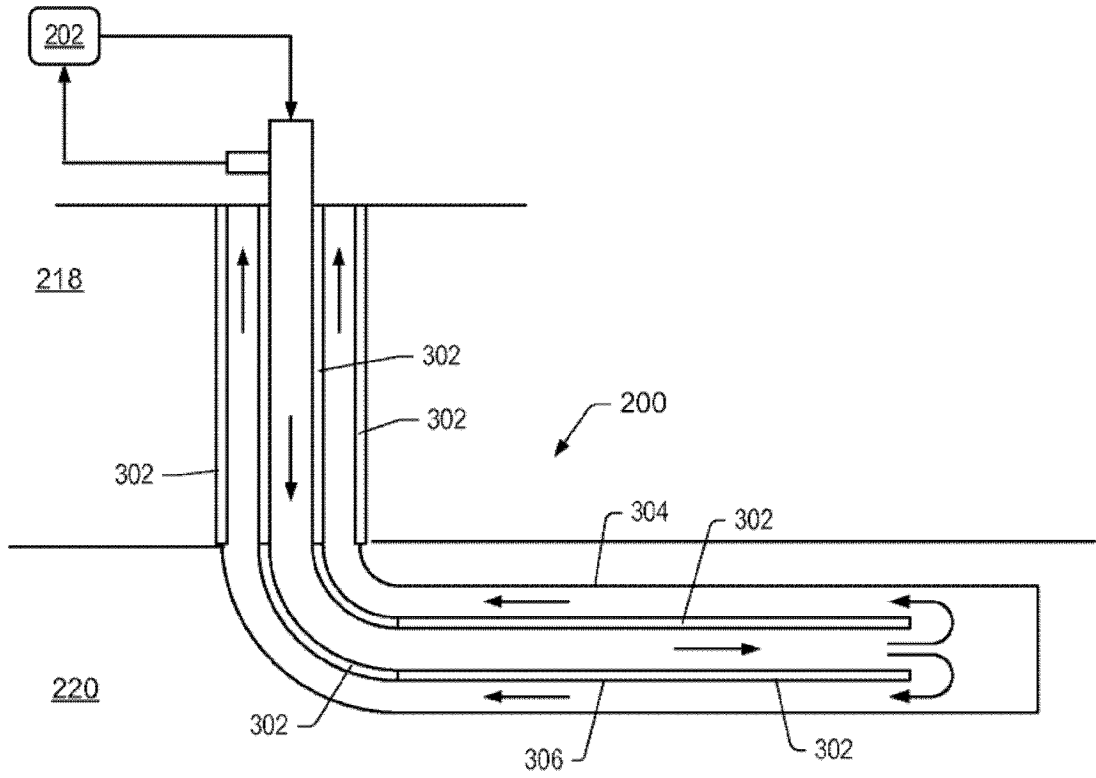


图 21

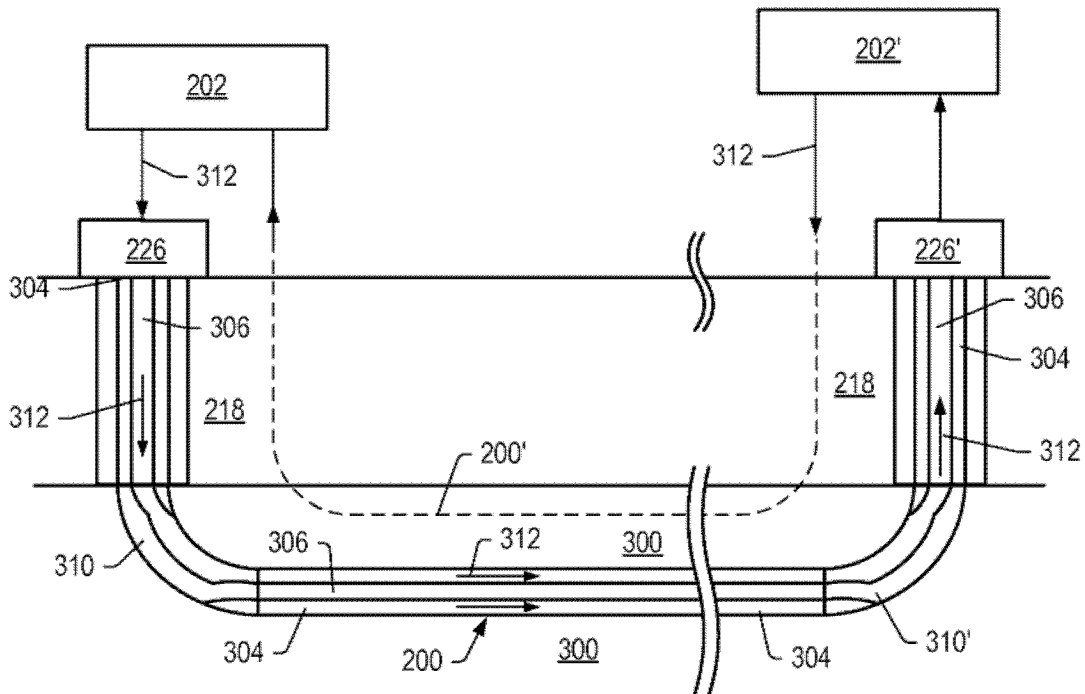


图 22

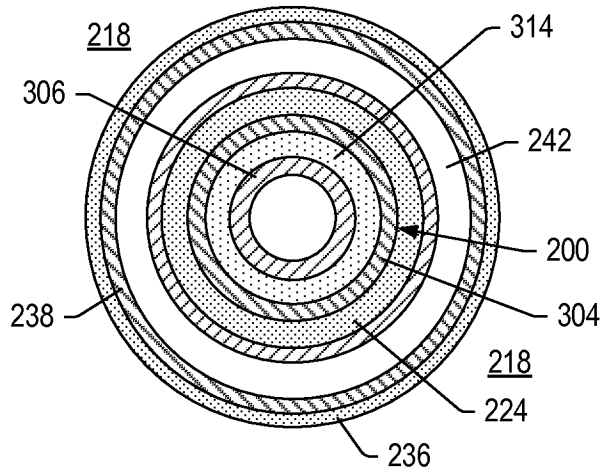


图 23

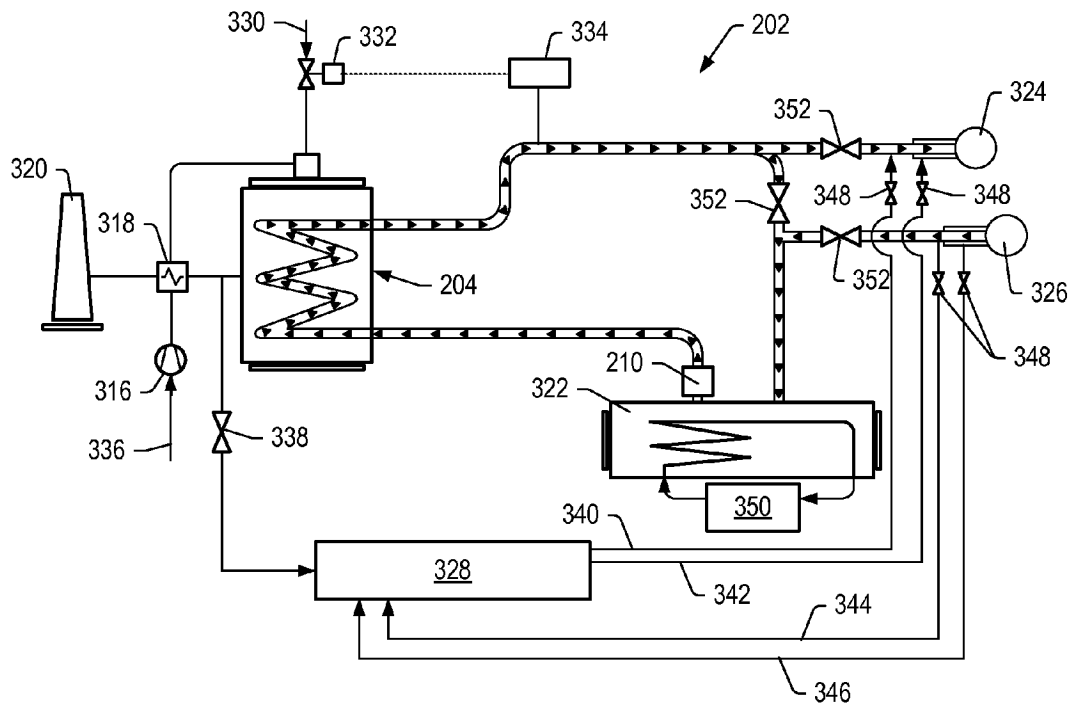


图 24