



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년02월05일
 (11) 등록번호 10-0881473
 (24) 등록일자 2009년01월23일

- (51) Int. Cl.⁹
G21C 1/07 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2003-7003228
- (22) 출원일자 2003년03월04일
 심사청구일자 2006년08월29일
 번역문제출일자 2003년03월04일
- (65) 공개번호 10-2003-0066612
- (43) 공개일자 2003년08월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2001/001606
 국제출원일자 2001년09월03일
- (87) 국제공개번호 WO 2002/21537
 국제공개일자 2002년03월14일
- (30) 우선권주장
 2000/4635 2000년09월04일 남아프리카(ZA)
 2001/6068 2001년07월24일 남아프리카(ZA)
- (56) 선행기술조사문헌
 US0378894 A
 US2989380 A

- (73) 특허권자
페블 베드 모듈러 리액터(프로프라이어터리) 리미티드
 남아프리카공화국 0046 센츨리온 센츨리온 센터
 고든 후드 에비뉴 1267 레이크 뷰에나 비스타 빌딩 3층
- (72) 발명자
하야스브로엑안드리스코벨리우스
 남아공, 0084프로토리아, 리톤데일, 235사우트펜스버그로드
폭스마리우스
 남아공, 0514센터리온, 루이후이스크랄, 24리트상거
 애버뉴
벤티피터차코부스
 남아공, 0157센터리온, 엘도레인엑스트3, 32비소에트
 도링드라이
- (74) 대리인
김학제, 문혜정

전체 청구항 수 : 총 6 항

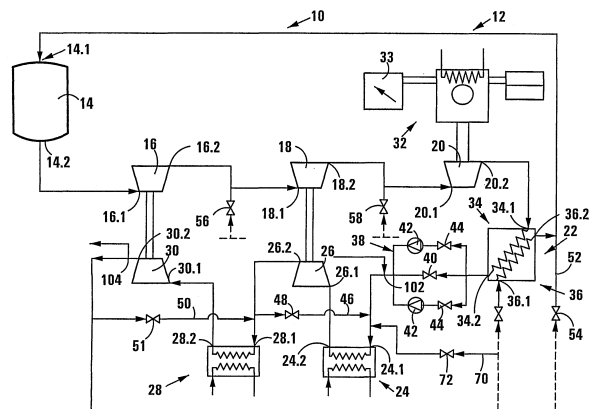
심사관 : 이용호

(54) 원자력로

(57) 요약

본 발명은 각이 형성되도록 이격된 위치에서 혼합 챔버로 유도되는 두개의 유입로를 가지는 혼합 챔버를 정의하는 혼합장치에 관한 것이다. 상기 장치는 혼합 챔버로부터 유도되는 유출로를 포함한다. 상기 혼합챔버는 통상적으로 유입로 중 하나와 정반대에 위치하는 유출로를 포함하는 일반적인 구형 형상이다. 본 발명은 한쌍의 열 교환기, 다시 말해 환열기 및 물에 의해 냉각되는 열 교환기를 포함하는 코어 조절 시스템을 가지는 원자력 발전소에 관한 것이다. 상기 환열기는 고온 측과 저온 측을 가지며, 상기 플랜트는 환열기의 고온 측으로 혼합물을 공급하기에 앞서, 혼합 장치에서 뜨거운 기체 및 차가운 기체를 혼합하는 것에 의해 환열기로 공급되는 기체의 온도가 정해진 최대 온도로 제한되도록 하기 위해서, 환열기의 고온 측에서 유입로의 상향류에 위치하는 혼합 장치를 포함한다.

대표도 - 도1



(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리즈, 캐나다, 스위스, 중국, 콜롬비아, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에쿠아도르, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 필리핀, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 모잠비크, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터키

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 적도 기니, 기니 비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

원자력로를 포함하는 폐 루프 발전 서킷을 포함하는 원자력 발전소에서, 원자력로가 가동 중단(shut down)되거나 발전 서킷 정지 시 원자력로의 코어로부터 형성된 붕괴열을 제거하는 방법에 있어서, 상기 방법이 코어 조절 시스템이 원자력로와 유체 소통하도록 연결함에 있어서,

상기 코어 조절 시스템이 유입로와 유출로를 구비한 고온 측과 유입로와 유출로를 구비한 저온 측을 포함하는 환열기를 포함하여, 상기 고온 측 유입로는 원자력로의 유출로와 유체소통하고, 상기 저온 측 유출로는 원자력로의 유입로와 유체소통하며,

열교환기를 포함하여 상기 열교환기가 상기 환열기의 고온 측 유출로와 상기 환열기의 저온 측 유입로 중간에서 환열기에 조작가능하게(operatively) 연결되고,

상기 원자력로의 유출로에 연결되거나 연결가능한 고온 유입로(hot inlet), 상기 환열기의 고온 측 유입로에 연결된 유출로 및 상기 열교환기의 유출로에 연결되거나 연결가능한 냉각 유입로(cold inlet)를 구비하는 혼합장치를 포함하여, 상기 열교환기로부터의 차가운 냉매와 상기 원자력로부터의 뜨거운 냉매를 혼합하여 상기 냉매가 상기 환열기로 공급되기 전에 그 온도를 감소시키는 단계; 및

원자력로와 코어 조절 시스템 사이에서 냉매를 순환시키는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 붕괴열 제거 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서, 환열기의 고온 측으로 공급되는 냉매의 온도를 정해진 최고 온도 범위로 제한하는 단계를 포함하는 붕괴열 제거 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서, 환열기의 고온 측으로 공급되는 냉매의 온도를 제한하는 단계는 원자력로부터의 뜨거운 냉매를, 환열기의 고온 측으로 혼합물을 공급하기에 앞서, 차가운 냉매와 혼합하는 단계를 포함하는 붕괴열 제거 방법

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 방법은 뜨거운 냉매와 차가운 냉매를 혼합하는 단계를 포함하는 붕괴열 제거 방법.

청구항 9

원자력로를 포함하는 폐 루프 발전 서킷을 포함하는 원자력 발전소에 있어서, 원자력로가 가동 중단(shut down)되거나 발전 서킷 정지 시 원자력로의 코어로부터 형성된 붕괴열을 제거하기 위해 상기 발전소가 원자력로에 병렬로 분리가능하게 연결되는 코어 조절 시스템을 추가로 포함하고, 상기 코어 조절 시스템이

유입로와 유출로를 구비한 고온 측 및 유입로와 유출로를 구비한 저온 측을 포함하는 적어도 하나의 환

열기, 여기서 상기 고온 측 유입로는 원자력로의 유출로와 유체소통되어 있고, 상기 저온 측 유출로는 원자력로의 유입로와 유체소통되어 있으며,

상기 환열기의 고온 측 유출로와 상기 환열기의 저온 측 유입로 중간에서 환열기에 조작가능하게 연결되는 열교환기,

환열기의 고온 측 상류에 위치한 혼합 장치, 및

상기 코어 조절 시스템 주위와 상기 원자력로에 걸쳐 냉매를 순환시키는 송풍기 배치(blower arrangement)를 포함하고, 상기 혼합장치가 상기 원자력로의 유출로에 연결되거나 연결가능한 고온 유입로(hot inlet), 상기 환열기의 고온 측 유입로에 연결된 유출로 및 상기 열교환기의 유출로에 연결되거나 연결가능한 냉각 유입로(cold inlet)를 구비하는 혼합장치를 포함하여, 상기 원자력로부터의 뜨거운 냉매와 열교환기로부터의 차가운 냉매를 혼합하여 상기 냉매가 상기 환열기로 공급되기 전에 상기 냉매의 온도를 감소시키는 것을 특징으로 하는 원자력 발전소.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 9항에 있어서, 상기 혼합 장치는 구형인 혼합챔버를 포함하고, 상기 고온 유입로 및 냉각 유입로가 서로에 대해 수직으로 상기 혼합 챔버에 유도되고, 상기 유입로들은 상기 혼합 챔버의 중심으로 향하고 상기 유출로는 상기 유입로 중 어느 하나와 반대편에 위치하고,

상기 코어 조절 시스템이 열교환기의 유출로에서 상기 혼합 장치로의 냉매의 흐름을 제어하기 위한 밸빙(valving)을 포함하고, 이것에 의해 상기 혼합장치로부터 유출되어 환열기의 고온 유입로로 유입하는 냉매의 온도를 조절하는 것을 특징으로 하는 원자력 발전소.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 두개의 유체 흐름을 혼합하는 방법 및 혼합 장치에 관한 것이다. 또한 본 발명은 원자력 발전소 및 원자력 발전소의 코어에서 발생하는 열을 제거하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 명세서상에서, "환열기(recuperator)"는 넓은 의미가 부여되며, 원자력으로 베셀 등에서 방출되는 뜨거운 유체를 원자력으로 베셀에 유입되는 유체를 가열하는데 사용하는 열 전달(heat transfer) 수단으로서, 상기 열전달 수단은 방출 및 반송 유체 흐름로가 열 전달 수단내에 형성되어, 각각의 고온 및 저온 측을 통하여 방출되는 뜨거운 유체 및 유입되는 차가운 유체가 흘러서 열이 그 사이로 전달된다. "환열기 형"은 대응하는 의미를 가진다.

발명의 상세한 설명

<3> 본 발명의 하나의 측면은, 각을 형성하도록 이격된(angularly spaced) 위치로부터 구형 혼합 챔버(spherical mixing chamber)에 흐름을 투입하는 단계를 포함하는 유체 흐름의 혼합 방법에 관한 것이다.

<4> 본 발명의 다른 측면은, 혼합 챔버 내에서 두 유체 흐름을 혼합하기 위하여 상기 흐름들이 서로에게 적절한 각도로 챔버로 유입되도록 공급하는 단계를 포함하는 두 유체 흐름의 혼합 방법에 관한 것이다.

<5> 상기 방법은 상기 혼합 챔버에서 유입 흐름의 적어도 하나와 각을 형성하도록 이격된 위치로부터 혼합물을 유출하는 단계를 포함한다.

<6> 상기 흐름들은 다른 온도에 있는 기체, 통상적으로 헬륨일 수 있으며, 뜨거운 유체는 혼합 챔버로 뜨거운 유체 유입로를 통하여 공급되고, 차가운 유체는 혼합 챔버로 차가운 유체 유입로를 통하여 공급되며, 상기 혼합물은 유출로를 통하여 혼합 챔버로부터 방출된다.

<7> 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 방법은 차가운 유체를 혼합 챔버로 공급하고, 정반대 위치에서 혼합 챔버로부터 혼합물을 방출하는 단계를 포함할 수 있다.

<8> 본 발명의 또 다른 측면은, 혼합 챔버; 각을 형성하도록 이격된 위치에서 혼합 챔버로 유도되는 적어도 두개의 유입로; 및 혼합 챔버로부터 유도되는 유출로로 이루어지고, 상기 혼합 챔버가 일반적으로 구형인 것을 특징으로 하는 혼합 장치에 관한 것이다.

<9> 본 발명의 또 다른 측면은, 혼합 챔버; 각을 형성하도록 이격된 위치에서 혼합 챔버로 유도되는 적어도 두개의 유입로; 및 혼합 챔버로부터 유도되는 유출로로 이루어지고, 상기 유입로가 혼합 챔버의 중심으로 향하는 것을 특징으로 하는 혼합장치에 관한 것이다.

<10> 본 발명의 하나의 실시예에서, 혼합 장치는 서로에 대하여 수직인 제 1 유입로 및 제 2 유입로와, 유입로 중 하나에 마주하여 위치하는 유출로를 포함한다.

<11> 본 발명의 또 다른 측면은, 원자력 발전소에 있어서, 원자력 발전소의 일부를 형성하는 원자력로의 코어에서 발생하는 붕괴 열(decay heat)을 제거하기 위한 방법에 관한 것으로, 상기 방법은 원자력로와, 유입로와 유출로를 포함하는 고온 측(hot side)과 유입로와 유출로를 포함하는 저온 측(cold side)을 포함하는 적어도 하나의 환열기를 포함하는 코어 조절 시스템 사이에 냉매를 순환시키는 단계를 포함하며, 상기 고온 측의 유입로가 원자력로의 유출로와 유체소통 되어 있고, 상기 저온 측의 유출로는 원자력로의 유입로와 유체소통되어 있으며, 제2 열교환기가 고온 측 유출로와 저온 측 유입로 중간에서 환열기에 조작가능하게 연결된다.

<12> 본 출원인은 원자력 발전소가 브레이튼 사이클(Brayton cycle)에 기초한 열역학적 전환 사이클을 이용하는 고온 기체 냉각 반응기(high temperature gas cooled reactor)를 포함하는 원자력 발전소를 숙지하고 있다. 본 출원

인은 본 발명이 특히 브레이톤 사이클이 제어되지 않을 때, 붕괴열을 제거하는 형태의 원자력 발전소에 적용가능할 것으로 믿는다.

- <13> 상기 방법은 환열기의 고온 측에 있어서, 결정된 최고 온도로 냉매, 통상적으로 헬륨의 온도를 제한하는 단계를 포함할 수 있다.
- <14> 환열기의 고온 측으로 공급되는 냉매의 온도를 제어하는 단계는 원자력로부터의 뜨거운 냉매를 환열기의 고온 측으로 혼합물을 공급하기 이전에 차가운 냉매와 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- <15> 상기 방법은 그 유출로가 환열기의 고온 측 유입로로 연결되는, 상기 설명된 형태의 혼합 장치에서 뜨거운 냉매와 차가운 냉매를 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- <16> 본 발명의 또 다른 측면은, 원자력로나 이 원자력로나 순차적으로 연결된 코어 조절 시스템을 포함하는 원자력 발전소에 관한 것으로서, 상기 코어 조절 시스템은 유입로와 유출로를 포함하는 고온 측과 유입로와 유출로를 포함하는 저온 측을 구비한 적어도 하나의 환열기를 포함하며, 상기 고온 측 유입로는 원자력로나의 유출로와 유체소통되어 있고, 상기 저온 측 유출로는 원자력로나의 유입로와 유체소통되어 있으며, 제2 열교환기가 고온 측 유출로와 저온 측 유입로 중간에서 환열기에 조작가능하게 연결된다.
- <17> 상기 플랜트는 반응기로부터의 뜨거운 냉매가 환열기로 공급되기 전에 통상적으로 제2 열교환기로부터의 차가운 냉매와 혼합될 수 있도록 하는, 환열기의 고온 측의 상향류에 위치한 혼합 장치를 포함할 수 있다. 이러한 방법에서 환열기로 공급되는 냉매의 최대온도는 조절될 수 있다.
- <18> 혼합 장치는 상기에서 설명된대로, 혼합 장치의 제1 유입로가 원자력로나의 유출로에 연결되며, 혼합 장치의 유출로가 환열기의 뜨거운 유입로로 연결되고, 혼합 장치의 제 2 유입로가 제2 열교환기의 유출로에 연결되거나 연결가능하며, 코어 조절 시스템이 제2 열교환기의 유출로로부터 혼합 장치로의 냉매의 흐름을 제어하기 위해 밸빙(valving)하는 것을 포함하는 혼합 장치일 수 있다. 이것은 뜨거운 냉매 및 차가운 냉매의 비를 조절하여, 이에 따라 혼합 장치로부터 유출되어, 환열기의 고온 측으로 유입하는 냉매의 온도를 조절할 수 있다.
- <19> 코어 조절 시스템은 병렬로 연결된, 적어도 두개의 세트의 열교환기를 포함할 수 있다. 송풍기(blower)가 하나의 또는 각각의 열 교환기와 결합될 수 있다. 각 열교환기 세트는 통상적으로 원자력로나로부터의 붕괴열을 제거하여 안정성 및 유지성을 촉진시킬 수 있다.
- <20> 상기 원자력로나는, 상기에서 언급된 대로, 고온 기체 냉각형
- <21> (high temperature gas cooled type)일 수 있다. 특히, 원자력로나는 다수개의 구형 연료 요소(superficial fuel element)를 포함하는 연료가 사용되는, 펄 베드 반응기(Pebble Bed Reactor)로 알려진 원자력로나일 수 있다. 연료 요소는 구상의 분열성 물질 및 세라믹 매트릭스이거나, 세라믹 물질 속에 밀봉(encapsulate)될 수 있다. 상기 원자력로나는 헬륨에 의해 냉각될 수 있다. 상기 원자력로나는 제어된 핵 분열 반응에 의해 열 에너지를 생성하여, 상기 열에너지를 브레이톤 다이렉트 가스 사이클(Brayton direct gas cycle)에 기초한 열역학적 공정을 이용하여 전기적 에너지로 전환할 수 있다. 다음으로, 상기 원자력로나는 작업 유체로서 실질적으로 순수한 헬륨 기체를 이용할 수 있다. 이때 작업 유체는 냉매 유체로 이루어질 것이라는 것이 예측될 수 있다.
- <22> 본 발명의 바람직한 실시예에서, 환열기는 기체 대 기체 열 교환기(gas-to-gas heat exchanger)이다. 상기 환열기는 종래 알려진 형태의 플레이트 컴팩트 핀 열교환기(plate compact fin heat exchanger)일 수 있다.
- <23> 상기 제 2 열 교환기는 튜브 열 교환기(tube heat exchanger)일 수 있으며, 물에 의해 냉각되는 형태일 수 있다.
- <24> 상기 헬륨 송풍기는 자석 베어링(magnetic bearing) 상에 지지될 수 있으며, 전기 모터에 의해 구동될 수 있다.
- <25> 상기 코어 조절 시스템, 및 보다 상세하게는 환열기의 뜨거운 유입로는 혼합 챔버가 구비되는 유출 기체 유동 덕트(outlet gas flow duct)에 의해 원자력로나의 유출로로 연결될 수 있다. 환열기의 뜨거운 유출로는 제 1 매개 기체 유동 덕트(first intermediate gas flow duct)에 의해 제 2 열 교환기의 기체 유입로로 연결될 수 있다. 상기 환열기의 차가운 유입로는 제 2 매개 기체 유동 덕트(second intermediate gas flow duct)에 의해서 제 2 열교환기의 기체 유출로로 연결될 수 있다. 환열기의 차가운 유출로는 유입 기체 흐름 덕트에 의해서 원자력로나의 유입로로 연결될 수 있다. 다음으로, 통상적인 기체 유동 통로는 유출 기체 유동 덕트에 의해 유출로로부터 원자력로나의 유입로로, 환열기의 고온 측을 통하여, 제1 매개 기체 유동 덕트로, 제 2 열 교환기를 통하여, 제 2 매개 기체 유동 덕트로, 환열기의 저온 측을 통하여 유입 기체 유동 덕트 및 원자력로나의 유입로로 정

의될 수 있다.

- <26> 유입로 밸브가 제 2 열 교환기 및 환열기의 차가운 유입로 사이의 기체 유동을 조절하기 위해서 제 2 매개 기체 유동 덕트 상에 설치될 수 있다. 브랜치 유동 덕트(branch flow duct)가 제 2 매개 기체 유동 덕트 및 유입 기체 유동 덕트에 설치될 수 있고, 제 1 바이패스 밸브가 그 위에 설치될 수 있다. 플랜트가 혼합 장치를 포함할 때, 브랜치 유동 덕트가 혼합 장치의 제 2 유입로로 연결될 수 있다. 다음으로, 브랜치 유동 덕트의 제 1 바이패스 밸브에 의해서, 차가운 기체는 환열기의 뜨거운 유입로로 정해진 온도의 기체를 제공하기 위해서, 혼합 장치의 혼합 챔버로 유입되어, 혼합 챔버 내에서 원자력로의 뜨거운 플레넘(plenum)으로부터의 뜨거운 기체와 혼합될 수 있다. 바이패스 덕트가 브랜치 유동 덕트 및 유입 기체 유동 덕트 사이에 설치되며, 그 위에 제 2 바이패스 밸브가 설치될 수 있다. 유입로 밸브 및 제 1 및 제 2 바이패스 밸브의 조작에 의해, 물에 의해 냉각되는 제 2 열교환기의 유출로부터의 차가운 기체는 유입 기체 흐름 덕트로 직접적으로 전환되어 원자력로의 차가운 플레넘으로 연결됨에 의해, 효율적으로 환열기의 반송 유동 통로(return flow path)를 바이패싱시킬 수 있다.
- <27> 사용에 있어서, 뜨거운 코어 기체는 원자력로 코어의 뜨거운 플레넘으로부터 유출되어, 환열기의 뜨거운 유입로로 전송된다. 환열기로 유입되기 전에, 기체는 제 2 열 교환기를 떠나는 차가운 기체의 일부와 혼합 챔버 내에서 혼합된다. 이것은 환열기로 유입하는 기체 온도가 환열기의 최대 온도 범위, 통상적으로는 900℃를 넘지 않도록 하기 위해 행해졌다. 환열기에 있어서, 헬륨 온도는 제 2 열 교환기로 유입되기 이전에 감소된다. 열은 제 2 열 교환기에서 시스템으로부터 제거된다. 제 2 열교환기를 떠나는 차가운 헬륨은, 다음으로 송풍기로 유입하여, 환열기의 차가운 유입로로 연결된다. 만약 필요하다면, 차가운 기체의 일부는 혼합 장치로 전환되어, 상기에서 언급된 대로 혼합 챔버로 유입하는 뜨거운 기체와 혼합된다. 다음으로 남아있는 기체 흐름은, 뜨거운 유입 기체 유동으로부터 환열기의 고온 측을 통해 흐르는 뜨거운 유입 기체로부터 열 교환에 의해 그 온도가 증가되는 환열기의 차가운 유입로로 유입된다. 그 온도가 유출로를 통하여 원자력로 압력 베셀을 빠져나가는 기체의 온도보다 낮은 가열된 기체 흐름은 원자력로 유입로를 통하여 원자력로의 차가운 플레넘으로 전송된다.

실시예

- <33> 도 1에서, 참조 번호 10은 본 발명에 따른 원자력 발전소의 일부를 나타낸다.
- <34> 원자력 발전소(10)은 일반적으로 참조 번호 12로 표시되는 폐 루프 발전 서킷(a closed loop power generation circuit)을 포함한다. 상기 발전 서킷(12)은 원자력로(14), 고압 터빈(16), 저압 터빈(18), 파워 터빈(power turbine, 20), 환열기(22), 프리-쿨러(pre-cooler: 24), 저압 컴프레서(26), 인터쿨러(28), 및 고압 컴프레서(30)를 포함한다.
- <35> 원자력로(14)는 구상 연료 요소를 이용하는 페블 베드 반응기이다. 상기 원자력로(14)는 유입로(14.1) 및 유출로(14.2)를 포함한다.
- <36> 고압 터빈(16)은 고압 컴프레서(30)에 동력 전도적(drivingly)으로 연결되어 있고, 상향류 측(upstream side) 또는 유입로(16.1) 및, 하향류 측(downstream side) 또는 유출로(16.2)를 포함하며, 이 때, 유입로(16.1)은 원자력로(14)의 유출로(14.2)에 연결되어 있다.
- <37> 삭제
- <38> 저압 터빈(18)은 동력 전도적으로 저압 컴프레서(26)에 연결되어 있고, 상향류 측(upstream side) 또는 유입로(18.1) 및, 하향류 측(downstream side) 또는 유출로(18.2)를 가지며, 이 때, 유입로(18.1)은 고압 터빈(16)의 유출로(16.2)에 연결되어 있다.
- <39> 원자력 발전소(nuclear power plant, 10)는, 일반적으로 참조번호 32로 나타내어진, 발전기(generator)를 포함하는데, 상기 발전기에는 파워 터빈(power turbine: 20)이 동력 전도적으로 연결되어 있다. 파워 터빈(20)은 상향류 측 또는 유입로(20.1) 및, 하향류 측(downstream side) 또는 유출로(20.2)를 포함한다. 파워 터빈(20)의 상기 유입로(20.1)은 저압 터빈(18)의 유출로(18.2)에 연결되어 있다.
- <40> 가변 저항 뱅크(variable resistor bank: 33)은 발전기(32)에 이탈가능하게 연결되어 있다.
- <41> 환열기(22)는 고온 또는 저압 측(hot or low pressure side) (34) 및 저온 또는 고압측(cool or high pressure side) (36)을 포함한다. 환열기의 저압 측(34)은 유입로(34.1) 및 유출로(34.2)를 포함한다. 저압 측의 유입로

(34.1)는 파워 터빈(20)의 유출로(20.2)에 연결되어 있다.

- <42> 프리 쿨러(pre-cooler: 24)는 물 대 헬륨 열교환기(water to helium heat exchanger)이고, 헬륨 유입로(24.1) 및 헬륨 유출로(24.2)를 포함한다. 프리 쿨러(24)는 환열기의 저압측(34)의 유출로(34.2)에 연결되어 있다.
- <43> 저압 컴프레서(26)은 상향류 측 또는 유입로(26.1) 및, 하향류 측 또는 유출로(26.2)를 포함한다. 저압 컴프레서(26)의 유입로(26.1)은 프리 쿨러(24)의 헬륨 유출로(24.2)에 연결되어 있다.
- <44> 인터 쿨러(28)은 헬륨 대 물 열교환기(helium to water heat exchanger)이고, 헬륨 유입로(28.1) 및 헬륨 유출로(28.2)를 포함한다. 헬륨 유입로(28.1)은 저압 컴프레서(26)의 유출로(26.2)에 연결되어 있다.
- <45> 고압 컴프레서(30)은 상향류 측 또는 유입로(30.1) 및, 하향류 측 또는 유출로(30.2)를 가진다. 고압 컴프레서(30)의 유입로(30.1)은 인터 쿨러(28)의 헬륨 유출로(28.2)에 연결되어 있다. 고압 컴프레서(30)의 유출로(30.2)는 환열기(22)의 고압측의 유입로(36.1)에 연결되어 있다. 환열기(22)의 고압측의 유출로(36.2)는 원자력 로(14)의 유입로(14.1)에 연결되어 있다.
- <46> 원자력 발전소(10)은, 일반적으로 참조 번호 38로 나타내어지는, 시동(start-up) 송풍기를 포함하며, 상기 시동 송풍기는 환열기(22)의 저압 측(34)의 유출로(34.2)와 프리 쿨러(24)의 유입로(24.1)의 사이를 연결한다.
- <47> 삭제
- <48> 시동 송풍기(38)은 정상 상태에서 개방된 시동 송풍기 시스템 직렬 밸브(normally open start-up blower system in-line valve: 40)을 포함하며, 상기 밸브는 환열기의 저압측의 유출로(34.2)와 프리 쿨러(24)의 유입로(24.1)사이에서 일렬로(in-line) 연결되어 있다. 2개의 송풍기(42)가 시동 송풍기 시스템 직렬 밸브(40)와 평행하게 연결되어 있고, 정상적 상태에서는 닫혀있는 고립 밸브(normally closed isolation valve: 44)는 각각의 송풍기(42)와 연속하여 연결되어 있다.
- <49> 삭제
- <50> 삭제
- <51> 저압 컴프레서 바이패스 라인(46)은 저압 컴프레서(26)의 유출로 또는 하향류 측(26.2)와 인터 쿨러(28)의 유입로(28.1)사이의 임의의 위치로부터, 시동 송풍기 시스템(38)과 프리 쿨러(24)의 유입로(24.1)사이의 임의의 위치까지 연장되어 있다. 정상적 상태에서는 닫혀있는 저압 바이패스 밸브(48)은 저압 컴프레서 바이패스라인(46)내에 탑재되어 있다.
- <52> 고압 컴프레서 바이패스 라인(50)은 고압 컴프레서의 하향류 측 또는 유출로(30.2)와 환열기(22)의 고압 측(36)의 유입로(36.1) 사이의 임의의 위치로부터, 저압 컴프레서(26)의 하향류 측 또는 유출로(26.2)와 인터 쿨러(28)의 유입로(28.1)사이의 임의의 위치까지 연장되어 있다. 정상적 상태에서는 닫혀있는 고압 바이패스 밸브(51)은 고압 컴프레서 바이패스라인(50)내에 탑재되어 있다.
- <53> 환열기 바이패스 라인(52)은 환열기(22)의 고압 측(36)의 유입로(36.1)의 상류로의 임의의 위치(a position upstream)로부터 환열기(22)의 고압 측(36)의 유출로(36.1)의 하류로의 임의의 위치까지 연장되어 있다. 정상적인 상태에서 닫혀있는 환열기 바이패스 밸브(54)는 환열기 바이패스라인(52)내에 탑재되어 있다.
- <54> 원자력 발전소(10)은 고압 냉매(coolant) 밸브(56) 및 저압 냉매 밸브(58)를 포함한다. 고압 냉매 밸브(56)은, 개방 시, 고압 컴프레서(30)의 고압 측 또는 유출로(30.2)로부터 저압 터빈(18)의 유입로 또는 저압측(18.1)까지의 헬륨의 바이패스를 제공한다.
- <55> 삭제
- <56> 브레이튼 사이클(Brayton Cycle)의 통상적 운전에서, 원자력 로(14)내에서 발생된 열은 전력 발생 서킷(12)내에서 흩어진다(dissipated).

- <57> 원자력 발전소(10)은 또한, 일반적으로 참조 번호 100에 의해 나타내어진, 코어 조절 시스템을 포함하며, 상기 코어 조절 시스템은 원자력로(14)에 연속적으로 연결되어 있다(도 2 참조). 코어 조절 시스템은 유출 기체 유동 덕트(outlet gas flow duct: 102)를 경유하여 유출로(14.2)에 연결되어 있고, 냉각 반송 파이프(104) 또는 유입 유동 덕트를 경유하여 원자력로의 유입구에 연결되어 있다. 유출 기체 유동 덕트(102)는 그 상향류 말단에서 중심 유출 플레넘(plenum)에 연결되어 있고, 냉각 반송 파이프(104)는 그의 하향류 말단에서 중심 유입 플레넘(도 1에 나타나 있지 아니함)에 연결되어 있다.
- <58> 코어 조절 시스템(100)은 기체 대 기체(gas to gas) 열 교환기 또는 환열기(106)을 포함하는 바, 상기는 고온 측(108) 및 저온 측(110)을 포함한다. 고온 측은 유입로(108.1) 및 유출로(108.2)를 포함한다. 유사하게, 저온 측(110)은 유입로(110.1) 및 유출로(110.2)를 포함한다.
- <59> 삭제
- <60> 코어 조절 시스템(100)은 추가로, 기체 유입로(112.1) 및 기체 유출로(112.2)를 포함하는 물 대 기체(water to gas) 열교환기(112)를 포함한다.
- <61> 삭제
- <62> 코어 조절 시스템(100)은, 일반적으로 참조번호 114로 나타내어진, 송풍기 배치(blower arrangement)를 포함한다. 송풍기 배치(114)는, 평행하게 연결되어 있는 3개의 송풍기(blower) (116) 및 각각의 상기 송풍기(116)에 연속하여 연결된 송풍기 분리 밸브(blower isolation valve)를 포함한다. 코어 조절 시스템(100)은 추가로 혼합 장치(120)을 포함한다. 도 3에서 알 수 있듯이, 혼합장치(120)은 구형
- <63> (spherical)의 혼합 챔버(124)를 한정하는 본체(122)를 포함한다. 고온 유입로(hot inlet) (126)은 혼합챔버(124)로 들어가고, 유출 기체 유동 덕트(outlet gas flow duct, 102)에 연결되어 있다. 냉각 유입로(cold-inlet) (128)은, 고온 유입로(126)에 대해 90° 인 위치에서 혼합 챔버(124)로 들어간다. 유출로(130)은 혼합챔버(124)로부터 나와, 환열기(106)의 고온 측(108)의 유입로(108.1)에 연결된다.
- <64> 삭제
- <65> 코어 조절 시스템(100)은 추가로 송풍기 바이패스 밸브(132), 유동 밸브
- <66> (134), 혼합 밸브(136), 및 환열기 바이패스 밸브(138)을 포함한다.
- <67> 코어 조절 시스템의 목적은, 원자력로가 닫히고 브레이튼 사이클이 작동하지 않을 경우, 원자력로부터 붕괴열을 제거한다. 전력 발생 서킷의 정지(trip)시, 코어 조절 시스템은 재 시작을 허용하는 온도까지 원자력로를 냉각하는 역할을 한다. 재 시작시, 시동 송풍기 시스템(38)은 필요한 코어 질량 유동을 제공하여 코어 분해열을 제거한다.
- <68> 코어 조절 시스템 환열기(106)의 역할은 원자력로로 돌아오는 반송 기체의 온도가 허용가능한 한계 이하로 내려가지 않도록 보장하는 것이다. 동시에, 상기는 열 교환기(112)로의 유입 온도를 낮춘다. 혼합 장치(120)은 환열기(106)의 고온 측(108)의 유입로(108.1)까지 공급되는 기체의 온도를 한정하여 상기 온도가 소정의 최고 온도, 전형적으로 900℃를 넘지 않도록 한다.
- <69> 이를 위해, 원자력로부터의 고온 기체는 고온 유입로(126)을 통해 혼합 챔버(124)로 공급된다. 고온 기체의 온도에 따라, 이미 냉각된 기체가 냉각 유입로(128)을 통해 혼합 챔버(124)로 공급되며, 이는 상기 챔버에서 고온 기체와 혼합되고, 유출로(130)을 통해 배출되고, 다시 상기 유출로부터 환열기의 고온 측면으로 공급된다.
- <70> 도 3에서 잘 알 수 있는 바와 같이, 유입로(126, 128)은 구형의 혼합 챔버(124)의 중심으로 향하며, 서로 수직이다. 유출로(130)은 냉각 유입로(128)에 대해 지름을 가로질러 반대쪽에(diametrically opposite) 위치하고 있다. 본 발명자들은, 혼합 챔버(124)로 공급된 냉각기체류는 고온의 흐름을 관통할 것이다. 혼합된 흐름이 혼합 챔버의 반대쪽 벽을 치면, 소용돌이 운동이 유발되며, 이는 매우 낮은 층 수준(stratification level)으로 효과적 혼합을 가져올 것으로 믿는다. 당연히, 유입로(128) 및 유출로(130)의 직경은 변경할 수 있으며, 이로써 혼합 챔버로 공급되는 기체흐름의 속도 및 그의 모멘텀(momentum)을 바꾸어 냉각 기체 및 고온 기체간의 관통

수준(level of penetration)을 바꾸고, 이로써 혼합 공정을 최적화할 수 있다.

- <71> 코어 조절 시스템(100)은 바람직하게는 압력 용기내에 장착된다.
- <72> 이하, 도 4를 참조하는 바, 다른 지시가 없으면, 전술한 바와 같은 참조번호가 유사한 부분을 지시한다.
- <73> 상기 도에서, 참조번호 200은 일반적으로 본 발명에 따른 또 다른 코어 냉각 시스템 또는 코어 조절 시스템을 나타낸다.
- <74> 코어 조절 시스템(200)은 원자력로(202)에 연결되어 있는데, 이는 고온 기체 냉각 원자력로서, 복수개의 구형 연료 요소(도에 나타나지 아니함)를 포함한 연료가 사용된, 일종의 공지된 펄 베드 원자력로(Pebble Bed Reactor)이다. 연료 요소는, 세라믹 재료내에 둘러쌓인(encapsulated), 세라믹 매트릭스 내에서 붕괴 가능한 구형의 재료를 포함한다. 원자력로는 헬륨에 의해 냉각된다(helium cooled). 원자력로는 제어된 핵 분열 과정에 의해 화력을 발생시키고, 브레이튼 다이렉트 가스 사이클에 기초한 열역학 과정을 이용해 열 에너지를 전기 에너지로 바꾼다. 상기 원자력로는 실질적으로 헬륨 기체를 작동 유체로 사용하며, 상기 유체는 원자력로 코어용 냉매 유체(도에 나타나지 아니함)를 포함한다.
- <75> 원자력로(202)는, 헬륨 기체에 의해 냉각되는 원자력로 코어(206)을 포함하는 반응기 압력 베셀(reactor pressure vessel, 204)을 포함한다. 반응기 압력 베셀(204)은 유입로(208) 및 유출로(210)를 포함한다. 반응기 압력 베셀(204)의 유출로(210)은 원자력로 코어(206)의 고온 플레넘(212)과 유체상으로 연결되어 있다. 반응기 압력 베셀(204)의 유입로(208)는 원자력로 코어(206)의 저온 플레넘(214)과 유체상으로 연결되어 있다.
- <76> 유지 및 안전적 고려를 위해, 일반적으로 압력 용기(도에 나타나지 아니함)내에 장착된 코어 조절 시스템(200)은 2 세트의 열교환기(220)를 포함한다. 각각의 세트(220)은 시스템(100)의 열 교환기와 유사하며, 유입로(108.1), 유출로(108.2), 유입로(110.1) 및 유출로(110.2)를 가진 환열기(106)를 포함한다. 유입로(108.1)은 유출 유동 덕트(102)를 경유해 유출로(210)에 연결되어 있고, 유출로(110.2)은 유입 유동 덕트(104)를 경유해 유입로(208)에 연결되어 있다. 각각의 환열기(106)은 멀티-튜브 기체 열 교환기이다.
- <77> 추가로, 각각의 세트(220)은, 유입로(110.1) 및 유출로(108.2) 사이에서 관련 환열기(106)에 활동적으로(operatively) 연결된 제 2의 열교환기(112)를 가진다. 제 2 열교환기는 인쇄 회로 열교환기이고 수-냉각된다(water-cooled).
- <78> 추가로, 각각의 세트(220)은, 유출로(210) 및 환열기(106)의 유입로(108.1) 사이에 기체 혼합 장치(120)를 포함한다.
- <79> 각각의 세트(220)은, 또한, 열 교환기(106, 112)를 통해 헬륨 기체를 유도하기 위한 헬륨 송풍기(116)를 포함한다. 송풍기(116)는 자석 베어링(bearing)상에 지지되어 있고(미도시), 전기 모터에 의해 구동된다.
- <80> 각 세트(220)에서, 환열기(106)의 유출로(108.2)는 그 관련 제 2 열 교환기(112)의 기체 유입로(112.2)에 제 1 중간 매개(intermediate) 기체 유동 덕트(230)에 의해 연결되어 있다. 환열기(106)의 유입로(110.1)은 제 2 열 교환기
- <81> (112)의 기체 유출로(112.2)에 제 2 매개 기체 유동 덕트(232)에 의해 연결되어 있다. 따라서, 통상 작동시, 기체 흐름 경로(234)는 유출로(210)으로부터 유입로
- <82> (208)까지 유출 기체 유동 덕트(102)에 의해 연결되고, 환열기(106)에 의해 제 1 매개 가스 흐름 덕트(230)까지, 제 2 열 교환기(112)에 의해 제 2 매개 기체 유동 덕트(232)까지, 다시 환열기(106)에 의해 유입 유동 덕트(104) 및 유입로(210)까지 한정된다.
- <83> 삭제
- <84> 유입로 밸브(134)는, 제 2 열 교환기(112) 및 환열기(106)의 유입로(110.1)사이에서 기체 흐름을 조절하기 위해, 제 2 매개 기체 유동 덕트(232)상에 배열된다. 가지 유동 덕트(branch flow duct: 236)은 제 2 매개 기체 유동 덕트(232) 및 유출로 유동 덕트(104)사이에서 배열되고, 제 1 바이패스 밸브(136)이 그 위에 배열된다. 가지 유동 덕트(236)은 혼합 장치(120)의 유입로(128)에 연결되어 있고, 유출로
- <85> (210)은 유출 기체 유동 덕트(102)를 경유해 혼합장치(120)의 유입로(126)에 연결되어 있다. 혼합장치(120)의

유출로(130)은 환열기(106)의 유입로(108.1)에 연결되어 있다. 이어서, 가지 유동 덕트(236)의 제 1 바이패스 밸브(136)에 의해, 냉각기 기체(cooler gas)가, 장치(120)내에서, 혼합장치(120)으로 들어오는, 원자력로(206)의 가열 플레넘(212)로부터의 가열 기체와 혼합될 수 있어, 환열기(106)의 유입로(108.1)로 소정 온도의 기체를 공급한다. 바이패스 덕트(238)은 가지 유동 덕트(236) 및 유입로 기체 유동 덕트(104)사이에 배열되어 있고, 그 위에 배열된 제 2 바이패스 밸브(240)을 가진다. 유입 밸브(134) 및 제 1 및 제 2 바이패스 밸브(136), (240)을 조작하여, 제 2 수냉(water-cooled) 열교환기(112)의 유출로(112.2)로부터의 차가운 기체가 유입로 유동 덕트(104)까지 직접 전환하고, 원자력로(206)의 냉각 플레넘(214) 쪽으로 향할 수 있고, 이에 의해, 효과적으로 환열기(106)의 회수 유동 경로를 우회할 수 있다.

<86> 삭제

<87> 삭제

<88> 사용 시, 고온 코어 기체는, 원자력로(202)의 코어(206)내에서 고온 플레넘(212)로부터 추출되어, 환열기(106)의 유입로(108.1)로 이전된다. 상기 기체는, 환열기(106)로 들어가기 전에, 혼합 장치(120)내에서, 수냉각기(water cooler) (112)를 떠난 냉각기체와 혼합된다. 이는 환열기(106)으로 들어가는 기체 온도가 환열기(106)의 최대 온도 한계를 넘지 않도록 하는 것을 보장하기 위한 것이다. 환열기(106) 내에서, 헬륨 온도는 수냉각기(112)로 들어가기 전에 추가로 내려간다. 수냉각기(112)내에서, 시스템으로부터 열이 제거된다. 수냉각기(112)를 떠난 냉각 헬륨은 이어서 송풍기(116)으로 들어가고, 환열기(106)의 유입로(110.1)로 이어진다. 냉각 기체의 일부는 혼합 장치(120)으로 흐름이 전환되어, 전술한 바와 같이, 혼합 장치(120)로 들어오는 고온 기체와 혼합된다. 잔여 기체 흐름은 이어서 환열기(106)의 유입로(110.1)로 들어가며, 상기 환열기에서, 환열기(106)의 고온 측면(108)을 관통해 흐르는 고온기체로부터의 열전이에 의해, 상기 기체의 온도가 올라간다. 가열된 기체 흐름은 원자력로 용기 유입로(208)을 경유해 원자력로 냉각 플레넘(214)로 이전되며, 이 때 상기 기체 흐름 온도는 유출로(210)을 경유해 원자력로 압력 용기(204)를 빠져나온 기체의 온도보다 낮지 않다.

<89> 사용시, 기체 혼합 장치(120)는 환열기(106)로 유입되는 기체 온도를 한정한다. 환열기(106)은 원자력로 코어(206)을 가로질러 차이가 나는(differential) 온도를 조절하고, 또한 수냉 열 교환기(112)로 들어가는 기체 온도를 낮춘다. 따라서, 헬륨 기체의 온도는 공지된 표준 수냉 열 교환기(112)가 사용될 수 있는 온도로 낮아진다. 송풍기(116)은 필요한 헬륨의 질량유동을 제공한다. 코어 조절 시스템 압력 용기(도에 나타나지 않음)는 바람직하게는 원자력로 압력 용기(204)의 제 1 압력 경계에 직접 결합되어 있고, 따라서, 그 작동 압력은 제 1 시스템의 작동압력을 따르도록 한다.

<90> 사용시, 코어 조절 시스템(100), (200)은 브레이튼 사이클이 사용되지 않는 경우 붕괴열(decay heat)을 제거하고, 시동 작동(start-up operation)시 코어 분열 열을 제거한다. 따라서, 만일 전력 발생 서킷(도 1에 나타남)이 돌아가는 경우, 원자력로 유출로에서의 평균 헬륨 온도는 브레이튼 사이클을 재시작할 수 있는 수준까지 낮아진다. 또한, 유지 폐쇄(maintenance shutdown)동안, 원자력로 유출로에서의 평균 헬륨 온도는 유지 작동이 일어날 수 있는 수준까지 내려간다. 나아가, 코어 조절 시스템(100), (200)은, 코어 분열 열이 원자력로의 코어(14), (206)로부터 제거되는 속도를 조절하고, 원자력로 코어가 점점 뜨거워지는 것을 조절한다. 조절 시스템(100), (200)은 유출로 헬륨 온도의 증가를 브레이튼 사이클이 개시될 수 있는 수준까지 허용하기 위해 사용될 수 있다.

<91> 펄스 베드 원자력로의 제안된 구현예에서, 코어내 및 원자력로의 유출로에서의 헬륨 기체는 대략 900℃의 온도일 수 있다. 기체가 환열기(106)으로 들어오기 전, 필요한 경우, 냉각 기체류와 혼합함에 의해, 그 온도는 대략 900℃까지 낮출 수 있다. 환열기(106)내에서, 기체는 550℃ 이하로 냉각된다. 이는 공업적으로 이용가능한 송풍기(116) 및 수냉 열 교환기(112)의 사용을 가능하게 한다. 이어서, 기체는 수 냉각기(112)로 들어가며, 상기 냉각기에서 기체로부터 열이 배출되어 그 온도가 최대 온도인 대략 350℃로 냉각된다. 환열기로 재진입할 때, 기체는 원자력로의 유입로로 들어가기 전에 가열되어, 코어가 점차 냉각되는 동안, 원자력로내에서의 유입로 온도에 대한 유출로 온도의 소망하는 비율이 유지될 수 있다. 일단 코어 온도가 떨어져 환열기(106)이 효과없는(not effective) 온도가 되면, 환열기(106)은, 전술한 바와 같이, 추가냉각되며, 기체 흐름 경로로부터 제거되고, 코어를 완전 냉각시킬 필요가 있는 경우, 수냉 열 교환기(112)에 의해 추가의 냉각이 제공될 수 있다.

<92> 본 발명에 따르면, 원자력로와, 유지를 위해 원자력로 코어의 제어된 냉각을 가능케하는 원자력로 냉각 또는 코

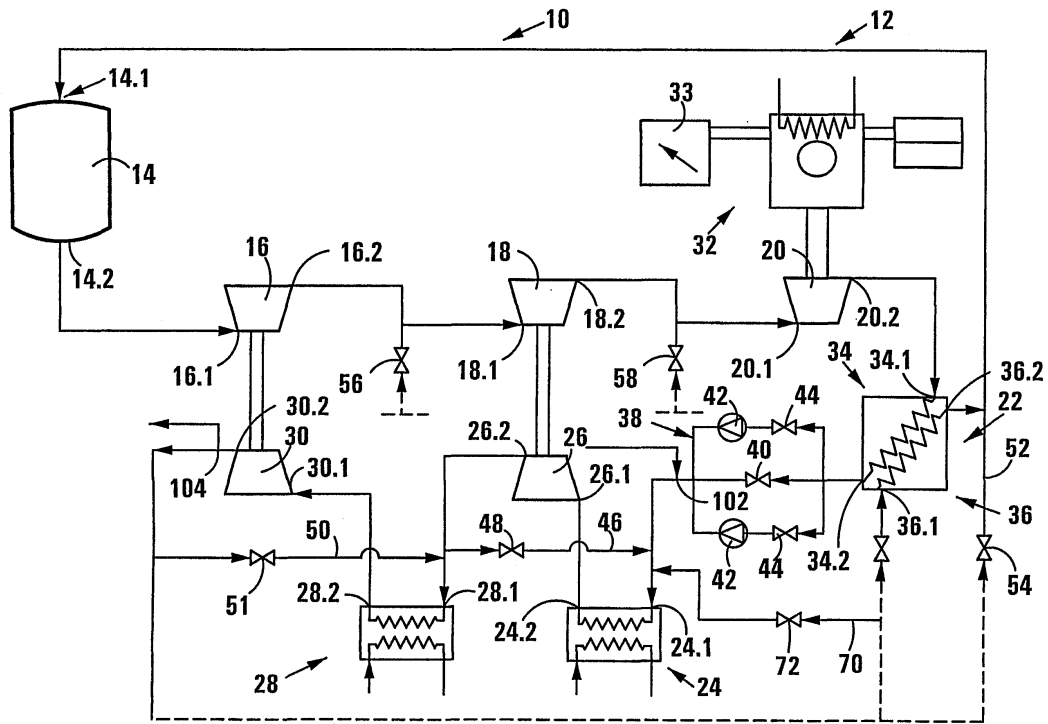
어 조절 시스템(100),(200)이 제공된다. 추가로, 브레이튼 직접 기체 열역학 사이클이 사용되는 경우, 조절 시스템(100),(200)은 브레이튼 사이클을 개시하기 위해 헬륨 작업 유체의 온도를 조절하기 위해 제공된다.

도면의 간단한 설명

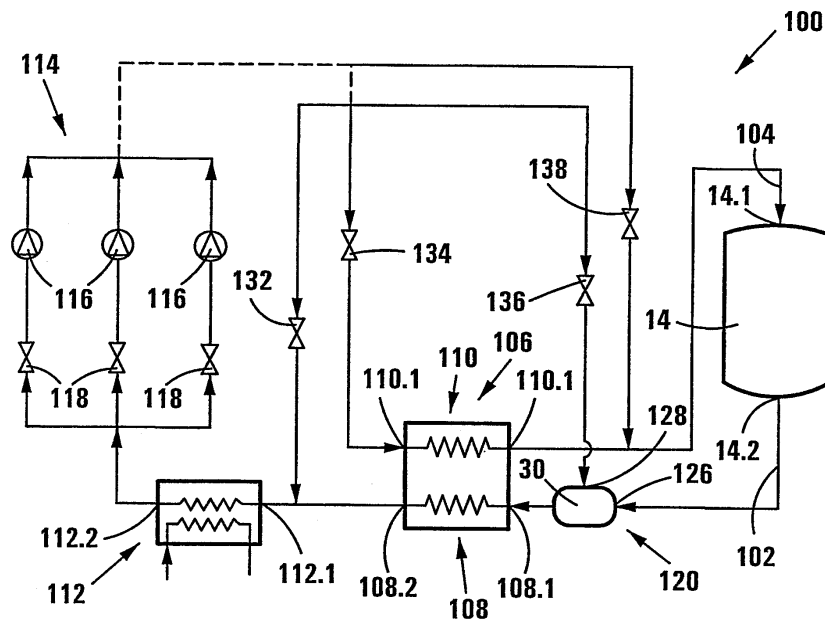
- <28> 본 발명은 하기 첨부되는 도면 및 실시예를 참조로 하여 보다 상세하게 설명될 것이다.
- <29> 도 1은 본 발명에 따른 원자력 발전소의 전력 생성 흐름의 대략적 형태를 나타낸다;
- <30> 도 2는 원자력 발전소의 일부를 형성하는 코어 조절 시스템의 대략적 형태를 나타낸다;
- <31> 도 3은 도 2의 코어 조절 시스템의 일부를 형성하는 본 발명에 따른 혼합 장치를 대략적으로 나타낸다;
- <32> 도 4는 도 2에 유사한, 본 발명에 따른 또 다른 코어 조절 시스템의 일부를 나타내는 도면이다.

도면

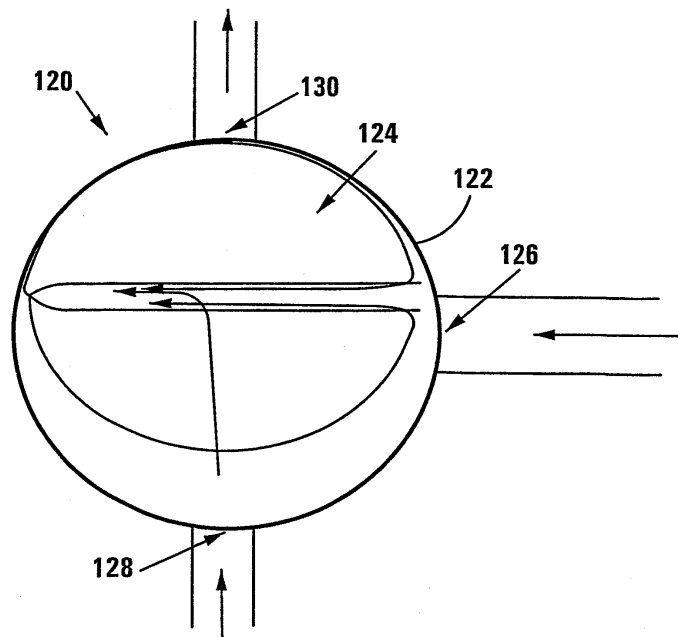
도면1



도면2



도면3



도면4

