



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0031468
(43) 공개일자 2021년03월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03G 7/04 (2006.01) F24T 10/00 (2018.01)
F24T 10/20 (2018.01) F28D 20/00 (2018.01)
- (52) CPC특허분류
F03G 7/04 (2013.01)
F24T 10/20 (2018.05)
- (21) 출원번호 10-2021-7001875
- (22) 출원일자(국제) 2019년06월20일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년01월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/038191
- (87) 국제공개번호 WO 2019/246369
국제공개일자 2019년12월26일
- (30) 우선권주장
62/687,385 2018년06월20일 미국(US)

- (71) 출원인
맥베이, 데이비드 알란
미국, 캘리포니아 94306, 팔로 알토, 스위트 #113, 카미노 리얼 3790 이엘
- (72) 발명자
맥베이, 데이비드 알란
미국, 캘리포니아 94306, 팔로 알토, 스위트 #113, 카미노 리얼 3790 이엘
- (74) 대리인
특허법인씨엔에스

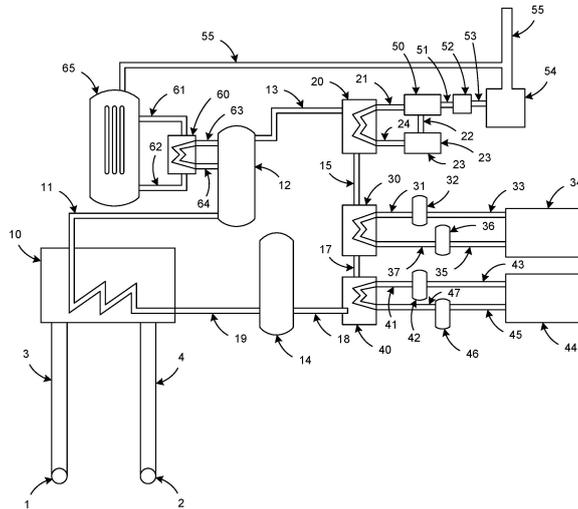
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 지열 브라인 유체로부터 열에너지를 추출하기 위한 방법, 시스템 및 장치

(57) 요약

본 개시내용은 지열 브라인 유체로부터 열에너지를 추출하기 위한 기술에 관한 것이다. 브라인 유체는 지열 생산 웰로부터 추출되어, 열교환기로 전달될 수 있다. 상기 열교환기는 브라인 유체를 수용하여 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달할 수 있다. 상기 용융염은 에너지 저장소로서 기능할 수 있는 용융염 저장 탱크로 펌핑될 수 있다. 상기 브라인 유체는 생산 웰을 통해 지열원으로 리턴될 수 있다. 상기 브라인 유체는 추출로부터 지열 생산 웰로의 리턴을 통하여 용융염으로부터 이격된 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있을 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

F24T 2010/56 (2018.05)

F28D 2020/0047 (2013.01)

Y02E 10/10 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

브라인 유체(briny fluid)로부터 열에너지를 수집하는 방법에 있어서,

제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰(production well)을 통해 지열원으로부터 브라인 유체를 수용하는 단계;

상기 제1 세트의 열교환기에 의해, 상기 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계로서, 상기 브라인 유체는 상기 용융염으로부터 이격된 폐쇄-루프 시스템(closed-loop system) 내에 남아 있는, 상기 용융염으로 전달하는 단계;

상기 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계; 및

상기 브라인 유체를 주입 웰(injecton well)을 통해 상기 지열원으로 리턴하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고온 용융염 저장 탱크로부터 스팀 터빈에 전력 공급하도록 구성된 제2 세트의 열교환기로 상기 용융염을 전달하는 단계를 더 포함하는,

방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 용융염은 상기 제2 세트의 열교환기를 통해 물이 스팀으로 전환되도록 하며, 상기 스팀은 상기 터빈이 회전하게 하는,

방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 스팀은 응축기 및 냉각탑으로 지향되는,

방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 스팀은 응축되어, 상기 제2 세트의 열교환기로부터 열에너지를 수용하도록 상기 터빈에 물로 다시 재지향되는,

방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 브라인 유체로부터 전달된 열에너지에 의해 가열된 상기 용융염은 산업 단지 내의 하나 이상의 영역으로 전달되는,

방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 산업 단지에 열에너지를 방출한 이후의 상기 용융염은 상기 제1 세트의 열교환기로 다시 전달되어, 상기 용융염이 상기 브라인 유체로부터 상기 용융염으로 열에너지의 전달을 반복하게 하는,

방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 세트의 열교환기는 상기 브라인 유체의 속도를 제어하는,

방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 브라인 유체는 대략 175℃ 내지 800℃의 온도를 포함하는,

방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 용융염의 유속(flow rate)은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 제어되는,

방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 용융염의 유속은 상기 속도 제어 밸브 및 펌프에 대한 피드백을 제공한 다음, 상기 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력을 유지하는 센서에 의해 모니터링되는,

방법.

청구항 12

제1항에 있어서,
상기 용융염은 나노입자와 혼합되는,
방법.

청구항 13

제1항에 있어서,
상기 용융염 및 상기 브라인 유체는 현무암 기반 구획부에 의해 분리되는,
방법.

청구항 14

브라인 유체로부터 열에너지를 수집하는 방법에 있어서,
제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰(production well)로부터 상기 브라인 유체를 수용하는 단계;
상기 제1 세트의 열교환기에 의해, 상기 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계로서, 상기 브라인 유체는 상기 용융염으로부터 이격된 제1 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있는, 상기 용융염으로 전달하는 단계;
상기 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계;
상기 제2 세트의 열교환기에 의해, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 열 유체(thermal fluid)로 전달하는 단계로서, 상기 용융염은 상기 열 유체로부터 이격된 제2 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있는, 상기 열 유체로 전달하는 단계; 및
상기 브라인 유체를 주입 웰(injection well)을 통해 지열원으로 리턴하는 단계를 포함하는,
방법.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 제2 세트의 열교환기는 상기 용융염으로부터 열 오일(thermal oil)로 열에너지를 교환하는,
방법.

청구항 16

제14항에 있어서,
상기 제2 세트의 열교환기는 상기 용융염으로부터 물로 열에너지를 교환하는,
방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 유지되는, 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,
상기 유지 압력은 상기 속도 제어 밸브 및 펌프에 피드백을 제공하는 센서에 의해 관독되는, 방법.

청구항 19

브라인 유체로부터 열에너지를 수집하는 방법에 있어서,
제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰(production well)로부터 상기 브라인 유체를 수용하는 단계;
상기 제1 세트의 열교환기에 의해, 상기 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계로서, 상기 브라인 유체는 상기 용융염으로부터 이격된 제1 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있는, 상기 용융염으로 전달하는 단계;
상기 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계;
상기 제2 세트의 열교환기에 의해, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 용융 실리콘 또는 용융 유리로 전달하는 단계로서, 상기 용융염은 상기 용융 실리콘 또는 상기 용융 유리로부터 이격된 제2 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있는, 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리로 전달하는 단계; 및
상기 브라인 유체를 주입 웰(injection well)을 통해 지열원으로 리턴하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,
상기 제2 세트의 열교환기는 상기 제2 폐쇄-루프 시스템 내에서 생성된 에너지를 사용하는 전극을 구비하는, 방법.

청구항 21

제19항에 있어서,
상기 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 유지되는, 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,
상기 유지 압력은 상기 속도 제어 밸브 및 펌프에 피드백을 제공하는 센서에 의해 관독되는,

방법.

청구항 23

제19항에 있어서,

상기 제2 세트의 열교환기에 의해, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 전기 에너지로 전달하는 단계를 더 포함하며, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리로 전달하는 단계는 상기 전기 에너지를 구비하는 전기 저항 코일을 사용하여 상기 용융 실리콘 또는 상기 용융 유리를 가열하는 단계를 구비하는, 방법.

청구항 24

제19항에 있어서,

상기 용융 실리콘 또는 용융 유리의 상태는 액체 또는 고체를 포함하고, 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리 중 어느 것은 나노입자와 혼합되는,

방법.

청구항 25

지열 수집 장치(geothermal heat collection apparatus)에 있어서,

브라인 유체와 용융염 사이에서 열에너지를 전달하도록 구성된 열교환기로서, 상기 브라인 유체는 생산 웰을 통해 지열 대수층(geothermal aquifer)으로부터 흡인되고, 상기 브라인 유체는 상기 용융염으로부터 이격된 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있고, 상기 폐쇄-루프 시스템은 상기 생산 웰로부터 주입 웰로 연장되는, 상기 열교환기; 및

상기 열교환기에 의해 가열된 용융염을 수용하도록 구성된 용융염 저장 탱크를 포함하고,

상기 주입 웰은 상기 브라인 유체를 상기 지열 대수층으로 리턴하도록 구성되고,

상기 폐쇄-루프 시스템은 상기 생산 웰로부터 상기 주입 웰로의 대략 일정한 압력을 유지하는,

지열 수집 장치.

청구항 26

지열 추출 관리 시스템(geothermal heat extraction management system)에 있어서,

추출 웰 내에 배치된 펌프;

지열원 내에 배치되는 제1 압력 센서;

상기 추출 웰 내에 배치된 제2 압력 센서;

브라인 유체와 용융염 사이에서 열에너지를 전달하도록 구성된 열교환기; 및

상기 펌프 및 상기 열교환기에 연결된 프로세서

를 포함하고,

상기 프로세서는, 상기 제1 압력 센서와 상기 제2 압력 센서 사이의 압력 판독의 차이를 분석하고, 상기 추출 웰 내의 제1 압력을 조정하도록 상기 펌프에 지시하여 상기 추출 웰 내의 상기 브라인 유체의 유속(flow rate)

을 증가 또는 감소시킴으로써 상기 지열원 내의 제2 압력과 일치시키도록 구성되는, 지열 추출 관리 시스템.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 개시내용은 2018년 6월 20일자로 출원된 미국 가특허출원 62/687,385호의 이익을 주장하며, 그 전체내용은 본 명세서에 참고로 편입된다.
- [0002] 본 개시내용은 지열에너지 추출에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지열 브라인 유체(geothermal briny fluid)로부터 열에너지를 추출하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 열에너지는 지열에너지 형태로 지구의 표면 아래에 놓인다. 지구의 코어가 5,000°C 이상인 것으로 생각되는 경우, 지구의 원래 형성으로부터 저장되어 진행중인 방사성 붕괴에 의해 발생되어 방대한 에너지 공급을 제공하는 충분한 열이 존재한다.
- [0004] 그러나, 지열에너지를 이용하기 위한 시도에서 통상적으로 발생하는 많은 문제는 지열에너지에 접근하는 것에 관한 것인데, 그 이유는 지구의 표면이 지구의 내부 부분보다 온도가 상당히 낮아지기 때문이다. 평균 지열 구배는 지구 표면 아래의 깊이의 모든 킬로미터에 대해 약 25°C이다. 따라서, 5km 깊이인 웰의 바닥에서의 온도는 대략 125°C 이상일 수 있다.
- [0005] 많은 경우에, 다양한 엔티티가 유사한 깊이(예를 들어, 최대 12km 깊이)에서 자원(예를 들어, 오일)을 위한 지구 내로 드릴링할 수 있다. 그러나, 이러한 깊이들의 웰 내에서 작동하는 것은 극도로 자원 집약적일 수 있다.
- [0006] 또한, 지질적 결함 구역(geological fault zone)에 근접하여, 지구의 크러스트(crust) 내의 균열은 마그마가 표면에 훨씬 더 근접하게 할 수 있다. 이는 분화구, 천연 온천 및 간헐천과 같은 지열 지형을 일으킬 수 있다. 일례로서, 캘리포니아의 지진적으로 활성인 롱 밸리 칼데라(Long Valley Caldera)에서, 700°C 이상의 온도에서의 마그마는 지구 표면 아래의 단지 6km의 깊이에 놓이는 것으로 여겨진다. 대안적으로, 더 낮은 온도가 이용될 수 있다면, 지열 영역에서 1km 미만의 깊이에서의 웰은 100°C 이상의 온도를 달성할 수 있다. 단지 1km의 깊은 웰은 더 깊은 웰을 동작하는 것보다 훨씬 덜 자원 집약적일 수 있다.
- [0007] 일부 위치에서, 기존에 존재하는 드릴링 활동으로 인해 드릴링이 불필요할 수 있다. 일례로서, 기존의 오일-탐사 영역은 다수의 지하 웰들을 가지며, 이들 웰들 중 일부는 지열을 포획하기 위해 지구의 표면 아래로 충분히 깊은 곳에 도달할 수 있다. 이러한 웰에 대해, 이러한 열원이 포획되게 하도록 표면 기반시설만이 공급될 필요가 있을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 개시된 기술은 폐쇄-루프 브라인 유체 시스템으로부터의 열에너지를 용융염에 전달하는 것을 포함한다. 폐쇄-루프 브라인 유체 시스템은 지구 내로 깊게 연장되는 추출 웰(extraction well) 및 주입 웰(injection well)을 구비할 수 있다. 추출 웰 및 주입 웰의 깊이는 지열 온도 구배의 함수일 수 있다. 추출 웰을 통해 추출된 브라인 유체는 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염 시스템으로 전달하도록 구성된 열교환기로 지향될 수 있다. 폐쇄-루프 시스템이 사용되기 때문에, 모든 또는 실질적으로 모든 브라인 유체는 열에너지를 추출한 후에 주입 웰을 통해 지열원으로 리턴된다. 용융염은 연장된 시간 기간 동안 열에너지를 저장할 수 있다. 또한, 용융염은 저장된 열에너지를 또 다른 위치로 이송하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 용융염은 저장된 열에너지를 원격 전기 발생 유닛(EGU)에 전달하는데 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 본 개시내용의 이들 및 다른 목적들, 특징들 및 특성들은 첨부된 청구범위 및 도면들과 관련하여 하기의 상세한

설명을 연구하는 것으로부터 통상의 지식을 가진 자에게 더 명백해질 것이며, 이들 모두는 본 명세서의 일부를 형성한다.

도 1은 다양한 실시예에 따른 지열 브라인 유체로부터의 열에너지를 추출하기 위한 시스템의 블록도를 도시한다.

도 2는 다양한 실시예에 따른 브라인 유체 대 용융염 열 추출 시스템에 대한 블록 다이어그램을 도시한다.

도 3은 다양한 실시예에 따른 리튬 추출을 갖는 용융염 지열 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다.

도 4는 다양한 실시예에 따른 에너지 수집 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다.

도 5는 다양한 실시예에 따른 브라인 유체 대 용융염 지열에너지 추출 시스템의 등각도를 도시한다.

도 6은 다양한 실시예에 따른 지열에너지에 의해 실질적으로 전력 공급되는 공업 단지의 등각도이다.

도 7은 다양한 실시예에 따른 지열 브라인 유체로부터의 에너지를 추출하기 위한 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다.

도 8은 다양한 실시예에 따른 지열 추출 관리 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다.

도 9는 다양한 실시예에 따른 브라인 유체로부터의 열에너지를 수집하기 위한 방법을 도시하는 블록 다이어그램을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 많은 경우에, 지열 기술은 브라인 유체의 플래시 스팀 처리(Flash steam processing)에 기인하여 스케일링을 초래할 수 있고, 열에너지를 추출한 후에 실질적으로 모든 브라인 유체를 지열 웰 내로 재분사하지 못할 수 있다. 종래의 지열 기술은 추후의 사용을 위해 에너지를 저장할 수 없고, 열 공정 또는 전기 생산을 위해 2차 위치로 열을 운반할 수 없다. 또한, 이러한 지열 기술은 특히 플랜트 정지 동안에 독성 스팀 방출에 대한 높은 가능성을 가질 수 있다.

[0011] 개시된 실시예는 지열 브라인 유체로부터 열에너지를 추출하는 것을 포함하는 많은 지열 공정에 내재하는 문제를 해결할 수 있다. 일 실시예에서, 열에너지는 열교환기를 통해 브라인 유체로부터 용융염으로 전달된다. 일 실시예에서, 열에너지는 브라인 유체로부터 암반(Rock bed)으로 직접 전달된다. 지열 유체로부터 추출된 에너지는 용융 실리콘 또는 용융 유리 저장 탱크 내의 전극을 가열하는데 사용될 수 있다. 열에너지는 용융염으로부터 열 오일 또는 온수로 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 물질(예를 들어, 리튬)이 브라인 유체로부터 추출될 수 있다.

[0012] 브라인 유체가 다른 기술에서와 같이 플래시 처리되지 않기 때문에, 장비는 스케일링 결과에 의해 제한되지 않는다. 또한, 폐쇄-루프 시스템이 사용되어, 열에너지를 추출한 후에 모든 또는 실질적으로 브라인 유체가 지열 웰로 리턴될 수 있다. 예를 들어, 열에너지가 용융염에 직접 전달될 수 있기 때문에, 용융염은 연장된 시간 기간 동안 열에너지를 저장할 수 있다. 또한, 용융염은 저장된 열에너지를 또 다른 위치로 이송하는데 사용될 수 있다. 또한, 용융염은 다른 물질(예를 들어, 열 유체)로 열을 전달하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 용융염은 저장된 열에너지를 원격 전기 발생 유닛(EGU)으로 전달하는데 사용될 수 있다.

[0013] 도 1은 다양한 실시예에 따른 지열 브라인 유체로부터 열에너지를 추출하기 위한 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 도 1에 도시된 실시예는 지열 브라인 유체로부터 열에너지를 추출하기 위해 용융염 지열에너지 수집 시스템을 사용할 수 있다.

[0014] 지열원은 175°C-800°C의 온도 범위를 갖는 브라인 유체를 구비할 수 있다. 지열원 내의 브라인 유체의 온도는 깊이의 함수일 수 있다. 175°C-800°C 범위의 브라인 유체는 생산 웰(1)을 통해 추출되어 속도 제어 밸브 및 펌프를 통해 흘러서, 브라인 유체로부터의 열을 용융염으로 전달할 수 있는 브라인 유체 대 용융염 열교환기(Briny Fluid to Molten Salt Heat Exchanger)(2)로의 고온 브라인 유체 입구 파이프(Hot Briny Fluid Inlet Pipe) 내로 들어가도록 펌핑한다.

[0015] 속도 제어 밸브, 펌프 및 관련 부품은, 예를 들어 스테인레스강, 인코넬 합금, 또는 듀플렉스 배관과 같은 내산 화성-내부식성 재료로 제조될 수 있다. 일 실시예에서, 내산화성-내부식성 재료는 주로 크롬 및/또는 니켈과 같은 비철 금속으로 이루어질 수 있다. 또한, 속도 제어 밸브, 펌프 및 관련 부품은, 예를 들어 고밀도 폴리에

틸렌(High-density polyethylene: HOPE)과 같은 내부식성 화학물질 또는 재료로 라이닝될 수 있다.

- [0016] 속도 제어 밸브 및 펌프는 생산 웰(1), 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10), 및 주입 웰(3) 사이의 압력을 제어할 수 있다. 예를 들어, 속도 제어 밸브 및 펌프는 일정한 압력을 유지하는데 사용될 수 있다. 일정한 압력을 유지하기 위해, 밸브 및 펌프는 일련의 센서에 기초하여 브라인 유체의 유속을 변화시킬 수 있다. 센서는 시스템 내의 체크포인트에서 브라인 유체의 유속을 체크할 수 있다. 일 실시예에서, 센서는 생산 웰의 베이스, 밸브 및 펌프 전후, 열교환기 내부, 및 주입 웰의 베이스에서 내장될 수 있다. 센서 중 어느 것이 지열원 내의 압력보다 낮거나 높은 압력(예컨대, psi)을 검출하는 경우, 센서는 압력을 조절하기 위해 밸브 및 펌프에 지시할 수 있다. 예를 들어, 생산 웰의 베이스에서의 센서는 900 psi를 나타낼 수 있다. 그러나, 주입 웰의 베이스에서의 센서는 500 psi를 나타낼 수 있다. 그 다음, 주입 웰의 베이스에서의 센서는 900 psi에 부합하도록 유속을 높이도록 밸브 및 펌프에 지시할 수 있다. 일부 실시예에서, 시스템에 포함된 모든 밸브 및 펌프는 동시에 작용할 수 있다. 다른 실시예에서, 일부 밸브 및 펌프는 다른 것과 별개로 작동할 수 있다.
- [0017] 용융염은 상이한 염(예를 들어, 질산나트륨, 질산칼륨, 및/또는 질산칼슘)의 공유 혼합물을 포함할 수 있다. 용융염은 제1 파이프를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로부터 고온 용융염 저장 탱크(7)로 전달할 수 있다.
- [0018] 저온 용융염 저장 탱크(8)로부터의 저온 용융염은 제2 파이프를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 이동할 수 있다. 저온 용융염은 브라인 유체에 의해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)에서 가열될 수 있고, 가열된 용융염은 제1 파이프를 통해 용융염 저장 탱크(7)로 펌핑될 수 있다. 고온 용융염 저장 탱크(7) 내의 고온 용융염은 설비(예컨대, 산업 단지)를 통해 분배되고 그리고/또는 에너지 발생 유닛으로 지향될 수 있다. 일 실시예에서, 채널을 갖는 흑연 블록은 브라인 유체로부터의 열을 흡수하여 열에너지 저장을 위해 사용될 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 나노입자는 폐쇄-루프 시스템 내의 어느 지점에서 용융염에 첨가될 수 있다. 용융염 및 나노입자 혼합물의 열 저장 용량은 용융염 단독보다 30% 더 높을 수 있다. 나노입자는, 예를 들어 구리 텃인 흑연 또는 그래핀을 포함한다. 예를 들어, 그래핀은 용융염 탱크 내의 용융염에 첨가되거나 또는 용융염 열교환기로의 브라인 유체 내에 첨가될 수 있다.
- [0020] 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)는 추출된 브라인 유체로부터의 열을 용융염으로 전달하는데 사용될 수 있다. 브라인 유체 및 용융염은, 예를 들어 열 전도성 벽에 의해 분리될 수 있다. 열 전도성 벽은 높은 압력에서 열 전도성 특성을 나타낼 수 있다. 열 전도성 벽은, 예를 들어 구리, 은, 다이아몬드(예를 들어, 순수, 불순수 및/또는 동위원소 농축), 금, 알루미늄, 탄소 섬유, 스테인리스강 티타늄 합금, 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 열 전도성 벽은 브라인 유체 챔버에 인접한 동위원소 농축 다이아몬드 층 및 용융염 챔버에 인접한 구리 층을 포함할 수 있다. 동위원소로 농축된 다이아몬드 층은 높은 열전도도를 유지하면서 부식을 감소시키기 위해 브라인 유체 챔버에 인접하여 사용될 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)는 온도 센서를 구비한다. 온도 센서는 브라인 유체와 용융염 모두의 온도를 감지할 수 있다. 일단 브라인 유체, 용융염, 또는 둘 모두의 온도가 사전설정된 값에 도달하면, 시스템은 이제 가열된 용융염을 고온 용융염 탱크로 이동시킬 수 있다. 또한, 시스템은 저온 브라인 유체를 주입 웰 내로 이동시켜서 고온 브라인 유체를 열교환기로 펌핑할 수 있다. 예를 들어, 고온 용융염 탱크 내로 이동시키는 용융염에 대한 임계값은 300℃일 수 있다. 일단 용융염이 300℃에 도달했다고 온도 센서가 검출하면, 온도 센서는 고온 용융염을 고온 용융염 탱크(7)로 이동시키고 저온 용융염을 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 유입하게 하는 표시를 제공할 수 있다.
- [0022] 열이 브라인 유체로부터 추출되어 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 유입된 후에, 브라인 유체는 다시 자원으로 재주입될 수 있다. 지금까지, 브라인 유체는 위로 올라가고, 용융염 또는 암반에 열을 전달하며, 지열원으로 재주입된다. 일 실시예에서, 저온 용융염 저장 탱크(8)로부터 열교환기(10)로 유입된 저온 용융염이 가열된 다음, 고온 용융염 저장 탱크(7)로 펌핑된다. 일 실시예에서, 가열된 용융염은, 예를 들어 열 오일 및 물과 같은 열 유체를 가열하는데 사용된다. 이제, 용융염은 용융염을 통해 증류수 열교환기로 갈 준비가 될 수 있다.
- [0023] 고온 용융염은 제3 파이프(9)를 통해 증류수 열교환기(20)로 용융염을 유입할 수 있다. 용융염 대 증류수 열교환기(20)로부터 생성된 스팀은 제4 파이프(21)를 통해 스팀 터빈(50) 또는 전력발생기(GenSet)로 보내져 전기를 생산한다.

- [0024] 스팀은 응축기/냉각탑(23)을 통과하여 물로 전환된 다음, 용융염을 증류수 루프로 반복할 수 있다. 스팀은 제5 파이프(17)를 통해 용융염 대 열 오일 열교환기(Molten Salt to Thermal Oil Heat Exchanger)(30)로, 제6 파이프(18)를 통해 용융염 대 고온수 열교환기(Molten Salt to Hot Water Heat Exchanger)(40)로, 그리고 고온 브라인 유체에 의해 재가열되도록 대기하는 저온 용융염 저장 탱크(8)로 다시 보내질 수 있다.
- [0025] 스팀은 제7 파이프(31)를 통해 열 오일 저장 탱크(32)로 보내질 수 있고, 제8 파이프(33)를 통해 냉각된 열 오일 저장 탱크(Cooled Thermal Oil Storage Tank)(34)로 보내질 수 있다. 냉각된 열 오일은 제9 파이프(35)를 통해 냉각된 열 오일 대 저온 열 유체 저장 탱크(Colded Thermal Oil to Cold Thermal Oil Storage Tank)(36)로 보내질 수 있다.
- [0026] 용융염 대 고온수 저장 탱크(40)로부터, 고온수는 제10 파이프(41)를 통해 고온수 저장 탱크(42)로 보내질 수 있다. 고온수는 제11 파이프(43)를 통해 고온수 저장 탱크(42)로부터 고온수 시스템(44)으로 보내질 수 있다. 냉각수는 제12 파이프(45)를 통해 냉수 저장 탱크(46)로 보내질 수 있다. 냉각수는 제13 파이프(47)를 통해 용융염 대 고온수 열교환기(40)로 다시 보내질 수 있다.
- [0027] 스팀 터빈(50)은 발전기(52)가 전기 에너지를 제공할 수 있게 하는 로터(51)를 회전시킬 수 있으며, 변압기(53)는 전기 에너지를 변환하여, 3상 전기(55)의 그리드에 대한 전송을 용이하게 한다.
- [0028] 일 실시예에서, 에너지 수집 시스템은 용융 실리콘 열교환기(6)를 구비할 수 있다. (예를 들어, 지열 발전소에 의해 생산된 전기를 이용하는) 전극은 용융 실리콘 저장 탱크(60)에서 최대 2000℃까지 가열될 수 있다. 용융 실리콘은 용융염을 갖는 열교환기(62)에 사용되어 1000℃와 같은 높은 작동 온도까지 용융염을 얻을 수 있다. 일 실시예에서, 용융 유리는 히트 싱크에 사용될 수 있다. 용융 유리는 전극에 의해 최대 1200℃까지 가열될 수 있다. 용융염은 리턴 파이프(64, 65)를 통해 고온 용융염 저장 장치(7)로 다시 보내질 수 있다.
- [0029] 도 2는 다양한 실시예에 따른 용융염 열 추출 시스템에 대한 브라인 유체의 블록 다이어그램을 도시한다. 도 2에 도시된 실시예는, 예를 들어 열 오일 및 고온수 루프와 같은 상이한 열 유체 루프를 갖는 브라인 유체 대 용융염 열 추출 시스템을 구비할 수 있다. 상이한 열 유체를 사용함으로써, 시스템은 광범위한 적용을 가질 수 있고, 효율을 증가시킬 수 있다. 폐쇄-루프 열 오일 열교환기 및 폐쇄-루프 고온수 열교환기는 다양한 온도 범위를 이용하는 열처리를 제공하도록 시스템에 통합될 수 있다. 예를 들어, 열 오일은 열 오븐을 통해 용융염 대 물 열교환기로 순환될 수 있다. 열 오일을 순환시킴으로써, 생성된 스팀의 양을 극대화시킬 수 있다.
- [0030] 고온 브라인 유체는 생산 웰(1)로부터 모여서 제1 파이프(2)를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 전달될 수 있다. 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로부터의 고온 용융염은 제2 파이프(5)를 통해 고온 용융염 저장 탱크(7)로 보내질 수 있다. 저온 용융염은 저온 용융염 저장 탱크(8)와 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10) 사이로 전달될 수 있다.
- [0031] 용융염은 제4 파이프(9)를 통해 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)로 전달될 수 있다. 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)는 제5 파이프(21)를 통해 스팀 터빈(50)에 전력 공급할 수 있다. 스팀 터빈(50)은 로터(51), 발전기(52), 변압기(53), 및 3상 전기 대 그리드(54)에 전력 공급할 수 있다.
- [0032] 냉각된 스팀은 제6 파이프(22)를 통해 스팀 터빈(50)으로부터 응축기 또는 냉각탑(23)으로 전달되고, 제7 파이프(24)를 통해 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)로 다시 전달될 수 있다. 용융염은 제8 파이프(25)를 통해 용융염 대 스팀 열교환기(20)로부터 용융염 대 열 오일 열교환기(30)로 전달될 수 있다.
- [0033] 열 오일은 제9 파이프(31)를 통해 용융염 대 열 오일 열교환기(30)와 열 오일 저장 탱크(32) 사이로 전달될 수 있다. 열 오일은 제10 파이프(33)를 통해 열 오일 저장 탱크(32)와 열 오일 시스템(34) 사이로 전달될 수 있다. 냉각된 열 오일은 제11 파이프(35)를 통해 열 오일 시스템(34)으로부터 냉각된 열 오일 저장 탱크(36)로 전달될 수 있다. 냉각된 열 오일은 제12 파이프(37)를 통해 냉각된 열 오일 저장 탱크(36)로부터 용융염 대 열 오일 열교환기(30)로 다시 전달될 수 있다.
- [0034] 용융염은 제13 파이프(38)를 통해 용융염 대 열 오일 열교환기(30)와 용융염 대 고온수 열교환기(40) 사이로 전달될 수 있다. 고온수는 제14 파이프(41)를 통해 용융염 대 고온수 열교환기(40)와 고온수 저장 탱크(42) 사이로 전달될 수 있다. 고온수는 제15 파이프(43)를 통해 고온수 저장 탱크(42)와 고온수 시스템(44) 사이로 전달될 수 있다. 물은 제16 파이프(45)를 통해 고온수 시스템(44)과 냉각수 저장 탱크(46) 사이로 전달될 수 있다. 물은 제18 파이프(47)를 통해 냉각수 저장 탱크(46)와 용융염 대 고온수 열교환기(40) 사이로 전달될 수 있다.
- [0035] 도 3은 다양한 실시예에 따른 리튬 추출을 갖는 용융염 지열 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 일 실시예

에서, 에너지 수집 시스템은 브라인 유체로부터 리튬을 추출하는데 사용된다. 브라인 유체가 브라인 유체 대 용융염 열교환기를 통과한 후에 그리고 자원 내로 다시 주입되기 전에, 브라인 유체는 리튬 추출 공정을 통해 진행할 수 있다.

[0036] 도 3에 도시된 바와 같이, 고온 브라인 유체는 제1 파이프(3)를 통해 생산 웰(1)로부터 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 보내질 수 있다. 저온 용융염은 저온 용융염 탱크(14) 내에 저장되어 제2 파이프(19)를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 전달될 수 있다. 고온 용융염은 제3 파이프(11)를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로부터 고온 용융염 저장 탱크(12)로 전달될 수 있다. 고온 용융염은 제4 파이프(13)를 통해 고온 용융염 저장 탱크(12)로부터 고온수용 스팀 열교환기(20)로 전달될 수 있다.

[0037] 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)는 스팀 터빈(50)을 위한 스팀을 발생시킬 수 있다. 스팀 터빈(50)은 발전기(52)가 전기 에너지를 제공하게 하는 로터(51)를 회전시킬 수 있고, 변압기(54)는 전기 에너지를 변환하여 3상 전기(55)의 그리드로의 전달을 용이하게 한다. 스팀은 제5 파이프(22)를 통해 스팀 터빈(50)으로부터 응축기/냉각탑(23)으로, 그리고 제6 파이프(24)를 통해 응축기/냉각탑(23)으로부터 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)로 전달될 수 있다. 용융염은 제7 파이프(16)를 통해 용융염 대 고온수용 스팀 열교환기(20)로부터 저온 용융염 저장 탱크(14)로 이동할 수 있다.

[0038] 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로부터의 브라인 유체는 제8 파이프(5)를 통해 리튬 추출기(70)로 전달될 수 있다. 리튬 추출기(70)로부터, 브라인 유체는 제9 파이프(4)를 통해 주입 웰(2)로 전달될 수 있다.

[0039] 일 실시예에서, 에너지 수집 시스템은 폐쇄-루프 시스템의 압력을 유지하도록 구성된 자기 리튬 추출기를 구비한다. 리튬이 독립적으로 자기력에 응답할 수 있지만, 리튬의 반응은 다른 금속에 비해 상대적으로 작다. 리튬의 자기 반응을 증가시키고, 이에 따라 자기 추출을 증가시키기 위해, 도펀트가 브라인 유체 내에 주입될 수 있다. 예를 들어, 자기 리튬 추출기는 브라인 유체 내에 철을 주입할 수 있다. 리튬이 높은 반응성이어서, 철-도핑된 화합물(예를 들어, 철-도핑된 리튬 산화물, 철-도핑된 리튬 티타늄 산화물 등)을 형성할 수 있다. 리튬 화합물은 브라인 유체의 성분에 기초하여 변할 수 있다. 자석은 철-도핑된 리튬 화합물에 인력을 가하여 추출 웰을 향해 철-도핑된 리튬 화합물을 끌어당길 수 있다.

[0040] 추출 웰은 2개의 도어를 구비할 수 있다. 자기 리튬 수집 동안, 폐쇄-루프 대면 도어가 개방된 채로 유지될 수 있고, 외측방향 대면 도어가 닫힌 채로 유지될 수 있다. 일단 자기 수집이 완료되면, 폐쇄-루프 대면 도어는 추출 웰 내에서 철-도핑된 리튬을 밀봉하도록 폐쇄된다. 일단 폐쇄-루프 대면 도어가 폐쇄되면, 외측방향 대면 도어가 개방되어 수집된 철-도핑된 리튬이 처리 및 정제될 수 있다. 폐쇄-루프 대면 도어와 외측방향 대면 도어가 동시에 개방되지 않기 때문에, 폐쇄-루프 시스템 내의 압력은 실질적으로 일정하게 유지된다.

[0041] 하나의 시스템은 브라인 유체로부터의 열을 용융염으로 그리고 용융염으로부터 스팀으로 그리고 스팀으로부터 전기로 전달할 수 있다. 또 다른 시스템은 용융 실리콘 또는 용융 유리 히트 싱크를 추가할 수 있다. 또 다른 시스템은 열 오일 및 고온수 루프를 추가한다. 또 다른 시스템은 브라인 유체가 재주입되기 전에 리튬 추출을 추가할 수 있다. 브라인 유체로부터 용융염으로 그리고 용융염으로부터 스팀으로 그리고 스팀으로부터 전기로 열전달, 용융 실리콘 또는 용융 유리 히트 싱크, 열 오일 및 고온수 루프, 및 리튬 추출은 동시에, 한번에 하나씩, 또는 이들의 임의의 조합으로 발생할 수 있다.

[0042] 도 4는 다양한 실시예에 따른 에너지 수집 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 에너지 수집 시스템은 제1 파이프(4)를 통해 웰로부터, 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 보내진 브라인 유체/용융염 열교환기(3)로 하나 이상의 브라인 유체를 구비할 수 있다. 고온 용융염은 제2 파이프(11)를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)와 고온 용융염 저장 탱크(12) 사이로 전달될 수 있다. 저온 용융염은 제3 파이프(19)를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)와 저온 용융염 저장 탱크(14) 사이로 전달될 수 있다. 용융염은 제4 파이프(13)를 통해 고온 용융염 저장 탱크(12)와 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20) 사이로 전달될 수 있다.

[0043] 고온수는 제5 파이프(24)를 통해 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20)와 전력발전기로부터 전달될 수 있다. 전력발전기(50)는 변압기(54)에 전력 공급할 수 있다. 스팀 터빈으로부터의 물은 제6 파이프(22)를 통해 응축기 또는 냉각탑(23)으로 보내어져서 제7 파이프(24)를 통해 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20)로 다시 보내질 수 있다.

[0044] 일 실시예에서, 에너지 수집 시스템은 열 진공 챔버(TVC)를 구비할 수 있다. TVC는 복사열 환경이 제어되는 진공 챔버이다. 진공 펌프에 의해 공기 및 다른 가스를 제거하여 제어된 환경이 생성된다. 공기 및 다른 가스를

제거함으로써, 저압 및 온도 제어된 환경이 챔버 내에서 효율적인 열 전달 메커니즘을 생성한다.

- [0045] 도 5는 다양한 실시예에 따른 브라인 유체 대 용융염 지열에너지 추출 시스템에 대한 등각도를 도시한다. 에너지 추출 시스템은 생산 웰, 브라인 유체 대 용융염 열교환기, 하나 이상의 용융염 탱크, 및 주입 웰을 구비할 수 있다.
- [0046] 폐쇄-루프 브라인 유체 시스템은 생산 웰로부터, 유체 대 용융염 열교환기로, 그리고 주입 웰을 통해 연장될 수 있다. 폐쇄-루프 유체 시스템을 통해 이동하는 브라인 유체는 대략 일정한 압력(예를 들어, 대략 브라인 유체가 추출되는 깊이에서의 압력)을 유지한다. 폐쇄-루프 브라인 유체 시스템은, 시스템을 통해 브라인 유체를 지향하고 일정한 압력을 유지하도록 복수의 펌프를 구비한다. 폐쇄-루프 시스템의 상부에서의 압력이 지열원의 압력과 대략 같기 때문에, 폐쇄-루프 시스템을 통한 브라인 유체 이동을 유도하기 위해 펌프가 사용될 수 있다.
- [0047] 속도 제어 밸브 및 펌프는 폐쇄-루프 시스템의 상부와 지열원 사이에서 실질적으로 일정한 압력을 유지한다. 속도 제어 밸브 및 펌프는 전술한 바와 같이 시스템 내의 센서에 의해 조절될 수 있다. 예를 들어, 센서는 폐쇄-루프 시스템의 상부에 그리고 지열원 내에 배치될 수 있다. 센서가 압력 변동을 감출하면, 속도 제어 밸브 및 펌프는 압력을 매칭시키기 위해 사용될 수 있다. 또한, 속도 제어 밸브 및 펌프는 필요에 따라 동시에 또는 개별적으로 제어될 수 있다.
- [0048] 생산 웰은 (예컨대, 이른 화석 연료 추출로부터의) 프리-드릴링된 웰 내에 구성될 수 있거나 또는 새로운 위치에서 드릴링될 수 있다. 종래의 드릴링 기술은, 예를 들어 역순환 드릴링, 다이아몬드 코어 드릴링, 다이렉트 푸시 드릴링, 유압 로터리 드릴링, 고열온수 파쇄법(hydrothermal spallation), 또는 이들의 임의의 조합과 같은 웰을 드릴링하는데 사용될 수 있다. 웰이 드릴링된 후, 환형체(예컨대, 케이싱과 주변 암반 형성 사이의 영역) 내에 시멘트를 펌핑함으로써 케이싱(예컨대, 티타늄 합금 케이싱)이 제자리에서 시멘트 형성될 수 있다. 케이싱은, 특히 부식성 브라인 유체로부터의 부식을 감소시키기 위한 티타늄 합금을 구비할 수 있다. 생산에 대한 케이싱 및 시멘트는 고압의 브라인 유체로부터의 압력 하에 있을 때 생산 웰이 팽창 또는 좌굴(buckling)하는 것을 방지할 수 있다. 케이싱은 지열원의 생산 지역으로부터 지표면으로 연장될 수 있다.
- [0049] 생산 웰은 지구의 자연열에 의해 가열된 브라인 유체를 추출하는데 사용된다. 지열 유체는 전체 용존 고체 농도가 350,000 ppm(대략 해수 이상의 크기)를 초과하는 고온수를 포함할 수 있다. 종래의 추출 기술은 고온수가 지면 레벨에 도달할 때 고온수가 스팀으로 전환시킬 수 있는 지열 유체를 추출하도록 지열원과 지면 레벨 사이의 압력 차이를 이용하는 것을 포함한다. 개시된 기술이 대략 일정한 압력을 갖는 폐쇄-루프 시스템을 채용하기 때문에, 고온수는 스팀으로의 전환 없이 고온수로 유지될 수 있다. 생산 웰은 지열원으로부터 브라인 유체를 추출하기 위해 지면 레벨 근처에 위치한 펌프를 구비할 수 있다.
- [0050] 하나 이상의 용융염 탱크는 "저온" 용융염(즉, 열교환기에 들어가기 전의 용융염) 및 "고온" 용융염(즉, 열교환기로부터 배출된 후의 용융염)을 저장할 수 있다. 일 실시예에서, 디바이더 플레이트를 갖는 단일 용융염 탱크는 저온 용융염 저장 탱크와 고온 용융염 탱크 사이에 사용될 수 있다. 디바이더 플레이트는, 예를 들어 망간, 현무암 섬유 또는 현무암 코팅과 같은 무열 전도성 물질을 포함할 수 있다. 디바이더 플레이트는 제1 망간 층, 에어 갭 및 제2 망간 층을 포함할 수 있다.
- [0051] 일 실시예에서, 별도의 용융염 탱크가 저온 및 고온 용융염을 개별적으로 저장하는데 사용될 수 있다. 저장 용기의 벽은, 예를 들면 망간, 현무암 섬유 또는 현무암 코팅과 같은 실질적으로 무열 전도성 물질을 포함할 수 있다. 저장 용기는 하나 이상의 다른 층들 사이에 개재된 절연층을 포함할 수 있다. 절연층은, 예를 들어 가스(예컨대, 공기), 세라믹 섬유, 미네랄 울, 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다.
- [0052] 열교환기로부터 배출된 후에 냉각된 브라인 유체는 주입 웰을 통해 지열 형성부 내로 다시 주입될 수 있다. 지열 형성부로 다시 브라인 유체를 주입하는 것은 저장기 압력을 유지하는데 도움을 주고, 열에너지 자원이 고갈되지 않는 것을 보장할 수 있다. 주입 웰은 생산 웰에 사용되는 것과 유사한 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 주입 웰은 브라인 유체를 지열 형성부 아래로 향하게 하도록 하나 이상의 펌프를 포함할 수 있다. 브라인 유체의 압력이 지열 형성부와 대략 동일하기 때문에, 유체를 형성부 아래로 다시 펌핑하는데 요구되는 에너지는 종래의 기술보다 상당히 적을 수 있다.
- [0053] 본원에 기술된 시스템은 도 5에 도시될 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 산업 단지는 실리콘 카바이드/보론 카바이드 플랜트(80), 스틸 포지/금속 리사이클링/유리 리사이클(90), 현무암 섬유 플랜트(100), 세라믹 플랜트(110), 브릭 플랜트(120), 타일 플랜트(130), 이소프렌 플랜트(140), 담수화 플랜트(150), 폐기물 리사이클링 및 조류를 위한 열분해 플랜트(160), 텍스타일 플랜트(170), 페인트(180)를 건조하기 위한 자동차 킬른, 탈수

플랜트(190), 식품 가공 플랜트(200), 베이커리(210), 저온 저장 설비/얼음 제조소(220), 조류 팜(230), 티라피아 팜(240), 음료 제조 플랜트(250) 중 어느 것을 포함할 수 있다.

- [0054] 도 6은 다양한 실시예에 따른 지열에너지에 의해 전력 공급되는 산업 단지의 등각도이다. 지열에너지는, 예를 들어 스팀 발생기에 에너지를 제공할 수 있다. 산업 단지는 또한 폐쇄-루프 용융염 분배 시스템을 포함한다. 산업 단지는, 예를 들면 생산 웰, 주입 웰, 브라인 유체 대 용융염 열교환기, 및 용융염 대 물 열교환기와 같은 구성요소를 포함할 수 있다. 또한, 산업 단지에 전력을 공급하는데 필요한 모든 에너지가 산업 단지 내에서 이루어질 수 있다. 예를 들어, 스팀 발생기에 의해 발생된 에너지는 산업 단지의 인프라구조(예를 들어, 조명, 온도 제어)에 전력을 공급하는데 사용될 수 있다.
- [0055] 일 실시예에서, 산업 단지의 에너지 생산 및 효율을 최대화하기 위해, 모래, 내화벽돌 및 합금철 재료가 산업 단지의 건축 재료에 혼입될 수 있다. 예를 들어, 열교환기는 철 합금 재료로 제조될 수 있고, 배관은 모래에 의해 절연될 수 있거나 또는 지면을 따라 또는 그 아래로 형성되는 임의의 요소(예컨대, 파이프)는 내화벽돌에 의해 둘러싸일 수 있다
- [0056] 본원에 기술된 시스템은 파이프(66, 67) 내에서 최종 사용자에게 염을 전달하도록 도 6에 도시될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 산업 단지는 탄화물/탄화붕소 플랜트(80), 강 포지/금속 리사이클링/유리 리사이클링(90), 현무암 섬유 플랜트(100), 세라믹 플랜트(110), 벽돌 플랜트(120), 타일 플랜트(130), 이소프렌 플랜트(140), 담수화 플랜트(150), 폐기물 리사이클링 및 조류에 대한 열분해 플랜트(160), 텍스타일 플랜트(170), 페인트를 건조시키기 위한 자동차 킬른(180), 탈수 플랜트(190), 식품 가공 플랜트(200), 베이커리(210), 저온 저장 설비/얼음 제조소(220), 조류 팜(230), 티라피아 팜(240)을 포함할 수 있다.
- [0057] 도 7은 다양한 실시예에 따른 지열 브라인 유체로부터 에너지를 추출하기 위한 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 브라인 유체는 생산 웰(1)과, 웰로부터 매니폴드 파이프(3)로의 브라인 유체를 통해 6개의 생산 웰(5)을 갖는 브라인 유체 매니폴드로부터 추출될 수 있다. 브라인 유체는 6개의 생산 웰(5)을 갖는 브라인 유체 매니폴드로부터 브라인 유체 입구 파이프를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로 브라인 유체 대 용융염 열교환기(7)로 보내진다. 고온 브라인 유체는 브라인 유체 대 용융염 열교환기로부터 고온 용융염 저장 탱크(11)로의 파이프를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기(10)로부터 고온 용융염 저장 탱크(12)로 보내진다. 고온 용융염은 용융염/고온수용 스팀 열교환기(13)로의 고온 용융염 저장 파이프를 통해 고온 용융염 저장 탱크(12)로부터 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20)로 보내진다.
- [0058] 고온수는 GenSet(50)의 스팀 파이프를 통해 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20)로부터 GenSet(50)로 전달될 수 있다. GenSet(50)는 로터(51) 및 발전기(52)에 전력을 공급하고, 변압기(54) 및 도관에 전기(53)를 제공하고 높은 전압으로 변압기 및 최종 사용자(55)에 전기(53)를 제공한다.
- [0059] 도관(55)은 임의의 탄화규소/탄화붕소 플랜트(80), 강 포지/금속 리사이클링/유리 리사이클(90), 현무암 섬유 플랜트(100), 세라믹 플랜트(110), 벽돌 플랜트(120), 타일 플랜트(130), 이소프렌 플랜트(140), 담수화 플랜트(150), 폐기물 리사이클링/리사이클링류를 위한 열분해 플랜트(160), 텍스타일 플랜트(170), 페인트(180)를 건조하기 위한 자동차 킬른(180), 탈수 플랜트(190), 식품 가공 플랜트(200), 베이커리(210), 저온 저장 설비/얼음 제조소(220), 조류 팜(230), 티라피아 팜(240), 음료 제조 플랜트(250) 중 어느 것에 전력 공급할 수 있다.
- [0060] 고온수는 스팀 터빈으로부터 응축기 또는 냉각탑(23)으로 고온수를 이송하는 파이프를 통해 GenSet(50)으로부터 응축기 또는 냉각탑(23)으로 보내질 수 있다. 저온수는 용융염/고온수용 스팀 열교환기(24)로의 저온수 리턴부를 통해 응축기 또는 냉각탑(23)으로부터 용융염/고온수용 스팀 열교환기(24)로 보내질 수 있다.
- [0061] 용융염은 용융염 대 스팀 열교환기로부터 열 오일 열교환기(15)로의 파이프를 통해 용융염/고온수용 스팀 열교환기(20)로부터 용융염/열 오일 열교환기(30)로 보내질 수 있다. 열 오일은 고온 열 오일 대 고온 열 오일 저장 탱크(31)로의 파이프를 통해 용융염/열 오일 열교환기(30)로부터 고온 열 오일 저장 탱크(32)로 그리고 고온 열 오일 저장 탱크로부터 열 오일 시스템(33)으로의 파이프를 통해 고온 열 오일 저장 탱크(32)로부터 열 오일 시스템(34)으로, 그리고 열 오일 시스템(34)으로부터 고온 열 오일 대 최종 사용자(35)로 보내질 수 있다. 열 오일은 저온 열 오일 저장소(37)로의 저온 열 오일 리턴 파이프(36) 및 리턴 파이프 열 오일 시스템을 통해 저온 열 오일 저장소(38)로 보내질 수 있다. 열 오일은 용융염/열 오일 열교환기(39)로의 리턴 파이프 저온 열 오일 저장소를 통해 용융염/고온수 열교환기(40)로 보내질 수 있다.
- [0062] 고온수는 용융염/고온수 대 고온수 저장 탱크(41)로의 파이프를 통해 용융염/고온수 열교환기(40)로부터 고온수 저장 탱크(42)로 그리고 고온수 저장 탱크 대 고온수 시스템(43)로의 파이프를 통해 고온수 시스템(44)으로 보

내질 수 있다. 물은 시스템으로부터 최종 사용자(45)로의 파이프를 통해 보내지고, 최종 사용자로부터 고온수 시스템(46)으로 리턴수를 통해 리턴될 수 있다. 저온수는 저온수 리턴 파이프 대 저온수 저장소(47)를 통해 저온수 저장소(48)로 그리고 저온수 저장소로부터 용융염/고온수 열교환기(49)로의 리턴 파이프를 통해 용융염/고온수 열교환기(40)로 보내질 수 있다.

- [0063] 용융 실리콘은 용융 실리콘 저장소로부터 용융 실리콘/용융염 열교환기(61)로의 파이프를 통해 용융 실리콘 대 용융염 열교환기(60)로부터 용융 실리콘 리턴 파이프 대 용융 실리콘 저장소(62)로 보내질 수 있다. 용융염은 고온 용융염 파이프 대 용융 실리콘/용융염 열교환기(63)로부터 최종 사용자로부터 용융염/용융 실리콘 열교환기(64)로의 저온 용융염 리턴 파이프로 보내질 수 있다. 시스템은 가열 전극(65)을 갖는 용융 실리콘 저장소를 포함할 수 있으며, 고온 용융염은 고온 용융염 분배 파이프를 통해 최종 사용자(66)로 보내지고, 최종 사용자(67)로부터 저온 용융염 리턴 파이프를 통해 리턴된다.
- [0064] 저온 용융염은 저온 용융염 저장 탱크(14)에 저장될 수 있다. 용융염은 용융염/열 오일 열교환기로부터 용융염/고온수 열교환기(17)로의 파이프 그리고 용융염/물 열교환기로부터 저온 용융염 저장소(18)로의 저온 용융염 파이프를 통해 보내지고, 브라인 유체/용융염 열교환기(19)로의 리턴 파이프 용융염 저장소를 통해 브라인 유체 대 용융염 열교환기 열교환기(10)로 리턴될 수 있다. 브라인 유체는 브라인 유체 대 용융염 열교환기로부터 주입 매니폴드(8)로의 파이프를 통해 6개의 주입 웰(6)을 갖는 브라인 유체 매니폴드로 그리고 매니폴드로부터 주입 웰(4)로의 브라인 유체를 통해 주입 웰(2)로 보내질 수 있다.
- [0065] 도 8은 다양한 실시예에 따른 지열 열 추출 관리 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 시스템은 지열원 내에 배치된 제1 압력을 검출하도록 구성된 제1 압력 센서(1)를 구비할 수 있다. 시스템은 추출 웰 내에 배치된 펌프(2)와, 추출 웰 내에 배치되어 제2 압력을 검출하는 제2 압력 센서(3)를 구비할 수 있다. 시스템은 브라인 유체와 용융염 사이에서 열을 전달하도록 구성된 열교환기(4)를 구비할 수 있다. 시스템은 펌프 및 열교환기에 연결된 프로세서(5)를 구비할 수 있다. 프로세서(5)는 제1 압력 센서와 제2 압력 센서 사이의 압력 관독에서의 차이를 분석하고, 추출 웰 내의 제1 압력을 조정하도록 펌프에 지시하여 추출 웰 내부의 브라인 유체의 유속(flow rate)을 증가 또는 감소시킴으로써 지열원 내의 제2 압력과 일치시키도록 구성될 수 있다.
- [0066] 시스템은 제1 및 제2 압력 센서(1, 3) 양자에 부착하기 위한 압력 센서(6)와, 펌프 및 센서를 위한 상승 및 하강 서스펜션 케이블(7)과, 펌프를 위한 전기 케이블(8)을 구비할 수 있다.
- [0067] 도 9는 다양한 실시예에 따른 브라인 유체로부터 열에너지를 수집하기 위한 방법을 도시하는 블록 다이어그램이다. 상기 방법은 제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰을 통해 지열원으로부터 브라인 유체를 수용하는 단계를 포함할 수 있다(블록 902).
- [0068] 상기 방법은 제1 세트의 열교환기에 의해, 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계를 구비할 수 있고, 브라인 유체는 용융염으로부터 이격된 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있다(블록 904).
- [0069] 상기 방법은 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계를 구비할 수 있다(블록 906).
- [0070] 상기 방법은 주입 웰을 통해 브라인 유체를 지열원으로 리턴하는 단계를 구비할 수 있다(블록 908).
- [0071] 일부 실시예에서, 상기 방법은 고온 용융염 저장 탱크로부터 스팀 터빈에 전력 공급하도록 구성된 제2 세트의 열교환기로 용융염을 전달하는 단계를 구비한다.
- [0072] 일부 실시예에서, 상기 용융염은 물이 제2 세트의 열교환기를 통해 스팀으로 전환되도록 하며, 상기 스팀은 터빈이 회전하게 한다.
- [0073] 일부 실시예에서, 상기 스팀은 응축기 및 냉각탑으로 지향된다.
- [0074] 일부 실시예에서, 상기 스팀은 응축되어, 상기 제2 세트의 열교환기로부터 열에너지를 수용하도록 상기 터빈에 물로 다시 재지향된다.
- [0075] 일부 실시예에서, 상기 브라인 유체로부터의 전달된 열에너지에 의해 가열된 용융염은 산업 단지 내의 하나 이상의 영역으로 전달된다.
- [0076] 일부 실시예에서, 상기 산업 단지에 열에너지를 방출한 이후의 상기 용융염은 제1 세트의 열교환기로 다시 전달되어, 상기 용융염이 브라인 유체로부터 용융염으로 열에너지의 전달을 반복하게 한다.

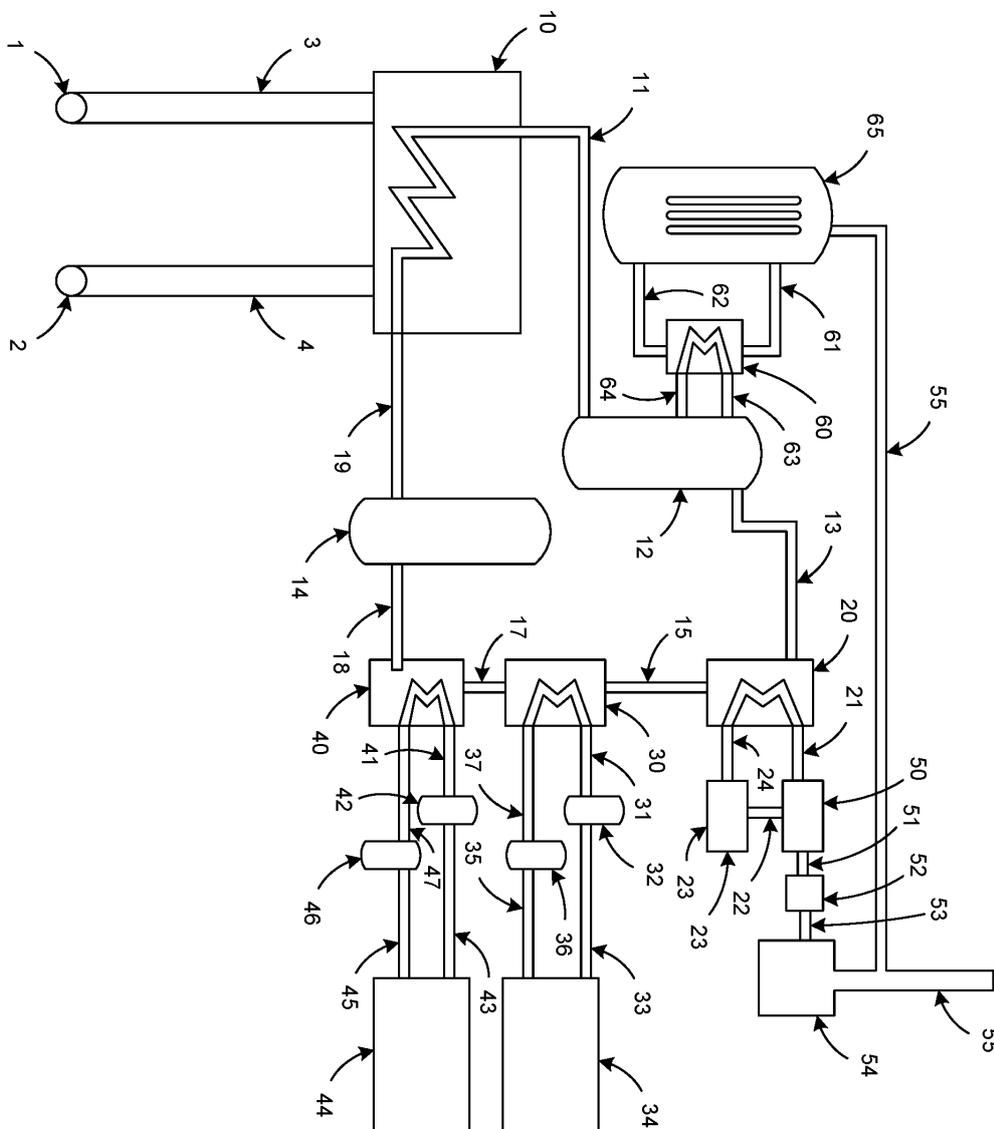
- [0077] 일부 실시예에서, 상기 제1 세트의 열교환기는 브라인 유체의 속도를 제어한다.
- [0078] 일부 실시예에서, 상기 브라인 유체는 대략 195℃ 내지 800℃의 온도를 구비한다.
- [0079] 일부 실시예에서, 상기 용융염의 유속은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 제어된다.
- [0080] 일부 실시예에서, 상기 용융염의 유속은 속도 제어 밸브 및 펌프에 대한 피드백을 제공한 다음, 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력을 유지하는 센서에 의해 모니터링된다.
- [0081] 일부 실시예에서, 상기 용융염은 나노입자와 혼합된다.
- [0082] 일부 실시예에서, 상기 용융염 및 상기 브라인 유체는 현무암 기반(basalt-based) 구획부에 의해 분리된다.
- [0083] 다른 실시예에서, 브라인 유체로부터 열에너지를 수집하는 방법은, 제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰로부터 상기 브라인 유체를 수용하는 단계를 구비할 수 있다. 또한, 상기 방법은, 상기 제1 세트의 열교환기에 의해, 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계를 구비할 수 있으며, 상기 브라인 유체는 용융염으로부터 이격된 제1 폐쇄-루프 시스템 내에 남게 된다. 또한, 상기 방법은 상기 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계를 구비할 수 있다. 또한, 상기 방법은, 제2 세트의 열교환기에 의해, 용융염으로부터의 열에너지를 열 유체로 전달하는 단계를 구비할 수 있으며, 상기 용융염은 열 유체로부터 이격된 제2 폐쇄-루프 시스템 내에 남게 된다. 또한, 상기 방법은 브라인 유체를 주입 웰을 통해 지열원으로 리턴하는 단계를 구비할 수 있다.
- [0084] 일부 실시예에서, 상기 제2 세트의 열교환기는 용융염으로부터 열 오일로 열에너지를 교환한다.
- [0085] 일부 실시예에서, 상기 제2 세트의 열교환기는 용융염으로부터 물로 열에너지를 교환하고, 상기 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 유지된다.
- [0086] 일부 실시예에서, 상기 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 피드백을 제공하는 센서에 의해 관측된다.
- [0087] 또 다른 실시예에서, 브라인 유체로부터 열에너지를 수집하는 방법은, 제1 세트의 열교환기에 의해, 생산 웰로부터 상기 브라인 유체를 수용하는 단계를 구비한다. 또한, 상기 방법은, 제1 세트의 열교환기에 의해, 브라인 유체로부터의 열에너지를 용융염으로 전달하는 단계를 구비할 수 있으며, 상기 브라인 유체는 용융염으로부터 이격된 제1 폐쇄-루프 시스템 내에 남게 된다. 또한, 상기 방법은 용융염을 고온 용융염 저장 탱크로 펌핑하는 단계를 구비할 수 있다. 또한, 상기 방법은, 제2 세트의 열교환기에 의해, 용융염으로부터의 열에너지를 용융 실리콘 또는 용융 유리로 전달하는 단계를 구비할 수 있으며, 상기 용융염은 용융 실리콘 또는 상기 용융 유리로부터 이격된 제2 폐쇄-루프 시스템 내에 남게 된다. 또한, 상기 방법은 브라인 유체를 주입 웰을 통해 지열원으로 리턴하는 단계를 구비할 수 있다.
- [0088] 일부 실시예에서, 상기 제2 세트의 열교환기는 제2 폐쇄-루프 시스템 내에서 생성된 에너지를 사용하는 전극을 구비한다.
- [0089] 일부 실시예에서, 상기 지열원 내부의 압력과 대략 동등한 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 의해 유지된다.
- [0090] 일부 실시예에서, 상기 유지 압력은 속도 제어 밸브 및 펌프에 피드백을 제공하는 센서에 의해 관측된다.
- [0091] 일부 실시예에서, 상기 방법은, 제2 세트의 열교환기에 의해, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 전기 에너지로 전달하는 단계를 구비하며, 상기 용융염으로부터의 열에너지를 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리로 전달하는 단계는 전기 에너지를 구비하는 전기 저항 코일을 사용하여 용융 실리콘 또는 용융 유리를 가열하는 단계를 구비한다.
- [0092] 일부 실시예에서, 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리의 상태는 액체 또는 고체를 포함하고, 상기 용융 실리콘 또는 용융 유리 중 어느 것은 나노입자와 혼합된다.
- [0093] 또 다른 실시예에서, 지열 수집 장치는 브라인 유체와 용융염 사이에서 열에너지를 전달하도록 구성된 열교환기를 포함하며, 상기 브라인 유체는 생산 웰을 통해 지열 대수층(geothermal aquifer)으로부터 흡인되고, 상기 브라인 유체는 용융염으로부터 이격된 폐쇄-루프 시스템 내에 남아 있고, 상기 폐쇄-루프 시스템은 생산 웰로부터 주입 웰로 연장된다. 또한, 상기 장치는 열교환기에 의해 가열된 용융염을 수용하도록 구성된 용융염 저장 탱크를 구비할 수 있다. 또한, 상기 장치는 브라인 유체를 지열 대수층으로 리턴하도록 구성된 주입 웰을 구비할 수 있으며, 상기 폐쇄-루프 시스템은 생산 웰로부터 주입 웰로의 대략 일정한 압력을 유지한다.

[0094] 또 다른 실시예에서, 지열 추출 관리 시스템은 추출 웰 내에 배치된 펌프를 포함한다. 또한, 상기 시스템은 지열원 내에 배치되는 제1 압력 센서를 구비할 수 있다. 또한, 상기 시스템은 추출 웰 내에 배치된 제2 압력 센서를 구비할 수 있다. 또한, 상기 시스템은 브라인 유체와 용융염 사이에서 열에너지를 전달하도록 구성된 열교환기를 구비할 수 있다. 또한, 상기 시스템은 펌프 및 열교환기에 연결된 프로세서를 구비할 수 있으며, 상기 프로세서는, 제1 압력 센서와 제2 압력 센서 사이의 압력 관독의 차이를 분석하고, 상기 추출 웰 내의 제1 압력을 조정하도록 상기 펌프에 지시하여 상기 추출 웰 내의 상기 브라인 유체의 유속(flow rate)을 증가 또는 감소시킴으로써 상기 지열원 내의 제2 압력과 일치시키도록 구성된다.

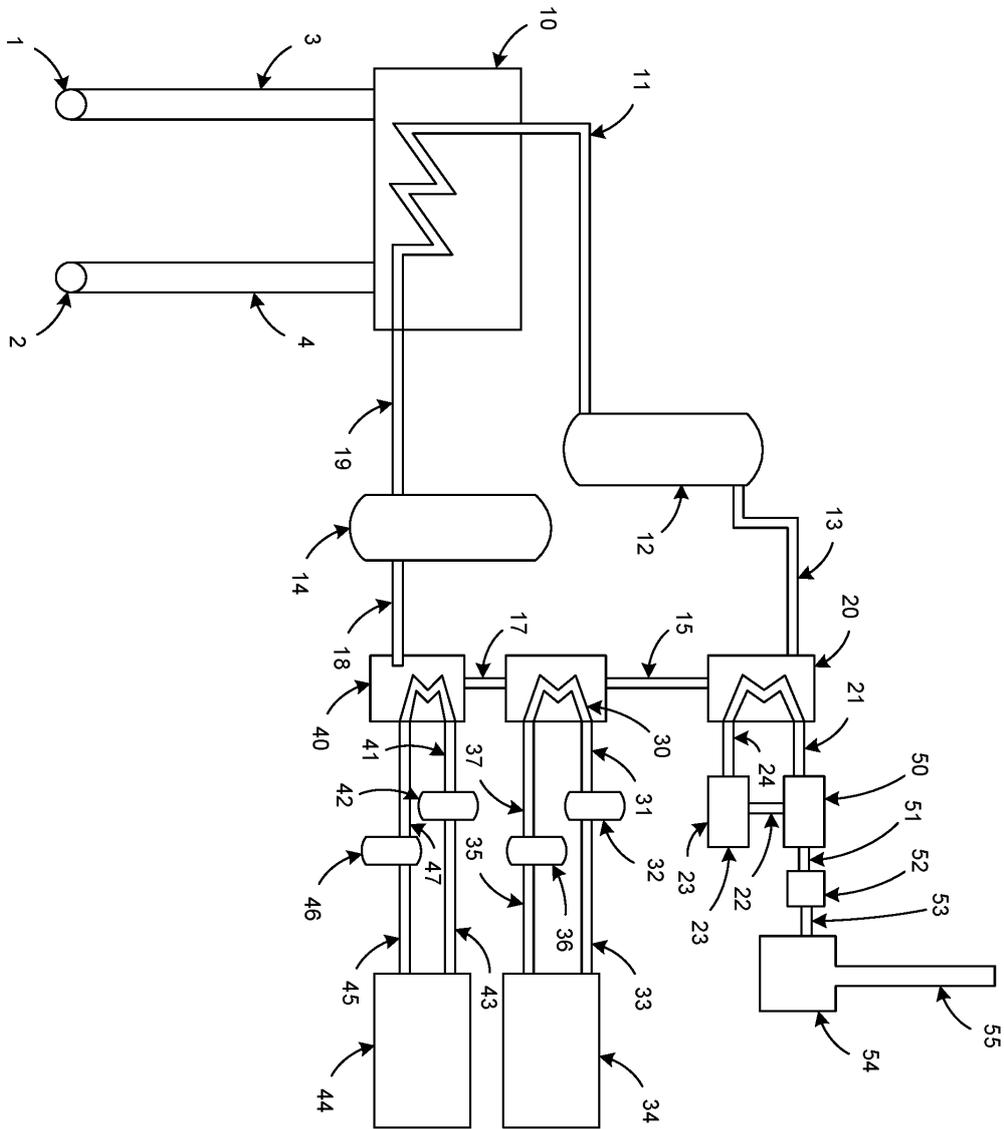
[0095] 전술한 예와 더불어, 본 발명의 다양한 다른 변형 및 변경이 본 발명으로부터 벗어나지 않고서 이루어질 수 있다. 따라서, 상기한 개시내용은 제한적인 것으로 간주되지 않으며, 첨부된 청구범위는 본 발명의 진정한 사상 및 전체 범위를 포괄하는 것으로 해석되어야 한다.

도면

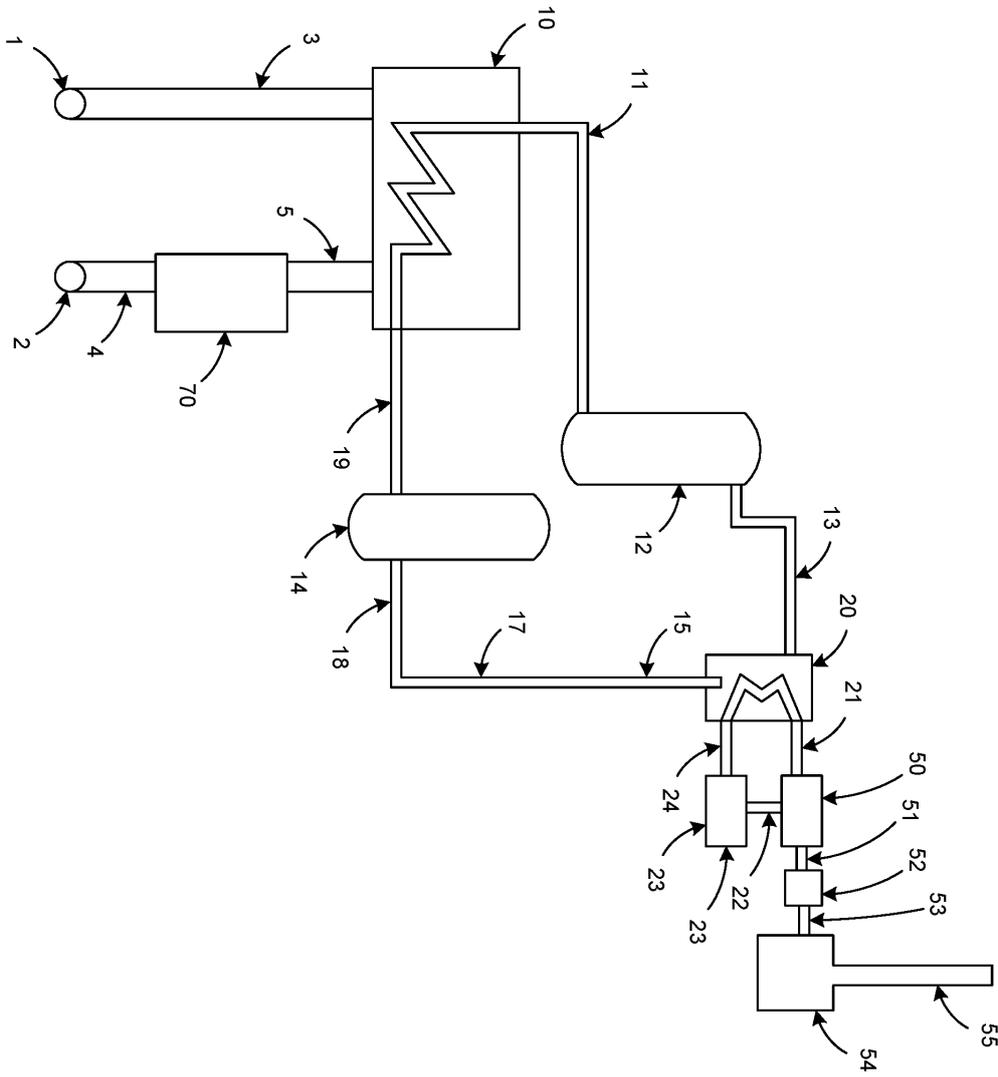
도면1



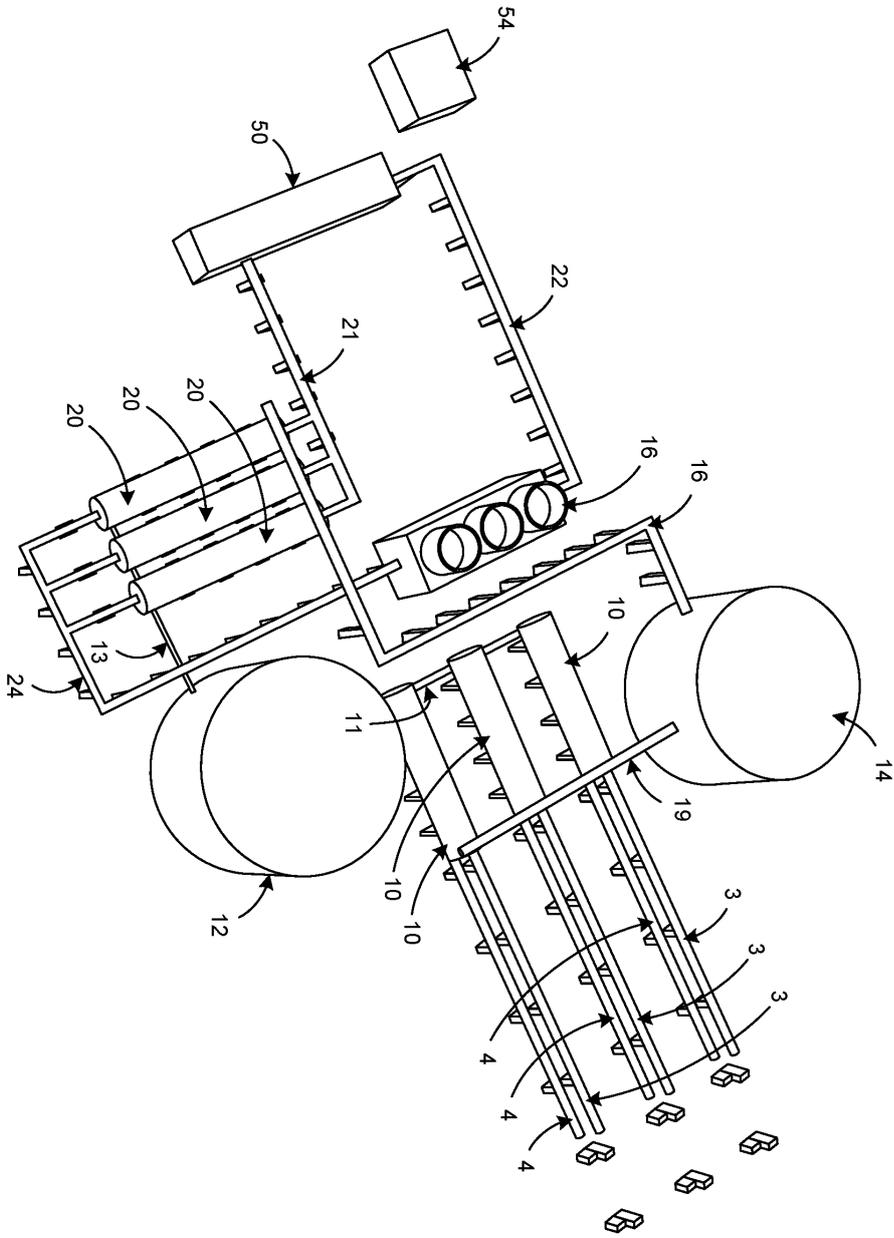
도면2



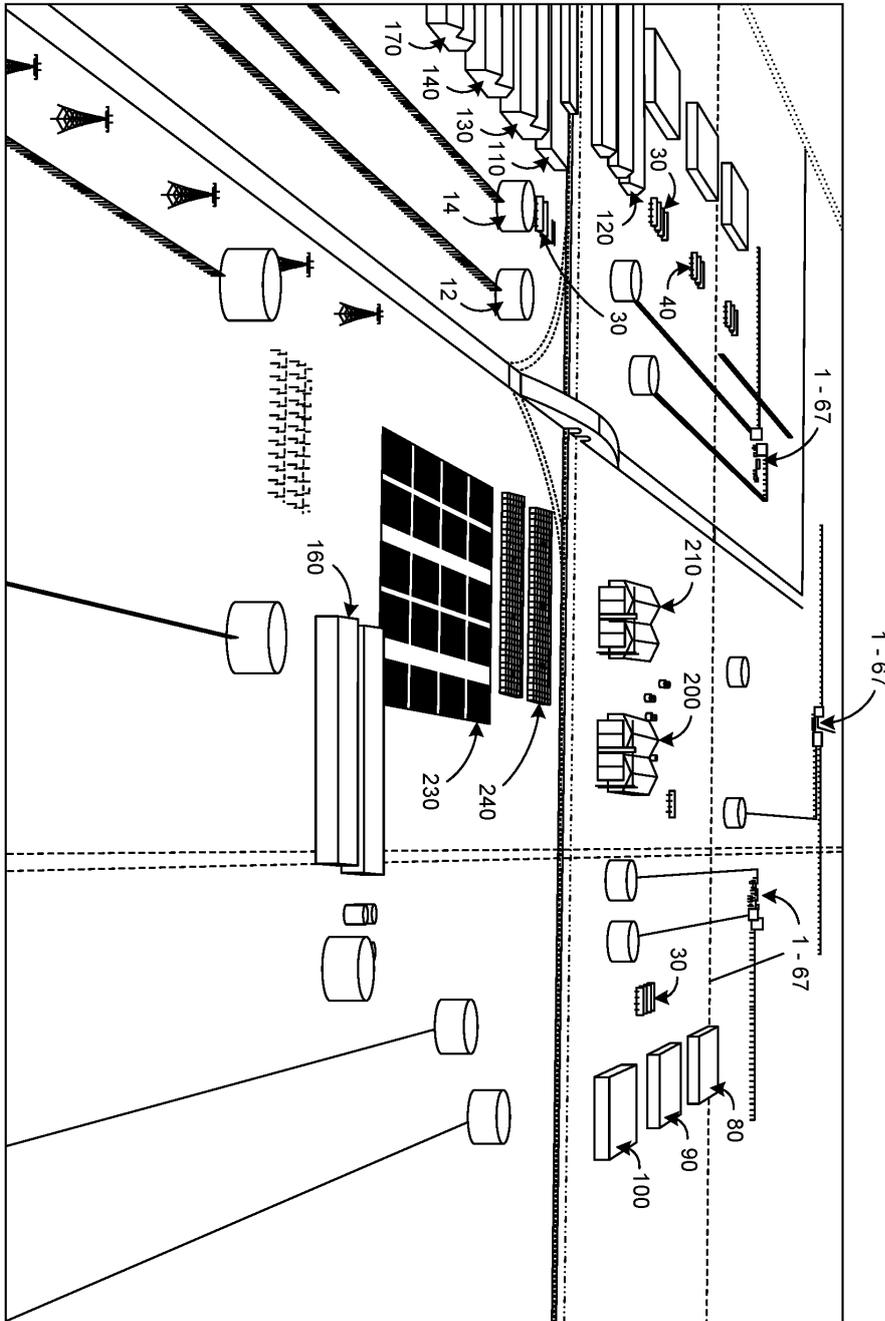
도면3



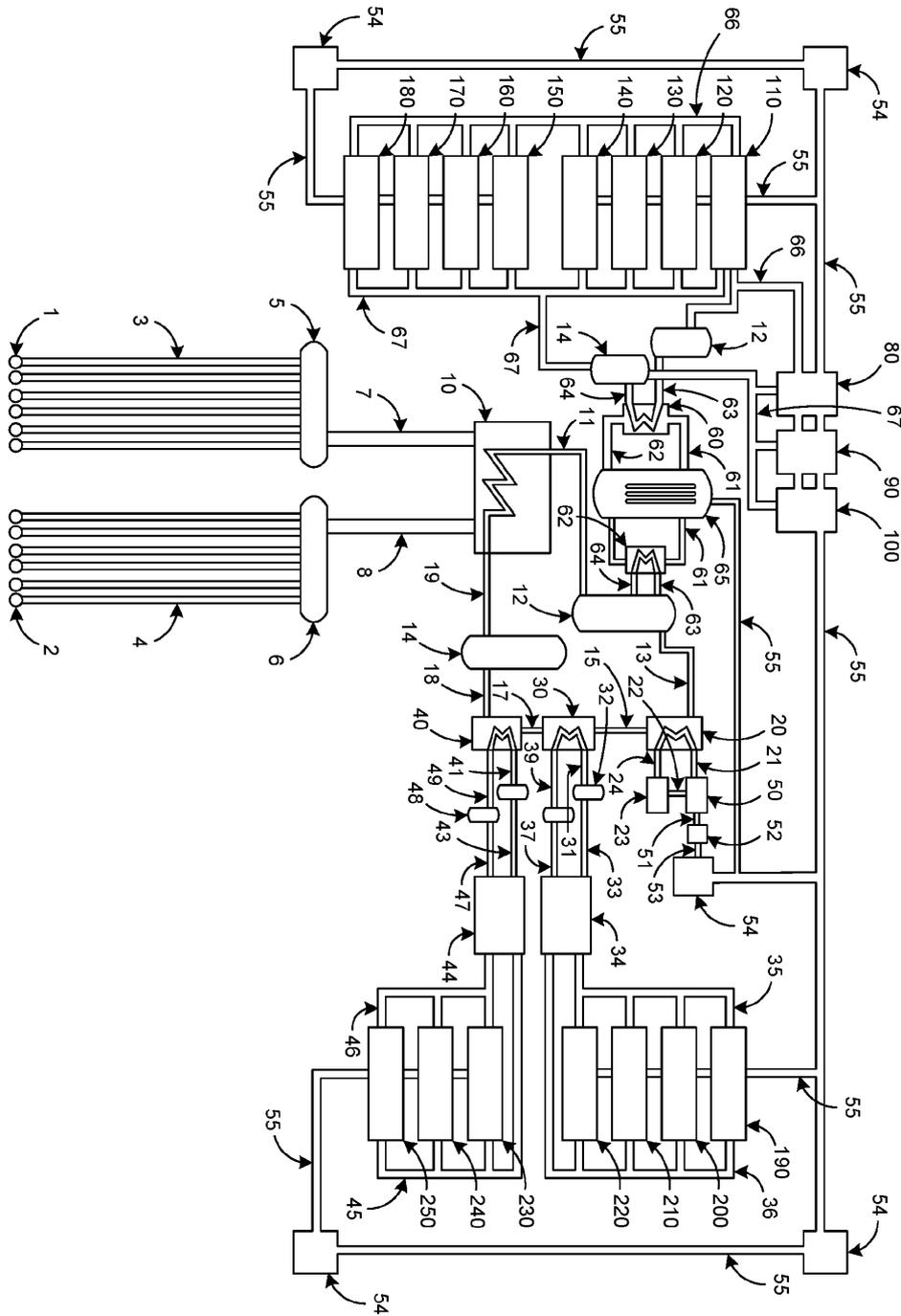
도면4



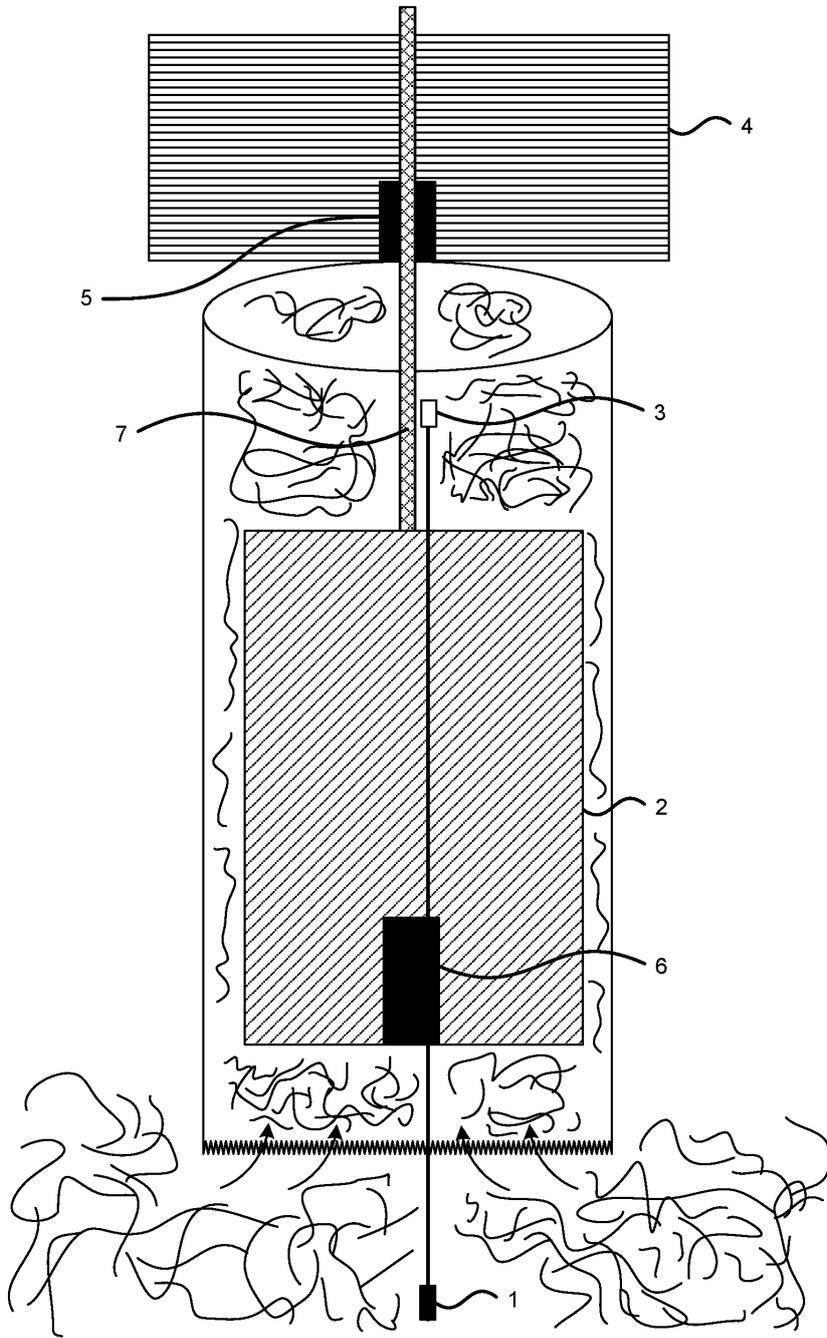
도면6



도면7



도면8



도면9

