(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월23일
(11) 등록번호 10-2366591
(24) 등록일자 2022년02월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16L 3/02 (2006.01) *F16L 3/227* (2006.01)
F22B 37/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16L 3/02 (2013.01)
F16L 3/227 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7009693(분할)
(22) 출원일자(국제) 2014년09월25일
심사청구일자 2021년04월29일
(85) 번역문제출일자 2021년04월01일
(65) 공개번호 10-2021-0039505
(43) 공개일자 2021년04월09일
(62) 원출원 특허 10-2016-7017064
원출원일자(국제) 2014년09월25일
심사청구일자 2019년08월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/057539
(87) 국제공개번호 WO 2015/099854
국제공개일자 2015년07월02일
(30) 우선권주장
61/921,044 2013년12월26일 미국(US)
14/261,830 2014년04월25일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090009132 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
뉴스케일 파워, 엘엘씨
미국 오레곤 (우편번호 97224) 포트랜드 에스더블유 레드우드 레인 6650 스위트 210
(72) 발명자
코스키 윌리엄
미국 오레곤 97330 코발리스 노쓰이스트 써클 불러바드 1100 스위트 200
리즈카이 토마스
미국 오레곤 97330 코발리스 노쓰이스트 써클 불러바드 1100 스위트 200
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

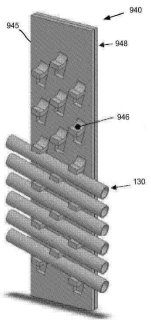
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 김용안

(54) 발명의 명칭 **증기 발생기 튜브 지지체**

(57) 요 약

증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체가 개시되며, 이것은 증기 발생기 시스템의 복수개의 열전달 튜브들을 지지하도록 구성된 지지 바아 또는 시트 및, 상기 지지 바아 또는 시트의 표면으로부터 연장된 돌출부들의 세트를 포함한다. 돌출부들의 세트가 지지 바아 또는 시트의 표면으로부터 연장되는 거리는 열전달 튜브의 외부 직경보다 크거나 또는 그와 같을 수 있다. 복수개의 튜브들의 인접한 튜브들은 하나 이상의 돌출부들에 의하여 서로로부터 떨어질 수 있다.

대 표 도 - 도23a



(52) CPC특허분류
F22B 37/205 (2013.01)
(72) 발명자
크러스캠프 알렉스
미국 오레곤 97330 코발리스 노쓰이스트 써클 불러바드 1100 스위트 200
카델 세트
미국 오레곤 97330 코발리스 노쓰이스트 써클 불러바드 1100 스위트 200
폴록 웨스턴
미국 오레곤 97330 코발리스 노쓰이스트 써클 불러바드1100 스위트 200

명 세 서

청구범위

청구항 1

두께를 가지는 시트; 및,

증기 발생기 시스템의 튜브들의 칼럼을 지지하도록 시트의 표면으로부터 돌출된 복수개의 탭(tab)들;을 포함하고,

2 개 이상의 탭들이 단일의 튜브와 접촉하도록 구성되고, 탭들은 시트상에 서 탭들의 오프셋 칼럼(offset column)으로서 구성되고, 하나의 칼럼에 있는 하나 이상의 탭들은 단일 튜브의 제 1 표면에 접촉하도록 위치되고, 인접한 다른 칼럼에 있는 하나 이상의 탭들은 상기 단일 튜브의 대향하는 제 2 표면에 접촉하도록 위치되고, 튜브들의 칼럼에 있는 인접한 튜브들은 시트의 두께와 같거나 또는 시트의 두께보다 큰 거리로 서로로부터 떨어져 있는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

시트에 부착된 지원용 플레이트(backing plate)를 더 포함하고, 지원용 플레이트는 하나 이상의 탭들에 인접하게 위치하는 관통 구멍을 포함하고, 탭들은 시트로부터 스탬핑(stamping)되어 복수개의 펀치 구멍(punched hole)을 남기고, 펀치 구멍들은 관통 구멍과 정렬되어 시트 및 지원용 플레이트 양쪽 모두를 통하는 통로를 제공하는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

탭들은 시트로부터 스탬핑(stamping)되는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

시트의 탭들의 제 1 칼럼과 관련된 제 1 탭은 단일 튜브의 상부 표면과 접촉하도록 구성되고, 시트의 탭들의 제 2 칼럼과 관련된 제 2 탭은 단일 튜브의 하부 표면과 접촉하도록 구성된, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

제 2 탭은 인접한 튜브의 상부 표면과 접촉하도록 구성되고, 탭들의 제 1 칼럼과 관련된 제 3 탭은 인접한 튜브의 하부 표면과 접촉하도록 구성된, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

단일 튜브는 인접한 튜브로부터 제 2 탭에 의해 이격되는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

시트의 탭들의 제 1 칼럼은 시트의 탭들의 제 2 칼럼과 관련된 탭들 보다 시트로부터 더 멀리 돌출된 탭들을 포함하는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

탭들의 제 1 칼럼은, 시트로부터, 인접한 시트와 관련된 트랙 안으로 돌출되는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

트랙은 인접한 시트에 부착된 지원용 플레이트에 형성되는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

탭들의 제 2 칼럼은 인접한 시트의 지원용 플레이트에 대하여 맞닿는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

인접한 시트는 증기 발생기 시스템의 튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 구성되고, 탭들에 의해 지지되는 튜브들의 칼럼은 인접한 시트와 지원용 플레이트의 조합된 두께와 같거나 상기 조합된 두께보다 큰 거리로써 튜브들의 제 2 칼럼으로부터 떨어지는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 구성된 제 2 시트를 더 포함하고, 탭들에 의해 지지되는 튜브들의 칼럼은 시트의 두께와 같거나 상기 시트의 두께보다 큰 거리로써 튜브들의 제 2 칼럼으로부터 떨어지는, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

시트는 지원용 플레이트에 부착된 스탬핑된 플레이트를 포함하고, 시트의 두께는 스탬핑된 플레이트와 지원용 플레이트의 조합된 두께와 같은, 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2013 년 12 월 26 일자로 제출된 미국 가출원 No. 61/921,044 및 2014 년 4 월 25 일자로 제출된 미국 가출원 No. 14/261,830 의 우선권을 주장한다.

[0002] 본 발명은 증기 발생기 튜브 조립체를 포함하는 전력 시스템을 구비한, 발전 분야에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 직선형 또는 U 튜브 형태의 SG 에서 사용되도록 구성된 모든 증기 발생기 튜브들을 유지하도록 그리고/또는 지지하도록 구성될 수 있는 천공된 지지 플레이트들을 포함하는 것과 같은 튜브 지지 디자인은, 헬리컬 튜브들을 가진 SG 에 적용될 때 특정의 설계 목적을 충족시킬 수 없다. 직선 및 U 튜브 형태의 SG 에 대하여 튜브들은 지지 플레이트에 있는 구멍을 통하여 삽입될 수 있고 튜브 단부들은 튜브시트(들) 안으로 직접 삽입된다. 헬리컬 튜브들과 같은 대안의 튜브 디자인들에 대하여, 튜브들은 그러한 지지 플레이트들에 있는 구멍을 통하여 나사결합될 수 있지만, 튜브 단부들은 차후에 굽혀져야만 하거나 또는 굽혀진 튜브 세그먼트들이 튜브 단부들에 용접되어 튜브시트들에 대한 튜브 단부들의 맞춤(fit-up)을 용이하게 한다. 용접 또는 굽힘은 특정의 설계 목적을 충족시킬 수 없으며, 설치 이후에 추가적인 검사를 필요로 한다. 이러한 추가적인 프로세스 및 검사는 시간 소

모적이고, 비싸고, 조립 시퀀스에서 나중에 재료의 흠결을 가져올 수 있다.

[0004] 튜브들을 제 위치에 단단하게 클램프시키거나 또는 유지시키는 튜브 지지 시스템들은 열팽창의 결과로서 응력을 일으킬 수 있다. 개별적인 튜브들을 장착 및/또는 유지시키도록 다수의 부품들을 포함하는 시스템들은 설치, 검사 및/또는 분해를 위하여 현저한 시간을 필요로 하고, 부적절한 조립의 가능성을 도입할 수 있다. 조립 시간을 증가시키는 것에 더하여, 다수의 부품들은 예를 들어 나사, 클램프등과 같은 하나 이상의 부품들이 작동중에 이완될 수 있는 가능성을 증가시킬 수 있다. 장착 구멍들 및 맞춤 끼움쇠(fit-up shims)를 포함하는 다른 유형의 튜브 지지 시스템은 증기 발생 시스템의 완전한 설치 이전에 복잡한 조립을 필요로 하고 튜브들의 움직임을 제한한다. 더욱이, 제한된 공차를 가지는 장착 구멍 또는 장착 구조들의 다른 유형을 포함하는 지지 구조체 안으로 튜브들을 나사 결합하는 것은 곤란할 수 있다. 본 출원은 상기의 문제점 및 다른 문제점을 해결한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 증기 발생기 튜브 지지체를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 목적은 청구항에 기재된 증기 발생기 시스템의 튜브 지지 조립에 의해 달성된다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1 은 예시적인 핵원자로 모듈을 도시한다.

도 2 는 예시적인 증기 발생기 조립체를 도시한다.

도 3 은 모델 증기 발생기 튜브 조립체를 도시한다.

도 4 는 슬롯을 가진 다수의 바아들을 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 5a 및 도 5b 는 단일의 칼럼으로서 배치된 제 1 바아 및 제 2 바아를 연결하는 핀 연결 조인트를 포함하는, 인라인 바아(in-line bar) 구성에 대한 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 6a 및 도 6b 는 엇갈린 바아들을 위한 핀 조인트(pinned joint)를 포함하는 2 개의 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 7 은 엇갈린 지지 구조체를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 통한 지진 하중 경로의 평면도를 도시한다.

도 8 은 인라인 지지 구조체를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 통한 지진 하중 경로의 평면도를 도시한다.

도 9a 는 예시적인 튜브 지지 조립체의 측면도를 도시한다.

도 9b 는 도 9a 의 튜브 지지 조립체의 정면도를 도시한다.

도 10 은 용접된 부착부와 함께 지지 바아 및 지지 비임을 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 11 은 핀 연결된 조립체를 지지 비임으로 수용하는 구멍을 가진 예시적인 지지 바아를 도시한다.

도 12a 는 복수개의 슬롯을 가진 인라인 지지 바아들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 12b 는 복수개의 튜브 지지부들을 포함하는 도 12a 의 인라인 지지 바아들의 사시도를 도시한다.

도 13a 는 기둥을 가진 칼럼들을 포함하는 예시적인 튜브 지지 시스템을 도시한다.

도 13b 는 기둥들의 제 1 세트 및 기둥들의 제 2 세트를 포함하는, 도 13a 의 튜브 지지 시스템의 측면도를 도시한다.

도 13c 는 복수개의 바아들을 포함하는 도 13a 의 튜브 지지 시스템의 평면도를 도시한다.

도 14 는 클립을 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 15 는 복수개의 클립들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 16a 및 도 16b 는 격자를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 17a 는 와이어 로프(케이블) 튜브 지지부를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 17b 는 도 17a 의 와이어 로프(케이블) 및 하나 이상의 바아들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 18a 는 칼러를 포함하는 예시적인 튜브 지지부의 전방 및 후방을 도시한다.

도 18b 는 제 1 바아와 제 2 바아 사이에 위치된 제 1 칼러(collar)를 가진 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 18c 는 하나 이상의 칼러를 포함하는 다른 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 19a 는 장착 시트를 포함하는 예시적인 튜브 지지부의 사시도를 도시한다.

도 19b 는 서로 인접하게 위치된 예시적인 튜브 지지부의 측면도를 도시한다.

도 20 은 장착 시트를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 21a 는 장착 시트 및 칼러(collar)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 21b 는 서로 인접하게 위치된 복수개의 장착 시트를 도시한다.

도 22a 는 장착 시트를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 22b 는 도 22a 의 튜브 지지부의 측면도를 도시한다.

도 23a 는 장착 시트 및 복수개의 돌출부를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 23b 는 서로 인접하게 위치된 지원용 플레이트를 가진 복수개의 튜브 지지부를 도시한다.

도 24a 는 복수개의 돌출부들을 포함하는 예시적인 장착 시트를 도시한다.

도 24b 는 복수개의 장착 시트를 포함하는 튜브 지지부를 도시한다.

도 25a 는 장착 시트를 포함하는 다른 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 25b 는 서로 인접하게 위치된 복수개의 튜브 지지부들의 평면도를 도시한다.

도 26 은 관통 구멍을 가진 장착 시트를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다.

도 27 은 복수개의 수직 부동 지지부(floating support)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 28 은 각도가 형성된 부동 지지부를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 29a 는 4 개의 고정 지지부로 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 29b 는 4 개의 고정 지지부 및 4 개의 부동 지지부로 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 29c 는 8 개의 고정 지지부로 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 30 은 헬리컬 튜브들 사이에 위치된 예시적인 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 31 은 헬리컬 튜브의 열교환기를 통한 예시적인 반경 방향 경로를 도시한다.

도 32 는 헬리컬 튜브 및 튜브 지지 조립체를 조립하는 예시적인 과정을 도시한다.

도 33a 및 도 33b 는 지지 비임에 장착된 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체의 정면도 및 배면도를 도시한다.

도 34 는 비임에 장착된 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 35 는 범퍼들을 포함하는 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체를 도시한다.

도 36 은 트랙을 포함하는 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체의 평면도를 도시한다.

도 37 은 각도가 형성된 방위로 배치된 돌출부들을 가진 튜브 장착 시트를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체

를 도시한다.

도 38 은 다른 예시적인 튜브 장착 조립체를 도시한다.

도 39 는 곡률 반경으로 구성된 예시적인 튜브 장착 조립체를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 증기 발생기 시스템을 위한 튜브 지지 조립체가 개시되며, 이것은 증기 발생기 시스템의 열전달 튜브들의 칼럼을 지지하도록 구성된 지지 바아(support bar) 및 지지 바아의 표면으로부터 연장된 돌출부들의 세트를 구비한다. 지지 바아의 표면으로부터 돌출부들의 세트가 연장되는 거리는 열전달 튜브의 외부 직경보다 크거나 또는 같을 수 있다. 튜브들 칼럼의 인접한 튜브들은 하나 이상의 돌출부들에 의하여 서로로부터 분리될 수 있다.

[0009] 증기 발생기 시스템을 위한 튜브 지지 조립체가 여기에 개시되는데, 이것은 두께를 가진 시트(sheet) 및 증기 발생기 시스템의 튜브들의 칼럼을 지지하도록 시트의 표면으로부터 돌출된 탭(tab)들을 구비한다. 2 개 이상의 탭들이 단일의 튜브를 지지하도록 구성될 수 있고, 튜브들의 칼럼에 있는 인접한 튜브들은 시트의 두께와 같거나 그 두께보다 큰 거리로 서로로부터 분리될 수 있다.

[0010] 여기에 개시된 다양한 실시예들을 보다 잘 이해할 수 있고 편리하게 검토할 수 있도록, 다수의 용어들은 축약어 또는 두문자어로 표현될 것이며, 예를 들어 원자로 압력 용기(reactor pressure vessel;RPV) 및 증기 발생기(steam generator; SG)로 표시될 것이다.

[0011] 도 1 은 원자로 용기(2)에 의해 둘러싸인 원자로 코어(6)를 포함하는 핵원자로 모듈(5)을 도시한다. 원자로 용기(2) 안의 냉각제(10)는 원자로 코어(6)를 둘러싼다. 원자로 코어(6)는 쉬라우드(22) 안에 위치될 수 있고, 쉬라우드는 원자로 코어(6)를 그것의 둘레에서 둘러싼다. 핵분열 이벤트(fission event)의 결과로서 냉각제(10)가 가열되면, 냉각제(10)는 쉬라우드(22)로부터 원자로 코어(6)의 위에 위치된 원환부(annuls, 23) 안으로 지향될 수 있고, 라이저(riser, 24)의 외부로 지향될 수 있다. 이것은 추가적인 냉각제(10)가 쉬라우드(22) 안으로 유인되어 다시 원자로 코어(6)에 의해 가열되는 결과를 가져올 수 있으며, 이는 더 많은 냉각제(10)가 쉬라우드(22) 안으로 유인되게 한다. 라이저(24)로부터 나오는 냉각제(10)는 냉각될 수 있고 원자로 용기(2)의 외부를 향하여 지향되고 다음에 자연적인 순환을 통하여 원자로 용기(2)의 저부로 복귀한다.

[0012] 증기 발생기(35)는 터빈(32) 및 발전기(34)를 가지고 전기를 발생시키기 위하여 제 2 냉각 시스템(30) 안에서 공급수(feedwater) 및/또는 증기를 순환시키도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 공급수는 증기 발생기(35)를 통과하고 과열 증기(super heated steam)로 될 수 있다. 제 2 냉각 시스템(30)은 응축기(36) 및 공급수 펌프(38)를 구비할 수 있다. 일부 예에서, 제 2 냉각 시스템(30)의 공급수 및/또는 증기는 원자로 용기(2)내의 냉각수(10)로부터 격리 유지된다.

[0013] 원자로 용기(2)는 격납 용기(4)에 의해 둘러싸일 수 있다. 일부 예에서, 격납 용기(4)는 물의 풀(pool) 안에 배치될 수 있으며, 예를 들어 그것은 지면 레벨 아래에 위치된다. 격납 용기(4)는 원자로 용기(2)와 관련된 냉각제(10)가 격납 용기(4)의 외부로 이탈하고 그리고/또는 주위 환경으로 이탈하는 방출을 방지하도록 구성될 수 있다. 비상 상황에서, 증기(11)는 원자로 용기(2)로부터 유동 제한부(flow limiter, 8)를 통하여 격납 용기(4)로 배출될 수 있고, 그리고/또는 냉각제(10)는 블로우다운 밸브(blowdown valve, 18)를 통하여 배출될 수 있다. 증기(11) 및/또는 냉각제(10)의 격납 용기(4)로의 배출 비율은 원자로 용기(2) 안의 압력에 따라서 변화될 수 있다. 일부 예에서, 원자로 코어(6)와 관련된 붕괴 열(decay heat)은 적어도 부분적으로 제거될 수 있는데, 격납 용기(4)의 내측 벽들상의 증기(11) 응축의 조합을 통하여 그리고/또는 블로우다운 밸브(18)를 통해 배출되는 냉각제(10)의 억제에 의하여 제거될 수 있다.

[0014] 격납 용기(4)는 대략적으로 실린더 형상일 수 있다. 일부 예에서, 격납 용기(4)는 하나 이상의 타원형, 돔형(domed), 또는 구형 단부들을 가질 수 있다. 격납 용기(4)는 액체 및/또는 기체가 격납 용기(4)로부터 이탈되거나 또는 안으로 유입될 수 없도록 환경에 대하여 밀봉되거나 그렇지 않으면 용접될 수 있다. 다양한 예에서, 원자로 용기(2) 및/또는 격납 용기(4)는 저부가 지지될 수 있거나, 상부가 지지될 수 있거나, 중심 둘레에서 지지될 수 있거나, 또는 이들의 조합으로 지지될 수 있다.

[0015] 원자로 용기(2)의 내측 표면은 냉각제(10) 및/또는 증기(11)를 포함하는 젖은 환경(wet environment)에 노출될 수 있고, 원자로 용기(2)의 외측 표면은 실질적으로 건조한 환경에 노출될 수 있다. 원자로 용기(2)는 스테인레스 스틸, 카본 스틸, 다른 유형의 재료들 또는 복합체, 또는 이들의 임의 조합을 포함할 수 있고 그리고/또는 이것으로 만들어질 수 있다. 또한, 원자로 용기(2)는 클래딩(cladding) 및/또는 인슐레이션(insulation)을 포함

할 수 있다.

[0016] 격납 용기(4)는 격납 영역(14) 안에서 실질적으로 원자로 용기(2)를 둘러쌀 수 있다. 격납 영역(14)은 일부 예에서 그리고/또는 작동 모드에서 건조 환경, 비어 있는(voided) 환경 및/또는 기체 환경을 포함할 수 있다. 격납 영역(14)은 공기, 아르곤과 같은 노블 기체(nobel gas), 다른 유형의 기체들 또는 이들의 임의 조합의 양을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 격납 영역(14)은 대기압에서 유지되거나 또는 대기압 아래에서 유지될 수 있으며, 예를 들어 부분 진공에서 유지될 수 있다. 다른 예에서, 격납 영역(14)은 실질적으로 완전한 진공에서 유지될 수 있다. 격납 영역(2)내의 그 어떤 기체 또는 기체들이라도 원자로 모듈(5)의 작동 이전에 제거될 수 있고 그리고/또는 비워질 수 있다.

[0017] 특정의 기체들은 핵원자로 시스템내에서 겪는 작동 압력하에서 비 응축성으로 간주될 수 있다. 이러한 비응축성 기체(non-condensable gas)는 예를 들어 수소 및 산소를 포함할 수 있다. 비상 작동중에, 증기는 연료봉과 화학적으로 작용하여 높은 수준의 수소를 발생시킬 수 있다. 수소가 공기 또는 산소와 혼합될 때, 그것은 가연성 혼합물을 만들 수 있다. 격납 용기(4)로부터 공기 또는 산소의 실질적인 부분을 제거함으로써, 혼합될 수 있는 산소 및 수소의 양은 최소화되거나 제거될 수 있다.

[0018] 격납 용기(14)내에 존재하는 그 어떤 공기 또는 다른 기체라도 비상 조건이 검출될 때 제거될 수 있거나 또는 비워질 수 있다. 격납 영역(14)으로부터 비워지거나 배출되는 기체는 비응축성 기체 및/또는 응축성 기체를 포함할 수 있다. 응축성 기체는 격납 영역(14) 안으로 배출되는 그 어떤 수증기라도 포함할 수 있다.

[0019] 비상 작동 동안에, 증기 및/또는 수증기는 격납 용기(14) 안으로 배출될 수 있는 반면에, (수소와 같은) 비응축성 기체의 오직 무시할만한 양이 격납 영역(14) 안으로 배출되거나 방출될 수 있다. 실제적인 관점으로부터, 격납 영역(14) 안으로 증기와 함께 비응축성 기체가 배출되지 않는 것으로 가정할 수 있다. 따라서, 일부 예에서, 실질적으로 수소는 증기와 함께 격납 영역(14) 안으로 배출되지 않아서, 격납 영역(14) 안에 존재할 수 있는 임의의 산소와 함께 수소의 수준 및/또는 양은 불연성 수준(non-combustible level)에서 유지된다. 더욱이, 이러한 산소-수소 혼합물의 불연성 수준은 수소 재결합제(hydrogen recombiner)의 사용 없이 유지될 수 있다.

[0020] 공기중에서 대류 열전달의 제거는 일반적으로 대략 50 torr (50 mmHG)의 절대 압력에서 발생하지만, 대류 열전달의 감소는 대략 300 torr (300 mmHG)의 절대 압력에서 관찰될 수 있다. 일부 예에서, 격납 영역(14)에는 300 torr (300 mmHG)의 압력이 제공될 수 있거나, 또는 그 미만으로 유지될 수 있다. 다른 예에서, 격납 영역(14)에는 50 torr (50 mmHG)의 압력이 제공될 수 있거나 또는 그 미만으로 유지될 수 있다. 일부 예에서, 격납 영역(14)에는 원자로 용기(2)와 격납 용기(4) 사이의 모든 대류 열전달 및/또는 전도 열전달(conductive heat transfer)을 실질적으로 억제하는 압력 레벨에서 유지될 수 있고 그리고/또는 그러한 압력이 제공될 수 있다. 완전한 진공 또는 부분적인 진공은 진공 펌프, 증기-공기 제트 이젝터(zet ejector), 다른 유형의 배출 장치(evacuation device) 또는 그것의 조합에 의하여 제공될 수 있고 그리고/또는 그것에 의해 유지될 수 있다.

[0021] 격납 영역(14)을 진공 또는 부분 진공으로 유지함으로써, 격납 영역(14)내의 습기가 제거될 수 있고, 그에 의하여 전기적 및 기계적 구성 요소들이 부식 또는 고장으로부터 보호된다. 또한, 진공 또는 부분 진공은 분리된 펌프 또는 상승된 유지용 탱크(holding tank)의 사용 없이도 비상 작동중에(예를 들어, 과압(over-pressurization) 또는 과열(over-heating) 이벤트중에) 격납 영역(14) 안으로 냉각제를 유인하거나 또는 당기도록 작동할 수 있다. 진공 또는 부분 진공은 연료재공급 과정(refueling process) 동안에 냉각제(10)로 격납 영역(14)을 채우거나 또는 범람시키는 방법을 제공하도록 작동할 수도 있다.

[0022] 유동 제한부(8)는 비상 작동중에 냉각제(10) 및/또는 증기(11)를 격납 용기(4) 안으로 배출시키도록 원자로 용기(2)상에 장착될 수 있다. 유동 제한부(8)는 배관 또는 연결부와 같은 그 어떤 개입 구조물 없이, 원자로 용기(2)의 외측벽에 직접적으로 장착될 수 있거나 또는 연결될 수 있다. 일부 예에서, 유동 제한부(8)는 그 어떤 누설 또는 구조적 고장의 가능성이라도 최소화시키도록 원자로 용기(2)에 직접적으로 용접될 수 있다. 유동 제한부(8)는 벤튜리 유동 밸브를 포함할 수 있는데, 이것은 격납 용기(4) 안으로 제어된 비율에서 증기(11)를 배출하도록 구성된다. 배출된 증기(11)가 격납 용기(4)에 압력을 더하는 것과 대략 동일한 비율로 증기(11)의 응축은 격납 용기(4) 안의 압력을 감소시킬 수 있다.

[0023] 증기(11)로서 격납 용기(4) 안으로 배출된 냉각제는 격납 용기(4)의 내측 표면상에 물과 같은 액체로서 응축될 수 있다. 증기(11)의 응축은 격납 용기(4) 안의 압력이 감소될 수 있게 하는데, 왜냐하면 증기(11)는 액체 냉각제로 변형되기 때문이다. 격납 용기(4)의 내측 표면상에서의 증기(11)의 응축을 통하여 충분한 양의 열이 제거될 수 있어서 원자로 코어(6)로부터의 붕괴열의 제거를 제어한다.

[0024] 응축된 냉각제(10)는 격납 용기(4)의 저부로 하강하여 액체의 풀(pool)로서 집적될 수 있다. 격납 용기(4)의 내측 표면상에서 더 많은 증기(11)가 응축하면, 격납 용기(4) 안의 냉각제(10)의 레벨이 점진적으로 상승할 수 있다. 증기(11) 및/또는 냉각제(10) 안에 저장된 열은 격납 용기(4)의 벽을 통하여 주위 환경으로 전달될 수 있다. 격납 영역(14)으로부터 기체를 실질적으로 제거함으로써, 격납 용기(4)의 내측 표면상에서의 증기(11) 응축의 초기 비율은 배출된 기체에 의하여 증가될 수 있다. 냉각제(10)의 응축을 억제하도록 격납 용기(4)의 내측 표면에서 정상적으로 축적되는 기체는, 낮은 레벨이거나 또는 냉각제(10)의 자연 대류 때문에 내측 표면으로부터 제거됨으로써 응축의 비율이 최대화될 수 있다. 응축 비율의 증가는 다시 격납 용기(4)를 통한 열전달 비율을 증가시킬 수 있다.

[0025] 격납 영역(14) 안의 진공은 원자로 모듈의 정상 작동중에 단열부의 형태로 작용할 수 있어서, 열 및 에너지를 원자로 용기(2) 안에 보유하는데, 여기에서 전력 발전을 위하여 계속 이용될 수 있다. 결과적으로, 원자로 용기(2)의 설계에서 단열을 위한 재료가 덜 사용될 수 있다. 일부 예에서, 통상적인 단열체 대신에 또는 그에 추가하여, 반사성 단열체(reflective insulation)가 이용될 수 있다. 반사성 단열체는 원자로 용기(2) 또는 격납 용기(4)의 양쪽 또는 한쪽에 포함될 수 있다. 반사성 단열체는 통상적인 단열체에 비교하여 물의 손상에 대하여 저항성이 더 있을 수 있다. 더욱이, 반사성 단열체는 비상 상황중에 통상적인 단열체 만큼 원자로 용기(2)로부터의 열전달을 억제하지 않을 수 있다. 예를 들어, 원자로 용기(2)의 외부 스테인레스 스틸 표면은 격납 용기(14) 안에 위치된 그 어떤 냉각제와도 직접 접촉될 수 있다.

[0026] 도 2 는 원자로 압력 용기(2) 안에 위치된 튜브 지지 조립체(25) 및 복수개의 튜브(35)들을 포함하는 예시적인 증기 발생기(20)를 도시한다. 예시적인 목적을 위하여, 하나 이상의 증기 충만부(steam plenum, 26) 및 다수의 증기 발생 튜브(35)들에 대하여, 라이저(24) 둘레의 8 개의 예시적인 튜브 지지 조립체(25)의 상대적인 간격 및 배치가 도시되어 있다. 8 개의 지지 조립체들이 SG 의 원주 둘레에 이격된 것으로 도시되었지만, 더 적거나 더 많은 지지 조립체들이 생각될 수 있다. 또한 지지 조립체들은 특정의 설계 기준 및 설계 제한에 따라서 라이저 둘레에 동일한 간격으로 이격될 수 있거나 이격되지 않을 수 있다.

[0027] 도 3 은 다수의 튜브 다발들에 배치된 증기 발생 튜브(35)들을 포함하는 모델 증기 발생기 튜브 조립체(30)를 도시한다. 일부 예에서, 헬리컬 코일 튜브들의 연속적인 칼럼(column)들이 라이저(24)와 같은 라이저 둘레에서 각각 시계 방향 및 시계 반대 방향으로 번갈아서 회전하도록 구성된다 (도 2). 모델 증기 발생기 튜브 조립체(30)는 튜브(35)들의 거동을 분석하도록 구성될 수 있는데, 예를 들어 개별적인 튜브(35)들 및/또는 전체 튜브 다발 조립체의 공진 진동수(resonant frequency)를 판단하도록 구성된다.

[0028] 도 4 는 슬롯(48)들을 가진 다수의 바아(41)를 구비하는 예시적인 튜브 지지 조립체(40)를 도시하며, 튜브(45)들의 하나 이상의 칼럼 또는 열(row)이 슬롯 안에 안치된다. 바아(bar, 41)들 각각은 지지되는 튜브들의 수에 대응하는 다수의 슬롯(48)들이 양측에 기계 가공된다. 바아(41)들은 튜브들의 주어진 칼럼이 2 개의 인접한 바아들에 의해 지지되도록 엇갈릴 수 있다. 일부 예에서, 바아(41)들은 비임(43)에 용접될 수 있고, 비임은 SG 를 가로질러 반경 방향으로 연장되고 RPV 또는 다른 적절한 구조체에 용접된다. 튜브(46)들중 하나의 칼럼은 슬롯(48)들의 상대적인 위치를 나타내기 위하여 부분적으로 제거된 것으로 도시되어 있다.

[0029] 일부 예에서, 슬롯(48)들은 바아(41)들의 전방 표면 및 후방 표면 양쪽에 위치될 수 있다. 슬롯들은 제 1 바아(41)의 전방 표면에 위치하고, 또한 제 1 바아로부터 원주상으로 변위된 제 2 바아(41)의 후방 표면상에 위치됨으로써, 양쪽 바아들에 있는 슬롯들이 튜브들의 동일한 칼럼을 지지한다. 예시적인 증기 발생기의 조립중에, 열전달 튜브들의 제 1 칼럼은 비임(43)에 부착되었던 제 1 바아(41)에 있는 슬롯(42)들에 위치될 수 있다. 다음에 제 2 바아(41)는 열전달 튜브들의 동일한 칼럼을 그들의 대향하는 면상에서 지지하도록 위치되어 비임(43)에 부착될 수 있다. 열전달 튜브들의 제 2 칼럼은 제 2 바아의 대향하는 면에 있는 슬롯들 안에 위치될 수 있고, 슬롯들을 가진 제 3 바아는 열전달 튜브들의 제 2 세트를 지지하도록 위치될 수 있고 비임(43)에 부착된다. 열전달 튜브들의 추가적인 세트 및 바아들이 서로의 다음에 순차적으로 설치될 수 있어서 증기 발생기 조립체와 관련된 복수개의 열 및/또는 칼럼을 이룬다.

[0030] 다른 예에서, 관통 구멍(48)들의 제 1 부분 또는 절반은 제 1 바아의 하나 또는 그 이상의 측부들을 따라서 위치될 수 있고, 관통 구멍(48)들의 제 2 부분 또는 절반은 제 2 바아의 하나 또는 그 이상의 측부들을 따라서 위치될 수 있다. 제 1 바아를 다음의 제 2 바아에 연결함으로써, 관통 구멍의 제 1 부분 또는 절반은 관통 구멍의 제 2 부분 또는 절반과 짝을 이루어서 완전한 관통 구멍을 형성할 수 있으며, 완전한 관통 구멍은 열 전달 튜브를 그것의 전체 원주 둘레에서 둘러싸도록 구성될 수 있다.

[0031] 다른 예에서, 관통 구멍(48)들은 바아(41) 안에 전체적으로 위치될 수 있다. 예시적인 증기 발생기의 조립 동안

에, 열전달 튜브들의 하나 이상의 칼럼들을 포함하는 제 1 바아는 비임(43)에 부착될 수 있다. 다음에, 열전달 튜브들의 하나 이상의 추가적인 칼럼들을 포함하는 제 2 바아는 제 1 바아 다음에 설치될 수 있고 비임에 부착될 수 있다. 열전달 튜브들의 추가적인 바아들 및 칼럼들은 순차적으로 서로의 다음에 설치될 수 있다.

[0032] 도 5a 는 인라인(in-line) 바아 구성을 위한 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(50)를 도시하며, 이것은 단일 칼럼으로서 구성된 제 1 바아(51) 및 제 2 바아(52)를 연결하는 핀(57)을 포함하는 핀 조인트(pinned joint, 55)를 포함한다. 제 1 바아(51) 및 제 2 바아(52)중 하나 또는 양쪽은 바아의 일측부상에 복수개의 슬롯(58) 또는 부분적인 구멍들을 포함할 수 있고, 그것을 통해 다수의 튜브들이 지지 및/또는 장착될 수 있다.

[0033] 도 5b 는 도 5a 의 핀(57)이 핀 구멍(59)으로부터 제거된 제 2 바아(52)의 확대도를 도시한다. 핀 구멍(59)과 같은 유사한 구멍이 제 1 바아(51) 안에 위치될 수 있다. 일부 예에서, 튜브 지지 조립체(50)와 같은 제 1 인라인 바아(in-line bar)는 비임(43)과 같은 비임에 부착될 수 있다 (도 4). 튜브들의 제 1 세트, 제 1 열 또는 제 1 칼럼이 제 1 의 인라인 바아에 설치될 수 있고, 다음에 제 2 인라인 바아가 제 1 인라인 바아에 인접하여 위치되어 비임에 부착될 수 있다. 도 4 와 관련하여 위에서 설명된 하나 이상의 예들과 유사하게, 튜브들의 제 2 세트, 제 2 열 또는 제 2 칼럼이 제 2 인라인 바아에 설치될 수 있다. 일부 예에서, 제 1 인라인 바아 및 제 2 인라인 바아는 처음에 함께 짝을 이룰 수 있고 다음에 비임에 동시에 부착될 수 있다.

[0034] 일부 예에서, 튜브 지지체는 제 1 바아(51) 또는 제 2 바아(52)와 같은 지지 바아를 포함할 수 있다. 지지 바아는 복수개의 열 전달 뷰트들을 지지하도록 구성될 수 있다. 돌출부들의 세트가 지지 바아의 표면(SO)으로부터 연장되어 관통 구멍(58)과 같은 관통 구멍들, 부분적인 관통 구멍들 또는 하나 이상의 슬롯들을 형성할 수 있다. 일부 예에서, 돌출부들의 세트가 지지 바아의 표면(SO)(또는 슬롯의 배면)으로부터 연장되는 거리는, 지지되고 있는 복수개의 열전달 튜브들의 외부 직경보다 크거나 또는 그것과 같을 수 있다. 일부 예에서, 복수개의 튜브들의 인접한 튜브들은 돌출부들의 하나 이상의 세트에 의하여 서로로부터 분리될 수 있다.

[0035] 지지 바아의 표면(SO)은 제 1 열전달 튜브 및 제 2 열전달 튜브를 포함하는 열전달 튜브들의 세트와 접촉하도록 구성될 수 있다. 제 1 열전달 튜브에 접촉하는 지지 바아의 부분은 제 1 돌출부(PI) 와 제 2 돌출부(P2)의 중간에 위치될 수 있다. 제 1 돌출부(P1)는 제 1 열전달 튜브의 상부 표면에 접촉하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 제 2 돌출부(P2)는 제 1 열전달 튜브의 하부 표면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 제 2 돌출부(P2)는 제 2 열전달 튜브의 상부 표면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 제 2 열전달 튜브는 제 1 열전달 튜브에 근접하여 위치될 수 있다. 예를 들어, 열전달 튜브들의 세트는 지지 바아에 의해 지지된 열전달 튜브들의 칼럼 또는 열로서 구성될 수 있다.

[0036] 일부 예에서, 도 4 와 관련하여 위에서 설명된 하나 이상의 예와 유사하게, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(50)와 같은 제 2 지지 바아는 제 1 지지 바아에 인접하게 위치될 수 있다. 더욱이, 제 1 돌출부(P1) 및 제 2 돌출부(P2) 양쪽은 제 1 지지 바아로부터 연장되고 제 2 지지 바아의 인접한 표면 또는 후방측과 접촉하도록 구성될 수 있다. 인접한 표면의 개별적인 위치는 참고적으로 도 5b 에서 표면(SA)으로서 도시되어 있다. 일부 예에서, 증기 발생기 튜브 지지 조립체에 의해 지지되는 열전달 튜브의 원주는 제 1 지지 바아(SO)의 표면, 제 1 돌출부(P1), 제 2 돌출부(P2) 및, 제 2 지지 바아의 인접한 표면에 의해 둘러싸일 수 있다.

[0037] 일부 예에서, 제 2 지지 바아는 적어도 하나의 돌출부를 포함하는 제 2 세트의 돌출부들을 포함할 수 있으며, 돌출부는 제 2 지지 바아의 제 2 표면으로부터 연장되어, 복수개의 슬롯, 부분적인 관통 구멍들 또는 관통 구멍들을 형성할 수 있다. 제 2 표면은 제 2 지지 바아의 대향측상에 인접한 표면으로서 위치될 수 있다. 제 2 지지 바아의 제 2 표면은 제 2 바아의 제 2 표면으로부터 연장된 복수개의 돌출부들 중간의 위치에서 제 2 세트의 열전달 튜브들과 접촉하도록 구성될 수 있다.

[0038] 도 6a 및 도 6b 는 2 개의 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(60a,60b)를 각각 도시하며, 이것은 2 개 칼럼의 바아들로서 구성된 엇갈린 바아들을 위한 핀 조인트(pinned joint)를 포함하며, 각각의 바아의 2 개 측부들상에 슬롯들 또는 부분적인 구멍(68,69)들을 포함한다. 제조를 단순화시키고 그리고/또는 증기 발생기 튜브 지지 조립체들의 관련 제조 비용을 절감하기 위하여 바아들이 짧은 세그먼트(segment)로 기계 가공될 수 있도록, 핀 조인트가 이용될 수 있다. 증기 발생기 튜브 지지 조립체(60a)는 핀 조인트(65a)를 포함하는 것으로 도시되어 있으며, 이것은 수평으로 지향된 핀들을 보유하도록 구성된 제 1 핀 구멍(61) 및 제 2 핀 구멍(62)을 포함한다. 증기 발생기 튜브 지지 조립체(60b)는 핀 조인트(65b)를 구비하는 것으로 도시되어 있으며, 이것은 수평이지 않게 지향된 각도의 핀들을 보유하도록 구성된 제 1 핀 구멍(66) 및 제 2 핀 구멍(67)을 포함한다.

[0039] 증기 발생기 튜브 지지 조립체(60a,60b)는 튜브들의 2 개 칼럼을 유지하도록 구성될 수 있고, 이들 칼럼 쌍들의

일부는 상이한 수 및 상이한 튜브 간격을 가질 수 있다. 주어진 높이에서 서로 교차하는 인접한 칼럼들에 있는 한쌍의 튜브들은 SG 를 따른 다음의 둘러쌈(wrap)에서 동일한 위치에 가깝지 않을 수 있다. 증기 발생기 튜브 지지 조립체(60a,60b)는 복수개의 관통 구멍(68) 또는 부분적인 구멍들을 포함할 수 있고, 그것을 통하여 다수의 튜브들이 지지 및/또는 장착될 수 있다. 예를 들어, 튜브들의 제 1 칼럼은 튜브 지지 조립체(60A)의 제 1 측부상에 위치된 관통 구멍(68)들에 의해 지지될 수 있고, 튜브들의 제 2 칼럼은 튜브 지지 조립체(60A)의 제 2 측부상에 위치된 관통 구멍(69)들에 의해 지지될 수 있다.

[0040] 도 7 은 엇갈린 지지 구조체(74)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(70)를 통한 지진 하중 경로(seismic load path, 71)의 평면도를 도시한다. 지지 구조체(74) 사이의 간극은 예시의 목적을 위하여 과장되게 그려졌다. 튜브 지지 조립체(70)의 측방향 강성도(lateral stiffness)를 증가시키도록 RPV(76)의 벽에서 그리고/또는 튜브들 사이에서 트랙 및/또는 범퍼의 배치가 구성될 수 있다.

[0041] 튜브(75)들의 굽힘 응력은 조립체가 RPV(76)에 대하여 위로 쌓여지는 외측 칼럼들을 향하여 증가될 수 있다. 측방향 지진 하중하에서, 지지 구조체(74)들의 최대 변형은 가속의 축을 따라서 증가될 수 있다 (이러한 위치에서 원주 방향 변형이 있다). 지지 구조체(74)를 엇갈린 방위로 배치함으로써, 하중이 결국 라이저(riser) 또는 RPV(76)에 도달할 때까지 하중은 지지 구조체(74)들 사이에서 튜브(75)들을 통하여 전달될 수 있다.

[0042] 도 8 은 인라인 지지 구조체(84)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(80)를 통한 지진 하중 경로(81)의 평면도를 도시한다. 지지 구조체(84)의 인라인 구성은 스트레스를 경감시킬 수 있고 그리고/또는 하중이 튜브(75)들보다는 지지 구조체(84)를 통과하는 경로를 제공할 수 있다. 튜브 지지 조립체(80)는 지지 구조체(84)들을 통한 하중 경로를 제공하도록 구성될 수 있는데, 이것은 압축성이고 용이하게 전달 가능하다. 스페이서(spacer, 87)는 RPV(76)에 가장 가깝게 위치하는 지지 조립체(80)와 RPV(76) 사이에 위치될 수 있다. 일부 예에서, 스페이서(76)는 RPV(76)에 부착될 수 있다.

[0043] 도 7 및 도 8 에 도시된 엇갈린 지지 구조체 및 인라인 지지 구조체는 튜브(75)들을 상이하게 제한한다. 예를 들어, 엇갈린 튜브 지지 조립체(70)는 각각의 튜브를 따라서 서로로부터 이격된 한쌍의 슬롯들을 가지고 각각의 튜브를 지지한다. 그렇게 함으로써 수직 모멘트의 제한이 제공되며, 이것은 튜브(75)들이 지지부에서 수평의 반경 방향 축 둘레로 회전하는 것을 제한한다. 다른 한편으로, 인라인 튜브 지지 조립체(80)는 각각의 지지 위치에서 하나의 슬롯을 포함할 수 있으며, 이것은 일부 예에서 튜브(75)들이 지지 구조체(74)에서 수평의 반경 방향 축 둘레로 회전할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0044] 도 9a 는 지지 구조체(92)의 양측에 배치된 복수개의 튜브(75)들을 가진 예시적인 튜브 지지 조립체(90)의 측면도를 도시한다. 지지 구조체(92)는 복수개의 튜브 지지부들 또는 부분적인 구멍을 포함할 수 있고, 상기 구멍을 통하여 튜브(95)가 지지될 수 있고 그리고/또는 장착될 수 있다. 일부 예에서, 튜브 지지부(98)는 튜브 지지부(98)의 내측 표면과 튜브(95) 사이에 직경 방향의 간극(96)을 제공하는 특정의 공차 및/또는 간격을 가지고 제조될 수 있다.

[0045] 도 9b 는 도 9 의 2 개의 엇갈린 튜브 지지 조립체(90)들의 정면도를 도시한다. 튜브(95)가 지지 구조체(92)에 대하여 공칭의 경사로부터 각도(87)로 이탈되게 피봇 회전할 때, 튜브 지지 조립체(90)는 튜브(95)의 수직 모멘트 제한을 제공하도록 구성될 수 있다. 각도(97)는 튜브 지지부(98)와 제 2 튜브 지지부(99) 사이의 거리(94) 및 직경 방향 간극(96)의 조합에 의해 결정될 수 있거나 또는 그로부터 초래될 수 있다. 튜브(95)는 튜브 지지부(98) 및 제 2 튜브 지지부(99) 양쪽 또는 어느 한쪽의 내측 표면들을 타격하기 전에 약간 피봇되도록 구성될 수 있다.

[0046] 직경 방향의 간극(96)은 하나 이상의 튜브 지지부 및/또는 인접한 지지 구조체들 사이의 그 어떤 잘못된 정렬이라도 감소시키거나 또는 수정하는데 도움을 줄 수 있다. 일부 예에서, 특정의 작동 상태중에, 예를 들어 높은 진폭을 가진 저주파수의 진동 동안, 지지 구조체(92)는 모멘트 제한을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0047] 튜브 지지 시스템은 원주 방향에서 최외측 지지 구조체 및 최내측 지지 구조체를 포착하도록 RPV 벽 및 라이저 외측 벽에 범퍼 또는 트랙을 추가함으로써 원주 방향에서 단단해질 수 있다. 튜브 지지 시스템들은 인라인 구조 또는 엇갈린 구조 양쪽에서 완전한 길이의 지지 구조체 또는 세그멘트의 지지 구조체로 구성될 수 있다. 예를 들어, 완전한 길이의 지지 구조체는 증기 발생기의 전체 높이에 걸쳐있는 바아를 포함할 수 있다.

[0048] 도 10 은 지지 바아(102)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(100)를 도시한다. 지지 바아(102)는 비임(104)에 부착될 수 있다. 일부 예에서, 지지 바아(102)는 지지 바아(102)를 비임(104)에 부착시키도록 용접 영역(106)을 이용할 수 있다. 비임(104)은 인접한 구조체에 부착된 증기 발생기의 저부 또는 상부에 위치된 반경 방

향 비임을 포함할 수 있다.

[0049] 지지 바아(102)는 하나 이상의 부착 방법들에 의해 바아의 상부 및 저부에서 비임(104)에 고정될 수 있으며, 상기 부착 방법은 용접된 상부 및 저부, 용접된 상부 및 부동하는(floating) 저부, 핀 고정된(pinned) 상부 및 저부, 핀 고정된 상부 및 부동하는 저부를 포함한다. 바아(102)에서의 굽힘 응력은 지지 바아(102) 및 RPV 를 위하여 사용된 재료들 사이에서의 열 팽창 편차로부터 주로 초래될 수 있다. 예를 들어, 스테인레스 스틸 지지 바아는 저 얼로우 스틸 RPV(low allow steel RPV) 보다 더 팽창할 수 있고, 이것은 지지 바아(102)가 압축될 수 있게 한다. 일부 예에서, 튜브 지지 조립체(100)는 지지 바아(102)의 저부에서 회전 및 측방향 움직임을 제한하고 지지 바아(102)가 수직으로 움직일 수 있도록 구성될 수 있다.

[0050] 도 11 은 증기 발생기 튜브 지지 조립체의 예시적인 지지 바아(110)를 도시한다. 지지 바아(110)는 핀 고정된 단부(112)를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 핀 고정 연결(pinned connection)은 도 10 을 참조하여 설명된 바와 같이 지지 바아를 비임에 용접하는 것의 대안을 제공할 수 있다. 용접 조인트에서 높은 응력이 전개될 수 있기 때문에, 핀 고정 연결은 응력의 양을 감소시킬 수 있다. 일부 예에서, 지지 바아(110)와 관련된 핀 고정 연결은 증기 발생기의 원주 축 둘레로 회전하도록 구성될 수 있다. 반경 방향 축 둘레의 회전은 제한될 수 있다.

[0051] 핀 고정 상부 연결(pinned top connection) 및 부동 저부 연결(floating bottom connection)을 이용하는 예시적인 지지 구조체에서, 저부 연결은 증기 발생기의 원주 축(circumferential axis) 둘레의 상대적인 움직임을 허용하고, 또한 저부 비임에 대한 수직 변위를 허용하여 열 응력을 회피한다.

[0052] 일반적으로, 반경 방향 비임에 대한 바아의 연결에 인접한 응력은 부동 저부 연결 또는 핀 고정 연결을 이용함으로써 감소될 수 있거나, 또는 특정의 예에서, 양쪽 연결 유형의 조합에 의하여 감소될 수 있다. 부동하는(floating) 저부 지지부는 지지 바아를 커다란 열 응력으로부터 경감시키도록 구성될 수 있고, 핀 고정 연결은 부착부에서 인접하여 높은 모멘트에 의해 야기되는 응력을 경감시키도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 증기 발생기 지지 바아들은 용접 상부 연결 및 안내된 부동 저부 연결(guided floating bottom connection)을 이용하도록 구성될 수 있다.

[0053] 도 12a 는 인라인 바아(in-line bar, 210)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(200)를 도시하며, 각각의 바아는 일 측부에 복수개의 슬롯(220)들을 가지고 대향하는 측부에 모따기(chamfer)를 가진다. 슬롯(220)들은 다수의 돌출부들 사이 또는 돌출부들 세트의 사이에 형성될 수 있고, 돌출부는 바아(210)의 표면으로부터 연장되며, 제 1 돌출부(221) 및 제 2 돌출부(222)와 같은 것이 형성된다. 슬롯(220)들은 복수개의 튜브(230)들을 수용하도록 수직의 칼럼들로 지향될 수 있다. 슬롯(220)들은 랜딩 영역(landing region)으로 모따기(chamfer)될 수 있다.

[0054] 일부 예에서, 튜브 지지부(220)는 바아(210)와 같은 지지 바아를 포함할 수 있다. 바아(210)는 복수개의 열전달 튜브(230)들을 지지하도록 구성될 수 있다. 돌출부들의 세트가 바아(210)의 표면으로부터 연장될 수 있다. 일부 예에서, 돌출부들의 세트가 바아(210)의 표면으로부터 연장되는 거리는 복수개의 열전달 튜브(230)들의 임의의 하나의 튜브 외측 직경보다 크거나 같을 수 있다. 일부 예에서, 복수개의 튜브(230)들중 인접한 튜브들은 돌출부들의 하나 이상의 세트에 의하여 서로로부터 분리될 수 있다.

[0055] 바아(210)의 표면은 제 1 열전달 튜브(231) 및 제 2 열전달 튜브(232)를 포함하는 열전달 튜브들의 세트와 접촉하도록 구성될 수 있다. 제 1 열전달 튜브(231)와 접촉하는 바아(210)의 표면은 제 1 돌출부(221)와 제 2 돌출부(222) 중간에 위치한다. 제 1 돌출부(221)는 제 1 열전달 튜브(231)의 상부 표면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 제 2 돌출부(222)는 제 1 열전달 튜브(231)의 하부 표면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 제 2 돌출부(222)는 제 2 열전달 튜브(232)의 상부 표면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 제 2 열전달 튜브(232)는 제 1 열전달 튜브(231)에 인접하게 위치될 수 있다. 예를 들어, 열전달 튜브들의 세트는 지지 바아(210)에 의해 지지되는 열전달 튜브들의 칼럼 또는 열(row)로서 배치될 수 있다.

[0056] 도 12b 는 도 12a 의 튜브 지지부(210)와 같은 복수개의 튜브 지지부들을 포함하는 예시적인 튜브 지지 시스템을 도시한다. 복수개의 튜브 지지부들은 함께 조합되어 튜브들의 복수개의 칼럼들을 형성할 수 있다. 일부 예에서, 스페이서(spacer, 240)는 튜브들의 최내측 및 최외측 칼럼들에 인접하여 위치될 수 있고 그리고/또는 그에 부착될 수 있다.

[0057] 바아(210)는 상기 바아(210)에 인접하게 위치된 튜브들의 칼럼 및/또는 제 2 바아(250)와의 반경 방향 접촉을 제공하도록 구성될 수 있다. 바아(210)는 튜브(231)들의 제 1 세트의 중량을 지지 및/또는 유지하도록 구성될 수 있다. 또한, 제 2 바아(250)는 튜브(232)들의 제 2 세트를 지지하도록 구성될 수 있다. 도 4 를 참조하여 위에서 설명된 하나 이상의 예에서와 유사하게, 튜브 지지부(200)의 방위에 따라서, 튜브(231)들의 제 1 세트 및

튜브(232)들의 제 2 세트는 튜브들의 2 개 칼럼 또는 2 개 열로서 구성될 수 있다. 튜브 지지부(200)는 다양한 예시적인 구성에 따라서 실질적으로 수평이거나 또는 실질적으로 수직의 위치에 방위를 정할 수 있다. 바아(210)의 배면측은 튜브들의 인접한 칼럼에 적절한 반경 방향 제한을 제공하도록 모따기(chamfered)될 수 있다.

[0058] 일부 예에서, 각각의 튜브 지지부는 튜브들의 하나의 칼럼을 위한 슬롯들을 가지고 구성될 수 있고, 인접한 튜브 지지부의 뒤는 튜브들의 슬롯들의 밖으로 나오는 것을 억제하고 반경 방향에서의 튜브 제한을 제공하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 각각의 지지 조립체를 위한 인라인 바아들의 하나의 열이 있을 수 있다. 튜브 지지부(200)의 모따기된 랜딩 영역(chamfered landing region)은, 인접한 바아들 및/또는 튜브들과 접촉할 때, 지탱 영역(bearing area)을 제공하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 모따기된 스페이서 바아는 튜브 지지부들의 열의 단부에 제공되어 마지막 지지 바아 및/또는 튜브들의 마지막 칼럼에 대한 측방향 지지를 제공할 수 있다. 튜브 지지부(200)는 우수한 반경 방향 접촉 표면을 제공하도록 구성될 수 있어서, 지진과 같은 이벤트 동안에 복수개의 튜브 지지부들 사이에서 수평의 하중 전달을 허용한다.

[0059] 일부 예에서, 제 2 바아(250)는 지지 바아(210)에 인접하게 위치될 수 있다. 또한, 제 1 돌출부(231) 및 제 2 돌출부(232) 모두는 지지 바아(210)로부터 연장되어 제 2 바아(250)의 인접한 표면 또는 배면과 접촉하도록 구성될 수 있다. 제 1 열전달 튜브(231)와 같은 열전달 튜브의 원주는 지지 바아(231)의 표면, 제 1 돌출부(221), 제 2 돌출부(222) 및 제 2 바아(250)의 인접한 표면에 의해 둘러싸일 수 있다. 제 2 바아(250)는 제 2 바아(250)의 제 2 표면으로부터 연장된 적어도 하나의 돌출부를 포함하는 돌출부들의 제 2 세트를 포함할 수 있다. 제 2 표면은 인접한 표면으로서 제 2 바아(250)의 대향 측상에 위치될 수 있다. 제 2 바아(250)의 제 2 표면은 제 2 바아(250)의 제 2 표면으로부터 연장된 2 개 돌출부들 중간의 위치에서 열전달 튜브(232)들의 제 2 세트와 접촉하도록 구성될 수 있다.

[0060] 도 13a 는 기둥(320)이 있는 바아(310)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 시스템(300)을 도시한다. 기둥(320)은 도 13b 에 도시된 바와 같이 튜브(330)들과 접촉하는 상대적으로 평탄한 상부 표면들을 가지도록 기계 가공되고 그리고/또는 제조될 수 있다. 이러한 평탄 표면들의 각도는 지지되고 있는 튜브의 각도에 대응할 것이다. 일부 예에서, 바아(310)로부터 기계 가공으로 재료를 깍아냄으로써, 기둥(320)들은 바아(310)와 일체로 형성될 수 있다. 기둥(320)들은 튜브(330)를 위한 수직 지지를 제공하도록 평탄한 상부 및 저부 표면들로 구성될 수 있다. 튜브 지지 시스템(300)은 다양한 예시적인 구성에 따라서 실질적을 수평의 위치 또는 실질적으로 수직의 위치로 방위가 정해질 수 있다.

[0061] 도 13b 는 예시적인 튜브 지지 시스템의 측면도를 도시하는데, 이것은 바아(310)의 제 1 측부상에 위치된 기둥(320)들과 같은 제 1 세트의 기둥들 및, 바아(310)의 제 2 측부상에 위치된 제 2 세트의 기둥(325)들을 포함한다. 기둥(320)들은 제 1 세트의 튜브(330)들을 지지하도록 구성될 수 있고, 제 2 세트의 기둥(325)들은 튜브(340)들의 제 2 세트를 지지하도록 구성될 수 있다. 일부 예에서,기둥(320)들은 바아(310)를 통하여 연장되어 바아(310)의 양측에서 2 개 세트들의 튜브들을 위한 지지를 제공할 수 있다.

[0062] 도 13c 는 도 13a 의 바아(310) 및 제 2 바아(360)와 같은 복수개의 바아들을 포함하는 튜브 지지 시스템의 평면도를 도시한다. 일부 예에서, 지지 시스템은 튜브(330)들의 제 1 세트의 길이를 따라서 번갈아서 위치되거나 또는 엇갈리게 되어 있는 지지 바아들을 포함할 수 있다. 여기에 설명된 일부 다른 설계에서와 같이, 튜브(330)들의 제 1 세트는 슬롯들에 의해 지지되기 보다는 기둥(320)으로서 형상화된 돌출부상에 놓이도록 튜브 지지 시스템이 구성될 수 있다.

[0063] 일부 예에서, 튜브 지지 조립체는 바아(310)와 같은 지지 바아를 포함할 수 있는데, 이것은 증기 발생기 시스템의 복수개의 열전달 튜브들을 지지하도록 구성된다. 기둥(320)들과 같은 돌출부들의 세트는 지지 바아(310)의 표면으로부터 연장될 수 있는데, 튜브(330)들의 제 1 세트와 같은, 튜브들의 인접한 세트의 외측 직경보다 작은 거리로 연장된다. 일부 예에서, 돌출부의 세트는 열전달 튜브의 외측 직경보다 크거나 또는 그것과 같은 거리로 지지 바아(310)의 표면으로부터 연장될 수 있다. 튜브들의 인접한 세트들은 하나 이상의 돌출부들의 세트에 의하여 서로로부터 분리될 수 있다. 일부 예에서, 튜브들의 인접한 세트들은 지지 바아들의 폭에 따라서 서로로부터 분리될 수 있다. 예를 들어, 튜브(330)들의 제 1 세트는 제 2 바아(360)의 폭에 의하여 열전달 튜브(350)들의 제 2 세트로부터 분리될 수 있다. 제 2 바아(360)는 도 4 와 관련하여 위에서 설명된 하나 이상의 예와 유사하게 지지 바아(310)에 인접하게 위치될 수 있다.

[0064] 일부 예에서, 제 1 열전달 튜브(331)와 같은 열전달 튜브의 원주는 지지 바아(310)의 표면(315), 제 1 돌출부(321), 제 2 돌출부(322) 및, 제 2 바아(360)의 인접한 표면(365)에 의해 둘러싸일 수 있다. 제 2 바아(360)는 제 2 지지 바아의 인접한 표면(365)으로부터 연장된 적어도 하나의 돌출부를 포함하는 돌출부(370)들의 세트를

포함할 수 있고, 이것은 열전달 튜브(330)의 제 1 세트에 있는 하나 이상의 튜브들과 접촉한다. 예를 들어, 제 1 열전달 튜브(331)는 바아(310)의 표면(315), 제 1 돌출부(321), 제 2 돌출부(322) 및, 제 2 바아(360)의 인접한 표면(365)들과 접촉할 수 있다.

[0065] 제 2 바아(360)는 제 2 바아(360)의 제 2 표면(368)으로부터 연장된 적어도 하나의 돌출부를 포함하는 제 2 세트의 돌출부(375)를 구비할 수 있다. 제 2 표면(368)은 인접 표면(365)으로서 제 2 바아(360)의 대향하는 측에 위치될 수 있다. 더욱이, 제 2 바아(360)의 제 2 표면(368)은 열전달 튜브(350)들의 제 2 세트와 접촉하도록 구성될 수 있다.

[0066] 도 14 는 클립(410)을 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다. 클립(410)은 제 1 튜브를 지지하도록 구성된 상부 부분(412) 및 제 2 튜브를 지지하도록 구성된 하부 부분(414)을 포함할 수 있다. 하부 부분(414)은 슬롯(416)을 포함할 수 있다.

[0067] 도 15 는 복수개의 클립들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부(400)를 도시한다. 하나 이상의 클립이 같은 튜브를 지지하도록 이용될 수 있다. 예를 들어, 클립(410)과 관련하여 설명된 것과 유사하게, 제 1 클립(420)은 제 1 튜브(431) 및 제 2 튜브(432) 양쪽을 지지하도록 구성될 수 있다. 제 1 튜브(431)는 튜브 조립체에서 제 2 튜브(432)에 인접하게 위치될 수 있다.

[0068] 클립(440)과 관련하여 설명된 것과 유사하게, 제 2 클립(440)은 제 2 튜브(432) 및 제 3 튜브(433) 양쪽을 지지하도록 구성될 수 있다. 제 1 클립(420)의 하부 부분 및 제 2 클립(440)의 상부 부분은 동일한 튜브를 지지하도록 구성될 수 있으며, 즉, 제 2 튜브(432)를 지지하도록 구성될 수 있다. 따라서 제 2 튜브(432)는 제 1 클립(420) 및 제 2 클립(440)에 의해 지지될 수 있다.

[0069] 일부 예에서, 제 2 클립(440)의 상부 부분은 제 1 클립(420)의 하부 부분 안에 위치되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제 2 클립(440)의 상부 부분은 제 1 클립(420)의 하부 부분과 관련된, 클립(410)에 도시된 슬롯(416)과 같은 슬롯을 통하여 통과되도록 구성될 수 있다. 제 2 튜브(432)는 제 2 클립(440)의 상부 부분 및 제 1 클립(420)의 하부 부분 양쪽 사이를 통과할 수 있다. 일부 예에서, 복수개의 클립들은 튜브들의 열 또는 칼럼을 지지하도록 함께 체인(chain)을 이룰 수 있다. 더욱이, 예를 들어 튜브들의 칼럼 및/또는 열을 단단하게 함께 연결함으로써, 클립(410)은 튜브들의 진동을 감소 및/또는 감쇠시키도록 구성될 수 있다.

[0070] 튜브 지지부(400)는 C 형상 클립과 함께 인접한 튜브들을 수직으로 연결하도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 240 개의 튜브들의 칼럼은 그들을 함께 연결하는 239 개의 클립들을 가질 수 있다. 상부 클립 및 하부 클립은 비임에 부착되도록 튜브 지지부(400)의 상부 및 저부에 제공될 수 있다. 클립들은 그것을 서로 수직으로 정렬되게 유지하도록 혀부분-홈부분 디자인(tongue-and-groove design)을 포함할 수 있다. 추가적으로, 클립들은 튜브들이 작동중에 이완되는 것을 방지하도록 튜브들로 스냅되도록 구성될 수 있다. 튜브 지지부(400)는 부동 지지부(floating support)와 유사하게, 몇개의 튜브들을 함께 단단하게 연결함으로써 튜브들의 진동을 감소시키는데 도움이 될 수 있다.

[0071] 도 16a 및 도 16b 는 격자(lattice, 610)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(600)를 도시한다. 격자(610)는 수직 바아(620)와 같은 복수개의 수직 지지 바아들을 포함할 수 있고, 바아(640)와 같은 복수개의 횡단 바아 및/또는 스트립들을 포함할 수 있다. 도 16b 에 도시된 바와 같이, 수직 바아(620) 및 횡단 바아(640)의 양쪽 모두 또는 이들중 하나는 노취(notch, 645)와 같은 하나 이상의 노취들을 포함할 수 있고, 이들은 격자(62)를 연결, 상호 잠금 및/또는 조립하기 위한 수단을 제공하도록 구성된다. 일부 예에서, 각도를 이루는 노취(625)는 수직 바아(620)와 횡단 바아(640) 사이에 각도를 이루는 연결을 제공하도록 사용되어 격자(610)의 추가적 측방향 지지를 제공할 수 있다.

[0072] 튜브들의 각각의 칼럼을 의도된 높이에서 지지하는데 필요한 바와 같이, 횡단 지지 바아(640)는 파도와 같은 형상(wave-like profile) 또는 기복이 있는 형상(undulating profile)으로 도시된 반면에, 수직 지지 바아(620)는 실질적으로 선형이거나 또는 직선의 단단한 동체를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 수직 및 횡단 바아들은 감쇠 효과를 제공하도록 구성될 수 있어서, 그 어떤 진동 또는 지진으로 유발된 튜브(630)에 대하여 발생될 수 있는 응력이라도 감소시킨다. 일부 예에서, 횡단 바아(640)는 인접한 칼럼에 있는 튜브들로부터 수직으로 오프셋된 제 1 칼럼의 튜브들을 지지하도록 구성될 수 있다.

[0073] 하나 이상의 횡단 바아들은 수직의 지지 바아들에 용접될 수 있거나, 또는 간섭 맞춤(interference fit)으로 접합되도록 구성될 수 있다. 튜브 지지부(600)는 동일한 수직 피치를 가지는 복수개의 튜브 칼럼들을 지지하도록 구성될 수 있다. 일정한 수직 피치를 가짐으로써, 횡단 바아(640)의 동일한 디자인은 튜브 지지부(600)의 격자

에서 그 어떤 높이에서도 이용될 수 있다. 횡단 바아(640)들은 수평의 지진 하중을 유지한다.

[0074] 도 17a 는 체인으로 연결된 부착부(710)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부를 도시한다. 일부 예에서, 체인으로 연결된 부착부(710)는 제 1 부착부(712) 및 제 2 부착부(714)와 같은, 하나 이상의 짜여진(woven) 와이어 로프 또는 케이블을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 제 1 부착부(712) 및/또는 제 2 부착부(714)는 튜브(730)들 둘레에서 그리고/또는 주위에서 짜여질 수 있는 상대적으로 유연성 있는 재료를 포함할 수 있다.

[0075] 제 1 부착부(712)는 특정 튜브의 제 1 절반 둘레를 감싸도록 구성될 수 있고, 제 2 부착부(714)는 특정 튜브의 제 2 절반 둘레를 감싸도록 구성될 수 있어서 튜브의 모든 측부 둘레에서 튜브를 지지한다. 제 1 부착부(712) 및 제 2 부착부(714)중 하나 또는 양쪽 모두는 기복이 있는 방식으로(undulating manner)으로 계속되어 인접한 튜브(730)들의 칼럼 또는 일련의 인접한 튜브들 둘레를 감쌀 수 있다.

[0076] 일부 예에서, 제 1 부착부(712)는 제 2 부착부(714)에 인접하게 위치되어 루프들의 체인(chain of loop)를 형성함으로써, 상기 루프를 통하여 튜브(730)가 지지될 수 있다. 복수개의 체인 부착부들은 튜브 다발 둘레의 다수 위치들에 위치될 수 있어서 튜브(730)들을 수직 방향 및 측방향 양쪽으로 복수의 상이한 지점들에서 지지한다. 튜브 지지부는 수직의 방위로 매달릴 수 있다. 예를 들어, 체인 부착부(710)의 상부 부분은 수직 지지부에 연결될 수 있다.

[0077] 도 17b 는 도 17a 의 체인 부착부(710) 및 하나 이상의 바아들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부(700)를 도시한다. 체인 부착부(710)는 제 1 바아(720) 및 제 2 바아(725)와 같은, 하나 이상의 수직 바아들에 인접하게 그리고/또는 수직 바아들의 중간에 위치될 수 있다. 수직 바아들은 튜브들의 추가적인 측방향 지지를 제공할 수 있어서, 튜브들의 제 1 칼럼은 분리된 체인 부착부에 의해 지지될 수 있는 튜브들의 인접한 칼럼과의 접촉이 허용되지 않는다.

[0078] 도 18a 는 칼라(collar, 810)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(800)의 정면도 및 배면도를 도시한다. 칼러(810)들은 칼라(810)들을 통하여 그리고/또는 칼러들에 인접하게 통과하는 하나 이상의 튜브(830)들을 지지하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 바아(840)들은 칼라들을 지지하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 칼러(810)들의 제 1 단부 및 칼러(810)들의 제 2 단부는 하나 이상의 바아(840)들에 연결될 수 있고 그리고/또는 용접될 수 있다.

[0079] 일부 예에서, 칼러(collar, 810)들은 2 개 이상의 바아들 중간에 그리고/또는 그에 인접하게 위치될 수 있다. 2 개 또는 그 이상의 바아들은 칼러(810)들의 추가적인 측방향 지지를 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 18b 에 도시된 바와 같이, 제 1 칼러(812)는 제 1 바아(842)와 제 2 바아(844) 사이에 위치될 수 있다. 더욱이, 제 2 칼러(814)는 제 1 바아(842)와 제 2 바아(844) 사이에 위치될 수 있다. 제 1 튜브(832)는 제 1 칼러(812)를 통해 통과하고 그리고/또는 그에 의해 지지되는 것으로 도시되고, 제 2 튜브(834)는 제 2 칼러(814)를 통해 통과하고 그리고/또는 그에 의해 지지되는 것으로 도시된다. 일부 예에서, 제 3 튜브(836)는 제 1 칼러(812)와 제 2 칼러(814) 중간에 위치되고 그리고/또는 지지될 수 있다. 예를 들어, 제 1 칼러(812)와 제 2 칼러(814) 사이에 공간이 제공될 수 있어서 제 3 튜브(836)와 같은 중간 튜브를 수용한다.

[0080] 제 1 바아(842)는 튜브(830)들의 외측 직경과 대략 같거나 또는 그보다 약간 큰 거리로 제 2 바아(844)로부터 이격될 수 있다. 따라서, 바아(840) 및/또는 칼러(810)는 튜브들 각각에 대하여 예를 들어 튜브의 상부측, 하부측, 좌측 및 우측 각각에서 적어도 4 개의 접촉 지점을 튜브 지지부(800)에 제공함으로써 튜브(830)들의 측방향 지지 및 수직 지지를 제공하도록 구성될 수 있다. 측방향의 지진 하중은 튜브(830)들 보다는 칼러(810) 및/또는 바아(840)를 통해 전달될 수 있다.

[0081] 일부 예에서, 칼러(810)들이 바아(840)에 연결되고 그리고/또는 용접될 때까지 튜브(830)들은 물리적으로 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 튜브(830)들이 칼러(810)들 안으로 삽입된 이후에 칼러(810)들이 바아(840)들에 용접될 수 있다. 튜브들이 조립된 이후에 칼러(810)들이 바아(840)들에 연결될 수 있다. 일부 예에서, 칼러(810)들은 긴 튜브로부터 각도를 두어 절단될 수 있고, 칼러(810)들의 가장자리는 튜브(830)상에의 마모를 방지하도록 베벨(bevel) 경사질 수 있다.

[0082] 튜브 지지부(800)는 상대적으로 짧은 칼러들로 구성될 수 있는데, 이것은 증기 발생기 튜브(130)에 걸쳐 미끄러지고 칼럼들 사이에 매달린 복수개의 바아들에 부착된다. 용접된 칼러 디자인은 튜브 형상의 칼러들로 구성될 수 있으며, 이들은 칼러의 양쪽 단부에서 직선의 지지 바아들에 용접된다. 칼러와 SG 튜브 사이의 작은 반경 방향 간극은 칼러가 단부로부터 튜브상으로 미끄러질 수 있고 바아들 다음에 위치될 수 있도록 구성될 수 있다. 일단 제 위치에 있으면, 칼러는 바아들에 용접될 수 있다. 일부 예에서, 칼러들은 양쪽의 인접한 칼럼들로부터

바아들에 용접될 수 있다. 다른 예에서, 칼러는 튜브들의 칼럼 뒤에서 바아들에 용접될 수 있다. 또 다른 예에서, 다른 튜브 마다 하나 또는 그 이상의 바아들에 용접될 수 있고, 중간 튜브들은 인접한 칼러들과 바아들 사이에 놓일 수 있다.

[0083] 도 18c 는 하나 이상의 칼러(875)들을 포함하는 다른 예시적인 튜브 지지부(850)를 도시한다. 튜브 지지부(850)는 적층된 칼러(stacking collars, 875)들을 포함할 수 있으며, 이들은 증기 발생기 튜브들의 설치를 허용하는 절제부(cutout) 또는 실린더형 구멍들을 가진다. 튜브 지지부(850)는 모든 튜브마다 대응하는 칼러로 구성될 수 있다. 칼러(875)들은 2 개의 수직 바아(871,872)들에 의해 형성된 트랙(870)에 쌓여질 수 있다. 트랙(870)은 2 개의 바아(871,872)들상에 용접된 지원용 플레이트(baking plate, 880)를 포함할 수 있다. 더욱이, 칼러(875)들은 지원용 플레이트(880)에 용접될 수 있다. 다른 예에서, 트랙(870)은 단일 부재로부터 기계 가공될 수 있다. 일부 예에서, 트랙 및 칼러는 칼러들을 트랙 안에 포착하는 열쇠 구멍과 같은 특징을 포함할 수 있다.

[0084] 칼러(875)들의 적층(stacking)은 튜브들의 수직 지지를 제공하도록 구성될 수 있고, 측방향 지지는 바아(871,872)들에 의해 제공될 수 있다. 일부 예에서, 칼러들이 트랙에 키이 결합되는 경우에, 튜브들의 측방향 지지는 칼러들에 의해 제공될 수도 있다. 일부 예시적인 증기 발생기 조립체에서, 열전달 튜브는 트랙(870)에 부착되기 전에 칼러(875)들중 하나 안으로 삽입될 수 있다. 복수개의 칼러(875)들은 마찬가지로 열전달 튜브의 길이를 따라서 배치될 수 있고, 다음에 예를 들어, 증기 발생기 조립체의 둘레에 배치된 복수개의 트랙(870)들에 순차적으로 부착된다. 다른 예에서, 하나 또는 그 이상의 칼러(875)들은 열전달 튜브들을 삽입하기 전에 트랙(870)에 부착될 수 있다.

[0085] 열전달 튜브들의 둘레에 원주상의 지지를 제공하는 것에 더하여, 칼러(875)들은 지원용 플레이트(880)로부터 돌출하도록 구성될 수 있어서, 칼러(875)의 후방 표면(876)은 대략 제 1 바아(871) 및/또는 제 2 바아(872)의 전방 표면(886)과 정렬된다. 따라서, 칼러(875)들중 하나에 의해 지지되는 열전달 튜브는 칼러의 후방 표면(876) 및 바아의 전방 표면(886) 양쪽과 접촉할 수 있다. 일부 예에서, 칼러(875)들의 대향하는 표면(896)은 인접한 바아의 표면과 정렬될 수 있다. 예를 들어, 튜브 지지부(850)는 하나 이상의 바아들 및 슬롯을 가진 제 2 튜브 지지부에 인접하게 위치될 수 있으며 상기 슬롯 안에 칼러(875)들이 마찬가지로 위치되고 그리고/또는 부착될 수 있다. .

[0086] 도 19a 는 장착 시트(905)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(900)의 사시도를 도시한다. 장착 시트(905)는 튜브(130)와 같은 하나 이상의 튜브들을 지지하도록 구성된 복수개의 돌출부(902,904)들을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 돌출부들은 수직으로 오프셋된 칼럼들로 구성될 수 있다. 제 1 칼럼의 제 1 돌출부(902)는 튜브(130)의 상부 표면과 접촉하고 그리고/또는 그것을 지지하도록 구성될 수 있고, 제 2 칼럼의 제 2 돌출부(904)는 튜브(130)의 하부 표면과 접촉하고 그리고/또는 그것을 지지하도록 구성될 수 있다.

[0087] 도 19b 는 도 19a 의 장착 시트(905)와 유사하게, 복수개의 장착 시트(907,908)의 측면도를 도시하며, 장착 시트들은 튜브 조립체의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공하도록 서로 인접하게 위치되고 그리고/또는 쌓여진다. 예를 들어, 튜브(130)는 2 개의 인접한 장착 시트(907,908) 사이에 위치되고 그리고/또는 지지될 수 있다. 장착 시트(907,908)들 각각은 하나 이상의 튜브들을 지지하도록 구성된 복수개의 돌출부(906)들을 포함할 수 있다.

[0088] 일부 예에서, 돌출부(906)들의 제 1 부분은 튜브들의 제 1 칼럼을 지지하도록 장착 시트의 제 1 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있고, 돌출부(906)들의 제 2 부분은 튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 장착 시트의 제 2 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있다.

[0089] 도 20 은 장착 시트(915)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(910)를 도시한다. 장착 시트(915)는 하나 이상의 튜브(130)를 지지하도록 구성된 복수개의 돌출부(912)들을 포함할 수 있다. 돌출부(912)들은 하나 이상의 후크(hook)로서 구성될 수 있다. 돌출부(912)들중 일부는 튜브(130)들의 하부 부분을 지지하도록 구성될 수 있고, 돌출부(912)들중 다른 것은 튜브(130)들의 상부 부분을 지지하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 돌출부(912)들은 다수의 도립된 후크들을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 돌출부(912)들은 후크들과 도립된 후크들이 번갈아 있는 수직으로 오프셋 되어 있는 칼럼들로 구성될 수 있다.

[0090] 복수개의 장착 시트(915)들은 서로 인접하게 적층될 수 있고 그리고/또는 위치될 수 있어서 튜브 조립체의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공한다. 예를 들어, 튜브(130)는 인접한 장착 시트(915)들 사이에 위치될 수 있고 그리고/또는 지지될 수 있다. 일부 예에서, 돌출부(912)들의 제 1 부분은 튜브들의 제 1 칼럼을 지지하도록 장착 시트(915)의 제 1 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있고, 돌출부(912)들의 제 2 부분은 튜브들의 제

2 칼럼을 지지하도록 장착 시트(915)의 제 2 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있다. 일부 예에서, 돌출부(912)는 튜브(130) 둘레에서 180 도보다 크게 감싸여질 수 있다.

[0091] 도 21a 는 장착 시트(925) 및 칼러(924)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(920)를 도시한다. 장착 시트(925)는 복수개의 돌출부(926)를 포함할 수 있다. 돌출부(926)들은 칼러(924)를 수용하도록 구성된 하나 이상의 슬롯들로서 형상화될 수 있다. 칼러(924)는 튜브를 원주상으로 지지하도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 복수개의 돌출부 및/또는 칼라는 칼럼 및/또는 열(row)로 구성될 수 있다.

[0092] 도 21b 는 도 21a 의 장착 시트(925)와 유사하게 복수개의 장착 시트(921,922)를 도시하며, 이것은 튜브(130)를 포함하는 튜브 조립체의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공하도록 서로 인접하게 적층되고 그리고/또는 위치되는 것으로 도시되어 있다.

[0093] 칼러(924)는 튜브(130)에 미끄러지게 부착되도록 구성될 수 있다. 더욱이, 칼러(924)는 돌출부(926) 뒤에 형성된 슬롯 안으로 미끄러지도록 구성된 연장 핀(927)을 포함할 수 있다 (도 21A). 일단 제 위치에 있게 되면, 핀(927)의 저부는 슬롯 및/또는 장착 시트(925)의 둘레에서 위로 굽혀질 수 있어서 칼러(924)를 돌출부(926) 안에 고정시킨다. 칼러(924)의 하나 이상의 개구들은 가장자리들이 튜브(130) 안으로 절단되는 것을 방지하도록 벌려질 수 있다.

[0094] 일부 예에서, 돌출부(926)들의 제 1 부분은 튜브들의 제 1 칼럼을 지지하도록 장착 시트(925)의 제 1 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있고, 돌출부(926)들의 제 2 부분은 튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 장착 시트(925)의 제 2 측부로부터 돌출하도록 구성될 수 있다.

[0095] 도 22a 는 장착 시트(935)를 포함하는 예시적인 튜브 지지부(930)를 도시한다. 장착 시트(935)는 하나 이상의 튜브(130)들을 지지하도록 구성된 복수개의 돌출부(936)들을 포함할 수 있다. 돌출부(936)들은 하나 이상의 클립으로서 구성될 수 있다.

[0096] 도 22b 는 도 22a 의 튜브 지지부(930)의 측면도를 도시한다. 장착 시트(935)는 지원부(backing, 939)에 인접하게 그리고/또는 그 중간에 위치될 수 있다. 지원부(939)는 돌출부들의 추가적인 측방향 지지를 제공하도록 구성될 수 있다. 장착 시트(935)는 제 1 돌출부(931) 및 제 2 돌출부(932)를 포함할 수 있다. 제 1 튜브(933)는 제 1 돌출부(931)를 통하여 통과되는 것으로 그리고/또는 그에 의해 지지되는 것으로 도시되고, 제 2 튜브(934)는 제 2 돌출부(932)를 통하여 통과되는 것으로 그리고/또는 그에 의해 지지되는 것으로 도시된다. 일부 예에서, 제 3 튜브(937)는 제 1 돌출부(931)와 제 2 돌출부(932) 중간에 위치되고 그리고/또는 지지될 수 있다. 예를 들어, 공간(938)이 제 1 돌출부(931)와 제 2 돌출부(932) 사이에 제공되어 제 3 튜브(937)와 같은 중간 튜브를 수용할 수 있다.

[0097] 장착 시트(935)와 같은 복수개의 장착 시트들은 서로 인접하게 적층되고 그리고/또는 위치될 수 있어서 튜브 조립체의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공할 수 있다. 예를 들어, 튜브(130)는 2 개의 인접한 장착 시트들 사이에 위치될 수 있고 그리고/또는 지지될 수 있다. 일부 예에서, 돌출부(936)들중 제 1 부분은 튜브들의 제 1 칼럼을 지지하도록 장착 시트의 제 1 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있고, 돌출부(936)들중 제 2 부분은 튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 장착 시트의 제 2 측부로부터 돌출하게끔 구성될 수 있다.

[0098] 장착 시트(935)는 튜브(130) 둘레에 클립(clip) 고정되도록 구성된 반원형 돌출부들의 아코디언(accordion) 형상 어레이(array)로서 형성될 수 있다. 지원부(939)는 직선의 금속 시트를 포함할 수 있으며, 이것은 장착 시트가 수직 하중하에서 형상을 상실하는 것을 방지하도록 구성된다. 지원부(939)는 공간(938) 뒤의 시트의 부분에서 장착 시트(935)에 스폿 용접(spot welding)될 수 있다. 돌출부(936)들은 다른 튜브 위치 마다 위치될 수 있고, 일부 예에서, 2 개의 장착 시트들이 단일의 지지 바아를 만들도록 조합될 수 있다. 튜브 지지부(930)는 부동 지지부(floating support)로서 구성될 수 있다.

[0099] 도 23a 는 탭(tab)으로서 형상화된 복수개의 돌출부(946)들 및 장착 시트(945)들을 포함하는 예시적인 튜브 지지부(940)를 도시한다. 돌출부(946)들은 장착 시트(945)로부터 만곡된 'L' 형상으로 스탬핑(stamping)함으로써 형성될 수 있다. 하나 이상의 튜브(130)들은 튜브(139)의 양쪽 측부들 상에서 탭들에 의해 형성된 슬롯 안으로 미끄러질 수 있다. 장착 시트(945) 및/또는 돌출부(946)들의 두께는 튜브들 사이의 직각 간극 또는 간격을 제공하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 돌출부(946)들은 튜브(130)를 위한 상부 및 하부 지지부를 제공하도록 구성될 수 있다. 돌출부(946)들은 엇갈린 방식으로 배치될 수 있다. 장착 시트는 돌출부들의 3 개 칼럼들을 포함하여 더 강한 모멘트 제한을 제공할 수 있으며, 예를 들어 튜브가 처음의 2 개 칼럼들 둘레에서 피봇될 수 있는 것을 방지할 수 있다. 지원용 플레이트(948)는 장착 시트(945)의 배면상으로 용접되어 튜브들의 인접한 칼럼들 사이

에 적절한 반경 방향 간극 및 강도를 제공할 수 있다.

[0100] 도 23b 는 튜브 지지부(940) 및 인접한 튜브 지지부(949)를 포함하는 복수개의 튜브 지지부들을 도시하는데, 이것은 튜브(130)를 포함하는 튜브들의 제 1 칼럼의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공하도록 서로 인접하게 위치되고 그리고/또는 적층된 것으로 도시되어 있다. 튜브 지지부(940)와 관련되어 설명되고 도 23a 에 도시된 것과 유사하게, 인접한 튜브 지지부(949)는 튜브(943)들의 제 2 칼럼을 지지하기 위하여 장착 시트, 지원용 플레이트 및/또는 복수개의 돌출부들을 포함할 수 있다. 장착 시트(945)에 의해 지지된 튜브들의 제 1 칼럼은 인접한 튜브 지지부(949)의 두께와 대략 같은 거리로 튜브(943)들의 제 2 칼럼으로부터 분리될 수 있다. 일부 예에서, 인접한 튜브 지지부(949)의 두께는 장착 시트 및 지원용 플레이트의 조합된 두께와 같을 수 있다.

[0101] 튜브(130)의 위치는 장착 시트(945)의 상부 돌출부(941) 및 하부 돌출부(942)에 의해 수직으로 제한될 수 있다. 튜브 지지부(945)의 돌출부들은 인접한 튜브 지지부(949)의 배면에서 접촉 지점(947)을 형성하도록 구성될 수 있어서, 측방향 지진 하중을 튜브 지지부들 사이에 효과적으로 전달한다. 더욱이, 튜브(130)의 위치는 튜브 지지부(940)의 장착 시트(945)와 튜브 지지부(949)의 배면 사이에서 측방향으로 제한될 수 있다.

[0102] 도 24a 는 도 23a 의 돌출부(946)와 유사하게 복수개의 돌출부(956)들을 포함하는 예시적인 장착 시트(955)를 도시한다. 장착 시트(955)는 장착 탭(953) 및 장착 슬롯(957)을 포함할 수 있다. 장착 탭(953)의 폭은 장착 슬롯(957)의 폭과 대략 같거나, 또는 그보다 약간 작을 수 있다.

[0103] 도 24b 는 제 1 장착 시트(951) 및 제 2 장착 시트(952)를 포함하는, 복수개의 장착 시트들을 구비한 튜브 지지부(950)를 도시한다. 장착 시트(951,952)들 각각은 돌출부(956)와 같은 복수개의 돌출부들을 포함할 수 있다. 장착 시트(951,952)들중 하나 또는 양쪽은 도 24a 의 장착 탭(953)과 같은 장착 탭(mounting tab) 및, 도 24a 의 장착 슬롯(957)과 같은 장착 슬롯을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 제 2 장착 시트(952)와 관련된 장착 탭은 제 1 장착 시트(951)와 관련된 장착 슬롯 안에 맞춰지도록 구성되어 장착 연결부(959)를 형성한다. 또한, 튜브 지지부(950)는 지원용 플레이트(958)를 포함할 수 있다. 지원용 플레이트(958)는 양쪽 장착 시트(951,952)들에 용접되고 그리고/또는 부착된 단일 플레이트를 포함할 수 있다.

[0104] 복수개의 장착 시트(951,952)와 튜브 지지부(950)를 조립하는 것은 튜브 지지부(950)의 조립을 용이하게 하든 또는 제조를 용이하게 하든 작은 세그먼트들이 절단되어 추후에 조립되는 것을 허용할 수 있다. 예를 들어, 지원용 플레이트(958)는 전체 증기 발생기 튜브 다발을 통해 수직으로 연장되기에 충분한 높이로 제조될 수 있는 반면에, 복수개의 장착 시트들은 지원용 플레이트(958)의 높이와 대략 같은 조합된 전체 조립 높이를 가질 수 있다.

[0105] 도 25a 는 장착 시트(956)를 포함하는 다른 예시적인 튜브 지지부(960)를 도시한다. 장착 시트(965)는 튜브 조립체를 지지하도록 구성된 복수개의 돌출부들을 포함할 수 있다. 복수개의 돌출부들은 도 23a 에 도시되고 설명된 것과 유사하게, 돌출부들의 오프셋되거나 또는 엇갈린 칼럼들로서 구성될 수 있다. 일부 예에서, 장착 시트(965)의 중간 칼럼과 같은 하나 이상의 칼럼들은 연장된 길이의 탭(tab)을 가진 연장된 돌출부(966)를 포함할 수 있다. 더욱이, 튜브 지지부(960)는 장착 시트(965)의 배면측상에 형성된 정렬 트랙(alignment track, 969)을 포함할 수 있다.

[0106] 도 25b 는 튜브 지지부(960) 및 인접한 튜브 지지부(968)를 포함하는, 복수개의 튜브 지지부들의 평면도를 도시하며, 이것은 튜브 조립체의 추가적인 측방향 지지 및/또는 보유를 제공하도록 서로 인접하게 적층 및/또는 위치되는 것으로 도시되어 있다. 도 23b 에 도시되고 설명된 바와 유사하게, 인접한 튜브 지지부(968)는 튜브들의 제 2 칼럼을 지지하도록 장착 시트, 지원용 플레이트 및/또는 복수개의 돌출부들을 포함할 수 있다. 정렬 트랙(969)은 튜브 지지부(960)의 배면에 부착되고 그리고/또는 용접된 2 개의 평행한 지원용 플레이트(961,962) 사이에 형성될 수 있다. 다른 예에서, 정렬 트랙(969)은 단일의 지원용 플레이트에 슬롯을 절단함으로써 형성될 수 있다.

[0107] 튜브 지지부(960)를 인접한 튜브 지지부(968)와 정렬되게 유지하도록, 연장된 돌출부(966)는 인접한 튜브 지지부(68)의 정렬 트랙 안으로 끼워지도록 구성될 수 있어서, 트랙(969)과 유사하게, 장착 연결부(963)를 형성한다. 또한 돌출부(964)들과 유사하게, 하나 이상의 돌출부들은 인접한 튜브 지지부(969)의 배면에서 접촉 지점(967)을 형성하도록 구성될 수 있어서, 튜브 지지부들 사이에 측방향 지진 하중을 효과적으로 전달한다. 튜브 지지부(960) 및/또는 인접한 튜브 지지부(968)는 라이저(riser)의 외측상에 그리고/또는 RVP 의 내부에 위치된 범퍼 및/또는 트랙들에서 지지될 수 있다.

[0108] 도 26 은 지원용 플레이트(978) 안에 위치된 관통 구멍(972)을 가진 장착용 시트(975)를 포함하는 예시적인 튜

브 지지부(970)를 도시한다. 관통 구멍(972)들은 도 25b 의 돌출부(964)와 같이 장착 시트(975)에 있는 하나 이상의 돌출부들 뒤에 정렬될 수 있다. 일부 예에서, 돌출부들은 장착 시트(975)로부터 스탬핑 가공됨으로써 복수개의 펀치 구멍을 남길 수 있다. 장착 시트(975) 안의 펀치 구멍들은 관통 구멍(972)들과 정렬되도록 구성되어 장착 시트(975) 및 지원용 플레이트(978) 양쪽을 통하여 통로를 제공할 수 있다.

[0109] 지원용 플레이트(978)는 도 25b 에 설명된 것과 유사하게 하나 이상의 플레이트들을 포함할 수 있다. 관통 구멍(972)들은 장착 시트(975) 및 지원용 플레이트(978) 양쪽을 통하여 제 1 냉각제가 유동할 수 있도록, 그리고 퇴적물의 쌓임 및/또는 부식 생성물의 잠재성을 감소시킬 수 있도록 구성될 수 있으며, 그렇지 않으면 부식 생성물이 지원용 플레이트(978)와 장착 시트(975)의 돌출부들 사이에 형성된 포켓(pocket) 안에 포착될 수 있다. 더욱이, 관통 구멍(972)들의 가장자리들은 부식 생성물이 보다 용이하게 씻겨져 나갈 수 있도록 경사질 수 있다.

[0110] 도 19 내지 도 26 에 도시된 다양한 예시적인 장착 시트들중 하나에서, 대응하는 돌출부들을 다량 생산하도록 하나 이상의 다이(die)들이 반복적으로 사용될 수 있다. 일부 예에서, 인접한 장착 시트들 및 또는 튜브들의 칼럼들은 반경 방향으로 서로 연결될 수 있다. 하나 또는 그 이상의 돌출부들은 튜브들의 적극적인(positive) 클램핑을 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 하나 이상의 장착 시트들은 금속 바아들 및/또는 추가적인 시트들로써 강화될 수 있다.

[0111] 도 27 은 튜브 다발에 복수개의 수직 부동 지지부(vertical floating support, 985)들을 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(980)를 도시한다. 수직 부동 지지부(985)는 그 위에 있는 공급 충만부(feed plenum)와 증기 충만부(steam plenum) 사이에서 수직으로 연장될 수 있다.

[0112] 도 28 은 튜브 다발에서 각도가 형성된 부동 지지부(angled floating support, 995)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(990)를 도시한다. 각도가 형성된 부동 지지부(995)들은 세그먼트들로 나뉘어져서 튜브들에 직각으로 연장될 수 있다.

[0113] 일부 예에서, 부동 지지부들은 튜브들을 서로 연결하도록 구성될 수 있지만, 튜브 지지 조립체는 증기 발생기의 외측에 위치된, 상부 및 저부 비임들 및/또는 캔티레버들과 같은 구조체에 부착될 수 있다. 부동 지지부들은 튜브 다발을 단단하게 하도록 구성될 수 있으며, 이것은 튜브들의 고유 진동수를 증가시키고 유동에서 유발되는 진동의 우려를 감소시킨다. 또한, 부동 지지부들은 증기 발생기 외부의 그 어떤 구조체에도 부착될 필요가 없고, 따라서 튜브 다발의 밖으로 연장되지 않을 수 있기 때문에, 이들은 거의 그 어떤 지점에도 배치될 수 있다.

[0114] 일부 예에서, 예를 들어 만약 튜브들이 일정한 직각의 피치를 가진다면, 같은 유형의 튜브 지지 조립체가 튜브들의 모든 칼럼들상에 사용될 수 있다. 하나 이상의 튜브 지지 조립체(980,990)들은 도 27 에 도시된 바와 같이 수직 부동 지지부(985)를 포함할 수 있고 그리고/또는 도 28 에 도시된 바와 같이 각도가 형성된 부동 지지부(995)를 포함할 수 있다.

[0115] 도 29a 는 서로로부터 동등하게 이격된 4 개의 고정 지지부(1115)를 가지도록 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체(1110)를 도시한다. 도 29b 는 4 개의 고정 지지부(1125) 및 4 개의 부동 지지부(1127)로 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체(1120)를 도시한다. 도 29c 는 서로 동등하게 이격되지 않은 8 개의 고정 지지부(1135)를 가지고 구성된 예시적인 튜브 지지 조립체(1130)를 도시하지만, 일부 예에서 지지부(1135)는 증기 발생기 튜브 조립체 둘레에서 서로로부터 동등하게 이격될 수 있다.

[0116] 도 27, 도 28, 도 29a 및 도 29b 및/또는 도 29c 에 도시된 튜브 지지 조립체들은 여기에서 설명된 다양한 하나 이상의 튜브 지지 조립체들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 튜브 지지 조립체는 두께를 가진 시트 또는 바아 및, 시트/바아의 표면으로부터 돌출된 하나 이상의 돌출부 또는 탭들을 포함할 수 있다. 돌출부/탭들은 증기 발생기 시스템의 튜브들의 칼럼을 지지하도록 구성될 수 있다. 2 개 이상의 돌출부/탭들은 단일의 튜브와 접촉하도록 구성될 수 있고, 튜브들의 칼럼에 있는 인접한 튜브들은 시트의 두께와 같거나 그보다 큰 거리로 서로로부터 분리될 수 있다. 일부 예에서, 튜브들의 칼럼에 있는 인접한 튜브들은 돌출부/탭들의 두께에 의해 서로로부터 분리될 수 있다. 더욱이, 시트/바아(sheet/bar)는 고정되거나 또는 핀 고정된 지지부에 의하여 증기 발생기 시스템의 상단부에 위치된 상부 비임(upper beam)에 부착될 수 있고, 시트/바아는 고정되거나, 핀 고정되거나 또는 부동의 지지부에 의하여 증기 발생기 시스템의 하부 단부에 위치된 하부 비임(lower beam)에 부착될 수 있다.

[0117] 튜브 지지 조립체는 증기 발생기 시스템의 둘레에 반경 방향으로 위치된 지지 구조체들의 다른 유형, 시트, 바아들의 다수의 세트들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 12a 내지 도 12c 에 도시된 바와 같이 4 개 내지 8 세트의 지지 구조체들이 있을 수 있다. 지지 구조체들의 세트들 각각은 튜브들의 칼럼을 지지하도록 구성된 탭들

을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 지지 구조체들의 8 세트들중 4 개 세트는 고정된 지지부들을 포함할 수 있고, 시트들의 다른 4 개 세트는 부동 지지부들을 포함할 수 있다. 고정 지지부들은 부동 지지부들 각각의 사이에 원주상으로 위치될 수 있다.

[0118] 도 30 은 상대적인 교차 각도(1217)을 가지고 구성된 튜브들의 2 개의 연속적인 칼럼들 및 예시적인 튜브 지지부(1215)를 도시한다. 일부 예에서, 튜브 지지부(1215)는 튜브 교차 각도(1217)를 가지고 하나 이상의 튜브 칼럼들을 지지하도록 구성된 부동 튜브 지지부를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 튜브 교차 구성(1212)은 튜브 지지부(1215)상에 오직 원주상의 제한만을 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 튜브 지지 교차 조립체(1210)는 튜브 지지부들 사이의 상대적인 미끄럼을 방지하도록 정렬 장치(alignment device)를 포함할 수 있다. 또한, 하나 이상의 튜브 지지부들이 증기 발생기 튜브 다발을 통하여 반경 방향의 연결로 함께 연결될 수 있다.

[0119] 반경 방향 연결은 지지 구조체를 단단하게 하도록 구성될 수 있어서, 증기 발생기 튜브 다발의 고유 진동수를 증가시킨다. 반경 방향 연결은 튜브 지지부들을 정렬시키도록 구성될 수도 있다.

[0120] 증기 발생기 튜브 지지 조립체들에서의 원주 방향 편향은 라이저 및/또는 RPV 에 용접된 트랙들 또는 범퍼들에 놓인 내측 및 외측 튜브 지지부를 가짐으로써 감소될 수 있다. 또한, 튜브 지지부들은 원주 방향으로 서로 맞물리도록 구성될 수 있다. 튜브들의 응력은, 튜브들을 통하여 하중을 전달하는 엇갈린 지지부(staggered support) 대신에, 지지부들을 통해서만 하중 경로를 제공하는 인-라인 지지부(in-line supports)를 제공함으로써 감소될 수 있다.

[0121] 도 31 은 튜브 다발을 통하여 튜브 지지부들의 하나 이상의 반경 방향 연결을 위한 간극(1227)(또는 공간)을 만들도록 다수의 튜브들을 제거함으로써 형성될 수 있는 반경 방향 경로(1225)를 도시한다.

[0122] 도 32 는 튜브 조립체를 지지하는 예시적인 프로세스(1000)를 도시한다. 작동(1010)에서, 지지 부착부가 설치될 수 있다. 예를 들어, 지지 부착부는 원자로 코어 칼럼, 라이저, 용기, 다른 유형의 구조체 또는 이들의 임의 조합체에 설치될 수 있다. 지지 부착부(support attachment)는 바아, 고정 장치, 지원부(backing), 다른 유형의 부착부 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0123] 작동(1020)에서, 증기 발생기 튜브들과 같은 다수의 튜브들이 복수개의 튜브 지지부들 안으로 삽입될 수 있다. 튜브 지지부들은 다수의 튜브들을 연결하고, 클립(clip) 고정하고, 둘러싸고, 유지하고, 지지하고, 그리고/또는 수용하도록 구성될 수 있다.

[0124] 작동(1030)에서, 튜브들의 단부는 충만부(plenum) 안으로 삽입될 수 있다. 일부 예에서, 튜브들의 제 1 단부는 제 1 충만부 안으로 삽입될 수 있고, 튜브들의 제 2 단부는 제 2 충만부 안으로 삽입될 수 있다.

[0125] 작동(1040)에서, 복수개의 튜브 지지부들은 지지 부착부에 연결될 수 있다. 예를 들어, 다수의 튜브들이 복수개의 튜브 지지부들 안으로 삽입되고 또한 충만부 안으로 삽입된 후에, 튜브 지지부들은 지지 부착부에 연결 및/또는 용접될 수 있다. 일부 예에서, 튜브들을 하나 이상의 충만부들 안으로 삽입시키기 전에 튜브 지지부들이 지지 부착부에 연결 및/또는 용접될 수 있다.

[0126] 작동(1050)에서, 다수의 튜브들이 충만부에 연결될 수 있다. 일부 예에서, 튜브 지지부들이 지지 부착부에 연결되어 있으면서 튜브들은 초기에 이완되게 충만부 안으로 삽입될 수 있고, 다음에 일단 튜브들 및/또는 튜브 지지부들이 지지 부착부에 대하여 최종적으로 위치되었다면 튜브들은 충만부 안의 튜브 시트에 연결 및/또는 용접될 수 있다. 다른 예에서, 튜브 지지부들을 지지 부착부에 연결하기 전에 튜브들이 연결될 수 있다.

[0127] 튜브들은 프로세스(1000)의 일부로서 복수의 움직임 또는 작용을 겪을 수 있다. 예를 들어, 튜브의 단부 지점은 튜브 시트 안의 대응하는 구멍에 대하여 위치되기 전에 반경 방향 내측으로 밀려질 수 있어서 RPV 내부에 맞춰질 수 있다. 더욱이, 튜브의 단부는 회전될 수 있어서 튜브 시트 구멍과 동일 선상(co-linear)에 있게 되고, 다음에 튜브들은 튜브 시트 안으로 밀려질 수 있다. 일부 예에서 튜브가 설치되고 있을 때 튜브 지지부들이 미리 제 위치에 있을 수 있는 반면에, 다른 예에서 튜브들은 처음에 설치될 수 있고 다음에 튜브 지지부들이 추후에 추가될 수 있다. 튜브들의 사전 설치는 튜브들이 SG 다발 내부에서 보다 자유롭게 변형될 수 있게 하고, 소성 변형(plastic deformation)의 양을 감소시킬 수 있다.

[0128] 전체 증기 발생기 튜브 조립체를 지지하도록 수천개의 튜브 지지부들이 이용될 수 있다. 일부 예에서, 대략 40,000 개의 튜브 지지부들이 함께 이용되어 튜브 조립체를 지지할 수 있다. 하나 이상의 예시적인 튜브 지지부들이 도 1 에 도시된 하나 이상의 구성 요소들에 장착될 수 있는데, 예를 들어 라이저(24), 원자로 용기(2) 및/또는 다른 적절한 구조체에 장착될 수 있다.

[0129] 도 33a 및 도 33b 는 비임(1350)에 장착되거나 또는 부착된 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1300)의 정면도 및 배면도를 각각 도시한다. 일부 예에서, 비임(1350)은 상부 캔티레버를 포함할 수 있다. 비임 부착부(1325)는 발생기 튜브 지지 조립체(1300)의 일부를 비임(1350)에 연결하는 용접 영역, 장착 브래킷 또는 조인트를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1300)는 비임(1350)의 주위 둘레에 용접될 수 있으며, 여기에서 비임(1350)은 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1300)의 지원용 플레이트 및/또는 장착 시트와 교차한다.

[0130] 도 34 는 비임(1450)에 장착되거나 또는 부착된 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)를 도시한다. 일부 예에서, 비임(1450)은 하부 비임을 포함할 수 있다. 비임 부착부(1425)는 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)의 일부를 비임(1450)에 연결하는 장착 브래킷, 조인트 또는 용접 영역을 포함할 수 있다.

[0131] 비임 부착부(1425)는 상대적으로 이완된 피팅 연결 지점(fitting connection point)을 포함할 수 있어서, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)가 비임(1450)에 대하여 움직이거나 또는 부동(float)하게 할 수 있다. 예를 들어, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)의 하부 단부는 2 개의 구조체들 사이에 형성된 간극(1475)내의 일부 거리에서 비임(1450)을 향하여 움직일 수 있다. 또한, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)는 비임(1450)의 길이를 따라서 움직일 수 있고, 비임(1450)은 트랙 또는 레일의 유형을 형성하여 그것을 따라서 비임 부착부(1425)가 미끄러질 수 있다.

[0132] 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)의 측방향 제한은 비임 부착부(1425)에 의해 제공될 수 있고, 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)의 반경 방향 제한은 인접한 지지부, RPV 및/또는 라이저와의 접촉에 의해 제공될 수 있다. 일부 예에서, 추가적인 반경 방향 제한의 특징부들이 하부 비임(1450)에 추가되어 증기 발생기 튜브 조립을 보조할 수 있다. 하부 비임(1450)의 상부 표면은 경사질 수 있어서 부식 생성물이 축적될 잠재성을 감소시킨다.

[0133] 일부 예에서, 튜브 지지부의 하부 부분은 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1400)를 포함할 수 있고, 튜브 지지부의 상부 부분은 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1300)를 포함할 수 있다 (도 33). 튜브 지지부는 상부 비임에 용접될 수 있고 안내된 부동 지지부(guided floating support)를 가진 하부 비임에 연결될 수 있다. 부동 하부 지지부(floating lower support)는 지지 바아들과 RPV 사이의 차별적인 열팽창에 기인하여 열 응력을 경감시키도록 구성될 수 있다. 더욱이, 튜브 지지부의 상부에서의 핀 연결(pinned connection)은 조인트에 인접하여 응력을 감소시키도록 구성될 수 있다.

[0134] 도 35 는 범퍼(bumper, 1550)들을 포함하는 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1500)를 도시한다. 범퍼들은 라이저의 밖에서 그리고 원자로 압력 용기(1540)의 안에서 부착되어 튜브 지지 시트(1575)의 움직임을 원주 방향에서 제한할 수 있다.

[0135] 도 36 은 라이저(1520)의 외측상에서 트랙(1560)을 포함하는 도 35 의 예시적인 증기 발생기 튜브 지지 조립체(1500)의 평면도를 도시한다. 일부 예에서, 튜브 지지 시트(1675)는 트랙(1560)에 의해 형성된 간극(1570) 안으로 맞춰지도록 구성된 돌출부(1580)를 가지고 구성될 수 있다. 트랙(1560)은 튜브 지지 시트(1675) 및/또는 튜브들의 내측 칼럼을 위한 원주 방향의 제한을 제공하도록 구성될 수 있다. 도 35 및 도 36 에 도시된 범퍼(1550) 및 트랙(1560)은 내측 및 외측 지지부들을 각각 원주 방향으로 제한하도록 구성될 수 있다.

[0136] 도 37 은 각이 형성된 방위(angled orientation)로 배치된 돌출부(1640)를 가지는 튜브 장착 시트(1620)를 포함하는 예시적인 튜브 지지 조립체(1600)를 도시한다. 돌출부(1640)들이 장착 시트(1620)로부터 스탬핑(stamping) 가공될 수 있어서 하나 이상의 관통 구멍(1650)들을 남긴다. 일부 예에서, 돌불부(1640)들은 폭(1644)을 가진 탭(tab)들의 3 개 또는 그 이상의 칼럼들로서 구성될 수 있다. 탭들의 각각의 칼럼은 동일한 각도(1642)로 방위가 정해질 수 있다. 각이 형성된 방위로 배치된 돌출부들은 튜브들의 헬리컬 다발 또는 각이 형성된 다발로서 배치된 증기 발생기 튜브들을 지지하도록 구성될 수 있다.

[0137] 튜브 지지 조립체(1600)는 상부 단부(1625) 및 하부 단부(1675)를 포함할 수 있다. 상부 단부(1625) 및 하부 단부(1675)중 하나 또는 양쪽 모두는 예를 들어 비임으로의 장착을 위한 부착 영역을 포함할 수 있다. 부착 영역은 비임을 수용하도록 크기가 정해진 길이(1622) 및 폭(1624)을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 부착 영역의 폭(1624)은 튜브 장착 시트(1620)의 폭(1626) 보다 작을 수 있다. 튜브 지지 조립체(1600)의 길이(1670)는 하부 부착 비임과 상부 부착 비임 사이의 거리와 대략 같을 수 있다.

[0138] 도 38 은 튜브 장착 시트(1720) 및 복수개의 탭(1740)들을 포함하는 예시적인 튜브 장착 조립체(1700)를 도시한다. 일부 예에서, 탭들의 중심 칼럼과 같은, 탭들의 칼럼을 따라서 탭들이 하나 걸러 인접한 탭들과 관련된 거리(1770)보다 큰 거리(1710)로써 튜브 장착 시트(1720)의 표면으로부터 연장될 수 있다. 일부 예에서, 탭(174

0)들 각각의 두께가 튜브 장착 시트(1720)의 두께(1790)와 대략 같도록 탭(1740)들이 장착 시트(1720)로부터 스탬핑될 수 있다.

[0139] 튜브(130)와 2 개의 지지 탭들 사이의 수직 공차(1750)를 제공하는 거리(1730)로써 탭(1740)들이 서로로부터 이격될 수 있다. 일부 예에서, 인접한 탭들의 길이(1770)는 수직 공차(1750)와 같은 수평 공차(horizontal tolerance)를 제공할 수 있다. 탭들은 그 위에 지지되고 있는 튜브(130)와의 연속적이거나 또는 다수의 접촉 지점을 제공하도록 구성된 만곡(1760)을 포함할 수 있다.

[0140] 도 39 는 곡률 반경(1860)으로 구성된 예시적인 튜브 장착 조립체(1800)를 도시한다. 일부 예에서, 튜브 장착 조립체(1800)는 튜브 장착 시트(1820) 및 하나 이상의 지원용 플레이트(1840)를 포함할 수 있으며, 이들 모두는 곡률 반경(1860)으로써 형성된다. 곡률 반경(1860)은 튜브와 상기 튜브를 지지하는 하나 이상의 돌출부(1850) 사이에 다수의 또는 연속적인 접촉 지점을 허용할 수 있다. 곡률 반경(1860)은 튜브와 관련된 곡률 반경과 대략 같을 수 있으며, 예를 들어 헬리컬 형상의 증기 발생기 튜브 번들에 있는 것과 대략 같을 수 있다.

[0141] 특정의 예들이 원자로에 있는 헬리컬 코일 증기 발생기의 사용을 설명한 반면에, 증기 발생기는 개스 전력 플랜트 및 석탄 화력 플랜트를 포함하는, 증기 발생기 전력 설비의 다른 유형과 함께 작동되도록 만들어질 수도 있다. 마찬가지로, 증기 발생기들은 자연 순환 또는 강제 순환으로 작동되도록 구성될 수 있다.

[0142] 비록 여기에 제공된 예들이 가압수 원자로(pressurized water reactor)를 설명하고 그리고/또는 그것과 양립될지라도, 여기의 예는 일부 명백한 변형을 가지거나 또는 설명된 바와 같은 파워 시스템의 다른 유형에 적용될 수 있다는 점이 당업자에게 명백하다. 예를 들어, 상기 예 또는 그것의 변형은 나트륨 액체 금속 원자로, 페블 베드 원자로(pebble-bed reactor), 또는 제한된 작동 공간을 가진 추진 시스템에서와 같은, 우주에서 작동하도록 설계된 원자로와 함께 작동 가능하도록 만들어질 수도 있다.

[0143] 다른 예는 다양한 원자로 기술을 포함할 수 있는데, 예를 들어 우라늄 산화물, 우라늄 수소화물, 우라늄 질화물, 우라늄 탄화물, 혼합된 산화물 및/또는 다른 유형의 방사성 연료를 채용하는 핵원자로와 같은 것을 포함할 수 있다. 상기 예는 임의의 특정한 유형의 원자로 냉각 메카니즘에 제한되지도 않고 또한 핵원자로와 관련되거나 또는 그 안에서 열을 생성하도록 채용된 연료의 특정 유형에 제한되지도 않는다는 점이 주목되어야 한다. 여기에 설명된 그 어떤 비율 및 값들은 오직 하나의 예로서 제공된다. 핵원자로 시스템의 전체 규모 또는 축적 모델의 구조와 같은 것에 의하여 다른 비율 및 값들이 실험을 통해서 결정될 수 있다.

[0144] 다양한 예들이 여기에 설명되고 도시되었지만, 구성 및 상세 내용에서 다른 예들이 개량될 수 있다는 점은 명백하다. 다음의 청구 범위에 속하는 모든 변형 및 개량이 청구 대상이 된다.

부호의 설명

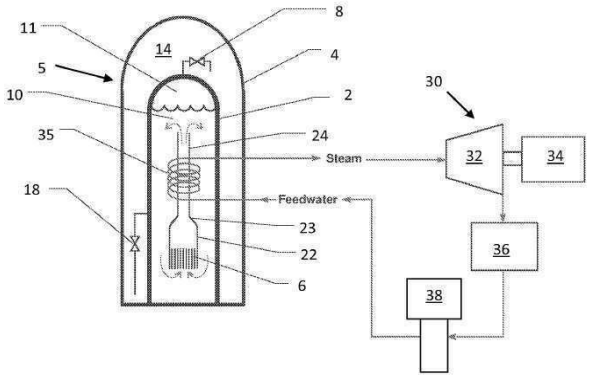
[0145] 2. 원자로 용기 5. 원자로 모듈

6. 원자로 코어 10. 냉각제

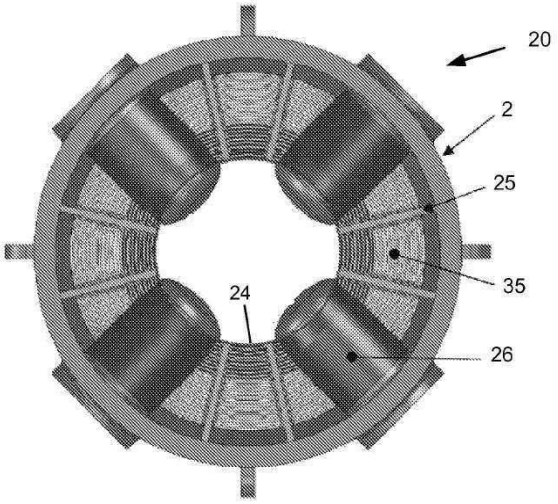
22. 쉬라우드 23. 원환부

도면

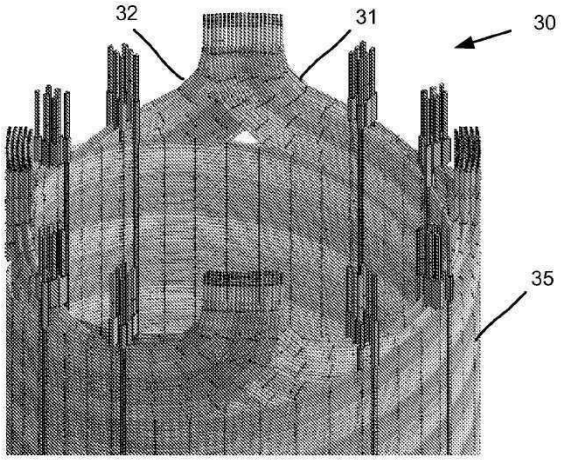
도면1



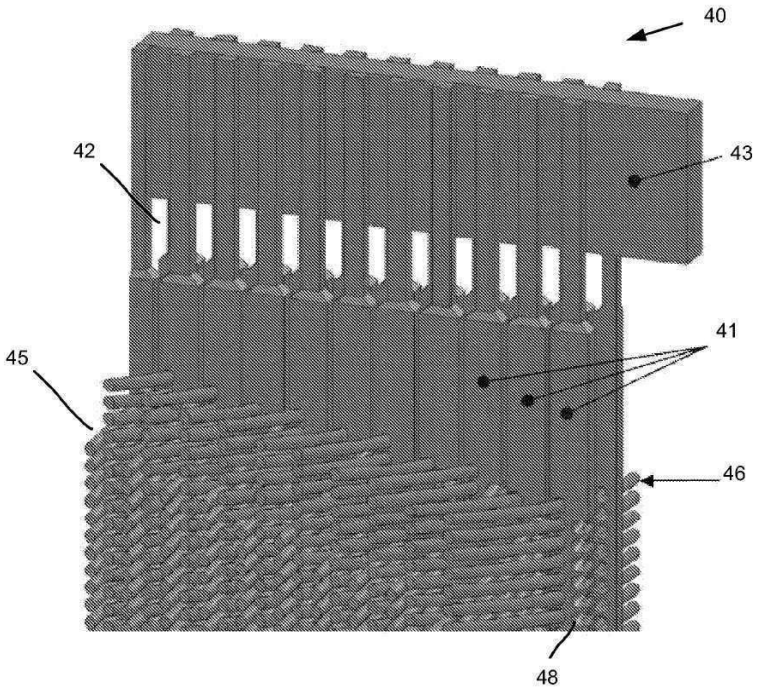
도면2



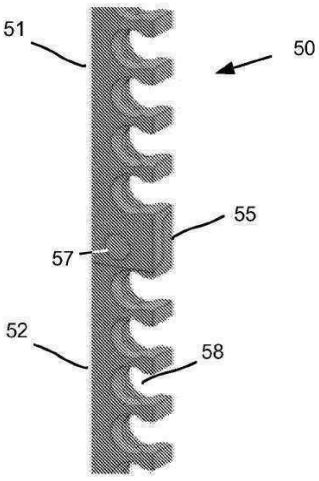
도면3



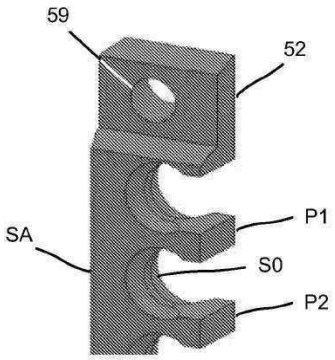
도면4



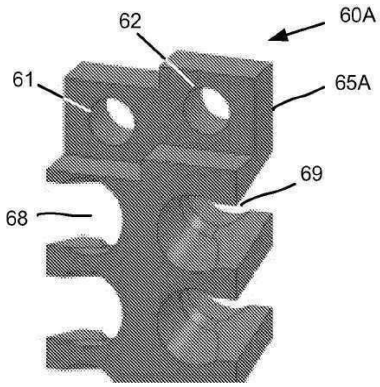
도면5a



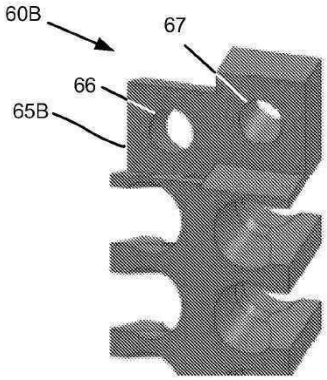
도면5b



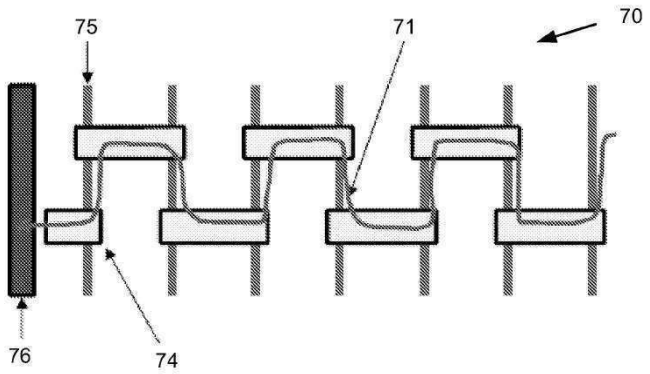
도면6a



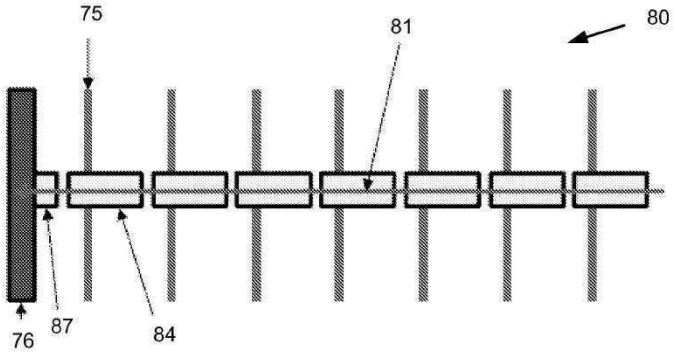
도면6b



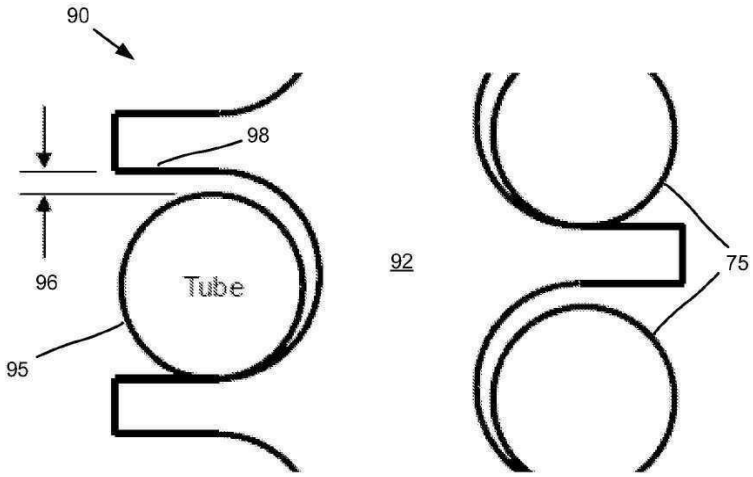
도면7



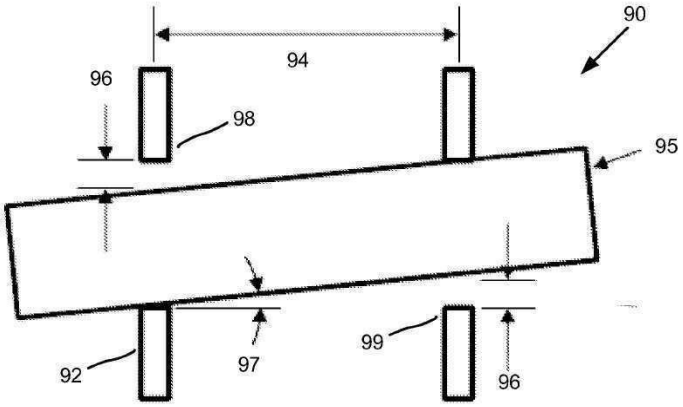
도면8



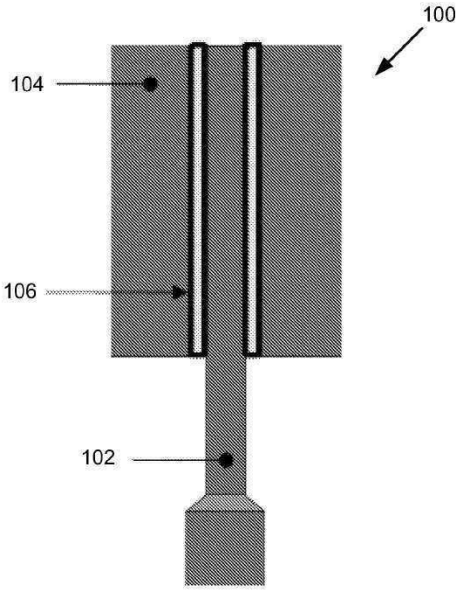
도면9a



도면9b



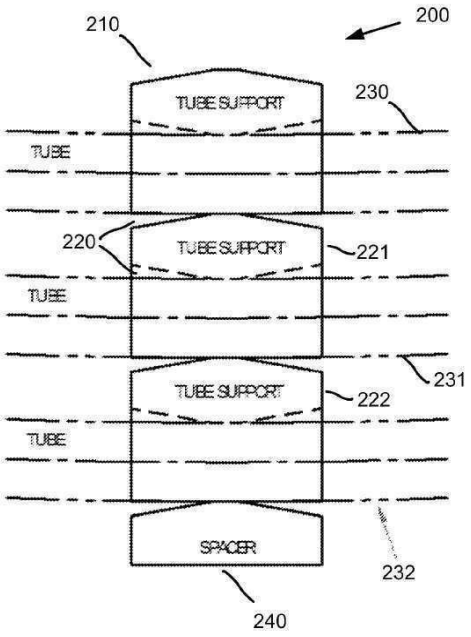
도면10



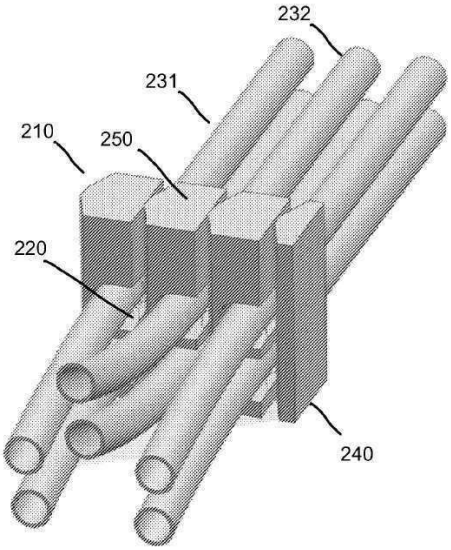
도면11



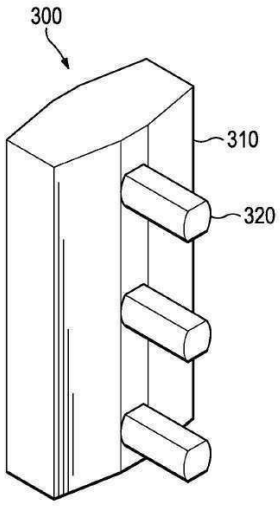
도면12a


210
200
TUBE SUPPORT
230
TUBE
220
TUBE SUPPORT
221
TUBE
231
TUBE SUPPORT
222
TUBE
SPACER
232
240

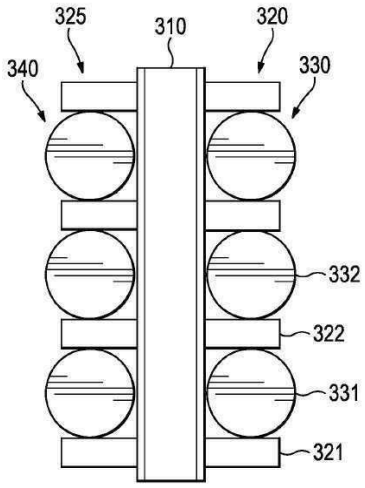
도면12b


232
231
210
250
220
240

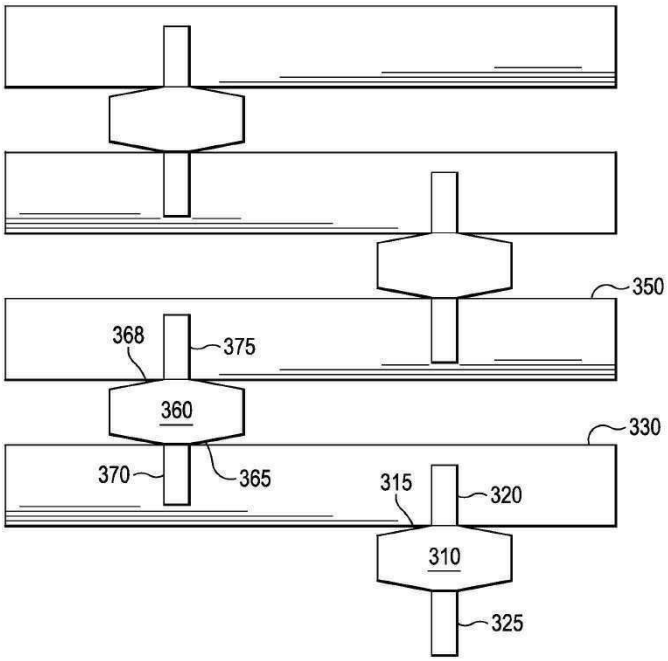
도면13a



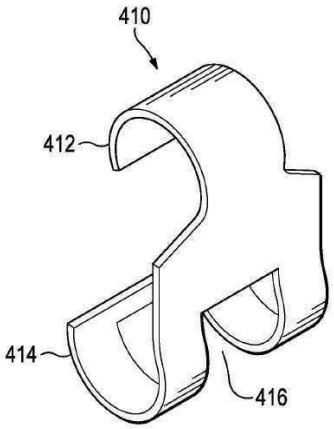
도면13b



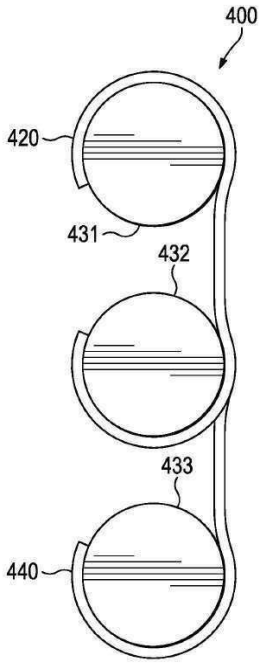
도면13c



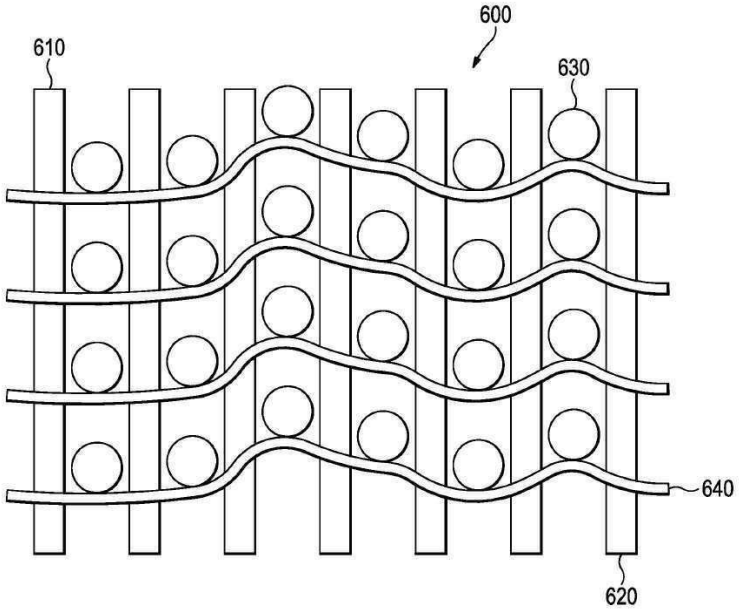
도면14



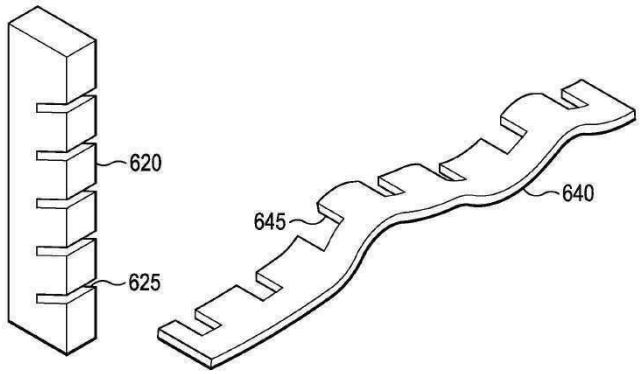
도면15



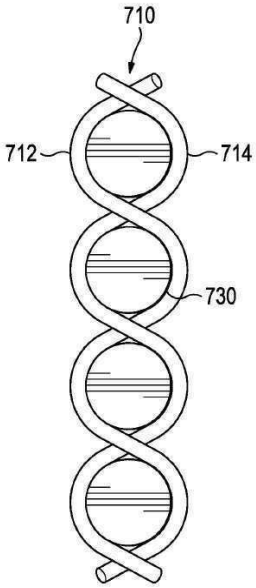
도면16a



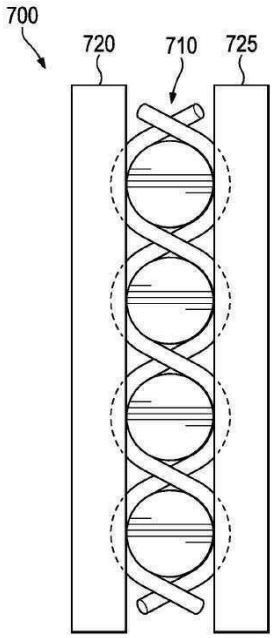
도면16b



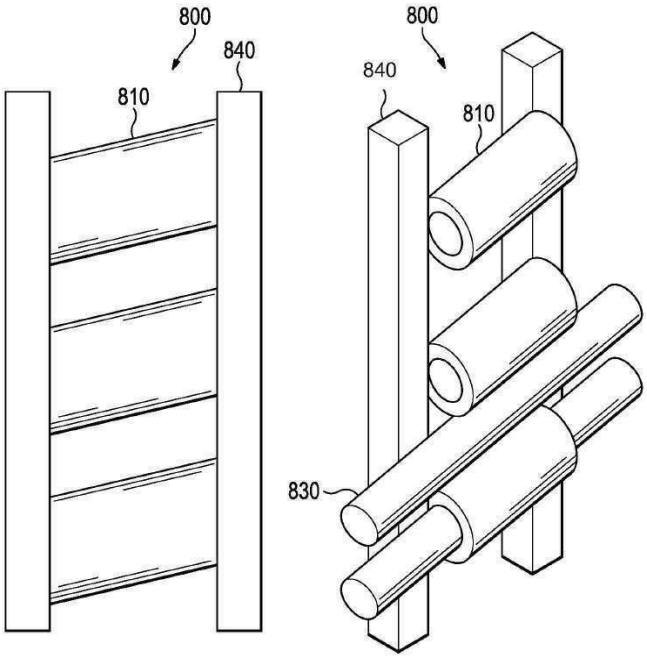
도면17a



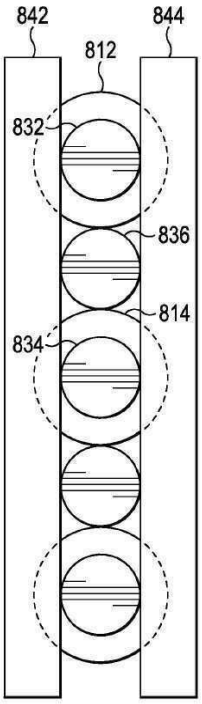
도면17b



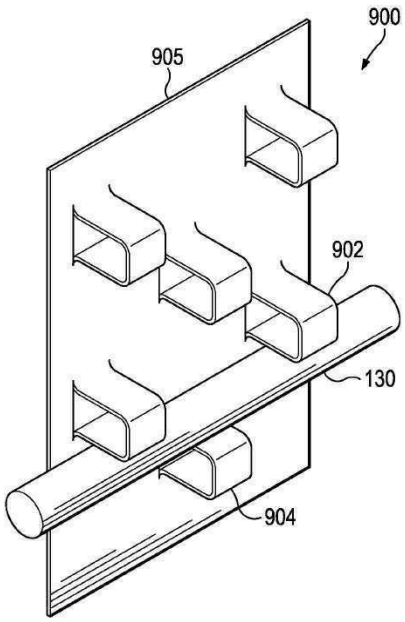
도면18a



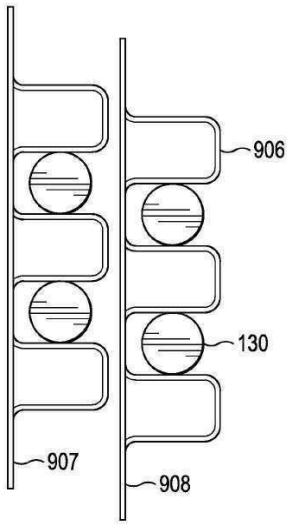
도면18b



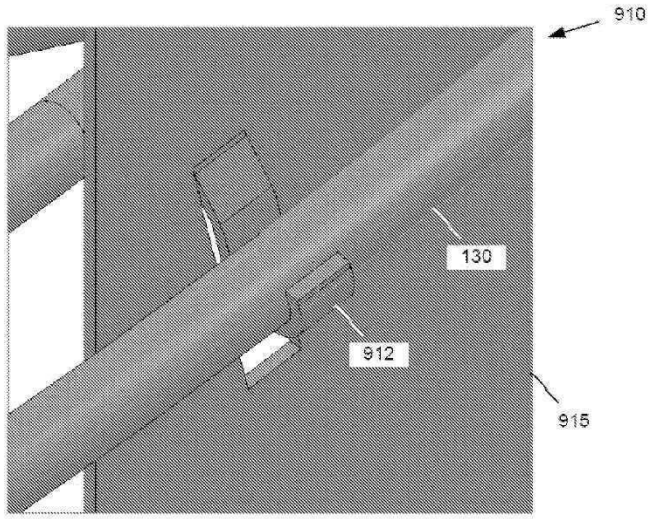
도면19a



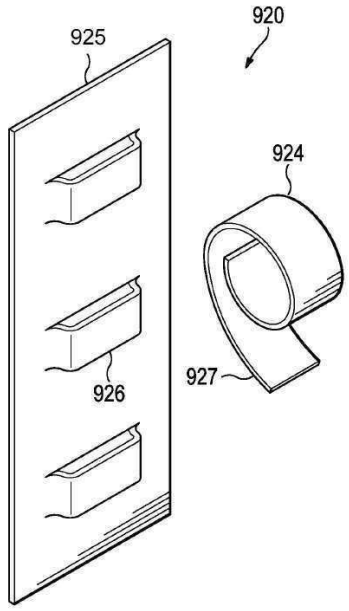
도면19b



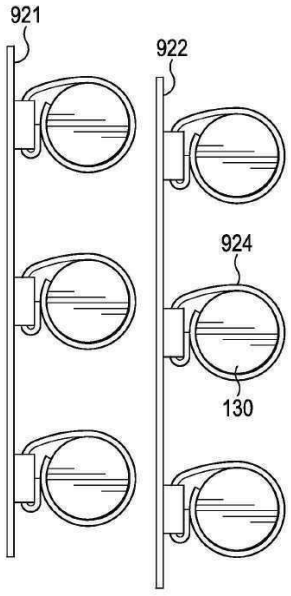
도면20



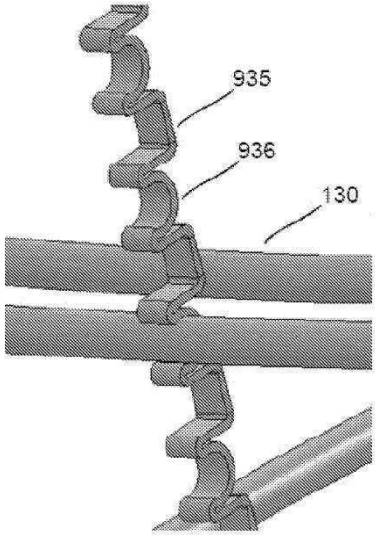
도면21a



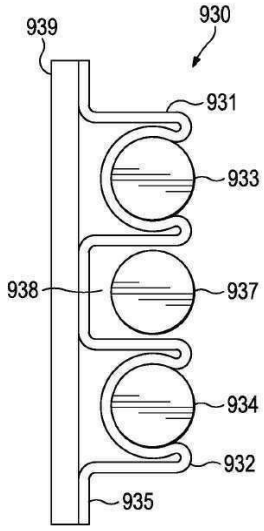
도면21b



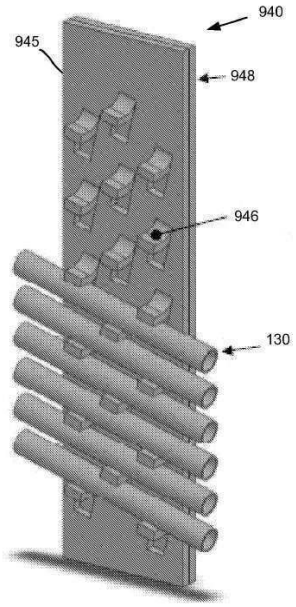
도면22a



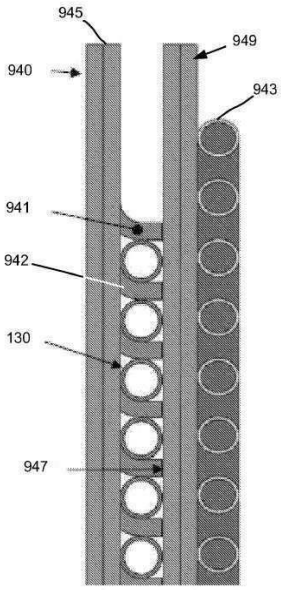
도면22b



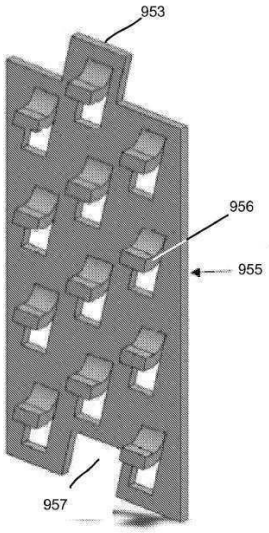
도면23a



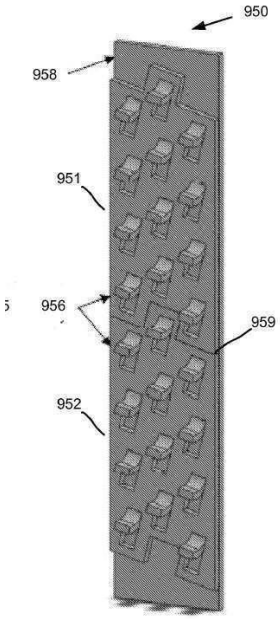
도면23b



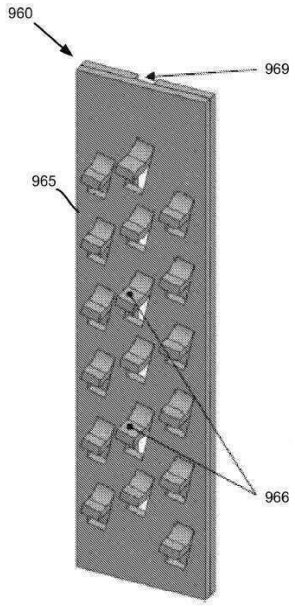
도면24a



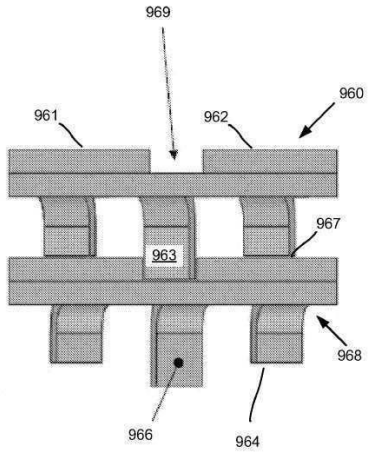
도면24b



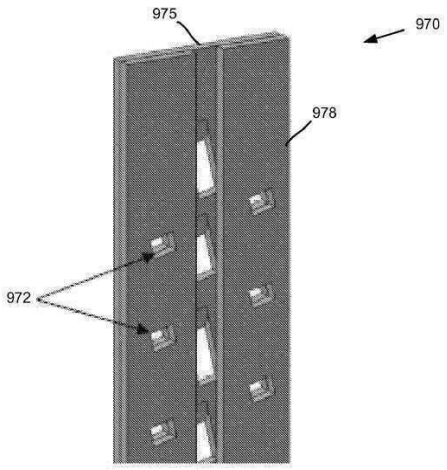
도면25a



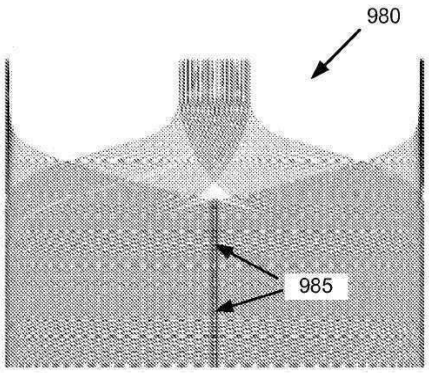
도면25b



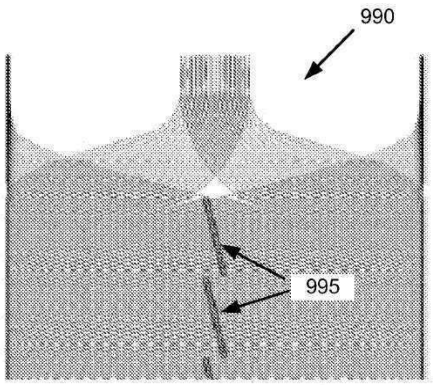
도면26



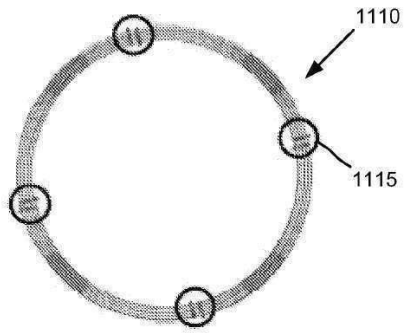
도면27



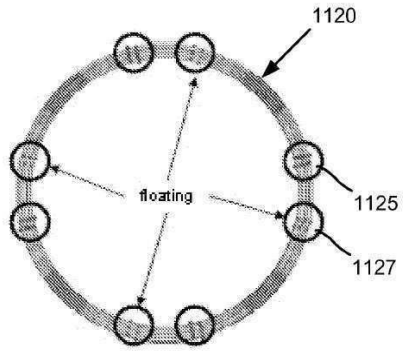
도면28



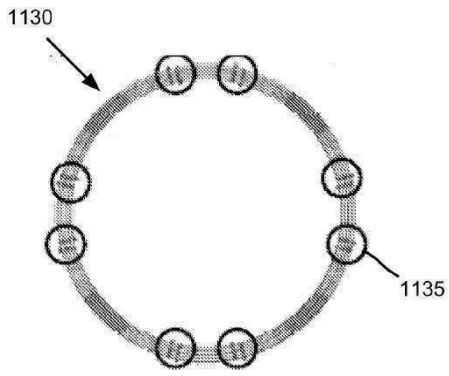
도면29a



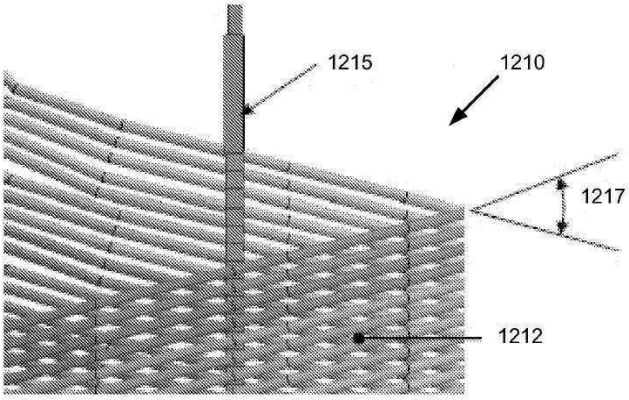
도면29b



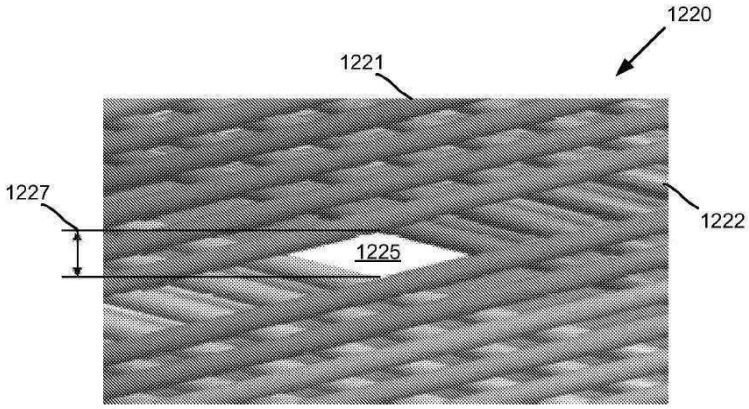
도면29c



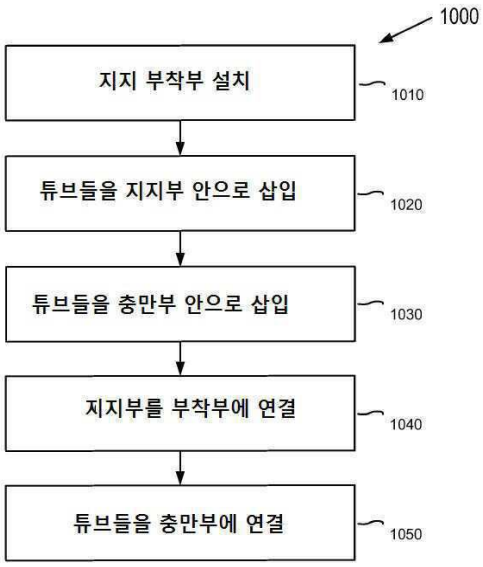
도면30



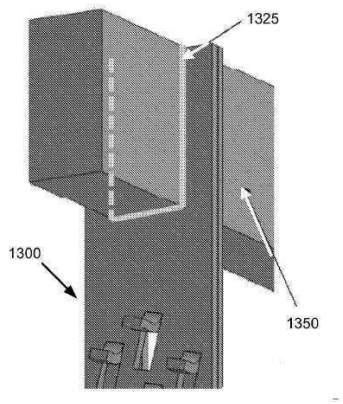
도면31



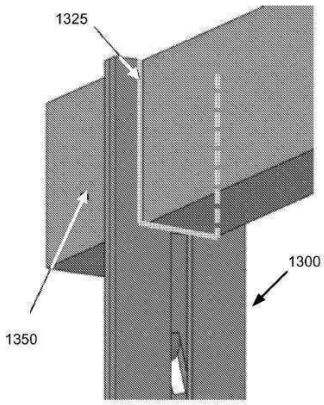
도면32



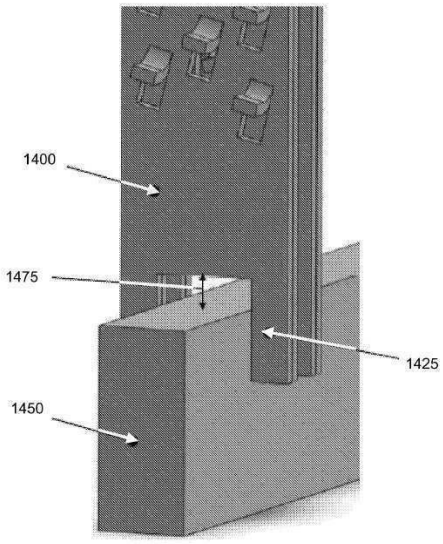
도면33a



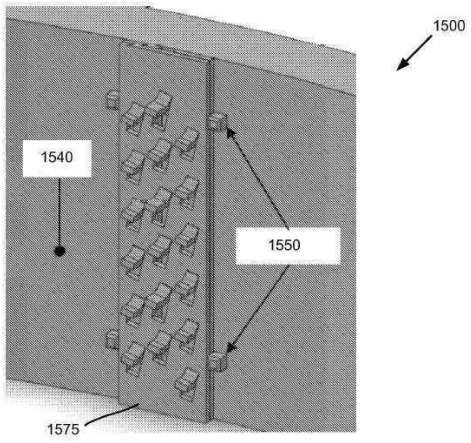
도면33b



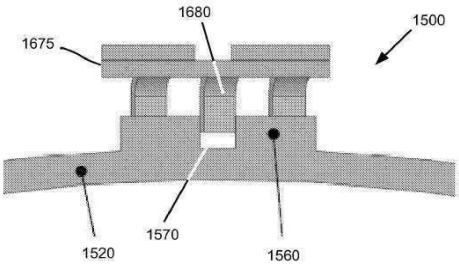
도면34



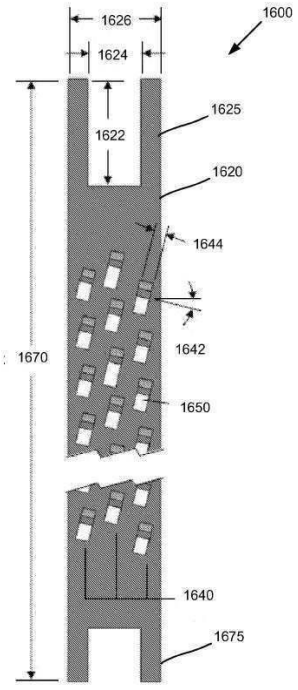
도면35



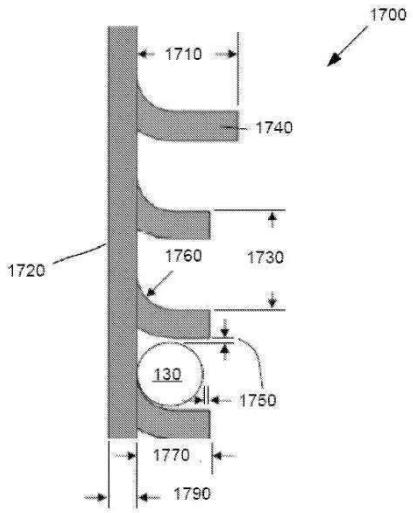
도면36



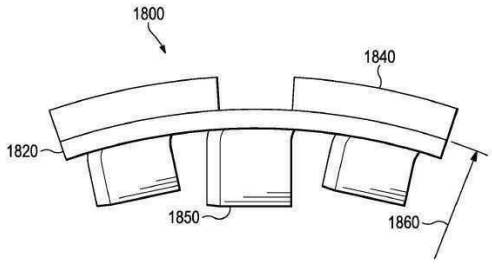
도면37



도면38


1700
1710
1740
1720
1760
1730
130
1750
1770
1790

도면39


1800
1840
1820
1850
1860