



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월18일
 (11) 등록번호 10-1329537
 (24) 등록일자 2013년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 F28D 7/16 (2006.01) F28F 9/02 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2007-7030248
 (22) 출원일자(국제) 2006년06월22일
 심사청구일자 2011년06월22일
 (85) 번역문제출일자 2007년12월26일
 (65) 공개번호 10-2008-0025694
 (43) 공개일자 2008년03월21일
 (86) 국제출원번호 PCT/FR2006/001430
 (87) 국제공개번호 WO 2007/000507
 국제공개일자 2007년01월04일
 (30) 우선권주장
 0506512 2005년06월27일 프랑스(FR)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2004144422 A
 US4098329 A
 W01995001834 A1
 전체 청구항 수 : 총 25 항

(73) 특허권자
아레마 엔피
 프랑스 꾸르베봐 에프-92400 플라스 장 밀리에 1
 뒤르아레바
 (72) 발명자
끄로스, 알랭
 프랑스 에프-69003 리용 임파쎄 생뜨 예제베, 12
 에스빠엠루데-빗 비
 (74) 대리인
장훈

심사관 : 박환수

(54) 발명의 명칭 **고온 원자로용 열교환기 조립체**

(57) 요약

본 발명은 일차 유체 및 이차 유체 사이의 열교환을 위한 열교환기 조립체(1)에 관한 것이며, 이 열교환기 조립체는

일차 유체용의 적어도 하나의 입구(4) 및 출구(6)중 하나와 소통하는 중심 매니폴드(14)와;

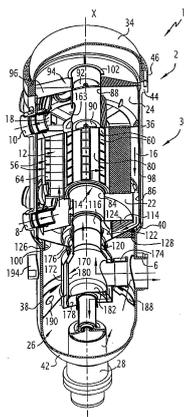
중심 매니폴드(14) 주위에 배치되고 일차 유체용의 입구(4) 및 출구(6)중 다른 하나와 소통하는 환형 매니폴드(16)와;

중심 매니폴드(14) 및 환형 매니폴드(16) 사이에 반경방향으로 놓여진 복수의 열 교환기(12)와;

이차 유체용의 입구(8)와 소통하는 복수의 축방향 입구 매니폴드(18) 및 이차 유체용의 출구(10)와 소통하는 복수의 축방향 출구 매니폴드(20)로서, 열교환기들(12) 사이에 원주방향으로 놓여진 축방향 입구 및 출구 매니폴드(18,20)를 포함한다.

본 발명에 따른, 조립체는 열교환기(12)의 제 1 축방향 단부에 배치된 입구 챔버(22)를 구비하고 이차 유체용의 입구(들)(8)을 적어도 복수의 축방향 입구 매니폴드(18)와 소통하게 배치한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

일차 유체와 이차 유체 사이의 열교환을 위한 열교환기 조립체(1)로서,

일차 유체용의 적어도 하나의 입구(4) 및 출구(6)와 이차 유체용의 적어도 하나의 입구(8) 및 출구(10)를 구비하고 중심축(X)을 제공하는 외부 인클로저(2)와;

상기 중심축(X)을 따라 연장되고 일차 유체용의 상기 입구(4) 및 상기 출구(6)중 하나와 소통하는 중심 매니폴드(14)와;

상기 중심 매니폴드(14) 주위에 배치되고 일차 유체용의 상기 입구(4) 및 상기 출구(6)중 다른 하나와 소통하는 환형 매니폴드(16)와;

상기 중심축(X) 주위로 분포되고 상기 중심 매니폴드(14)와 상기 환형 매니폴드(16) 사이에 반경방향으로 놓여진 복수의 열 교환기(12)와;

이차 유체용의 상기 입구(8)와 소통하는 복수의 축방향 입구 매니폴드(18) 및 이차 유체용의 상기 출구(10)와 소통하는 복수의 축방향 출구 매니폴드(20)로서, 상기 열교환기들(12) 사이에 원주방향으로 놓여진 상기 축방향 입구 및 출구 매니폴드(18,20)를 포함하고,

각 열교환기(12)는 상기 중심 매니폴드(14)와 상기 환형 매니폴드(16) 사이의 일차 유체 유동을 위한 복수의 채널과, 적어도 하나의 입구 매니폴드(18)로부터 적어도 하나의 출구 매니폴드(20)를 향하는 이차 유체 유동을 위한 복수의 채널을 포함하는, 상기 열교환기 조립체에 있어서,

상기 열교환기들(12)의 제 1 축방향 단부에 제공되고 이차 유체용의 입구(들)(8)가 적어도 복수의 축방향 입구 매니폴드들(18)과 소통하게 배치하는 입구 챔버(22)를 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 입구 챔버(22)는 환형이고 상기 중심 매니폴드(14)를 둘러싸는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 축방향 단부로부터 대향하는 상기 열교환기들(12)의 제 2 축방향 단부에 제공되고 상기 이차 유체용의 출구(들)(10)를 적어도 복수의 축방향 출구 매니폴드(20)와 소통하게 배치하는 출구 챔버(24)를 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 중심 매니폴드(14)를 제 2 단부로부터 축방향으로 연장하고 제거가능한 해치(hatch;92)에 의해서 이격된 검사 채널(88)을 포함하고, 상기 출구 챔버(24)는 환형이고 상기 검사 채널(88)을 둘러싸는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

적어도 상기 열교환기들(12), 상기 입구 및 출구 챔버(22,24)와, 상기 축방향 입구 및 출구 매니폴드(18,20)들이 상기 인클로저(2)로부터 단일 부재로 추출될 수 있는 기계식 하위조립체(94) 내에 통합되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 인클로져(2)는 수직 중심축을 가지며, 또한 상기 인클로져(2)는 상기 하위 조립체(94)가 내부에 배치되고 상부를 향해서 상기 하위 조립체(94)를 추출하기 위한 개방부(32)를 제공하는 용기(30)와, 상기 용기(30)의 개방부(32)를 누설방지식으로 폐쇄하기 위한 제거가능한 폐쇄 헤드(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 용기(30)는 중심축과 동축방향인 원통형 셸(36)을 포함하고, 상기 원통형 셸(36)은 그 내부에 형성된 이차 유체용의 입구(8) 및 출구(10)를 갖고, 상기 입구 및 출구 챔버들(22,24)은 상기 챔버들(22,24) 안으로 후퇴할 수 있는 제거가능한 슬리브들(140,142,158,160)에 의해서 상기 이차 유체용의 입구(8) 및 출구(10)에 누설방지식으로 연결되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 슬리브들(140,142,158,160)은 나사결합부를 통해 상기 챔버들(22,24) 내부로부터 분해할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 인클로져(2)는 이차 유체용의 복수의 입구(8) 및 이차 유체용의 복수의 출구(10)를 구비하며, 상기 입구 및 출구들(8,10)은 상기 셸(36)의 단일 원주방향의 절반부에서 합쳐지는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 하위 조립체(94)는 상기 출구 챔버(24)와 상기 환형 매니폴드(16)를 반경방향 외향으로 형성하면서 중심축(X)에 대해서 동축방향인 원통형 외부 인벨로프(envelope;98)를 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 열교환기 조립체는 상기 일차 유체용의 입구(4) 및 출구(6)와 각각 소통하고 동축방향이면서 상기 하위 조립체(94) 밑에 배치된 바닥 입구 및 출구 매니폴드(170,172)를 포함하고, 상기 하위 조립체의 바닥은 상기 원통형 인벨로프(98)로부터 수렴하는 절두원추형 인벨로프(100)에 의해서 형성되고, 상기 절두원추형 인벨로프(100)는 상기 중심 매니폴드(14)를 둘러싸고 상기 환형 매니폴드(16)를 형성하기 위해서 함께 작용하고, 상기 바닥 입구 및 출구 매니폴드(170,172)는 단순히 상호 결합에 의해서 누설방지식으로 상기 절두원추형 인벨로프(100)의 바닥 자유 단부와 상기 중심 매니폴드(14)의 바닥 자유단부를 수용하기에 적합한 플랜지들(176)에 의해서 상향에서 종결되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 12

제 4 항에 있어서,

상기 중심 매니폴드(14)는 상기 입구 챔버(22)와 소통하고 제거가능한 해치에 의해서 폐쇄되는 검사 구멍(164)을 제공하고, 상기 검사 채널(88)은 상기 출구 챔버(24)와 소통하는 개방부(163)를 제공하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 13

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 인클로저(2)는 바닥 단부벽(42)을 제공하고, 상기 조립체(1)는 상기 환형 채널(16)로부터 또는 상기 중심 채널(14)로부터 오는 일차 유체를 흡입하여 상기 일차 유체를 상기 일차 유체용의 출구(6)로 전달하는 상기 바닥 단부벽(42)에 고정된 순환 부재(28)를 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 14

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 축방향 입구 및 출구 매니폴드(18,20), 상기 중심 매니폴드(14) 및 상기 환형 매니폴드(16) 모두는 작업자가 열교환기들(22)에서 직접 작업하도록 하기에 충분한 관통 섹션들을 가지는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 15

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 일차 유체용의 입구 및 출구(4,6)는 동축방향인 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 16

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 열교환기들(12)은 중심축(X) 주위의 원으로 규칙적으로 이격되어 배치되고, 각 축방향 매니폴드(18,20)는 상기 매니폴드들이 사이로 연장되는 두 열교환기들(12)에 용접된 각각의 내부 및 외부 원주방향 시트들(80,82)에 의해서 내향 및 외향으로 모두 형성되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 환형 매니폴드(16)는 상기 열교환기들(12)에 의해서 그리고 상기 외부 시트들(82)에 의해서 내향으로 형성되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 중심 매니폴드(14)는 상기 열교환기들(12)에 의해서 그리고 상기 내부 시트들(80)에 의해서 형성되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

각 열교환기(12)는 축방향으로 적층된 복수의 열교환 모듈(56)을 포함하는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 모듈들(56)은 중심축(X)에 수직으로 직사각형 섹션을 제공하고, 그리고 상기 열교환기(12)의 전체 축방향 높이에 걸쳐 가공되는 모서리(coner)들을 제공하고, 상기 열교환기는 가공 모서리들 내에 배치된 단조가공, 또는 기계가공, 또는 단조가공 및 기계가공된 금속 바아들(68)을 추가로 포함하고, 상기 모듈들(56)이 상기 금속 바아들 위에 용접되는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

각 바아(68)는 상기 모듈들(56)에 대해서 그리고 인접 축방향 매니폴드(18,20)를 향하여 원주방향으로 돌출하는 플랜지(72)를 제공하고, 시트들에 용접된 상기 축방향 매니폴드를 형성하는 내부 및 외부 시트(80,82)를 구비하

는 것을 특징으로 하는 열교환기 조립체.

청구항 22

헬륨을 포함하는 일차 유체, 및 헬륨, 또는 질소, 또는 헬륨 및 질소의 혼합물을 포함하는 이차 유체 사이에 열교환을 실시하기 위해서, 제 1 항에 따른 열교환기 조립체를 사용하는 사용 방법으로서,

상기 일차 유체를 외부 인클로저 내의 일차 유체의 입구(4)로부터 열교환기(12)를 통과하여 일차 유체의 출구(6)로 순환시키는 단계; 및

상기 이차 유체를 외부 인클로저 내의 이차 유체의 입구(8)로부터 열교환기(12)를 통과하여 이차 유체의 출구(10)로 순환시키는 단계를 포함하는 사용 방법.

청구항 23

헬륨을 포함하는 일차 유체, 및 물을 포함하며 열교환기 조립체에서 기화되는 이차 유체 사이에 열교환을 실시하기 위해서, 제 1 항에 따른 열교환기 조립체를 사용하는 사용 방법으로서,

상기 일차 유체를 외부 인클로저 내의 일차 유체의 입구(4)로부터 열교환기(12)를 통과하여 일차 유체의 출구(6)로 순환시키는 단계; 및

상기 이차 유체를 외부 인클로저 내의 이차 유체의 입구(8)로부터 열교환기(12)를 통과하여 이차 유체의 출구(10)로 순환시키는 단계를 포함하는 사용 방법.

청구항 24

물을 포함하는 일차 유체 및 이차 유체 사이에 열교환을 실시하기 위해서, 상기 이차 유체가 열교환기 조립체에서 기화되는, 제 1 항에 따른 열교환기 조립체를 사용하는 사용 방법으로서,

상기 일차 유체를 외부 인클로저 내의 일차 유체의 입구(4)로부터 열교환기(12)를 통과하여 일차 유체의 출구(6)로 순환시키는 단계; 및

상기 이차 유체를 외부 인클로저 내의 이차 유체의 입구(8)로부터 열교환기(12)를 통과하여 이차 유체의 출구(10)로 순환시키는 단계를 포함하는 사용 방법.

청구항 25

제 22 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 일차 유체 및 이차 유체 중 하나는 원자로로부터 나오는 것을 특징으로 하는 사용방법.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 일반적으로 특히 고온 또는 초고온 원자로(HTR 또는 VHTR)용 열교환기에 관한 것이다.
- [0002] 더욱 구체적으로, 본 발명은 일차 유체와 이차 유체 사이의 열교환을 위한 열교환기 조립체에 관한 것으로, 이 열교환기 조립체는
- [0003] 일차 유체용의 적어도 하나의 입구 및 출구와 이차 유체용의 적어도 하나의 입구 및 출구를 구비하고 중심축을 제공하는 외부 인클로저(enclosure)와;
- [0004] 중심축을 따라 연장되고 일차 유체용의 입구 및 출구중 하나와 소통하는 중심 매니폴드와;
- [0005] 중심 매니폴드 주위에 배치되고 일차 유체용의 입구 및 출구중 다른 하나와 소통하는 환형 매니폴드와;
- [0006] 중심축 주위에 분포되고 중심 매니폴드 및 환형 매니폴드 사이에 반경방향으로 놓여진 복수의 열 교환기와;
- [0007] 이차 유체용의 입구와 소통하는 복수의 축방향 입구 매니폴드 및 이차 유체용의 출구와 소통하는 복수의 축방향 출구 매니폴드로서, 열교환기들 사이에 원주방향으로 놓여진 축방향 입구 및 출구 매니폴드를 포함하고,

[0008] 각 열교환기는 중심 매니폴드와 환형 매니폴드 사이의 일차 유체 유동을 위한 복수의 채널과, 적어도 하나의 입구 매니폴드로부터 적어도 하나의 출구 매니폴드를 향하는 이차 유체 유동을 위한 복수의 채널을 포함한다.

배경 기술

[0009] 이러한 유형의 조립체들은 각 축방향 입구 매니폴드용의 각 이차 유체 입구를 구비한 열교환기 조립체를 공개하고 있는 특허 문헌 JP-2004/144422호에 공지되어 있다. 이러한 조립체에서, 각 입구는 일반적으로 용접 파이프에 의해서 대응 축방향 입구 매니폴드에 연결된다. 동작시에, 파이프와 매니폴드 사이의 연결부는 높은 수준의 열기계적 응력에 영향을 받는다. 따라서, 조기 파괴될 가능성이 있다.

발명의 상세한 설명

[0010] 이러한 배경에서, 본 발명은 일반적인 동작 및 임의의 상황에서 상기 파괴 가능성을 크게 감소시킨 열교환기 조립체를 제안한다.

[0011] 이 목적을 위해서, 본 발명은 열교환기의 제 1 축방향 단부에 제공되고 이차 유체용의 입구(들)가 적어도 복수의 축방향 입구 매니폴드들과 소통하는 입구 챔버를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 유형의 조립체를 제공한다.

[0012] 조립체는 개별적으로 또는 임의의 기술적 가능한 조합을 고려한 하나 이상의 하기 특성을 제공할 수 있다:

[0013] 입구 챔버는 환형이고 중심 매니폴드를 둘러싼다;

[0014] 제 1 축방향 단부로부터 대향하는 열교환기의 제 2 축방향 단부에 제공되고 이차 유체용의 출구(들)를 적어도 복수의 축방향 출구 매니폴드와 소통하게 배치한 출구 챔버를 포함한다;

[0015] 중심 매니폴드를 제 2 단부로부터 축방향으로 연장하고 제거가능한 해치(hatch)에 의해서 이격된 검사 채널을 포함하고, 출구 챔버는 환형이고 검사 채널을 둘러싼다;

[0016] 적어도 열교환기, 입구 및 출구 챔버와, 축방향 입구 및 출구 매니폴드들이 인클로저로부터 단일 부재로 추출될 수 있는 기계식 하위조립체 내에 통합된다;

[0017] 인클로저는 수직 중심축을 가지며, 또한 인클로저는 하위 조립체가 내부에 배치되고 상부를 향해서 상기 하위 조립체를 추출하기 위한 개방부를 제공하는 용기와, 상기 용기의 개방부를 누설방지식으로 폐쇄하기 위한 제거가능한 폐쇄 헤드를 포함한다;

[0018] 용기는 중심축과 동축방향인 원통형 셸을 포함하고 그리고 그 내부에 형성된 이차 유체용의 입구 및 출구를 갖고, 입구 및 출구 챔버들이 상기 챔버들 안으로 후퇴할 수 있는 제거가능한 슬리브들에 의해서 이차 유체용의 입구 및 출구에 누설방지식으로 연결된다;

[0019] 슬리브들은 챔버들 내부로부터 분해하기에 적합하다;

[0020] 인클로저는 이차 유체용의 복수의 입구 및 이차 유체용의 복수의 출구를 구비하며, 상기 입구 및 출구들은 셸의 단일 원주방향의 절반부에서 합쳐진다;

[0021] 하위 조립체는 출구 챔버와 환형 매니폴드를 반경방향의 외향으로 형성하는, 중심축에 대해서 동축방향인 원통형 외부 인벨로프(envelop)를 포함한다;

[0022] 조립체는 일차 유체용의 입구 및 출구와 각각 소통하고 동축방향이며, 하위 조립체 밑에 배치된 바닥 입구 및 출구 매니폴드를 포함하고, 하위 조립체의 바닥이 원통형 인벨로프로부터 수렴하는 절두원추형 인벨로프에 의해서 형성되고, 상기 절두원추형 인벨로프는 중심 매니폴드를 둘러싸고 환형 매니폴드를 형성하기 위해서 함께 작용하고, 바닥 매니폴드는 단순히 상호 결합에 의해서 누설방지식으로 절두원추형 인벨로프의 바닥 자유 단부와 중심 매니폴드의 바닥 자유단부를 수용하기에 적합한 플랜지에 의해서 상향에서 종결된다;

[0023] 중심 매니폴드는 입구 챔버와 소통하고 제거가능한 해치에 의해서 폐쇄되는 검사 구멍을 제공하고, 검사 채널은 출구 챔버와 소통하는 개방부를 제공한다;

- [0024] 인클로저는 바닥 단부벽을 제공하고 조립체는 환형 채널로부터 또는 중심 채널로부터 오는 일차 유체를 흡입하기에 적합한 것으로서 일차 유체를 일차 유체용의 출구로 전달하는 바닥 단부벽에 고정된 원형 부재를 포함한다;
- [0025] 축방향 입구 및 출구 매니폴드, 중심 매니폴드 및 환형 매니폴드 모두는 작업자가 열교환기에 직접 조취를 취할 수 있도록 하기에 충분한 관통 섹션을 가진다;
- [0026] 일차 유체용의 입구 및 출구는 동축방향이다;
- [0027] 열교환기들은 중심축 주위의 원으로 규칙적으로 이격되어 배치되고, 각 축방향 매니폴드는 상기 매니폴드들이 두 열교환기들 사이로 연장되는 두 열교환기들에 용접된 각각의 내부 및 외부 원주방향 시트들에 의해서 내향 및 외향 모두에 형성된다;
- [0028] 환형 매니폴드는 열교환기에 의해서 그리고 외부 시트에 의해서 내향으로 형성된다;
- [0029] 중심 매니폴드는 열교환기들에 의해서 그리고 내부 시트에 의해서 형성된다;
- [0030] 각 열교환기는 축방향으로 적층된 복수의 열교환 모듈을 포함한다;
- [0031] 모듈들이 중심축에 수직으로 직사각형 섹션을 제공하고, 열교환기의 전체 축방향 높이에 걸쳐 가공되는 모서리 (coner)들을 제공하고, 열교환기는 가공 모서리들 내에 배치되고 모듈들이 그 위에 용접된 단조된 및/또는 가공된 금속 바아들을 추가로 포함한다; 및
- [0032] 각 바아는 모듈들에 대해서 그리고 인접 축방향 매니폴드를 향하여 원주방향으로 돌출하는 플랜지를 제공하고, 시트에 용접된 상기 축방향 매니폴드를 형성하는 내부 또는 외부 시트를 구비한다;
- [0033] 제 2 형태에서, 본 발명은 상기 특징을 제공하는 조립체의 사용법을 제공한다;
- [0034] 상기 조립체는
- [0035] 주로 헬륨으로 구성된 일차 유체, 및 주로 헬륨 및/또는 질소로 구성되는 이차 유체를 구비하고;
- [0036] 주로 헬륨으로 구성된 일차 유체, 및 주로 물로 구성되고 열교환기 조립체에서 기화되는 이차 유체를 구비하고;
- [0037] 이차 유체가 열교환기 조립체에서 기화되고, 주로 물로 구성되는 일차 유체 및 이차 유체를 구비하고;
- [0038] 원자로로부터 나오는 일차 유체 및 이차 유체중 하나를 구비한다.
- [0039] 본 발명의 다른 특징 및 장점들은 첨부된 도면을 참조하여 비제한 방식으로 기술된 하기 설명으로부터 명확해진다:

실시예

- [0053] 도 1 및 도 2에 도시된 조립체(1)는 일차 유체와 이차 유체 사이의 열교환을 위한 고온 또는 초고온 원자로 (HTR/VHTR)에서 사용하기 위한 것이다.
- [0054] 일차 유체는 원자로의 일차 유체이고 폐쇄 루프를 통해서 유동한다. 또한, 일차 유체는 원자로(도시생략)의 코어를 통과하고, 그 다음 조립체(1) 및 최종으로 코어의 입구로 복귀한다. 일차 유체는 원자로의 코어에서 가열되어서, 예를 들어 약 850℃의 온도에 이른다. 조립체(1) 내부에서, 일차 유체는 그 열의 일부를 이차 유체로 전달하고, 조립체(1)를 예를 들어, 약 450℃의 온도로 되게 한다. 일차 유체는 통상적으로 실질적인 순수 가스성 헬륨이다.
- [0055] 이차 유체는 원자로의 이차 유체이고 폐쇄 루프를 통과하여 유동한다. 이차 유체는 조립체(1)를 통과하고 그 다음 가스 터빈을 통과하여 전기 발생기를 구동하고 조립체(1)의 입구로 복귀한다. 이차 유체는, 예를 들어, 약 450℃의 온도에서 조립체(1) 안으로 들어가서, 예를 들어, 약 850℃의 온도가 되게 한다. 이차 유체는 주로 헬륨 및 질소로 구성된 가스이다.
- [0056] 조립체(1)는
- [0057] 실질적으로 수직한 중심축(1)을 제공하며, 일차 유체용의 입구(4) 및 출구(6), 이차 유체용의 4개의 입구(8) 및 출구(10)를 구비하는 외부 인클로저(2)와;

- [0058] 그 안에서 일차 유체와 이차 유체 사이에서 열교환이 이루어지는 인클로저(2) 내부에 배치된 8개의 열교환기(12)와;
- [0059] 인클로저(2) 내부에서 일차 유체 유동 매니폴드(14,16)와;
- [0060] 인클로저(2) 내부에서 이차 유체 유동 매니폴드(18,20)와;
- [0061] 매니폴드들(18) 사이에서 이차 유체를 분배하는 입구 챔버(22) 및 매니폴드들(20)로부터 출구에서 이차 유체를 수집하는 출구 챔버(24)와;
- [0062] 먼저 매니폴드들(14,16) 사이와 다음에 일차 유체용 입구(4) 및 출구(6) 사이에서 일차 유체를 운반하는 바닥 내부 설비(26)와;
- [0063] 인클로저(2)에 고정된 일차 유체 순환기(28)를 포함한다.
- [0064] 인클로저(2)는 용기 내부에 열교환기들(12) 및 매니폴드들(14,16,18,20)이 배치되는 용기(30)를 포함하고, 상기 용기(30)는 상부를 향하는 용기(30)의 개방부(32)와 개방부(32)를 누설방지식으로 폐쇄하기 위한 제거가능한 폐쇄 헤드(34)를 포함한다.
- [0065] 용기(30)는 축(X)와 동축방향인 원통형 상부 셸(36), 상부 셸(36) 밑에 배치되고 상부 셸(36)보다 약간 작은 직경의 원통형 바닥 셸(38)과, 상기 셸들(36,38) 사이에 놓여진 절두원추형 셸(40), 및 셸(38)의 바닥을 폐쇄하는 등근 바닥부(42)를 포함한다.
- [0066] 셸(36)의 상부 자유 에지는 개방부(32)를 둘러싸고 플랜지(44)를 형성한다.
- [0067] 폐쇄 헤드(34)는 상향으로 돔형상이고, 용기(30)의 플랜지(44)에 보완적인 플랜지(46)를 형성하는 자유 에지를 제공한다. 축(X)을 수용하는 평면에서, 폐쇄 헤드(34)는 타원의 일부를 실질적으로 구성하는 섹션의 상부벽을 제공한다.
- [0068] 도 11에 도시된 바와 같이, 폐쇄 헤드(34)는 플랜지(44)에 형성된 꼭지형 오리피스(tapped orifice;54) 안으로 나사결합되고 플랜지(46)에 형성된 구멍(52)에 결합된 8개의 타이로드(tierod;50)의 도움으로 용기(30) 상에 굳게 결합된다. 플랜지(46)는 상표 "Helicoflex"로 판매된 유형의 누설방지 금속 가스켓(55)을 유지하여, 폐쇄 헤드(34)와 용기(30)가 함께 고정될 때, 폐쇄 헤드(34)와 용기(30) 사이를 밀봉한다.
- [0069] 이차 유체 입구들(8)은 그 공통 원주면 상의 셸(36)의 바닥에 제공된다. 그 입구들중 4개는 모두 도 4에 도시된 바와 같이, 셸(36)의 절반에 배치되며, 이들 입구들은 원형이고 서로로부터 42도로 배치된 축을 제공한다.
- [0070] 이차 유체 출구들(10)은 셸(36)의 상부에 형성되고 상기 셸의 공통 원주면 상에 놓인다(도 3). 상기 출구들은 입구들(8)인 셸(36)의 동일 절반부에 위치한다. 입구들과 같이, 상기 출구들(10)은 원형이고 그 축들은 42도로 이격된다.
- [0071] 바닥 셸(38)은 단일 탭핑점(tapping point)을 가지며, 이 단일 탭핑점을 통해서 일차 유체 입구(4) 및 출구(6)가 제공된다. 입구(4) 및 출구(6)는 도 2에 도시된 바와 같이, 동축방향이고, 출구(6)는 입구(4)를 둘러싼다.
- [0072] 등근 바닥부(42)는 아래로 볼록하고, 순환부(28)가 고정되고 축(X)에서 중심맞추어진 등근 중심 개방부를 제공한다.
- [0073] 도 5에 도시된 바와 같이, 8개의 열교환기(12)는 축(X) 주위의 원에 배치되고 그 주위로 규칙적으로 분포된다.
- [0074] 열교환기(12)는 플레이트형의 열교환기들이다. 각 열교환기(12)는 8개의 상호 동일한 모듈(56)의 수직 적층부를 포함한다.
- [0075] 도 7에 도시된 바와 같이, 각 모듈(56)은 직사각형 평행육면체의 형태이다. 각 모듈(56)은 일차 유체용의 입구 슬롯(60) 및 출구 슬롯(62)과 그 내부에 가공된 이차 유체용의 입구 슬롯(64) 및 출구 슬롯(66)을 구비한 외부 인벨로프(58)와; 축방향 적층부의 인벨로프(58) 내부에 배치된 복수의 플레이트(67)를 포함한다.
- [0076] 슬롯들(60,62)은 조립체(1)의 내부 및 외부로 향하여 각각 대면하는, 인벨로프(58)의 두 대향면에 배치된다. 슬롯들(64,66)은 인벨로프(58)(도 6a 내지 6c)의 두 개의 반경방향의 대향면에 형성된다.
- [0077] 적층된 플레이트들(67)은 이 플레이트들 사이에서 슬롯(60)에서 슬롯(62)으로 반경방향으로 연장되는 복수의 일차 유체 유동 채널을 형성한다.

- [0078] 플레이트들(67)은 서로들 사이에서 슬롯(64)에서 슬롯(66)으로 실질적으로 원주방향으로 연장되는 복수의 이차 유체 유동 채널들을 형성한다. 슬롯(64)은 슬롯(66)으로부터 반경방향으로 오프셋되므로, 이차 유체는 도 6b에 도시된 바와 같이, 모듈(56)을 통해서 Z형 경로를 따른다는 것을 주목해야 한다.
- [0079] 일차 유체 유동 채널 및 이차 유체 유동 채널은 유체들 사이의 열교환 효율을 개선하기 위하여 모듈(56) 내에 교대로 중첩된다.
- [0080] 일차 유체용의 반경방향 유동 채널들은 모듈(56)의 두 반경방향 면을 따라 개방되지 않으므로, 이차 유체는 슬롯들(64,66)을 경유하여 상기 채널들 안으로 침투할 수 없다. 유사하게, 이차 유체용의 실질적인 원주방향 유동 채널들은 모듈(56)의 내면 및 외면을 따라 개방되지 않으므로, 일차 유체는 슬롯들(60,62)을 경유하여 상기 채널들 안으로 침투할 수 없다.
- [0081] 도 7에 도시된 바와 같이, 직사각형 모듈(56)은 열교환기(12)의 전체 축방향 높이를 따라 가공된 모서리를 제공한다. 열교환기(12)는 모듈(56)의 가공 모서리에 배치된 단조가공 및/또는 기계가공된 금속 바아들(68)을 가진다. 상기 바아들(68)은 열교환기(12)의 전체 축방향 높이에 대해서 연장된다. 모듈들(56)은 각 인벨로프(58)를 통해서 서로 용접되고 또한 금속 바아들(68)에 용접된다.
- [0082] 각 바아(68)는 모듈(56)의 가공 부분에 배치된 축(X)에 수직하는 직사각형 섹션의 주요 부분(70)과, 모듈(56)에 대해서 원주방향으로 돌출하는 플랜지(72)를 모두 구비한다.
- [0083] 주요 부분(70)은 도 7, 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 두 축방향 용접라인(74,76)을 따라 대응 모듈(56)에 용접된다. 라인(74)은 모듈들(56)의 반경방향 면들을 따라 연장되고, 라인(76)은 모듈들(56)의 외면들을 따라 또는 내면들을 따라 연장된다.
- [0084] 빈 축방향 채널들(78)은 용접 라인들(74, 76) 뒤에서 그 전체 길이를 따라 모듈들(56) 안에서 그리고 바아들(68)에 기계가공된다는 것을 주목해야 한다. 상기 빈 채널들(78)을 제공하면, 용접부들(74,76)의 품질이 초음파에 의해서 입증될 수 있게 한다.
- [0085] 플랜지들(72)은 바아들(68)의 응력을 감소시키는 방식으로 결정된 소정 곡률 반경(R)을 갖는 모듈들(56)의 반경방향 면들에 연결된다.
- [0086] 모듈들(56)은 용접 라인들(79)을 따라 서로 용접된다. 상기 용접 라인들(79)은 그 상부 및 바닥에서 모듈들(56)의 내부 및 외부 반경방향 면들을 형성하는 에지들을 추종한다.
- [0087] 조립체(1)는 입구 챔버(22)를 통해서 이차 유체 입구(8)와 소통하는 4개의 축방향 입구 매니폴드(18)와, 출구 챔버(24)를 통해서 이차 유체 출구(10)와 소통하는 4개의 축방향 출구 채널(20)을 가진다.
- [0088] 매니폴드들(18,20)은 도 5에 도시된 바와 같이, 열교환기들(12) 사이에 원주방향으로 삽입된다. 축방향 입구 및 출구 매니폴드들(18,20)은 중심축(X) 주위에서 교대로 분포되므로, 중심축(X) 주위에는, 열교환기(12); 축방향 입구 매니폴드(18); 열교환기(12); 축방향 출구 매니폴드(20); 열교환기(12); 축방향 입구 매니폴드(18) 등이 연속적으로 있다.
- [0089] 각 축방향 매니폴드(18,20)는 각 원주방향 시트(80,82)에 의해서 내부 및 외부를 향하여 형성되고, 상기 매니폴드가 그 사이로 연장되는 열교환기(12)의 반경방향 면들에 의해서 축부를 향하여 형성되는, 링의 섹터 형태인 축(X)에 수직인 섹션을 제공한다.
- [0090] 주어진 축방향 매니폴드(18 또는 20)의 내부 및 외부 시트들(80,92)은 매니폴드에 인접한 두 열교환기(12)의 바아들(68)의 플랜지들(72) 상에서 에지끼리 용접된다. 플랜지들(72)의 형태들은 상기 플랜지들이 내부 또는 외부 시트(80 또는 82)와 연속되게 놓여지도록 결정된다.
- [0091] 모듈들(56)은 입구 윈도우(64)가 축방향 입구 채널(18) 안으로 개방되고 출구 윈도우(66)가 축방향 출구 채널(20) 안으로 개방되는 방식으로 배향된다.
- [0092] 조립체(1)는 축(X)을 따라 연장되고 일차 유체 입구(4)와 소통하는 중심 매니폴드(14)와, 일차 유체 출구(6)와 소통하는 환형 채널(16)을 포함한다.
- [0093] 중심 매니폴드(14)는 열교환기들(12) 내부에 반경방향으로 연장되고 그리고 모듈들(56)의 바닥면들에 의해서 그리고 내부 시트들(80)에 의해서 형성되고, 실질적으로 원형인 축(X)에 수직하는 섹션을 제공한다. 윈도우들(60)은 중심 매니폴드(14) 안으로 개방된다.

- [0094] 환형 매니폴드(16)는 그 반경방향 외측에서 열교환기들(12) 주위로 연장되고 모듈들(56)의 외면들과 외부 시트들(82)에 의해서 내향으로 형성된다. 윈도우들(62)은 환형 매니폴드(16) 안으로 개방된다.
- [0095] 이차 유체용의 입구 및 출구 챔버들(22,24)은 열교환기들(12) 밑에 그리고 열교환기들(12)에 걸쳐서 각각 배치된다(도 1 및 도 2 참조).
- [0096] 중심 매니폴드(14)는 열교환기들(12) 밑에 배치된 중간 원통형 세그먼트(84)의 형태로 축방향 하향으로 연장된다. 유사하게, 환형 매니폴드(16)는 중간 원통형 세그먼트(84)를 둘러싸는 중간 환형 세그먼트(86)의 형태로 축방향 하향으로 연장된다.
- [0097] 입구 챔버(22)는 환형이고 이차 유체 입구(8)와 축방향 수준으로 위치되며, 중간 원통형 세그먼트(84)를 둘러싸고 중간 환형 세그먼트(86) 내부에서 반경방향으로 연장된다. 입구 챔버(22)는 원통형 벽(85)에 의해서 반경방향 외부에 형성된다.
- [0098] 또한, 조립체(1)는 매니폴드(14)를 열교환기(12)를 지나서 축방향 상향으로 연장하는 검사 채널(88)을 포함한다. 이 검사 채널(88)은 제거가능한 해치(90)에 의해서 중심 매니폴드(14)로부터 고립된다. 또한, 검사 채널은 다른 제거가능한 해치(92)에 의해서 위에서 폐쇄된다.
- [0099] 출구 챔버(24)도 역시 환형이고 검사 채널(88)을 둘러싼다.
- [0100] 축방향 입구 채널(18)은 하향으로 개방되고 입구 챔버(22)와 소통하며 상향으로 폐쇄되고 출구 챔버(24)로부터 고립된다. 반대로, 축방향 출구 채널(20)은 하향으로 폐쇄되고 입구 챔버(22)로부터 고립되며 상향으로 개방되고 출구 챔버(24)와 소통한다.
- [0101] 환형 매니폴드(16)는 상향으로 폐쇄되고 출구 챔버(24)와 소통하지 않는다.
- [0102] 본 발명의 다른 중요한 형태에 따라서, 열교환기(12), 입구 및 출구 챔버(22,24), 매니폴드들(14,16,18,20)은 인클로져(2)로부터 단일 부재로 추출될 수 있는 기계식 하위조립체(94)에 통합된다. 이 하위조립체는 도 9에 도시된다.
- [0103] 하위조립체(94)는 축(X) 주위에서 일반적으로 원통형이다.
- [0104] 하위조립체(94)는 평면 원형 플레이트(96)에 의해서 상향으로, 원통형 인벨로프(98)에 의해서 반경방향 외향으로 그리고 원통형 인벨로프(98)를 하향으로 연장시키고 그로부터 수렴하는 절두원추형 인벨로프(100)에 의해서 하향으로 형성된다. 상부 플레이트(96)는 출구 챔버(24)의 상부를 형성한다(도 1 및 도 2). 검사 채널(88)은 상향으로 연장되고 하위조립체(94)를 고정하기 위하여 버섯형 부분(102)을 형성하는 플레이트(96) 위에서 돌출한다. 해치(92)는 상부 플레이트(96)와 동일 수준으로 배치된다.
- [0105] 하위조립체(94)는 인벨로프(98)에 대해서 반경방향의 외측으로 돌출하고 상부 플레이트(96)를 둘러싸는 결합링(104)을 포함한다(도 9 참조). 하측에서, 상기 링(96)은 베어링면(106)을 형성한다. 반경방향의 내부에서, 플랜지(94)는 상보적 베어링면(108)을 가지며, 하위조립체(94)가 용기(30) 내부에 배치될 때, 베어링면(106)이 상기 상보적 베어링면(108)에 대해서 지탱된다.
- [0106] 하위조립체(94)는 버섯형 부분(102)으로부터 링(104)을 향하여 반경방향으로 연장되는 4개의 스틱프너(stiffener;108)를 가진다.
- [0107] 외부 인벨로프(98)는 외부 챔버(24)와 환형 매니폴드(16) 및 특히 상기 매니폴드의 중간 세그먼트(86)를 향하여 반경방향으로 형성된다. 외부 인벨로프는 하위조립체(94)가 인클로져(2)에 배치될 때, 이차 유체 출구(10) 및 이차 유체 입구(8)와 각각 정합하여 배치된 하부의 4개 원형 구멍(112)에 의해서 그리고 상부의 4개 원형 구멍(110)에 의해서 관통된다.
- [0108] 하위조립체(94)는 중심 및 환형 매니폴드(14,16)의 각 세그먼트(84,86) 사이로 연장되고 그리고 입구 챔버(22)의 바닥을 형성하는 환형 수평 플로어(floor;114)(도 1 및 도 2)를 가진다.
- [0109] 또한, 중심 매니폴드(14)는 축(X)의 바닥 원통형 세그먼트(116) 형태로 세그먼트(84) 밑으로 연장되고 자유 에지(118)(도 2)에 의해서 아래에서 종결된다.
- [0110] 절두원추형 인벨로프(100)는 바닥 세그먼트(116)를 둘러싸고 축(X)의 원통형 립(120)에 의해서 아래에서 종결된다. 환형 매니폴드(16)의 환형 세그먼트(86)는 바닥 세그먼트(116)와 절두원추형 인벨로프 사이에서 하향으로 개방된다.

- [0111] 도 1에 도시된 바와 같이, 하위조립체(94)는 바닥 세그먼트(116) 주위에 배치되고 일차 유체가 관통하여 유동할 수 있게 천공된 스티프너 셸(122)을 포함한다. 상기 바닥 셸(122)은 플로어(114)의 상부에 용접되고 절두원추형 셸(100)의 바닥에 용접된다. 반경방향 스티프너(124)는 플로어(114), 절두원추형 셸(100) 및 바닥 셸(122)에 동시에 용접되어서 그 바닥부분에서 하위조립체(94)의 강성도를 증가시킨다.
- [0112] 외부 원통형 셸(126)(도 12)은 절두원추형 인벨로프(100) 밑에 용접되고, 용기(30)의 절두원추형 셸(40)에 근접하게 연장된다. 상기 외부 셸은 절두원추형 인벨로프(100) 및 외부 셸(126) 모두에 용접된 6개의 반경방향 스티프너(128)에 의해서 보강된다. 그들 사이에, 상기 스티프너(128)는 용기(30)의 셸(40)에 형성된 축방향 홈(132)과 공동 작용하는 도 12에 도시된 3개의 키(key;130)를 유지한다. 키(130) 및 홈(132)은 축(X) 주위에서 서로로부터 120도에 배치되고 하위조립체(94)가 축(X) 주위로 회전할 때, 인덱스(index)될 수 있게 한다.
- [0113] 출구 챔버(24)는 도 10a에 도시된 외부 및 내부 슬리브(140,142)를 통해서 이차 유체 출구(10)에 누설방지식으로 연결된다. 외부 슬리브(140)는 출구(10)에 용접된 환형 부분(144) 상으로 나사결합된다. 출구 챔버는 관형(tubular)이고 외부 인벨로프(98)의 구멍(110)에 결합되도록, 출구(10)에서 내부를 향하여 연장된다. 고정자 나사들(146)은 출구 챔버(24) 내부로부터 접근가능하다.
- [0114] 구멍(110)은 인벨로프(98)로부터 출구 챔버(24)의 내부를 향하여 돌출하는 에지(148)에 의해서 둘러싸인다. 내부 슬리브(142)는 관형이고 외부 슬리브(140)와 돌출 에지(148) 사이에 놓이고, 나사들(150)에 의해서 돌출 에지(148)의 자유 단부에 고정된다.
- [0115] 상표명 "Helicoflex"으로 판매되는 공지된 유형의 고밀도 누설방지 금속 가스켓은 외부 슬리브(140) 및 링형 부분(144) 사이에 먼저 놓이고 다음 내부 슬리브(142)와 돌출 에지(148) 사이에 놓인다.
- [0116] 또한, 관형 벨로우즈(bellows;154)는 슬리브들(140,142)을 누설방지식으로 상호연결한다. 슬리브들(140, 142)은 벨로우즈(144)에 의해서 밀봉상태를 유지하면서, 축(X)에 대해서 반경방향으로 서로에 대해 자유롭게 슬라이드된다.
- [0117] 단열 블록(block of lagging;156)은 출구 챔버(24)로부터 출구(10)를 향하여 흐르는 이차 유체로부터 벨로우즈(154) 및 나사들(146)을 단열시킨다.
- [0118] 입구 챔버(22)는 상술한 외부 및 내부 슬리브(140,142)와 유사한 외부 및 내부 슬리브(158,160)에 의해서 입구(8)에 누설방지식으로 연결된다. 그럼에도 불구하고, 본 실시예에서, 돌출 에지(148)는 외부 인벨로프(98)에서 원통형 벽(85)을 지나서 입구 챔버(22)의 내부로 연장된다는 것을 주목해야 한다. 돌출 에지(148)는 입구 챔버(22)에서 매니폴드(16)의 환형 중간 세그먼트(86)를 통해서 외부 인벨로프(98)까지의 누설방지 통로를 제공하는 작용을 한다. 또한, 외부 및 내부 슬리브(158,160)와 벨로우즈(154)는 조립체(10)의 입구에서 주어진 제 2 가스의 적당한 온도에서 단열되지 않는다는 것을 주목해야 한다.
- [0119] 검사 채널(88)은 출구 챔버(24)를 분리하기 위한 시스템에 접근할 수 있게 하는 큰 개방부(163)를 가진다. 매니폴드(14)의 중간 세그먼트(84)는 입구 챔버(22)(도 2)와 소통하는 검사 구멍(164)을 가진다. 상기 검사 구멍(164)은 제거가능한 해치에 의해서 누설방지식으로 폐쇄된다. 검사 구멍(도시생략)은 축방향 출구 채널(20)중 하나로부터 환형 채널(16)에 접근할 수 있게 하는 제거가능한 해치를 구비한다.
- [0120] 바닥 내부 설비(26)는 일차 유체 입구(4) 및 출구(6)와 각각 소통하고 축(X) 주위로 동축방향인 바닥 입구 및 출구 매니폴드(170,172)를 포함한다. 바닥 출구 매니폴드(172)는 바닥 입구 매니폴드(170)를 둘러싼다. 바닥 입구 매니폴드(172)는 바닥 출구 매니폴드(172)를 통과하는 반경방향 파이프 구조체(174)에 의해서 입구(4)에 연결된다. 매니폴드(172)는 파이프 구조체(174) 주위에서 누설방지식으로 용접된다.
- [0121] 바닥 입구 및 출구 매니폴드(170,172)는 중심 매니폴드(14)의 자유 에지(118)와 절두원추형 인벨로프(100)의 에지(120)를 단순히 상호 결합에 의해서 누설방지식으로 수용하기에 적합한 플랜지들(176)에 의해서 위에서 종결된다. 내부를 향하여, 플랜지들(176)은 자유 에지(118)와 림(120)을 안내하도록 작용하는 절두원추형 베어링면들을 제공한다. 또한, 에지 및 림은 플랜지(176)의 내면과 누설방지식으로 접촉하는 외부 금속 가스켓들을 갖는다.
- [0122] 바닥 출구 매니폴드(172)는 축(X)에 수직으로 연장되는 바닥벽(178)에 의해서 하향으로 폐쇄된다. 바닥 입구 매니폴드(170)는 바닥벽(178)까지 연장되는 축(X) 주위의 원통형 셸(180)과, 파이프 구조체(174)와 바닥벽(1178) 사이의 중간 수준에서 셸(180)을 폐쇄하고 축(X)에 수직하는 바닥벽(182)을 포함한다.
- [0123] 바닥벽(178)은 원형(28)의 흡입측을 수용하는 중심 개방부(184)에 의해서 관통된다. 셸(180)은 바닥벽(182) 밑

에 관통 개방부들(186)을 제공하며, 따라서 일차 유체가 바닥 출구 매니폴드(172)로부터 개방부들(186)을 통해서 바닥벽들(178,182) 사이로 연장되는 체적 안으로 통과하고 그 다음 순환기(28)의 흡입측까지 도달할 수 있게 하는 경로를 생성한다.

- [0124] 또한, 바닥 내부 설비(26)는 큰 베이스가 용기(30)의 바닥 셸(38)에 용접되고 작은 베이스가 바닥 출구 매니폴드(172) 주위에 용접되는 상태에서, 상향으로 수렴하는 다른 절두원추형 셸(188)을 포함한다. 절두원추형 셸(188)은 관통 개방부들(190)을 구비한다. 상기 개방부들은 바닥 입구 및 출구 매니폴드(170,172) 밑에 위치한 체적을 상기 바닥 매니폴드들 주위에 위치한 체적과 연통하게 배치한다.
- [0125] 일차 유체 출구(6)는 바닥 매니폴드(170,172) 주위에 위치한 체적 안으로 직접 개방된다.
- [0126] 순환기(28)는 일차 유체를 반경방향 개방부들을 통해서 둥근 바닥벽(42)에 전달하고, 일차 유체는 그로부터 관통 개방부들(190)을 통해서 그리고 출구(6)를 경유하여 상향으로 유동하기에 적합하다.
- [0127] 최종으로, 용기(30)는 바닥 셸(38)과 일체화되어 용접된 3개의 지지 블록(194)을 포함한다. 블록들(194)은 축(X) 주위에서 서로에 대해서 120도로 배치된다. 도 13에 도시된 바와 같이, 조립체(1)는 블록들(194)을 통해서 콘크리트 기초부(196) 상에 안착되며, 상기 콘크리트 기초부는 조립체(1)가 배치되는 셸(197)의 벽들로부터 돌출한다.
- [0128] 셸의 벽들과 용기(30)의 상부 셸(36) 사이에 놓여진 지지대들(198)은 조립체(1)를 수직 위치에서 안정시키도록 작용한다.
- [0129] 조립체의 가장 뜨거운 부분들은 Al₂O₃ 섬유 또는 탄소 섬유를 함유하는 블록들에 의해서 단열된다. 상기 부분들은 정상 동작에서 800℃ 정도 또는 그 이상의 온도에서 작동한다. 상기 부분들은 파이프 구조체(176), 바닥 입구 매니폴드(170), 중간 및 바닥 세그먼트(84,116)를 포함하는 중심 매니폴드(14), 축방향 출구 매니폴드들(20), 출구 챔버(24), 및 상기 출구 챔버(24)를 이차 유체 출구들(10)에 연결하는 슬리브들(140,142)을 포함한다.
- [0130] 인클로져(2)는 약 27m의 전체 높이와, 약 7m의 직경을 나타낸다. 원통형 인벨로프(98)는 약 6300mm의 직경을 나타낸다.
- [0131] 각 열교환기(12)는 약 4800mm의 축방향 높이와, 약 1300mm의 반경방향 깊이와, 약 560mm의 원주방향 폭을 나타낸다. 각 모듈(56)은 약 600mm의 높이를 나타낸다.
- [0132] 중심 매니폴드(14)의 직경은 약 2800mm이다. 이 직경은, 축방향 매니폴드들(18,20)을 형성하는 내부 시트들(80)이 열교환기(12)가 축(X)에 수직인 평면에서 가하는 변형을 수용하기에 충분한 원주방향의 각 전개 길이와 가요성을 제공하는 방식으로 결정된다.
- [0133] 환형 매니폴드(16)의 반경방향 깊이는 약 500mm이고, 작업자가 열교환기(12)의 외면 상을 검사하고 및/또는 수리하기 위하여 환형 매니폴드(16) 내부를 통과할 수 있게 하는 방식으로 결정된다.
- [0134] 이차 유체 입구들(8)은 적어도 850mm의 직경을 나타내고, 이차 유체 출구들(10)은 적어도 1m의 직경을 나타낸다.
- [0135] 조립체(1)는, 예를 들어, 약 50 바아의 일차 유체 압력, 약 초당 200 kg의 일차 유체 유동 속도(kg/s), 약 600kg/s의 이차 유체 유동 속도 및 정상 동작에서 약 5 바아의 일차 유체와 이차 유체 사이의 압력차에 대해서 크기설정된다.
- [0136] 조립체(1)를 통과하는 일차 유체 및 이차 유체의 유동 경로에 대한 설명은 하기에 기술된다(도 1 참조).
- [0137] 일차 유체는 입구(4)를 통해서 조립체(1) 안으로 들어가고, 파이프 구조체(174), 바닥 입구 매니폴드(170) 안으로 통과하고 그 다음 중심 매니폴드(14) 안으로 통과한다. 일차 유체는 중심 매니폴드(14)에서 중심 매니폴드 주위에 분포된 여러 열교환기들(12)로 전달되어서, 열의 일부를 이차 유체에 전달하면서 열교환기들을 통해서 환형 매니폴드(16)로 반경방향으로 통과한다. 일차 유체는 그때 환형 매니폴드(16)와 그 바닥부(86)를 따라서 하향으로 유동하고, 천공 셸(122)의 개방부들을 통과하여 중심 매니폴드(14)의 바닥 세그먼트(116) 주위를 유동하고, 그 다음 바닥 매니폴드(170)와 바닥 매니폴드(172) 사이를 유동한다.
- [0138] 그 후에, 일차 유체는 셸(180)의 개방부들(186)을 통과하고 순환기(28) 안으로 흡입되어서 용기(30)의 바닥 안으로 반경방향으로 전달된다. 그 후에, 일차 유체는 절두원추형 셸(188)의 개방부들(190)을 통과하고 입구(4)

에 형성된 출구(6)를 경유하여 조립체(1)를 떠난다.

- [0139] 이차 유체는 입구들(8)을 통해서 조립체(1) 안으로 들어가고, 슬리브들(158,160)을 통해서 입구 챔버(22)로 유동하며 그 다음 입구 챔버(22)로부터 여러 축방향 입구 매니폴드들(18) 안으로 분배된다. 이차 유체는 열교환기들(12)을 원주방향으로 통과하고 축방향 출구 매니폴드들(20) 내에 수집된다. 이차 유체는 매니폴드들(20)을 따라서 출구 챔버(24)에 축방향으로 이동하고 출구 챔버(24)에서 여러 출구들(10)로 분배된다.
- [0140] 조립체(1)를 유지관리하는 절차는 하기에 기술된다.
- [0141] 열교환기들(12)에 수행되는 작은 조치, 즉 일차 유체 또는 이차 유체용의 유동 채널이 막히는(plugging) 경우, 열교환기들이 인클로저(2) 내부에 위치하는 상태에서 작업자가 열교환기들(12)에 직접 조치를 취할 수 있다.
- [0142] 이 목적을 위해서, 폐쇄 헤드(34)는 외부 인클로저(2)로부터 초기에 제거된다. 그 후에, 작업자는 해치(92)를 개방하고 검사 채널(88) 안으로 이동한다. 만약, 축방향 출구 채널(20)을 향하여 대면하는 열교환기(12)의 면을 수리하는 경우에, 작업자는 개방부(163)를 통과하고(도 2) 출구 챔버(24) 안으로 침투하고 그 다음, 챔버(24)로부터 적당한 축방향 출구 매니폴드 내부로 간다.
- [0143] 열교환기(12)의 외면을 수리하는 경우에는, 작업자는 챔버(24)로부터 검사 구멍을 제공하는 출구 채널(20)을 경유하여 환형 매니폴드(16) 안으로 침투하고 매니폴드(16)로부터 수리작업을 수행한다.
- [0144] 열교환기(12)의 내면 상에 조치를 취하는 경우에는, 작업자는 해치(90)를 개방하고 검사 채널(88)에서 중심 매니폴드(14)로 간다. 중심 매니폴드(14)로부터 수리작업이 수행된다.
- [0145] 축방향 입구 매니폴드(18)를 향하여 대면하는 열교환기(12)의 측부 상에 조치를 취하는 경우에는, 작업자는 중심 매니폴드(14)를 따라서 중간 세그먼트(84)로 이동하고, 해치(164)를 개방하여서, 입구 챔버(22) 안으로 침투하고, 챔버(22)에서 적당한 축방향 입구 매니폴드(18) 내부로 이동한다.
- [0146] 열교환기들(12)에 주요 수리작업을 수행하는 경우 즉, 모듈(56)을 교체하는 경우, 그 때, 용기(30)에서 하위조립체(94)를 초기에 제거하는 것이 필요하다. 이 목적을 위해서, 유지관리 셀(200)(도 13)이 조립체(1)가 위치한 셀(197) 위에 제공된다. 상기 두 셀들은 조립체(1) 위로 연장되는 격리용 해치(203)에 의해 폐쇄되는 개방부(202)를 통해서 소통한다.
- [0147] 초기에, 밀봉 링(204)은 조립체(1)의 상부 주위에 배치된다. 가스켓들은 용기(30)의 플랜지(44)와 링(204) 사이를 먼저 밀봉하고 다음 해치(202)의 주변 예지와 링(204) 사이를 밀봉한다. 비닐 삭(vinyl sock;206)은 밀봉 링(204) 위에 배치되고 셀(200)의 교량 크레인(201)의 리프팅 빔에 매달려있다.
- [0148] 폐쇄 헤드(34)는 크레인(201)을 사용하여 인클로저(2)에서 초기에 제거된다. 그 후에, 인클로저(2)는 폐쇄 헤드를 제거하는 동안 해치(203)를 제 위치에 배치함으로써 유지관리 셀(200)로부터 격리된다. 비닐 삭(206)이 제 위치에 배치되고 해치(203)가 개방된 이후에, 작업자는 해치(92) 및 개방부(163)를 통해서 출구 챔버(24) 안으로 침투한다. 작업자들은 슬리브들(140,142)을 보호하는 단열 블록들(blocks of lagging;156)을 제거하고 그 다음 적당한 공구를 사용하여 나사들(146,150)을 원상태로 돌려놓는다. 일단, 슬리브들(140,142)이 해제되면, 작업자는 슬리브들을 (적당한 공구를 사용하여) 출구 챔버(24)의 내부로 밀어낸다. 작업자들은 모두 4개의 이차 유체 출구들(10)에 대해서 상기 방식으로 진행한다.
- [0149] 그 후에, 작업자들은 해치들(90,164)을 경유하여 입구 챔버(22) 안으로 침투하고, 이차 유체 입구들을 입구 챔버(22)에 연결하는 슬리브들(158,160)을 해제하고 특수 공구를 사용하여 슬리브들을 챔버 내부 안으로 밀어낸다.
- [0150] 작업자들은 그때 조립체를 떠난다.
- [0151] 크레인(201)의 빔은 그때 하위조립체(94)의 머쉬룸(mushroom;102)에 결합된다. 하위조립체(94)는 그 다음 크레인(201)의 빔을 상승시킴으로써 들어올려지고, 그에 의해서 하위조립체를 용기(30)에서 추출하며 해치(202)를 통해서 셀(200) 안으로 들어올려진다. 하위조립체는 해치(202)를 재폐쇄함으로써 인클로저(1)로부터 격리된 상태에서 비닐 삭(206) 내부에 위치된다. 크레인은 그때 유지관리 셀(200) 내부에 이동하여서 하위조립체(94)를 적당한 수용 공구(stool) 상에 놓는다. 주요 유지관리 동작이 그때 셀(200)에서 수행된다.
- [0152] 하위조립체(94)는 정확하게 상술한 절차의 반대로 용기(30) 내부에 적소에 배치된다.
- [0153] 하위조립체(94)는 인텍스 키어들(130)을 적당한 홈들(132)과 결합시키기 위해, 뒤로 물러나는 동안에 축(X) 주

위에서 선회하며 안내될 필요가 있다.

- [0154] 일단, 플랜지(104)의 베어링면(106)이 용기(30)의 보완적인 베어링면(108) 상에 지탱되면, 크레인(201)의 빔은 그립(grip) 머쉬룸(102)에서 분리된다.
- [0155] 유지관리 셀(200)은 복수의 조립체(1)에 공통될 수 있고, 동일 원자로에 모두 작용하거나 또는 복수의 다른 원자로에 작용할 수 있다.
- [0156] 상술한 조립체는 여러 장점을 제공한다.
- [0157] 축방향 매니폴드들(18,20)은 입구 및 출구 챔버(22,24) 안으로 개방되고 이차 유체 입구 및 출구(8,10)에 직접 기계적으로 연결되지 않는다. 이러한 구성은 열교환기 하위조립체(94)에 속한 챔버들(22,24)과, 용기에 결합된 입구 및 출구(8,10) 사이에 팽창 차이의 관점에서 양호하며, 상기 연결부에서의 열기계적인 응력을 상당히 제한한다.
- [0158] 열교환기들(12)과 축방향 출구 및 입구 매니폴드(18,20)를 배치할 때, 매니폴드들(18,20)에 각각 큰 관통 섹션들이 제공될 수 있다. 상기 매니폴드들을 따른 이차 유체 유동의 축방향 속도는 예를 들어, 초당 10m(m/s) 내지 20m/s의 범위에 있다. 다른 열교환기 설계에서, 상기 속도는 60m/s 만큼 클 수 있다. 정상 동작 동안, 각 매니폴드(56)에서 이차 유체 입구 및 출구(64,66) 사이에 유압 평형을 유지하기 위해서는 느린 속도가 바람직하다. 이러한 작은 속도는 이차 유체가 주어진 축방향 매니폴드(18)를 따라서 적층된 여러 모듈들(56) 사이에서 균일하게 분배될 수 있게 하고, 그리고 열-유압의 관점에서 작은 속도가 변환 동작 동안 바람직할 수 있다. 열교환기들(12)의 전체 효율이 개선된다.
- [0159] 매니폴드들의 열기계적 특성이 특히 바람직하다. 축방향 매니폴드들(18,20)은 내부 및 외부 원주방향 시트들(80,82)에 의해서 형성되고, 상기 시트들은 가요성이어서 열교환기들(12)에 의해서 가해진 응력의 영향으로 용이하게 변형된다. 열교환기들(12)은 시트들(80,82)과 비교할 때 매우 단단한 블록들이고, 이것은 시트들(80,82)에 변형이 가해진다는 것을 의미한다. 시트들(80,82)은 큰 곡률 반경의 얇은 셀들을 구성하고, 그에 의해서 셀들에 큰 가요성을 제공한다.
- [0160] 입구 및 출구 챔버(22,24)는 큰 사이즈이고 내부 격벽들을 갖지 않는다. 따라서, 입구 챔버는 이차 유체가 여러 축방향 입구 매니폴드들(18) 사이에서 균일하게 분배될 수 있게 한다. 또한, 그 큰 관통 섹션들로 인해서, 상기 챔버들은 이차 유체 유동에 작은 저항을 제공하고, 입구(8) 및 출구(10)에 대한 용이한 접근성을 제공하므로, 슬리브들(140,142,158,160)이 입구들(8) 및 출구들(10)로부터 용이하고 신속하게 분리될 수 있게 한다.
- [0161] 최종적으로, 챔버들은 임의의 내부 격벽들을 구비하지 않기 때문에, 인클로져(2)의 동일측 상에 모든 입구들(8) 및 출구들(10)을 배치할 수 있다.
- [0162] 이차 유체용의 입구 및 출구 파이프 구조체는 모두 셀(97)의 벽들로부터 이격되게 위치하므로, 조립체(1)를 셀(97)의 벽들중 하나에 인접하게 배치할 수 있다.
- [0163] 열교환기들과 일차 유체 유동 및 이차 유체 유동 매니폴드들을 모두 수용하는 하위조립체(94)는 외부 인클로져(2)로부터 단일부재로 후퇴될 수 있다. 이 동작은 폐쇄 헤드(34)를 제거하고 슬리브들(40,42)을 입구 및 출구 챔버(22,24) 안으로 후퇴시킨 후, 열교환기 조립체(1) 위에 위치한 유지관리 셀의 크레인을 사용함으로써 특히 간단하고 편리한 방식으로 실행된다. 슬리브들(40,42)은 특수 공구들을 사용하여 신속하고 쉽게 후퇴되므로, 작업자들에게 노출되는 1회의 방사선 양이 작다.
- [0164] 일단, 슬리브들(140,142)이 후퇴하면, 하위조립체(94)는 단순히 상호 분리 및 결합에 의해서 인클로져(2)로부터 추출되고 인클로져 안으로 재삽입된다.
- [0165] 바닥 매니폴드들(170,172)은 하위조립체(94)의 바닥부가 뒤로 배치되는 동안 상기 바닥부를 안내하도록 구성된 형태의 플랜지들(176)을 제공한다. 중심 매니폴드(14)와 환형 매니폴드(16)는 단순히 수직 방향으로 서로 결합함으로써, 바닥 매니폴드들(170,172)과 누설방지식으로 결합된다.
- [0166] 주요 유지관리 동작들은 적당한 설비가 장착된 특수 유지관리 셀에서 편리한 방식으로 열교환기들(12)에 수행된다.
- [0167] 또한, 작은 수리에 대해서는 열교환기들(12)을 제자리에서 즉, 인클로져에서 하위조립체(94)를 후퇴시키지 않고 수행될 수 있다. 중심 매니폴드, 환형 매니폴드, 그리고 축방향 입구 및 출구 매니폴드들은 작업자가 안으로 들어가서 그 내부에서 작업할 수 있을 만큼 충분히 큰 크기의 섹션들을 제공한다. 열교환기들(12)은 수리작업

을 위해 4개의 면에서 접근이 허용된다.

- [0168] 각 열교환기(12)를 구성하는 모듈들(56)은 상기 모듈들의 내면, 외면 및 반경방향 면을 상향 및 하향으로 형성하는 예지들을 따라서 서로 용접된다. 모서리 용접부들은 모듈들(56)의 가공 모서리들에 배치된 바아들(68)로 인해서 제거된다.
- [0169] 내부 및 외부 원주방향 시트(80,82)는 바아들(68)의 플랜지들(72)에 용접되고, 이 용접부는 모듈들(56)로부터 거리를 두고 위치하고 X-선을 사용하여 실용적인 방법으로 검사될 수 있다.
- [0170] 열기계적 응력이 최대치인 임계 영역(C)(도 9a 및 도 9b 참조)은 바아(68)의 주요부(70)와 플랜지(72) 사이의 접합부에 위치되므로, 상기 임계 영역은 바아(68)의 재료로 연장되고 용접부에는 연장되지 않는다.
- [0171] 마지막으로, 플랜지들(72)은 임계 영역들(C)의 열기계적 응력의 작용으로 최적화되는 곡률 반경(R)을 통해서 모듈들(56)의 반경방향 면에 연결된다.
- [0172] 상기 여러 구성적 배치들은 열교환기들(12)이 열기계적 응력을 지탱하기에 특히 양호하게 제조될 수 있게 한다.
- [0173] 상술한 열교환기 조립체는 여러 변형체들을 제공한다.
- [0174] 따라서, 예를 들어, 열교환기들(12)은 플레이트형 열교환기들일 필요는 없지만, 튜브 및 셸을 구비한 유형의 열교환기들일 수 있다.
- [0175] 순환기(28)는 용기(30)의 바닥에 배치될 필요는 없지만, 폐쇄 헤드(34)에 고정될 수 있다. 그때 열교환기들(12)을 떠나는 일차 유체가 따라가는 경로를 변경할 필요가 있다. 환형 매니폴드(16)는 순환기(28)를 향하여 상향으로 연장되고 격벽으로 분할되어서, 일차 유체 유동을 순환기(28)로 운반하는 상향 부분(up portions)과, 순환기(28)로부터 일차 유체 유동을 출구(6)로 운반하는 하향 부분(down portion)을 형성한다.
- [0176] 이것은 폐쇄 헤드(34)를 인클로저(2)로부터 제거하기 전에, 순환기(28)를 제거함으로써 개시할 필요가 있기 때문에, 하위조립체(94)를 제거하는 것을 더욱 복잡하게 한다.
- [0177] 열교환기 조립체는 8개 이상 또는 8개 이하의 열교환기(12)들을 가질 수 있다.
- [0178] 이차 유체 입구들(8)은 상부 셸(36)의 정상부에 배치될 수 있고, 이차 유체 출구들(10)은 열교환기들(12) 밑에 배치될 수 있다.
- [0179] 일차 유체는 입구(4)로부터 환형 매니폴드(16)의 열교환기들(12)을 향하여 유동하여 열교환기들로부터 중심 매니폴드를 경유하여 출구(6)로 복귀할 수 있다.
- [0180] 일차 유체는 입구 챔버(22)로부터 축방향 채널들(18,20)을 통해서 출구 챔버(24)로 유동하고, 이차 유체는 중심 매니폴드(14)와 환형 매니폴드(16)를 통해서 유동할 수 있다.
- [0181] 일차 유체는 실질적으로 순수한 헬륨일 필요는 없지만, 헬륨과 질소의 혼합물일 수 있다. 일차 유체는 주로 물로 구성될 수 있다.
- [0182] 이차 유체는 실질적으로 순수한 헬륨 또는 헬륨 및 질소의 혼합물(즉, 20% 헬륨 및 80% 질소 또는 40% 헬륨 및 60% 질소)일 수 있다. 또한 이차 유체는 주로 물로 구성되고, 열교환기 조립체 내에서 기화될 수 있다. 이러한 환경에서, 열교환기는 증기 발생기로 작용한다.
- [0183] 상술한 열교환기 조립체(1)는 서로 독립적으로 보호되기에 적합한 여러 본래 형태를 제공한다는 것을 주목해야 한다.
- [0184] 따라서, 비록 축방향 매니폴드들(18,20)이 챔버들(22,24)과 같은 챔버들을 통하지 않고 연결 파이프 구조체를 통해서 입구들(8) 및 출구들(10)에 연결되지만, 조립체(1)가 하위조립체(94)와 같은 단일 부재로 추출될 수 있는 기계적인 하위조립체를 구비하도록 준비할 수 있다. 이러한 환경에서, 연결 파이프 구조체의 종결부는 입구들(8) 및 출구들(10)로부터 즉, 열교환기(12)와 절두원추형 인벨로프(100) 사이의 빈 공간으로부터 그리고 열교환기(12)와 폐쇄 헤드(34) 사이의 빈 공간으로부터 분리되기에 적합해야 한다. 상기 종결부는 연결 파이프 구조체의 내부로 후퇴하거나 또는 그로부터 완전히 분리되고 작업자들에 의해서 인클로저(2)로부터 수동으로 추출된다.
- [0185] 유사하게, 축방향 매니폴드들(18,20)이 챔버들(22,24)에 의해서 입구들(8) 및 출구들(10)에 연결되지 않는 동안, 조립체(1)가 상술한 종류의 바아들(68)을 구비한 열교환기들(12)을 갖도록 준비하거나 및/또는 조립체

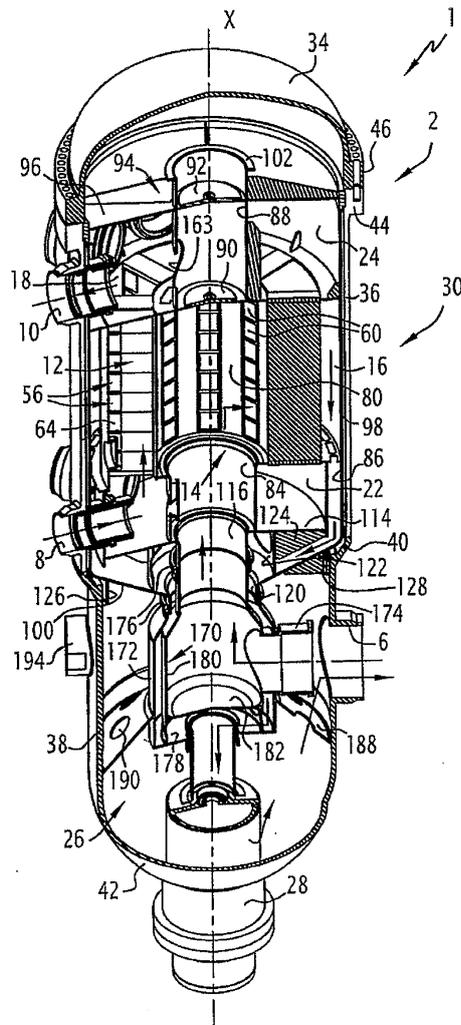
(1)가 제거될 수 있는 하위조립체(94)를 포함하지 않을 수 있다.

도면의 간단한 설명

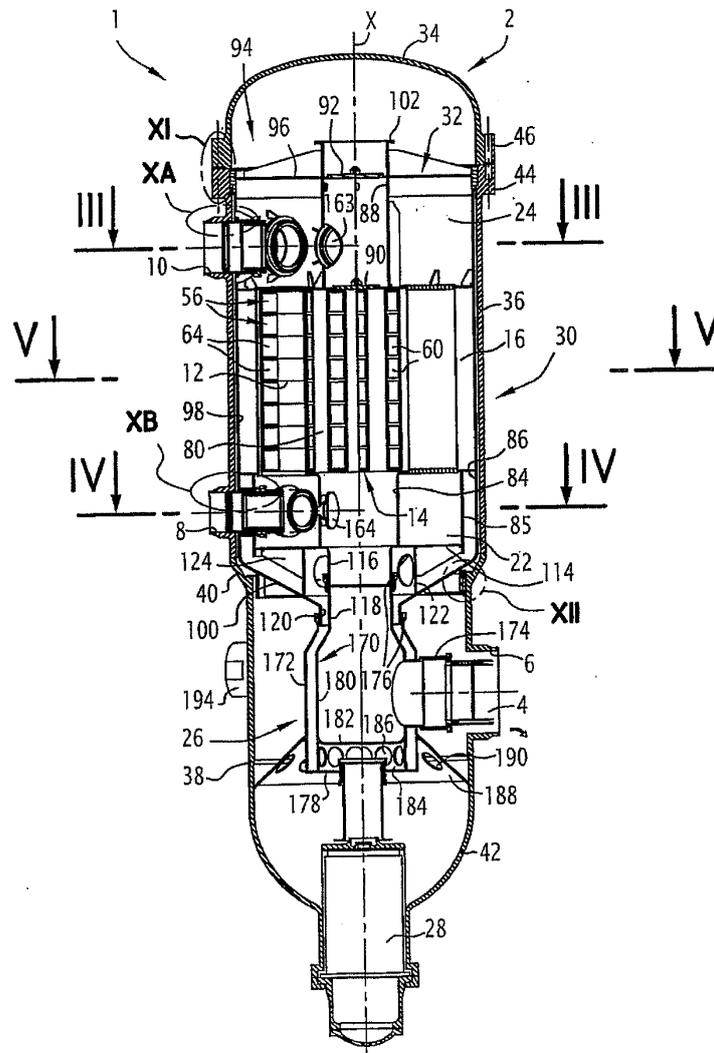
- [0040] 도 1은 조립체의 내부를 드러내기 위하여 절단된, 본 발명의 열교환기의 사시도.
- [0041] 도 2는 도 3의 섹션 평면 II-II 상의 도 1의 조립체의 축방향 단면도.
- [0042] 도 3은 도 2의 평면 III-III에서 그 축에 수직으로 취해진 도 2 조립체의 단면도.
- [0043] 도 4는 도 2의 평면 IV-IV 상의 축에 수직으로 취해진 도 2 조립체의 단면도.
- [0044] 도 5는 열교환기들의 배치를 도시하는 도 2의 평면 V-V 상의 축에 수직으로 취해진 도 2 조립체의 단면도.
- [0045] 도 6a 및 도 6b는 도 5의 열교환기들을 통과하는 일차 유체 및 이차 유체의 각 유동 방향을 도시하는 다이어그램이고, 도 6c는 도 5의 열교환기의 플레이트들의 전개도.
- [0046] 도 7은 도 1 및 도 2의 열교환기 모듈의 사시도.
- [0047] 도 8a 및 도 8b는 도 7의 부분 VIIA 및 VIIB의 확대 평면도.
- [0048] 도 9는 부분 절단된 것으로 도시된 인클로저의 바닥부에서 분리된, 매니폴드 및 열교환기들을 포함하는 제거가 가능한 기계식 하위 조립체를 도시하는 도 1 조립체의 부분 전개도.
- [0049] 도 10a 및 도 10b는 도 2의 부분 XA 및 XB의 확대도.
- [0050] 도 11은 도 2의 부분 XI의 확대도.
- [0051] 도 12는 도 2의 부분 XII의 확대도.
- [0052] 도 13은 외부 인클로저로부터 도 10의 기계식 하위조립체를 후퇴시키기 위한 수단이 원자리에 실시된 것을 요약한 도면.

도면

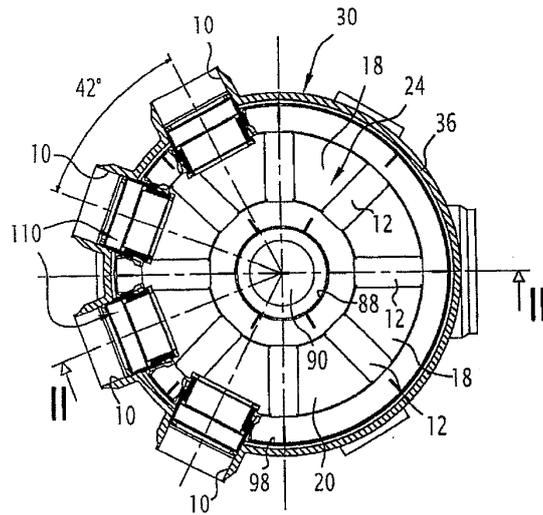
도면1



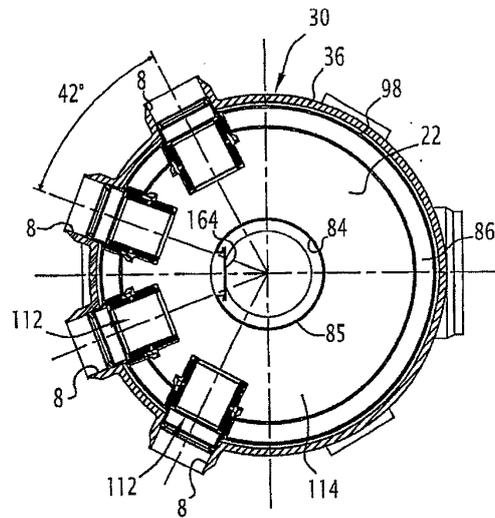
도면2



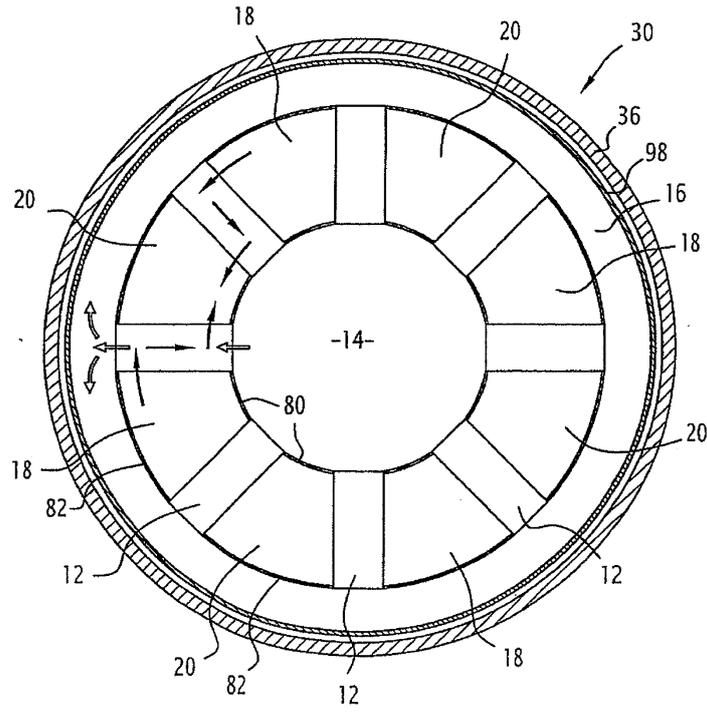
도면3



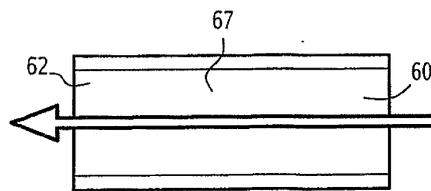
도면4



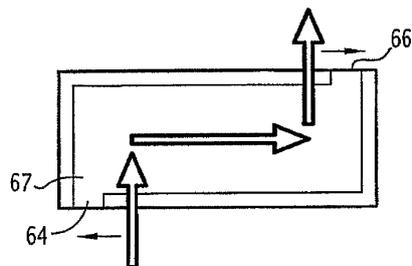
도면5



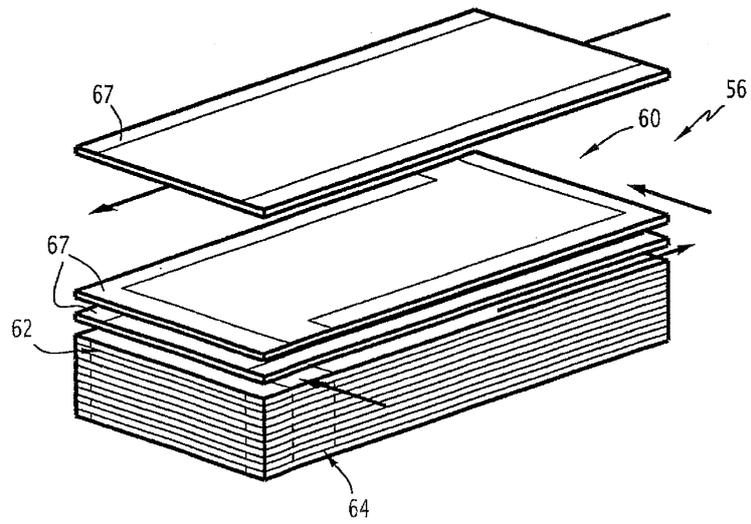
도면6a



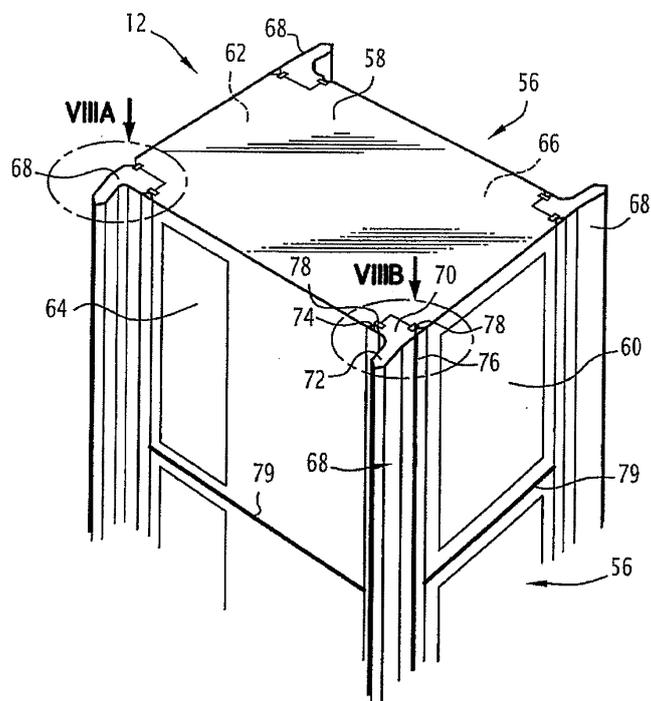
도면6b



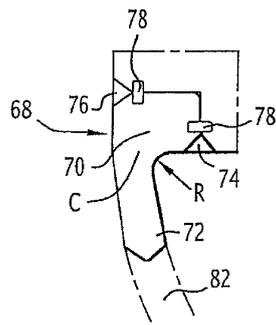
도면6c



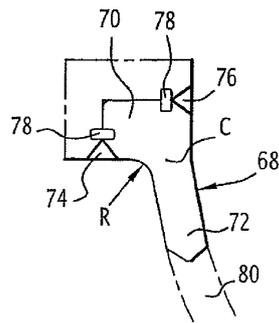
도면7



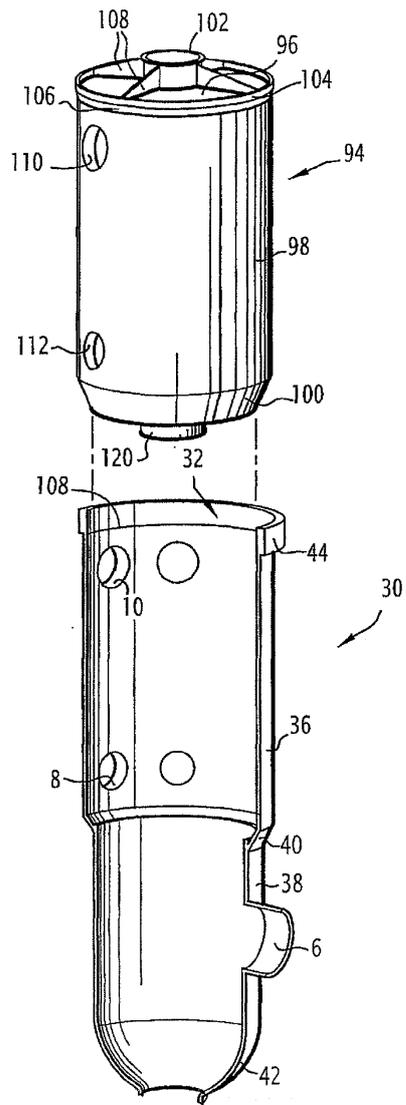
도면8a



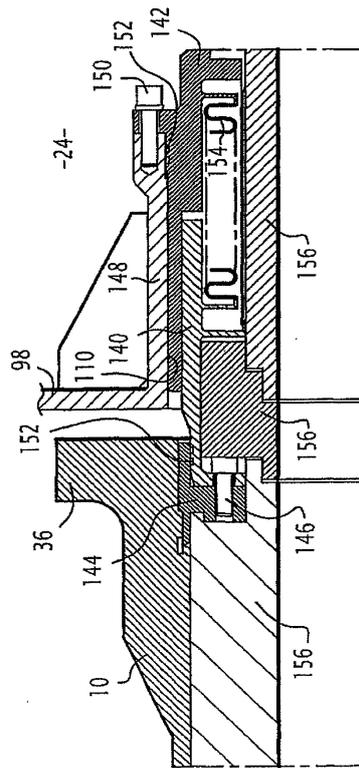
도면8b



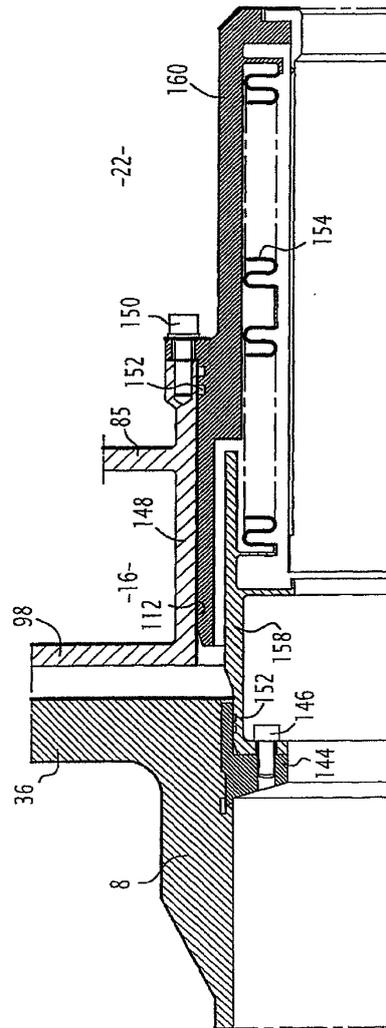
도면9



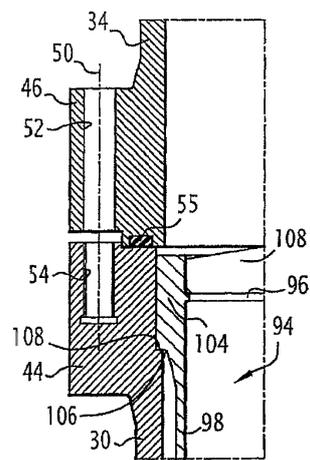
도면10a



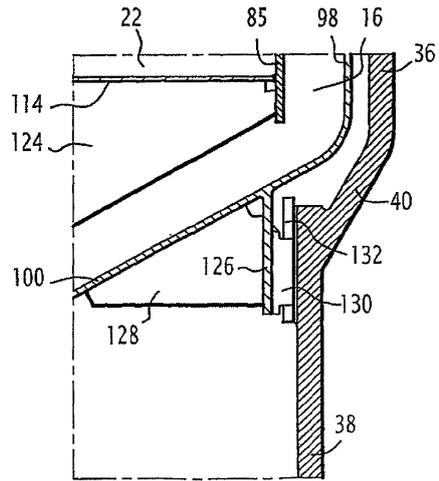
도면10b



도면11



도면12



도면13

