



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월24일  
(11) 등록번호 10-2721045  
(24) 등록일자 2024년10월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G21F 5/012 (2006.01) G21F 5/015 (2006.01)  
G21F 5/06 (2006.01) G21F 5/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G21F 5/012 (2013.01)  
G21F 5/015 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7023683
- (22) 출원일자(국제) 2020년12월08일  
심사청구일자 2022년07월08일
- (85) 번역문제출일자 2022년07월08일
- (65) 공개번호 10-2022-0107066
- (43) 공개일자 2022년08월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/063751
- (87) 국제공개번호 WO 2021/118981  
국제공개일자 2021년06월17일
- (30) 우선권주장  
62/945,587 2019년12월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
EP03367389 A1  
KR1019900015172 A\*  
US20180122527 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
홀텍 인터내셔널  
미국 08104 뉴저지 캠던 원홀텍 불리바드
- (72) 발명자  
싱 크리쉬나 피.  
미국 33477 플로리다 주피터 490 마리너 로드
- (74) 대리인  
김성호

전체 청구항 수 : 총 25 항

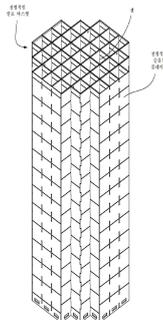
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 일체형 시밍을 구비한 핵연료 저장 시스템

(57) 요약

핵연료 저장 시스템은 외부 캐니스터와 그 내부에 위치한 연료 바스켓을 포함한다. 바스켓은 바스켓의 외부 측면과 각각 연료 집합체를 유지하도록 구성된 개방형 셀의 그리드 어레이를 집합적으로 정의하는 직교 배열되고 맞물린 슬롯형 플레이트에 의해 형성된다. 적어도 일부 슬롯형 플레이트는 바스켓과 캐니스터 사이에 다양한 형상의 주변 갭을 정의하기 위해 바스켓의 측면을 넘어 측방향으로 돌출하는 외팔보형 플레이트 연장부를 포함한다. 플레이트 연장부는 캐니스터의 셀과 맞물리도록 구성된다. 수직으로 연장된 보강 부재가 주변 갭에 삽입되고 바스켓에 고정 결합된다. 보강 부재는 연장된 보강 플레이트 및/또는 슬롯형 플레이트 연장부에 고정 결합될 수 있는 관형 시밍 부재를 포함할 수 있다. 보강 부재는 구조적으로 연료 바스켓을 보강한다. 플레이트 연장부는 바스켓에서 열 분산을 향상시키는 핀 역할도 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*G21F 5/06* (2013.01)

*G21F 5/10* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

핵연료 저장 시스템으로서,

수직 중심선을 따라 연장되는 원통형 셸을 포함하는 캐니스터; 및

연료 바스켓으로서, 상기 캐니스터에 위치되며, 상기 연료 바스켓의 외부 측면을 집합적으로 정의하는 복수의 직교 배열되고 맞물린 슬롯형 플레이트에 의해 형성된, 연료 바스켓을 포함하고,

상기 연료 바스켓은 상기 슬롯형 플레이트에 의해 구획된 복수의 내부 셸을 포함하고, 각각의 내부 셸은 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성되고,

상기 슬롯형 플레이트 중 적어도 일부는 외팔보형 플레이트 연장부를 포함하고, 상기 플레이트 연장부는 상기 연료 바스켓의 상기 외부 측면을 넘어서 측방향으로 돌출하고, 상기 연료 바스켓과 상기 캐니스터 사이의 주변 갭을 구획하고,

상기 플레이트 연장부는 상기 캐니스터의 셸과 결합하도록 구성되고,

상기 연료 바스켓의 상기 외부 측면과 상기 캐니스터의 셸 사이에 형성된 상기 주변 갭에 삽입되는 복수의 수직으로 연장된 보강 부재를 더 포함하고, 상기 보강 부재는 상기 연료 바스켓에 고정 결합되고,

상기 보강 부재는 상기 주변 갭의 일부에 위치한 복수의 수직으로 연장된 관형 심 부재를 추가로 포함하고, 상기 관형 심 부재 각각은 상기 연료 바스켓의 각각의 플레이트 연장부에 고정 결합되는 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 플레이트 연장부는 상기 캐니스터의 내부 표면에 근접하게 종료되는 수직 에지를 형성하는 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수직 에지는 상부에서 저부까지 직선인 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 보강 부재는 상기 연료 바스켓의 상단부, 상기 연료 바스켓의 하단부 및 이들 사이에서 상기 플레이트 연장부에 고정 결합되는 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 보강 부재는 상기 연료 바스켓의 전체 높이와 같은 공간에 있는 높이를 가지는 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 보강 부재는 상기 연료 바스켓의 전체 높이에 대해 연장되는 수직으로 연장된 보강 플레이트를 포함하는 핵연료 저장 시스템.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 보강 플레이트는 상기 연료 바스켓의 상기 플레이트 연장부 상에 쌍으로 배열되고, 상기 플레이트 연장부는 상기 보강 플레이트의 쌍 사이에 끼워지는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

한 쌍의 상기 보강 플레이트는 상기 보강 플레이트 및 상기 플레이트 연장부를 관통하는 볼트에 의해 상기 플레이트 연장부에 볼트 고정되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 9**

제7항에 있어서,

각 쌍의 상기 보강 플레이트는 복수의 볼트에 의해 상기 연료 바스켓의 상단부에 가장 근접한 플레이트 연장부에, 그리고 복수의 볼트에 의해 상기 연료 바스켓의 하단부에 가장 근접한 플레이트 연장부에 볼트에 의해 고정되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 10**

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보강 플레이트는 직선 스트랩형 형상을 갖는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 11**

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보강 플레이트는 각진 형상을 갖는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 12**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보강 부재 각각은 상기 보강 부재의 하단부에 형성된 유동 절개부를 더 포함하는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 13**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연료 바스켓의 플레이트 연장부 각각은 상기 플레이트 연장부의 하단부에 형성된 유동 절개부를 더 포함하는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 주변 겹은 유동 다운코머를 형성하고, 상기 내부 셀은 자연 대류 열-사이펀 유동 재순환 회로를 형성하기 위해 상기 유동 절개부를 통해 유체 연통하는 라이저를 형성하는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

상기 유동 재순환 회로를 통해 순환하는 상기 캐니스터에 포함된 불활성 가스를 더 포함하는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 관형 심 부재는 상기 각각의 플레이트 연장부에 볼트로 고정되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 관형 심 부재는 상기 관형 심 부재, 상기 플레이트 연장부, 및 하나의 상기 보강 플레이트를 관통하는 볼트에 의해 상기 플레이트 연장부에 볼트로 고정되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 18**

제1항, 제16항 및 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 관형 심 부재는 보강 플레이트를 포함하지 않는 상기 주변 껍에 위치하는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 19**

핵연료 저장 시스템으로서,

수직 중심선을 따라 연장되는 원통형 셸을 포함하는 캐니스터,

상기 캐니스터에 위치한 연료 바스켓으로서, 내부 셀의 그리드 어레이를 구획하며, 상기 내부 셀 각각은 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성되며, 복수의 외팔보형 플레이트 연장부를 포함하고, 상기 플레이트 연장부는 상기 연료 바스켓의 수직 외부 측면을 넘어 측방향으로 돌출하고 상기 연료 바스켓과 상기 캐니스터 사이의 주변 껍을 구획하는, 연료 바스켓, 및

상기 주변 껍에 위치한 수직으로 연장된 복수의 보강 부재로서, 상기 복수의 보강 부재 각각은 상기 플레이트 연장부에 고정 결합된, 복수의 보강 부재

를 포함하고,

상기 보강 부재는 상기 연료 바스켓의 전체 높이에 대해 연장되는 직선 또는 각진 구성의 연장된 보강 플레이트를 포함하고, 상기 보강 부재 각각은 상기 주변 껍 중 하나에서 각각의 플레이트 연장부에 고정 결합되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 플레이트 연장부 각각은 한 쌍의 상기 보강 플레이트 사이에 끼워지는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 21**

제19항 또는 제20항에 있어서,

상기 보강 부재는 상기 주변 껍의 일부에 위치한 복수의 수직으로 연장된 관형 심 부재를 추가로 포함하고, 상기 관형 심 부재 각각은 각각의 상기 플레이트 연장부의 반대측에 고정 결합된 상기 보강 플레이트 중 하나에 대향하는 각 플레이트 연장부의 한측에 고정 결합되는 핵연료 저장 시스템.

**청구항 22**

핵연료를 저장하기 위한 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하는 방법으로서,

복수의 수직 외부 측벽을 집합적으로 정의하는 수직으로 적층되고 맞물린 복수의 슬롯형 플레이트, 상기 외부 측벽 너머로 측방향 외측으로 돌출하는 복수의 측방향 플레이트 연장부, 및 각각 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성된 복수의 저장 셀을 포함하는 연료 바스켓을 제공하는 단계;

복수의 수직으로 연장된 보강 부재를 상기 플레이트 연장부에 고정 결합하는 단계; 및

상기 보강 부재가 결합된 상기 연료 바스켓을 원통형 핵연료 저장 캐니스터의 상향 공동 내로 삽입하는 단계를 포함하고,

상기 고정 결합 단계는 상기 보강 부재를 상기 플레이트 연장부에 볼트로 고정하는 것을 포함하고,

상기 고정 결합 단계는 제1 측방향 플레이트 연장부의 제1 측면에 대해 제1 관형 시밍 부재를 위치 설정하고,

제1 측방향 플레이트 연장부의 반대쪽 제2 측면에 대해 제1 보강 플레이트를 위치 설정하고, 상기 제1 관형 시밍 부재, 상기 제1 측방향 플레이트 연장부 및 상기 제1 보강 플레이트를 볼트 결합하는 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하는 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 보강 부재는 보강 플레이트, 관형 시밍 부재, 또는 이들의 조합을 포함하는 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하는 방법.

**청구항 24**

제22항 또는 제23항에 있어서,

상기 보강 부재가 상기 연료 바스켓의 상기 외부 측벽과 상기 캐니스터 사이에 형성된 주변 겹에 위치되는 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하는 방법.

**청구항 25**

제22항 또는 제23항에 있어서,

상기 보강 부재의 일부 또는 전부의 하단부에 유동 절개부를 형성하는 것에 의해, 상기 연료 바스켓의 저부의 주변 겹과 상기 저장 셀 사이에 가스 유로를 형성하는 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하는 방법.

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 일반적으로 사용후 핵연료(SNF)와 같은 고준위 방사성폐기물을 저장하기 위한 시스템 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 일체형 심을 갖는 핵연료 바스켓을 포함하는 개선된 시스템에 관한 것이다.

[0002] <관련 출원에 대한 상호 참조>

[0003] 본 출원은 2019년 12월 9일에 출원된 미국 가출원 번호 62/945,587의 이익을 주장하며, 이 가출원은 전체가 참고로 여기에 포함된다.

**배경 기술**

[0004] 원자로의 작동에서, 원자로 에너지원은 농축 우라늄으로 채워진 속이 빈 지르칼로이 튜브의 형태이며, 집합적으로 연료 집합체라고 하는 다중 집합체로 배열된다. 연료 집합체의 에너지가 미리 결정된 특정 수준으로 고갈되면, 사용되었거나 "사용된" 핵연료(SNF) 집합체가 원자로에서 제거된다. 외부 선적 또는 현장 건식 저장을 위해

경수로에서 배출된 사용 또는 사용후핵연료 집합체를 포장하는 데 사용되는 표준 구조를 연료 바스켓이라고 한다. 연료 바스켓은 본질적으로 각각이 복수의 개별 사용후 핵연료봉을 포함하는 하나의 연료 집합체를 저장할 수 있는 크기인 각형 저장 셀의 집합체이다. 연료 바스켓은 원통형 금속 연료 저장 캐니스터 내부에 배열되며, 이는 주로 주요 핵폐기물 격납 장벽을 형성하는 다목적 캐니스터(MPC)라고도 한다. 이러한 MPC는 뉴저지주 캠든의 홀텍 인터내셔널(Holtec International)에서 입수할 수 있다. 연료 집합체는 일반적으로 작업자에 대한 방사선 노출을 최소화하기 위해 원자로 격납 구조의 사용후핵연료 풀에 잠긴 동안 캐니스터에 적재된다.

[0005] SNF를 저장하는데 사용되는 연료 바스켓의 전형적인 프리즘 구조는 개구부 또는 셀을 포함하고; 각각은 이전에 언급한 대로 단일 연료 집합체를 수용한다. 셀은 미국형 PWR(Pressurized Water Reactor) 연료 집합체의 구성과 일치하도록 사각형 단면 모양을 가지고 있다. 연료 바스켓 벽은 원하는 높이를 달성하기 위해 직교 패턴으로 배열된 슬롯형 플레이트를 함께 적층하고 기계적으로 맞물림으로써 만들어질 수 있다. 모든 외부 플레이트는 일반적으로 스택을 구조적으로 안정화하기 위해 함께 용접된다. 결과 셀은 미국형 PWR(Pressurized Water Reactor) 연료 집합체의 구성과 일치하도록 정사각형 단면 모양을 가질 수 있다. 도 1 및 도 2a는 외부 외측 슬롯형 플레이트에 의해 형성된 복수의 물결 모양의 평면 계단형 측면 표면을 갖는 전형적인 연료 바스켓 구조를 도시한다. 바스켓에는 위에서 아래로 볼 때 복합 직선 다각형 프리즘 둘레가 있다. 그러나 핵폐기물 캐니스터는 프로파일 불일치를 일으키는 원형 셀 벽을 가지고 있다. 따라서, 내부에 포함된 연료 집합체를 손상시키지 않고 취급 및 수송을 위해 캐니스터 내의 바스켓을 중앙에 놓고 안정화시키기 위해 주변 연료 바스켓에서 캐니스터 인터페이스로의 치수 및 프로파일 차이를 보상하기 위한 일부 수단이 필요하다.

[0006] 하나의 이전 접근법에서, 연료 바스켓은 먼저 금속 원통형 캐니스터 내부에 위치되고 그 후 다수의 소위 "느슨한" 압출 바스켓 심에 의해 그 내부의 측방향 중심에 위치된다. 도 2b는 이러한 느슨한 바스켓 심이 각각 둘러싸인 중앙 공동 또는 공간을 형성하는 다양한 복합 단면 형상의 다중 개별 관형 돌출부를 포함하는 것을 도시한다. 돌출부는 연료 바스켓의 계단식 외부 표면과 캐니스터의 원통형 내부 표면 사이에 형성되는 다양한 구성의 측면 갭 또는 포켓에 삽입된다. 전체 주변 갭은 일반적으로 도시된 바와 같이 느슨한 심으로 채워지며, 도시된 바와 같이 이를 달성하기 위해 많은 개별 및 맞춤형 단면 형상의 심 튜브가 필요하다.

[0007] 그러나, 부착되지 않은 압출된 느슨한 심 튜브 단독의 선행 사용은 몇 가지 제조 및 성능 결점을 갖는다. 첫째, 연료 바스켓은 열전도 다리 역할을 하는 느슨한 바스켓 심을 통해 사용후 핵연료 집합체에서 방출된 붕괴열을 외부 캐니스터 셀로 제거한다. 이론적으로 가열된 캐니스터 셀은 차례로 열을 주변 환경으로 방출하여 캐니스터와 연료 집합체를 냉각시킨다. 그러나 관형 심을 연료 바스켓 플레이트에 직접 연결하지 않으면 열 전도가 원하는 만큼 효과적이지 않다.

[0008] 증실(solid) 벽을 갖는 관형 심 압출부는 연료 바스켓의 외부 표면과 원통형 캐니스터의 내부 표면 사이의 직선 시선을 추가로 차단한다. 이것은 바스켓에서 캐니스터로 직접 전달되는 복사 열 전달 경로를 차단하는데, 이는 구조적 열화를 방지하기 위해 연료 집합체를 냉각하는 데 필요한 전반적인 열 전달 효율성을 해롭게 감소시킨다. 따라서 열 제거율은 느슨한 압출 심에 의해 제한되고 캐니스터 직경은 방사선 차폐된 오버팩 또는 캐스크 내에 맞도록 표준화되기 때문에, 연료 바스켓의 크기와, 부수적으로 연료 집합체가 과열되지 않도록 저장할 수 있는 연료 집합체의 수에 제한이 부과된다.

[0009] 두 번째로, 도 2b에 도시된 바와 같이, 다양한 직경의 연료 바스켓(즉, 모든 측면 방향의 측면 폭 치수)과 바스켓 주변과 캐니스터 사이에 형성되는 다양한 단면 모양의 간격을 수용하기 위해 다양한 단면 형상을 갖는 여러 크기의 심이 제작되어야 한다. 단일 바스켓 및 캐니스터 어셈블리를 위한 다양한 치수 및 모양의 심 세트는 분명히 제조 비용이 상당히 많이 든다.

[0010] 마지막으로, "느슨한" 압출된 관형 심은 바스켓의 슬롯형 플레이트 벽에 심의 견고한 고정이 없기 때문에 연료 바스켓 자체를 구조적으로 보강하거나 강화하지 않는다. 따라서 바스켓을 들어 올려 연료통에 삽입하기 위해 취급할 때 바스켓이 캐니스터에 부딪히거나 바닥에 완전히 떨어질 경우 손상될 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 따라서, SNF 캐니스터에서 연료 바스켓을 지지하고, 안정화하고, 센터링하는데 개선이 필요하다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 출원은 일체형 연료 바스켓 시밍 시스템을 구비한 연료 바스켓 및 캐니스터를 포함하는 핵연료 저장 시스템을 개시한다. 본 시스템은 제조하기에 경제적이며, 연료 바스켓 외부 측면과 원통형 연료 저장 캐니스터 사이에 형성된 다양한 크기 및 형상의 주변 갭을 채우기 위한 전술한 종래의 개별 "느슨한" shim(삽)을 단독으로 사용하는 단점을 극복한다. 본 발명의 바스켓 시밍(shimming) 시스템은 유리하게는 내부에 바스켓을 삽입할 때 손상을 피하기 위해 캐니스터로부터 구조적으로 분리된 연료 바스켓을 직접 보강하고 지진 이벤트 동안의 이동 및 손상에 저항하기 위해 캐니스터 내의 바스켓을 측방향으로 중앙에 놓고 안정화시키는 기계적 지지 시스템을 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일체형 연료 바스켓 시밍 시스템은 효율적인 복사열 전달을 위해 연료 바스켓의 측면 외부 측면과 캐니스터 셸 사이에 장애물이 없는 직선(line of sight)을 제공함으로써 핵연료 집합체 열 제거율(heat rejection rate)을 향상시킨다. 연료 바스켓과 캐니스터 사이에 설정된 이러한 직접 복사열 제거 경로는 유리하게는 연료 집합체의 구조적 무결성을 더 잘 보호한다. 더욱이, 더 많은 수의 연료 집합체를 수용하는 더 큰 용량의 연료 바스켓은, 얻을 수 있는 개선된 열 제거율로 인해, 단일 캐니스터에 저장할 수 있다.
- [0014] 일 구현에서, 본 발명의 시밍 시스템을 포함하는 연료 바스켓은 일반적으로 복수의 맞물리고 수직으로 교차하는 슬롯형 플레이트를 포함한다. 플레이트는 연료 바스켓의 원하는 높이까지 수평 층 또는 열로 구성된다. 적어도 일부 슬롯형 플레이트는 바스켓의 측면에서 인접한 플레이트의 외부 주변 표면 및 평평한 측면을 넘어 수직으로 돌출하는 단부에 외팔보형 측방향 플레이트 연장부를 포함한다. 플레이트 연장부의 단부의 수직 예지 표면은 원통형 캐니스터의 내부 표면에 근접하거나 인접하여 종결되도록 구성된다. 이것은 지진이 발생하거나 방사선 차폐 외부 이송 또는 저장 캐스크에 캐니스터를 삽입하는 것과 같이 취급 중에 떨어뜨릴 경우 연료 저장 캐니스터 내에서 연료 바스켓의 측방향 이동을 제한한다.
- [0015] 연료 바스켓의 외벽과 캐니스터 셸 사이에는 상이하게 구성된 복수의 측방향 주변 포켓, 공간 또는 갭이 형성된다. 일 실시형태에서, 수직으로 길쭉한 보강 부재가 갭의 적어도 일부에 배치된다. 보강 부재는 연료 바스켓에 직접 고정식으로 결합되며, 보다 구체적으로 일부 구성에서는 캐니스터의 원형 아치형 내부 표면과 함께 주변 갭의 일부를 정의하는 슬롯형 플레이트 연장부에 고정 결합된다. 보강 부재는 연료 바스켓의 높이와 같은 공간에 있는 높이를 가질 수 있다. 특정 실시형태에서, 보강 부재는 보강 플레이트 또는 보강 플레이트와 관형 심 부재의 조합을 포함할 수 있으며, 이들 모두는 외팔보형 바스켓 플레이트 연장부에 직접 고정 결합된다. 이것은 연료 바스켓 플레이트 연장부의 구조적 보강을 제공하고, 바스켓이 캐니스터에 삽입되는 동안 바스켓이 그 단부에서 낙하시에 압축력을 받는 경우, 또는 바스켓을 제자리에 넣은 후 캐니스터가 마찬가지로 낙하한 경우에, 측면 방향과 수직 방향 모두에서 전체 연료 바스켓 구조의 구조적 보강을 제공한다. 따라서 연료 바스켓을 포함하는 연료 집합체의 구조적 무결성이 전반적으로 더 잘 보호된다.
- [0016] 측방향 플레이트 연장부 및 보강 부재의 일부 또는 전부의 저부 예지(모서리)는, 이 예지가 캐니스터의 하부 폐쇄 플레이트와 인접하게 맞물리는 유동 절개부 또는 구멍을 더 포함할 수 있다. 이것은 캐니스터의 기밀하게 밀폐된 공동을 채우고 내부의 연료 집합체를 보호적으로 덮는 불활성 가스(예: 헬륨 등)가 중력 및 붕괴하는 연료 집합체에서 방출되는 열에 의해 구동되는 자연 대류 열사이클 작용을 통해 위아래로 재순환하도록 한다. 연료 바스켓과 캐니스터의 원통형 셸 사이의 주변 공간 또는 갭은 흐름 절개부를 통해 핵연료 집합체를 통해 연료 바스켓 내부에 형성된 라이저(riser) 공간과 유체 연통하는 가스 재순환 회로의 가스 유동 다운코머(downcomer)로 작용한다.
- [0017] 일 양태에 따르면, 핵연료 저장 시스템은 수직 중심선을 따라 연장되는 원통형 셸을 포함하는 캐니스터; 및 캐니스터에 위치되며, 연료 바스켓의 외부 측면을 집합적으로 정의하는 복수의 직교 배열되고 맞물린 슬롯형 플레이트에 의해 형성된 연료 바스켓으로서, 슬롯형 플레이트에 의해 정의되는 복수의 내부 셸을 포함하고, 각각의 내부 셸이 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성된, 연료 바스켓을 포함하고, 슬롯형 플레이트의 적어도 일부는 외팔보형 플레이트 연장부를 포함하고, 플레이트 연장부가 연료 바스켓의 외부 측면을 넘어 측방향으로 돌출하고 연료 바스켓과 캐니스터 사이의 주변 갭을 정의하고, 플레이트 연장부는 캐니스터의 셸과 맞물리도록 구성된다.
- [0018] 다른 양태에 따르면, 핵연료 저장 시스템은 수직 중심선을 따라 연장되는 원통형 셸을 포함하는 캐니스터; 캐니스터에 위치한 연료 바스켓으로서, 내부 셸의 그리드 어레이를 정의하고(여기서, 내부 셸 각각이 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성됨), 다수의 외팔보형 플레이트 연장부를 포함하는, 연료 바스켓(여기서, 플레이트 연장부는 연료 바스켓의 수직 외부 측면을 넘어 측방향으로 돌출하고 연료 바스켓과 캐니스터 사이의 주변 갭을 정의함); 및 상기 주변 갭에 위치한 복수의 수직으로 연장된 보강 부재(여기서, 상기 보강 부

재 각각은 상기 플레이트 연장부에 고정 결합됨) 를 포함한다.

[0019] 다른 양태에 따르면, 핵연료를 저장하기 위한 구조적으로 보강된 연료 바스켓을 형성하기 위한 방법은 복수의 수직 외부 측벽을 집합적으로 정의하는 복수의 수직으로 적층되고 맞물린 슬롯형 플레이트, 상기 외부 측벽을 너머 측방향 외측으로 돌출하는 복수의 측방향 플레이트 연장부, 및 각각 사용후 핵연료를 포함하는 연료 집합체를 유지하도록 구성된 복수의 저장 셀을 포함하는 연료 바스켓을 제공하는 단계; 복수의 수직으로 연장된 보강 부재를 플레이트 연장부에 고정 결합하는 단계; 및 결합된 보강 부재를 갖는 연료 바스켓을 원통형 핵 연료 저장 캐니스터의 상향 공동 내로 삽입하는 단계를 포함한다. 일부 실시형태에서, 고정 결합 단계는 보강 부재를 측방향 플레이트 연장부에 볼트로 고정하는 단계를 포함한다.

[0020] 본 발명의 적용 가능성의 추가 영역은 하기 제공되는 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 상세한 설명 및 특정 실시형태는 본 발명의 바람직한 실시형태를 나타내면서 단지 예시를 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하려는 것이 아님을 이해해야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 본 발명은 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 더욱 완전히 이해될 것이며, 여기서 유사한 요소는 유사하게 표시되고 다음과 같다:

- 도 1은 종래의 핵연료 바스켓의 사시도이다.
- 도 2a는 도 1의 연료 바스켓의 구성에 사용된 종래의 슬롯형 패널 또는 플레이트 디자인의 정면도이다.
- 도 2b는 도 1의 연료 바스켓과 종래의 느슨한 유형의 심을 구비한 종래의 사용후 핵연료(SNF) 캐니스터의 평면도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 개선된 SNF 캐니스터의 사시도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 연료 바스켓을 구성하는 데 사용되는 상부 슬롯형 플레이트, 중간 슬롯형 플레이트 및 하부 슬롯형 플레이트의 예를 보여주는 본 개시내용에 따른 슬롯형 플레이트 디자인의 측면도이다.
- 도 5a는 도 3의 연료 캐니스터에 사용하기 위한 도 4의 슬롯형 플레이트로 구성된 연료 바스켓의 제1 실시형태의 상부 사시도이다. 여기서, 일부 연료 바스켓 보강 부재가 분해도에서 인출되어 있다.
- 도 5b는 도 5a로부터 취해진 확대된 상세도이다.
- 도 6은 도 5a의 보강 부재 어셈블리의 제1 실시형태를 나타내는 상면 사시도이다.
- 도 7은 도 5a의 보강 부재 조립체의 제2 실시형태를 나타내는 상면 사시도이다.
- 도 8은 도 5a의 연료 바스켓과 캐니스터의 평면도이다.
- 도 9a는 도 3의 연료 캐니스터에 사용하기 위한 도 4의 슬롯형 플레이트로 구성된 연료 바스켓의 제2 실시형태의 상부 사시도이다. 여기서, 일부 연료 바스켓 보강 부재가 분해도에서 인출되어 있다.
- 도 9b는 도 9a로부터 취해진 확대된 상세도이다.
- 도 10은 도 9a의 보강 부재 조립체의 제3 실시형태를 도시한 상면 사시도이다.
- 도 11은 도 9a의 보강 부재 조립체의 제4 실시형태를 도시한 상면 사시도이다.
- 도 12는 도 9a의 연료 바스켓과 캐니스터의 평면도이다.
- 도 13a는 도 12의 수직방향 단면도이다.
- 도 13b는 도 13a의 연료 바스켓 및 캐니스터의 부분 수직 단면도이며, 불활성 가스 재순환 회로의 부분과 그 방향 유동 화살표를 도시한다.
- 도 14a는 도 3의 연료 캐니스터에 사용하기 위한 도 4의 슬롯형 플레이트로 구성된 연료 바스켓의 제3 실시형태의 상부 사시도이다.
- 도 14b는 도 14a로부터 취해진 확대된 상세도이다.
- 도 15a는 도 14a의 연료 바스켓의 상부 사시도이며, 일부 연료 바스켓 보강 부재가 분해도에서 인출되어 있다.

도 15b는 도 15a로부터 취해진 확대된 상세도이다.

도 16은 도 14a의 보강 부재 조립체의 제5 실시형태를 도시한 상면 사시도이다.

도 17은 도 14a의 보강 부재 어셈블리의 제6 실시형태를 도시한 상면 사시도이다.

도 18은 도 5a의 보강 부재 조립체의 제2 실시형태를 도시하는 상면 사시도이다.

도 18은 도 14a의 본 발명의 캐니스터 및 연료 바스켓의 평면도이다.

도 19는 도 5a, 9a 및 14a의 연료 바스켓에 사용 가능한 핵연료 집합체의 사시도이다.

모든 도면은 도식적이며 반드시 축척에 맞춰진 것은 아니다. 다른 도면에서 번호가 매겨지지 않은 것처럼 보일 수 있는 특정 도면에서 번호가 표시된 특징은 여기에 달리 언급되지 않는 한 동일한 특징이다. 본 명세서에서 동일한 정수를 공유하지만 다른 알파벳 접미사를 갖는 관련 그림을 포함하는 정수에 의한 그림에 대한 일반적인 언급은 달리 명시적으로 언급되지 않는 한 모든 그림에 대한 참조로 해석되어야 한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0022] 본 발명의 특징 및 이점은 비제한적인 예시적인("실시예") 실시형태를 참조하여 본 명세서에서 예시되고 설명된다. 예시적인 실시형태의 이러한 설명은 전체 서면 설명의 일부로 간주되어야 하는 첨부 도면과 관련하여 관독 되도록 의도된다. 따라서, 본 개시는 단독으로 또는 특징들의 다른 조합으로 존재할 수 있는 특징들의 일부 가능한 비제한적 조합을 예시하는 그러한 예시적인 실시형태들에 명시적으로 제한되어서는 안 된다.
- [0023] 본 명세서에 개시된 실시형태들의 설명에서, 방향 또는 배향에 대한 임의의 참조는 단지 설명의 편의를 위한 것이며 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않는다. "아래", "위", "수평", "수직", "위에", "아래에", "위로", "아래로", "상부" 및 "저부(하부)"와 같은 상대적인 용어 및 파생어( 예를 들어, "수평방향", "아래방향", "위쪽으로" 등)은 당시 설명된 방향 또는 논의 중인 도면에 표시된 방향을 나타내는 것으로 해석되어야 한다. 이러한 상대적인 용어는 설명의 편의를 위한 것일 뿐이며 장치를 특정 방향으로 구성하거나 작동할 필요가 없다. "부착된", "고정된", "연결된", "결합된", "상호 연결된" 등과 같은 용어는, 달리 명시되지 않는 한, 구조물이 직접 또는 간접적으로 개입하는 구조물을 통해 서로 고정되거나 부착되는 관계 및 움직일 수 있거나 단단한 부착물 또는 관계를 의미한다.
- [0024] 전체에 걸쳐 사용된 바와 같이, 본 명세서에 개시된 임의의 범위는 범위 내에 있는 각각의 모든 값을 설명하기 위한 약칭으로 사용된다. 범위 내의 모든 값을 범위의 끝으로 선택할 수 있다. 또한, 여기에 인용된 모든 참고 문헌은 그 전체가 참고로 여기에 포함된다. 본 개시내용의 정의와 인용된 참고문헌의 정의가 상충하는 경우, 본 개시내용이 우선한다.
- [0025] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 본 명세서에 사용된 용어 "밀봉 용접 또는 용접"은 당해 기술 분야의 통상적인 의미에 따라 용접에 의해 접합된 부품 사이에 기밀 조인트를 형성하는 연속 용접인 것으로 해석되어야 한다.
- [0026] 도 3-8은 바스켓 구조를 센터링, 지지 및 보강하기 위한 본 개시내용에 따른 하이브리드 일체형 시밍 시스템을 포함하는 핵 연료 바스켓(200)의 제1 실시형태를 갖는 핵연료 캐니스터(100)를 도시한다. 시밍(shimming) 시스템은 보강 플레이트(250)와 관형 심(shim) 부재(260)의 조합을 포함하는 복수의 보강 부재를 사용하며, 이들 모두는 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 연료 바스켓에 고정 결합된다. 이는 연료 바스켓에 부착되지 않아서 캐니스터 외부의 연료 바스켓을 구조적으로 보강하지 않는 종래의 "느슨한" 바스켓 심을 사용하는 것과 대조된다. 본 보강 부재는 연료 바스켓과 캐니스터 사이에 형성된 모든 주변 포켓 또는 갭(G)이 반드시 그런 것은 아니지만 일부에 위치된다. 보강 플레이트(250)는 일반적으로 더 조밀한/작은 주변 갭에서 사용될 수 있도록 하는 더 작은 더 콤팩트한 단면 프로파일을 가질 수 있는 반면, 더 큰 단면 프로파일을 갖는 관형 심 부재(260)는 더 큰 갭에서 사용될 수 있다.
- [0027] 캐니스터(100)는 사용후핵연료(SNF) 또는 원자로로부터 제거된 다른 형태의 방사성 폐기물을 포함하나 이에 제한되지 않는 임의의 유형의 고준위 방사성 핵폐기물을 저장하는 데 사용될 수 있다. SNF 캐니스터(100)는 뉴저지주 캠든의 홀텍 인터내셔널(Holtec International)로부터 입수가능한 다목적 캐니스터(MPC)와 같은 상업적으로 이용가능한 핵연료/폐기물 저장 캐니스터일 수 있다.
- [0028] 캐니스터(100)는 수직으로 길쭉한 금속 몸체와 쉘의 기하학적 중심을 통과하는 수직 중심선(Vc)을 따라 연장되는 원통형 쉘(101)을 갖는다. 캐니스터(100)는 쉘의 하단부에 용접된 하부 폐쇄 플레이트(102) 밀봉부, 및 쉘의

상단부에 용접된 상부 폐쇄 플레이트(103) 밀봉부를 포함한다. 따라서 밀폐 플레이트를 셀 단부에 용접하는 것과 같이 밀봉을 통해 캐니스터 내부에 기밀하게 밀봉된 공동(104)이 형성된다. 전술한 캐니스터 부품은 부식 방지를 위한 스테인리스 스틸을 포함하는 스틸과 같은 임의의 적절한 금속으로 형성될 수 있다.

[0029] 연료 바스켓(200)은 상부(230), 하부(231), 및 그 사이에서 수직으로 연장하는 외부 측벽(232A)을 형성하는 복수의 단차 및 직선 형상의 주변 측면(232)을 포함하는 벌집형 프리즘 구조이다. 슬롯형 플레이트(210)는 그 높이(예를 들어, 높이의 적어도 4배 이상)보다 실질적으로 큰 길이(수직 중심선 Vc에 대해 가로로 측정)를 각각 갖는 길이가 수평으로 연장된다. 최외측 슬롯형 플레이트(210)의 주변 측면(232)은 슬롯형 플레이트(202)에 의해 집합적으로 형성되는 외부 주변 측면(233)을 정의한다. 플레이트(210)는 캐니스터(100)의 한 측에서 반대측으로(도면 참조) 직경 방향/측면으로 연장되는 연속적인 모놀리식 구조일 수 있다. 길쭉한 슬롯형 플레이트(210) 각각은 플레이트의 길이를 따라 연장되는 중심선 길이방향축(LA)을 정의한다.

[0030] 일 실시형태에서, 슬롯형 플레이트(210) 각각은 편평하고 평행한 대향 수직 주 측면 표면(211, 212), 상부 길이 방향 예지(213), 하부 길이방향 예지(214), 및 플레이트의 주변 측면 예지(217)를 정의하는 대향 단부(215)를 포함한다. 플레이트를 맞물리게 하기 위해, (연료 바스켓(200) 내의 플레이트의 위치에 따라) 상부 길이방향 예지, 하부 길이방향 예지, 또는 둘 모두에서 길이방향으로 이격된 복수의 수직 슬롯(216)이 길이방향축(LA)에 수직으로 형성된다. 플레이트는 수평/측면으로 배향되고 슬롯(216)을 통해 서로 맞물려 연료 바스켓의 원하는 높이로 상승 및 적층되는 다수의 수평 행 또는 플레이트의 층으로 구성된 적층 구조를 형성한다. 연료 바스켓은 높이가 캐니스터(100)보다 약간 더 짧아서 상부 유동 플레넘(200A)이 바스켓의 상부(230)와 캐니스터 상부 폐쇄 플레이트(103) 사이에 형성되며(예를 들어, 도 13a-b 참조), 이는 추가로 설명된다. 상부 층으로부터의 최상부 플레이트(210A)는 하향 개방 슬롯(216)만을 포함하고, 하부 층으로부터의 최하부 플레이트(210C)는 상향 하부 슬롯(216)만을 포함하고, 그 사이의 중간 층에 있는 중간 플레이트(210B)는 상부 및 하부 슬롯(216) 모두를 포함한다. 도시된 바와 같이, 슬롯(216)은 슬롯형 플레이트의 전체 높이(H1)를 통해 부분적으로만 연장되며, 일부 실시형태에서는 높이(H1)의 대략 50% 이하이다. 플레이트(210A-C)는 연료 바스켓 구조와의 위치에 따라 동일하거나 상이한 높이 및 길이를 가질 수 있다.

[0031] 연료 바스켓(200)은 그 내부에 수직으로 연장되는 복수의 연료 집합체 저장 셀(240)의 그리드 어레이를 포함한다. 각 셀은 다수의 사용후 핵연료봉(28a)(또는 다른 핵폐기물)을 포함하는 단일 미국식 연료 집합체(28)를 수용하도록 단면적 및 형상으로 구성된다. 종래의 직선형 단면 구성을 갖는 이러한 유형의 예시적인 연료 집합체가 도 19에 도시되어 있다. 이러한 연료 집합체는 업계에서 잘 알려져 있다. 연료 바스켓의 셀(240)은 수직으로 교차하는 슬롯형 플레이트(210)에 의해 정의되며, 따라서 부수적으로 직선인 단면 형상(예를 들어, 정사각형)이 형성된다. 이는 최외측 슬롯형 플레이트(210)의 평평한 측방향 주변 측벽(232A)에 의해 집합적으로 정의되는 단면적이고 단차를 갖는 외부 주변 측면(233)을 포함하는 도시된 바와 같은 횡단면에서 전체 복합 직선 다각형 형상을 연료 바스켓에 제공한다.

[0032] 복수의 주변 공간 또는 갭(G)은 주변 측벽(232A)과 연료 캐니스터(100)의 내부 표면(110) 사이에서 연료 바스켓(200)의 둘레 주위에 형성된다. 갭(G)은 캐니스터에서 연료 바스켓의 전체 길이에 대해 수직으로 연장된다. 예를 들어 도 8에 도시된 바와 같이, 갭(G)은 크기와 구성이 다양하지만 일반적으로 원통형 캐니스터 셀(101)에 기인한 최외측 부분에서 동일한 복합 아치형 허상을 가지며, 집합적으로 갭을 구획하는 연료 바스켓 형상에 기인한 최내측 부분의 직선 형상을 가진다.

[0033] 연료 바스켓(200)을 캐니스터(100)에서 측방향으로 안정화하고 중앙에 배치하고, 연료 바스켓(200)의 직선 다각형 외부 주변 측면(233)과 캐니스터(100)의 비다각형 및 원형 아치형 내부 표면(110) 사이의 불일치를 보상하기 위해, 슬롯형 플레이트(200) 중 적어도 일부는 한쪽 또는 바람직하게는 양쪽 단부에 형성된 외팔보형(cantilevered) 측방향 플레이트 연장부(220)를 포함한다. 슬롯형 플레이트가 맞물리고 최종 연료 바스켓 어셈블리로 조립될 때, 측방향 플레이트 연장부(220)는 연장부에 수직으로 배향된 인접 플레이트의 평평한 외부 주변 측면(233)을 넘어 수직으로 그리고 측방향 외측으로 돌출한다(예를 들어, 도 5b 및 도 8 참조). 플레이트 연장부(220)의 수직 단부 표면이 플레이트 단부(215) 및 부수적으로 여기에서 이전에 설명된 슬롯형 플레이트(210)의 주변 측면 예지(217)를 정의한다는 점에 유의해야 한다. 연장부의 주변 측면 예지는 캐니스터(100)의 원통형 셀(101)의 내부 표면에 근접하거나 접하여 종결되도록 구성된다. 이것은 연료 캐니스터(100)와 그 안의 핵연료 집합체(28)를 흔들 수 있는 지진이 발생하는 동안 측방향으로 연료 바스켓(200)을 안정화시키기 위해 슬롯형 플레이트와 캐니스터 셀 사이의 접촉을 보장한다. 모든 슬롯형 플레이트(210)가 플레이트 연장부(220)를 반드시 필요로 하는 것은 아니라는 점에 유의해야 한다.

- [0034] 도 4에 도시된 본 슬롯형 플레이트(210)의 플레이트 연장부(220)에 의해 형성되는 주변 측면 에지(217) 각각은 상부 길이방향 에지(213)에서 하부 길이방향 에지(214)까지 슬롯형 플레이트(210)의 전체 높이(H1)에 대해 연장되는 직선 수직형 선형 주변 에지를 형성한다. 이는 수직으로 짝을 이루는 슬롯형 플레이트의 슬롯 모양 구멍에 삽입하기 위한 탭 돌출부를 포함하는 종래의 슬롯형 플레이트 설계에 형성된 물결모양(undulating) 에지와 대비된다(도 2a 및 4를 비교). 도 2a에 도시된 이러한 종래 설계에서, 탭은 연료 바스켓과 원통형 캐니스터 셸 사이의 주변 갭에서 임의의 다른 요소를 부착 및 지지하기에 충분한 플레이트의 구조적 연장부를 형성하기에 충분한 방식으로 도시된 바와 같이 수직으로 짝을 이루는 플레이트를 넘어 연장되지 않는다.
- [0035] 본 슬롯형 플레이트(210)는 일 실시형태에서 단부에서 단부(215)까지 단일 구조의 모놀리식 본체를 가질 수 있다. 플레이트(210)는 임의의 적합한 재료로 형성될 수 있다. 하나의 비제한적인 예는 바람직하게는 스테인리스강과 같은 내식성 금속과 같은 금속이다. 향상된 방사선 차단을 위해 슬롯형 플레이트의 일부 또는 전체는 대안적으로 Metamic(등록상표)(뉴저지주 캠든 소재 Holtec International의 독점 제품)과 같은 붕소 함유 재료와 같은 적절한 방사선 차폐 재료로 형성될 수 있다. Metamic(등록상표)은 중성자 방사선 차폐용으로 설계된 불연속 강화 알루미늄 붕소 카바이드 금속 매트릭스 복합 재료이다. 특정 실시형태에서 다른 재료가 플레이트(210)에 사용될 수 있다.
- [0036] 계속해서 도 3-8을 참조하면, 다른 양태의 연료 바스켓(200)은 수직으로 연장되고 길쭉한 복수의 보강 부재 또는 플레이트(250)를 더 포함한다. 보강 플레이트(250)는 연료 바스켓(200)의 외부 주변 측면(233) 및 연료 캐니스터(100)의 내부 표면(110) 사이에 캐니스터(100)의 주변 갭(G)의 적어도 일부에 위치한다. 플레이트(250)는, 도시된 슬롯형 플레이트 연장부(220) 등(비제한적임) 연료 바스켓에 단단히 고정되고 결합되는 것이 바람직하다. 보강 플레이트(250)는 바스켓이 캐니스터(100)으로의 삽입시에 그 단부상에 낙하하는 경우(또는 연료 바스켓이 설치된 상태로 캐니스터가 그 단부상에 낙하하는 경우) 압축력(compression force) 하에서 (1) 수직방향으로 그리고 (2) 측방향으로 연료 바스켓(200)의 연장부의 구조적 지지 및 보강을 제공한다. 플레이트 연장부(220)는 측면 지지 없이 외팔보형이기 때문에, 외팔보의 지지되지 않은 길이에 따라 보강 플레이트에 의해 지지되지 않고 충격을 받는 경우 구부러지고 손상될 수도 있다.
- [0037] 보강 플레이트(250)는 일부 실시형태에서 동일하거나 상이한 구성의 플레이트의 조화된 쌍으로 제공될 수 있다. 슬롯형 플레이트 연장부(220)의 적어도 일부 및 특정 경우에 대다수는 보강 플레이트(250)의 짝을 이루는 쌍과 맞춰질 수 있다. 특정 실시형태에서, 슬롯형 플레이트 연장부(220)의 대부분은 한 쌍의 보강 플레이트(250)에 결합될 수 있다(예를 들어 도 14-18 참조). 각 쌍의 하나의 보강 플레이트(250)는 특정 실시형태에 도시된 바와 같이 연장부(220) 상의 슬롯형 플레이트(210)의 대향하는 주요 측면(211, 212)에 결합될 수 있다. 따라서, 이들 플레이트 연장부(220)는 양측으로부터 플레이트 연장부를 구조적으로 보강하는 한 쌍의 보강 플레이트(250) 사이에 끼워질 수 있다.
- [0038] 연료 바스켓(200)의 특정 실시형태에서, 단일 보강 플레이트(250)는 바스켓의 주변 둘레에서 필요에 따라 특정 위치에서 플레이트 연장부(220) 중 일부의 일측에 고정 결합될 수 있다. 이러한 배열은 후술하는 도 5-8에 도시된다.
- [0039] 보강 플레이트(250)는 상부(230)에서 하부(231)까지 바스켓(200)의 전체 높이에 대해 수직으로 연장되어 바스켓과 동일한(coextensive) 높이를 가질 수 있다. 플레이트(250)는 바람직하게는 알루미늄 또는 스테인리스 스틸과 같은 내식성 금속과 같은 임의의 적절한 금속으로 형성될 수 있다. 다른 금속이 사용될 수 있다.
- [0040] 보강 플레이트(250)는 연료 바스켓(200)과 이들 플레이트가 위치할 원통형 캐니스터 셸(101) 사이의 주변 공간 또는 갭(G)의 구성을 일치시키기 위해 필요에 따라 다양한 다각형 횡단면 형상(예: 직선)을 가질 수 있다. 플레이트(250)는 산업에서 사용되는 전형적인 구조적 형상을 가질 수 있고 (여기에서 추가로 설명되는 관형 시밍(shimming) 부재(260)와 달리) 내부 공간을 정의하지 않는 측방향으로 개방된 구조이다. 보강 플레이트(250)에 사용될 수 있는 일부 직선 형상의 비제한적인 예는 예를 들어 편평한 스트랩형 본체를 갖는 직선형 보강 플레이트(250A) 및 구조적 각도와 유사한 각진 본체를 갖는 L자형 각진 보강 플레이트(250B)를 포함하지만 이에 제한되지 않는다(예를 들어, 도 8 참조). 각진 보강 플레이트(250B)는 플레이트가 위치되어야 하는 주변부(G)의 단면 형상 및 기하학적 구조를 일치시키기 위해 필요에 따라 같거나 같지 않은 폭의 수직으로 배향된 레그를 가질 수 있다. 다른 다각형 형상, 비다각형 형상, 또는 이들의 조합은 플레이트가 위치되어야 하는 짝을 이루는 관련 주변 갭(G)의 형상을 일치시키기 위해 필요에 따라 보강 플레이트(250)에 사용될 수 있다.
- [0041] 단일 또는 쌍의 보강 플레이트(250)는 임의의 적절한 결합 메커니즘을 통해 슬롯형 플레이트(210)의 측방향 플레이트 연장부(220)에 고정 결합될 수 있다. 일 실시형태에서, 보강 플레이트(250)는 도시된 바와 같이 연장된

나사산 볼트 본체, 너트 및 와셔의 어셈블리를 포함하는 볼트(251)를 통해 슬롯형 플레이트 연장부에 볼트로 고정될 수 있다. 너트는 풀림을 방지하기 위해 연료 바스켓 플레이트 연장부(220)에 조립된 후에 볼트 본체에 가용접될 수 있다. 볼트 본체는 볼트 체결 위치에서 연장 플레이트(220) 및 보강 플레이트(250)에 형성된 볼트 구멍(265)을 통해 수용된다. 보강 플레이트(250)는 연료 바스켓 조립체에서 최상부 및 최하부 슬롯형 플레이트(210)의 적어도 플레이트 연장부(220)에 볼트로 고정된다. 도시된 바와 같이 보강 플레이트(250)를 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 고정적으로 결합하기 위해 다수의 볼트가 이들 상부 및 하부 위치에서 사용될 수 있다. 바람직하게는, 보강 플레이트는 연료 바스켓(200)에 대한 연장부의 추가 고정을 위해 수직으로 이격된 방식으로 연료 바스켓(220)의 높이를 따라 그 사이의 일부 중간 플레이트 연장부(220)에 추가로 볼트로 고정될 수 있다 (예를 들어, 도 5a 참조). 바스켓(200)이 연료 캐니스터(100)의 캐비티(104) 내로 활주 가능하게 삽입되기 전에 보강 플레이트(250)를 연료 바스켓(200)에 견고하게 부착하기 위해 볼트 체결이 완료될 수 있다.

[0042] 보강 플레이트(250)는 내부가 아니라 그 둘레 주위에서 연료 바스켓(200)의 둘레 측면(232)의 바깥쪽의 둘레 포켓 또는 갭(G) 내에만 위치된다는 것이 이해될 것이다. 볼트(251)는 바람직하게는 바스켓(200)의 연료 집합체 저장 셀(240) 중 어느 것으로도 돌출하지 않기 때문에, 볼트(251)는 사용후 연료 집합체(28)를 셀(ce11) 내로 슬라이딩 및 로딩하는 것을 방해하지 않는다.

[0043] 보강 플레이트(250)는 알루미늄 합금 2219 또는 기타와 같은 고온 내성 재료, 스테인리스 스틸과 같은 내식성 강, 또는 압출되거나 달리 성형될 수 있는 기타 금속과 같은 적절한 금속으로 형성될 수 있다.

[0044] 계속해서 도 3-8을 참조하면, 연료 바스켓(200)의 하이브리드 시밍 시스템은 바스켓(예를 들어, 플레이트 연장부(220))에 고정 결합된 관형 심 부재(260) 형태의 보강 부재를 더 포함한다. 심 부재(260)는 일부 실시형태에서 보강 플레이트(250)를 포함하지 않는 주변 갭(G)을 점유할 수 있다. 이것은 몇 가지 이점을 제공한다. 예를 들어, 관형 심 부재는 연료 바스켓의 주변부 주변의 더 큰 주변 갭(G)에 위치되어 이러한 위치에서 바스켓의 더 큰 구조적 안정성 및 보강을 추가할 수 있다. 더 작은 주변 갭은 그러한 더 좁은 공간에 더 쉽게 맞도록 제작될 수 있고 형상화될 수 있는 위치에서 보강 플레이트(250)를 사용하여 구조적으로 보강될 수 있다. 관형 심 부재(260)를 바스켓 구조에 단단히 고정하는 것에 의해 관형 심 부재(260)을 바스켓 구조에 통합함으로써, 심 튜브가 구조적으로 더 큰 저항을 견딜 수 있는 기둥으로 작용하기 때문에 심 부재 및 바스켓의 단부에 작용하는 압축력에 대한 연료 바스켓의 더 큰 저항이 달성된다. 캐니스터(또는 내부에 삽입하기 전에 연료 바스켓만)가 핸들링 중에 낙하된 경우 보강 플레이트(250) 단독보다 압축력. 관형 심 부재(260)는 또한 바스켓이 내부에 삽입된 후 바스켓 또는 캐니스터의 측면에서 적어도 부분적으로 낙하의 경우에 연료 바스켓 및 캐니스터에 가해지는 측면방향 힘에 대해 더 큰 저항을 제공한다. 이것은 유리하게는 낙하 이벤트 동안 물리적 손상으로부터 바스켓의 연료 집합체를 더 잘 보호한다. 또한, 연료 바스켓(200)은 제조 비용이 저렴하고 도시된 바와 같이 일반적으로 단순한 직선 형상(단면)을 갖는 보강 플레이트(250)와 결합될 때 관형 심 부재(260)의 수가 최소화될 수 있기 때문에 연료 바스켓(200)에 대한 제조 비용이 감소될 수 있다.

[0045] 관형 심 부재(260)는 각각 상단부(261), 하단부(262), 및 폐쇄된 중앙 개구(264)를 규정하는 그 사이에서 연장되는 측벽(263)을 정의하는 수직으로 긴 본체를 포함한다. 상단부 및 하단부(261, 262)는 중앙 개구(264)에 개방될 수 있다. 관형 심 부재(260)는 연료 바스켓의 높이 및 추가로 보강 플레이트(250)의 높이와 동일한 높이를 가질 수 있다. 관형 심 부재(260) 및 보강 플레이트(250) 모두는 캐니스터(100)의 수직 중심선(Cv)에 평행하게 배향된다.

[0046] 관형 심 부재(260)는 그들이 위치되는 주변 갭(G)의 기하학적 구조를 보완하기 위해 필요에 따라 다양한 횡단면 형상을 가질 수 있다. 따라서 심 부재(260)는 다각형 단면 형상(예를 들어, 직사각형, 정사각형, 삼각형, 육각형 등), 비다각형 단면 형상(예를 들어, 원형 등), 또는 이들의 조합을 가질 수 있다. 예시된 실시형태에서, 4개의 실질적으로 직선인 직사각형 벽으로 구성된 직선형 관형 심 부재(260A), 및 3개의 수직으로 배향된 내부 직선 벽으로 구성된 부분 정사각형 심 부재(260B), 및 이들 사이에서 연장하는 아치형으로 만곡된 외부 벽의 조합이 제공된다. 주변 갭(G)의 단면 형상에 따라 다른 형상이 사용될 수 있다. 여기에 더 설명된 도 9 내지 도 12는 2개의 수직으로 배향된 내부 벽 및 캐니스터(100) 내부 표면의 곡선과 일치하는 그 사이에서 연장되는 아치형으로 만곡된 외부 벽을 포함하는 부분 삼각형 단면 형상을 갖는 관형 심 부재(260C)를 도시한다.

[0047] 보강 플레이트(250)와 유사하게, 관형 심 부재(260)는 나사형 볼트 본체의 조립체를 포함하는 본 명세서에 앞서 설명된 볼트(251)(나사산 볼트 본체, 너트, 및 와셔의 어셈블리를 포함함)를 통해 일 실시형태에서와 같은 동일한 방식으로 연료 바스켓(200)의 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 고정 결합될 수 있다. 심 부재(260)는 연료 바스켓 조립체에서 최상부 및 최하부 슬롯형 플레이트(210)의 적어도 플레이트 연장부(220)에 볼트로 고정된다.

수직 중앙 공간(264)과 튜브의 개방된 상단부 및 하단부(261, 262)는 패스너 어셈블리를 조이는 데 필요한 볼팅에 대한 접근을 제공한다. 따라서, 볼트(251)의 일부는 도시된 바와 같이 튜브의 중앙 공간으로 돌출된다. 보강 플레이트(250)를 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 고정적으로 결합하기 위해 다수의 볼트가 이들 상부 및 하부 위치에서 사용될 수 있다.

[0048] 도시된 바와 같은 일부 실시형태에서, 동일한 볼트(251)는 보강 플레이트(250)와 관형 심 부재(260) 둘 다를 단일 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 고정적으로 결합하는 데 사용될 수 있다. 따라서, 플레이트 연장부는 보강 플레이트 및 심 튜브 사이의 집합체(도 8에 가장 잘 표시됨)에 끼워질 수 있다. 일부 예에서, 한 쌍의 관형 심 부재(260)는 동일한 주변 포켓 또는 갭(G)을 점유할 수 있다(예를 들어, 도 8의 우측 상단 상세 이미지 참조).

[0049] 덜 바람직하지만 여전히 만족스러운 다른 실시형태에서, 관형 심 부재(260) 및/또는 보강 플레이트(250)는 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 용접될 수 있다. 볼팅은 일반적으로 용접보다 비용이 적게 드는 커플링 절차이기 때문에, 심 부재(260) 및 보강 플레이트(250)를 연료 바스켓 플레이트 연장부(220)를 볼팅함으로써 이중 금속 용접을 형성하는 데 문제를 제거하고 제조 비용을 절감할 수 있다.

[0050] 관형 심 부재(260)는 알루미늄 합금 2219 또는 기타와 같은 고온 내성 재료, 스테인리스강과 같은 내식성 강, 또는 압출되거나 성형될 수 있는 다른 금속과 같은 적절한 금속으로 형성될 수 있다.

[0051] 계속해서 도 4-8을 참조하면, 측방향 플레이트 연장부(220), 보강 플레이트(250), 및/또는 관형 심 부재(260)의 일부 또는 전부의 저부 예지는, 예지가 캐니스터(100)의 저부 폐쇄 플레이트(102)와 인접하게 맞물리는 유동 구멍 또는 절개부(270)를 더 포함할 수 있다. 이것은 바스켓(200) 내의 연료 집합체 저장 셀(240)에 대한 유동 접근을 제공하여, 불활성 기체(예를 들어, 헬륨 등)가 순환하고 캐니스터의 공동(104)에 포함되어 부식 방지를 위해 연료 집합체를 덮도록 한다. 유동 절개부(270)는 가스가 붕괴하는 연료 집합체(28)로부터 방출된 열에 의해 구동되는 자연 대류 열사이클 작용을 통해 캐니스터 내에서 위아래로 재순환되도록 한다. 연료 바스켓과 캐니스터(100)의 원통형 셀(101) 사이의 주변 공간 또는 갭(G)은, 연료 집합체(270)를 포함하는 연료 바스켓 내부의 셀(240)에 의해 형성된 내부 공간과 절개부(270)를 통해 유체 연통하는 가스 재순환 회로의 가스 유동 다운코머로서 작용한다. 연료 바스켓(200)의 상부 위의 캐니스터에 형성된 상부 유동 플레넘(200A)은 주변 다운코머 및 내부 라이저 모두와 유체 연통한다. 이것은 도 13b에 가장 잘 나타나 있다. 이는 연료 집합체를 냉각하는 데 사용되는 가스 유동 재순환 회로를 나타내는 불활성 가스 유동 화살표를 도시한다.

[0052] 도 9 내지 도 13b는 캐니스터에서 연료 바스켓(200)을 구조적으로 보강하고 중앙에/안정화하는 본 개시내용에 따른 하이브리드 일체형 시밍 시스템의 제2 실시형태를 포함하는 연료 바스켓(200)을 구비한 핵연료 캐니스터(100)를 도시한다. 이 실시형태는, 비록 일부가 약간 다른 구성을 하고 있기는 하지만, 보강 플레이트(250)과 관형 심 부재(260)를 모두 포함하는 보강 부재를 결합한다는 점에서, 도 3-8에 도시된 제1 실시형태와 유사하다. 이들 보강 부재는 연료 바스켓 외팔보형 측방향 플레이트 연장부(220)에 고정 볼트로 고정되고 연료 바스켓의 전체 높이와 같은 공간에 있는 수직 높이를 갖는다. 이러한 보강 부재는 유동 절개부(270)(여기에서 이전에 설명된 슬롯형 플레이트 연장부(220)에도 형성됨)를 포함할 수 있다. 따라서 캐니스터, 연료 바스켓 및 시밍 시스템의 모든 유사한 특징은 간결함을 위해 여기에서 상세하게 반복되지 않을 것이다. 차이점은, 제2 실시형태의 일반적인 개요와 함께 또한 설명될 것이다.

[0053] 본 실시형태(및 도 5 내지 도 8의 종래의 실시형태)가 보강 플레이트(250)과 관형 심 부재(260) 모두로 구성된 보강 부재의 조합을 사용하지만, 다른 실시형태에서는 보강 플레이트만 또는 관형 심 부재만이 캐니스터 셀(101)과 연료 바스켓의 외부 측벽(232A) 사이에 형성된 주변 갭(G)의 구성/기하학 및 크기에 따라 사용될 수 있다.

[0054] 도 9-13를 참조하면, 연료 바스켓(200)은 도 3-8의 연료 바스켓의 실시형태에서 셀의 수(예를 들어, 37개의 셀)보다 더 많은 내부 연료 집합체 저장 셀(240)(예를 들어, 도시된 바와 같이 44개의 셀)을 포함한다. 그러나, 캐니스터(100)의 직경은 특정 경우에 두 실시형태에서 동일할 수 있다. 37셀 연료 바스켓은, 이전에 시장에서 이용가능한 가장 큰 용량을 나타내며, 이는 붕괴하는 핵 연료 집합체에서 방출되는 열을 발산하는 종래의 바스켓 설계의 낮은 열 제거 용량(heat rejection capacity)에 의해 적어도 부분적으로 제한된다. 따라서, 일체형 시밍 시스템을 사용하는 본 연료 바스켓 디자인의 더 큰 열 제거 능력은 직경을 증가시키지 않고 더 많은 수의 연료 집합체가 캐니스터에 안전하게 저장되는 것을 가능하게 한다.

[0055] 도 9-13b의 본 실시형태의 보강 부재는, 본 명세서에서 이전에 설명된 수직으로 각진 보강 플레이트(250B)를 포함한다. 연료 바스켓 시밍 시스템의 이 실시형태에서, 각진 플레이트(250B)는 이들이 위치하는 주변 갭(G)에 맞

도록 동일한 길이의 레그를 갖는다. 관형 심 부재는 4면형 심 부재(260B) 및 이전에 언급된 일반적으로 삼각형 형상의 심 부재(260C)를 포함한다. 이 실시형태에서, 심 부재(260B, 260C)는 도시된 바와 같이 심 부재와 연장부 사이에 끼워진 연료 바스켓의 측방향 플레이트 연장부(220)를 통해 측방향/수평으로 통과하는 볼트(251)를 통해 함께 고정 결합된다. 심 부재(260B, 260C)는 플레이트 연장부의 각 측면에서 서로 다른 주변 갭(G)을 점유한다.

[0056] 도 14-18은 캐니스터에서 연료 바스켓(200)을 구조적으로 보강하고 센터화/안정화하는 본 개시내용에 따른 하이브리드 일체형 시밍 시스템의 제3 실시형태를 포함하는 연료 바스켓(200)을 갖는 핵연료 캐니스터(100)를 도시한다. 이 실시형태에서 연료 바스켓(200)은 도 3-8 및 9-13b의 연료 바스켓에 있는 셀의 수보다 더 많은 내부 연료 집합체 저장 셀(240)(예를 들어, 도시된 바와 같이 104개의 셀)을 포함한다. 그러나 캐니스터 직경은 설명된 이들 종래의 실시형태에서와 동일할 수 있다.

[0057] 증가된 저장 셀(240)의 수는 더 큰 횡단면 프로파일을 갖는 관형 시밍 부재(260)를 실질적으로 수용하기에는 일반적으로 너무 작은 주변 갭(G)을 초래한다. 이 실시형태는 본 명세서에서 이전에 설명된 직선형 및 편평한 스트랩 형상 디자인의 보강 플레이트(250A)만을 포함하는 보강 부재를 포함한다. 일부 주변 갭(G)에서, 수직으로 배향된 한 쌍의 보강 플레이트(250A)가 단일 갭에 위치될 수 있고 L자형 각진 지지체를 집합적으로 형성하도록 도시된 바와 같이 서로 다른 직교로 배향된 플레이트 연장부(220)에 고정 결합될 수 있다. 보강 플레이트(250A)의 이러한 2-피스 어셈블리는 일부 실시형태에서 본 명세서에서 이전에 설명된 단일 모놀리식 각진 보강 플레이트(250B)로 대체될 수 있다. 보강 플레이트는 볼트(251)에 의해 연료 바스켓 외팔보형 측방향 플레이트 연장부(220)에 볼트 고정되고 연료 바스켓의 전체 높이와 같은 공간에 있는(coextensive) 수직 높이를 갖는다. 이러한 보강 부재는 또한 필요에 따라 유동 절개부(270)을 포함할 수 있다(또한 본 명세서에서 설명된 바와 같이 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 형성됨).

[0058] 따라서 설명된 종래의 시밍 시스템 실시형태와 같은 캐니스터, 연료 바스켓 및 현재의 시밍 시스템의 다른 모든 유사한 특징은 간결함을 위해 여기서 다시 상세하게 반복되지 않을 것이다.

[0059] 구조적으로 보강된 핵연료 저장용 연료바스켓을 형성하는 방법을 간략히 설명하면 다음과 같다. 방법의 단계는 복수의 수직 외부 측벽(232A) 및 복수의 연료 집합체 저장 셀(240)의 직선 그리드 어레이를 포함하는 연료 바스켓을 형성하기 위해 복수의 슬롯형 플레이트(210)를 맞물리게 하는 것(interlocking)을 포함할 수 있다. 맞물린 슬롯형 플레이트(210)는, 연료 바스켓의 전체 높이를 따라 측벽(232A)을 넘어 외측으로 돌출하는 외팔보형 측방향 연장부(220)가 형성되도록, 구성된다.

[0060] 이와 같이 제공된 연료 바스켓(200)으로, 방법은 복수의 수직으로 연장된 보강 부재를 연료 바스켓의 측방향 플레이트 연장부(220)에 직접 고정적으로 결합하는 것으로 계속된다. 보강 부재는 보강 플레이트(250) 및/또는 관형 시밍 부재(260)를 포함할 수 있다. 일 실시형태에서, 플레이트 및 시밍 부재는 본 명세서에서 이전에 설명된 볼트(250)를 사용하여 측방향 플레이트 연장부(220)에 볼트로 고정되고, 연료 바스켓(200)의 전체 높이에 대해 연장된다. 상기 보강 플레이트(250)의 일부 또는 전부의 하단의 유동 절개부(270)(사용되는 경우), 관형 심 부재(260)(사용되는 경우), 및 하부 폐쇄 플레이트(102)에 인접하는 슬롯형 플레이트(210)의 최하부 층(단)의 측방향 플레이트 연장부(220)(사용되는 경우)를 형성하여, 상기 연료 바스켓(200) 저부의 주변 갭(G)과 상기 내부 연료 저장 셀(240) 사이에 가스 유로를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 보강 부재는 연료 바스켓을 구조적으로 보강하여 연료 저장 셀의 완전성 및 전술한 바와 같이 그 내부에 저장된 연료 집합체를 보호한다.

[0061] 다음으로 보강된 연료 바스켓(200)이 삽입되고 캐니스터(100)의 개방된 상단부를 통해 캐비티(104) 내로 미끄러진다. 하부 폐쇄 뚜껑(102)은 이미 캐니스터의 하단부에 기밀하게 밀봉 용접되어 있다. 연료 바스켓은 하부 폐쇄 덮개의 위쪽을 향하는 상단 표면에 안착된다. 그런 다음 하나 이상의 연료 집합체(28)가 바스켓의 저장 셀(240)에 삽입된다. 그 다음 상부 폐쇄 덮개(103)는 연료 바스켓 및 연료 집합체의 캡슐화를 완료하는 캐니스터(100)의 상단부에 용접 밀봉된다(예를 들어, 도 13a-b 참조). 그 다음, 캐니스터(100)는, 가스가 연료 집합체(28)에 의해 가열될 때 자연 대류 열 사이펀(thermo-siphon)에 의해 구동되는 캐니스터 내의 가스 재순환 회로에서 흐르기 시작하는 불활성 가스(예: 헬륨, 질소 등)로 채워질 수 있다.

[0062] 본 명세서에 개시된 본 발명의 연료 바스켓 일체형 시밍 시스템 실시형태로 많은 이점이 실현될 수 있으며, 이는 다음을 포함하지만 이에 제한되지 않는 것으로 요약될 수 있다.

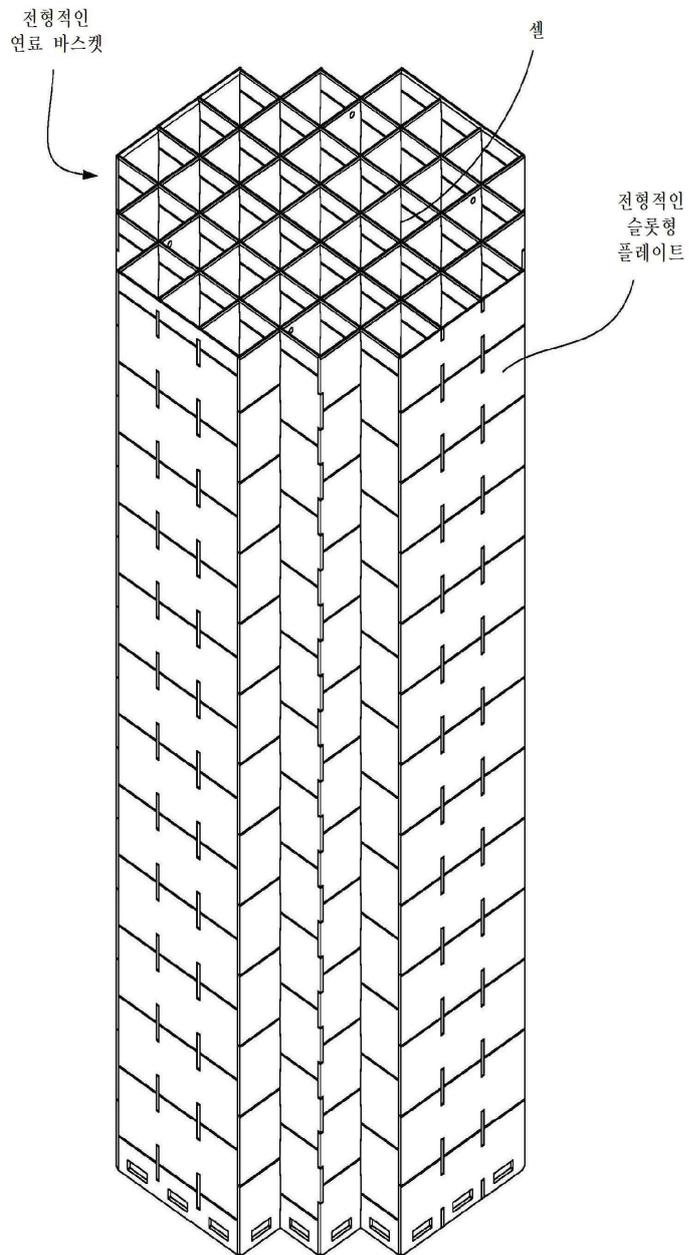
[0063] 슬롯형 플레이트(210), 측방향 플레이트 연장부(220), 제공되는 경우 보강 플레이트(250), 제공되는 경우 관형 심 부재(260)의 저부 에지는, 자연 중력에 의한 열사이펀 작용에 의한 불활성 가스(예를 들어, 헬륨 등) 재순환

을 가능하게 하기 위해, 본 명세서에서 이전에 설명된 바와 같은 유동 절개부(270)을 포함할 수 있다. 이러한 구성요소들 모두가 캐니스터 내의 불활성 가스 재순환 시스템의 다운커머를 집합적으로 형성하는 주변 갭(G)과 관련하여 연료 캐니스터(100) 내 이들의 위치 및 방향에 따라 유동 절개부를 필요로 하는 것은 아니라는 점에 특히 유의해야 한다.

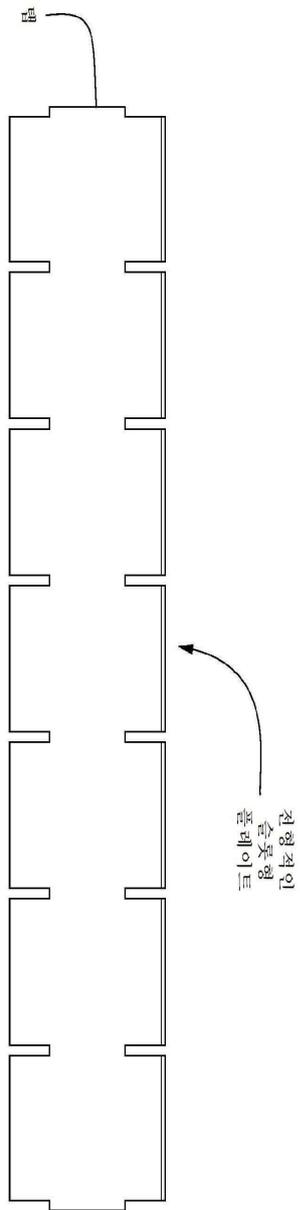
- [0064] 재순환 가스의 다운코머 역할을 하는 연료 바스켓(200)의 둘레 주변의 개방 주변 공간 또는 갭(G)의 단면적인 슬롯형 플레이트 연장부(220)에 고정 부착된 관형 심의 제한된 사용에 의해 최대화된다. 이는 캐니스터 셸 벽으로의 대류 열 전달을 높이고 바스켓에 있는 연료 집합체의 냉각을 촉진하는 데 도움이 된다.
- [0065] 각각의 슬롯형 플레이트 연장부(220)는 바스켓 내의 연료 집합체에 의해 주변 갭으로, 차례로 캐니스터 셸(101)로 방출되는 열의 소산(dissipation)을 향상시키기 위해 프리즘형 연료 바스켓(200)으로부터 측방향 외측으로 돌출하는 열 전달 연장된 표면("핀")의 역할을 한다. 이러한 열 전달 핀 또는 연장된 표면은 바스켓 내부에서 폐열을 끌어내고 내부의 주변 갭(G)에 의해 정의된 다운커머 공간을 통해 캐니스터(100)까지 아래쪽으로 흐르는 재순환 불활성 가스로 열을 전달하는 것을 돕는다.
- [0066] 유동 구멍 또는 절개부(270)는 저장된 연료의 저부와 연료 저장 캐니스터 셸(100)의 저부 영역 사이의 직접적인 시선(line of sight)을 제공하여, 캐니스터 연료 한정 경계의 저부 영역의 복사 가열을 최대화하는 것을 도와서 적절한 환경 조건에서 발생할 수 있는 캐니스터의 응력 부식 균열 위험; 당업계에 잘 알려진 현상 및 고장 메커니즘을 완화한다.
- [0067] 외부 주변 바스켓 슬롯형 패널 또는 플레이트(210)를 함께 용접할 필요는 보강 부재(예를 들어, 보강 플레이트(250) 및/또는 관형 시밍 부재(260))를 연료 바스켓 측방향 플레이트 연장부(220)에 볼트로 고정함으로써 제거되고, 이에 의해 조립 바스켓은 완전히 용접이 없어지므로 높은 치수 충실도를 갖게 된다. 이것은 제조 시간과 비용을 크게 줄인다. 보강 부재는 상부 및 최하부 슬롯형 플레이트(210)를 구조적으로 함께 묶어, 구조적으로 안정적인 집합체로 플레이트의 전체 수직 스택을 록킹한다.
- [0068] 연료 바스켓(200)의 저부 에지까지 모두 아래로 연장되는 관형 심 부재(260) 및 보강 플레이트(250)는, 가정된 수직 낙하 이벤트 동안 측방향 관성 하중에 대해 뿐만 아니라 관련 측면 작용 관성 방향 하중(바스켓이 측면으로 부분적으로 낙하하는 경우)에 대해, 바스켓을 보강하고 경화하는 데 도움이 된다. 관련 측면 작용 관성 반경 방향 하중(바스켓이 측면으로 부분적으로 떨어지는 경우). 이러한 수직 낙하 이벤트 동안, 측방향 충격력은 수직으로 연장되는 보강 플레이트 및 심 부재를 통해 캐니스터(100)의 저부 폐쇄 덮개 사이에서 반대쪽 단부 상부 폐쇄 덮개로 전달된다.
- [0069] 전술한 설명 및 도면은 일부 예시적인 시스템을 나타내지만, 첨부된 청구범위의 등가물의 사상 및 범위 및 범위를 벗어나지 않고 다양한 추가, 수정 및 대체가 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 특히, 본 발명은 그 사상 또는 본질적인 특징을 벗어나지 않으면서 다른 형태, 구조, 배열, 비율, 크기 및 기타 요소, 재료 및 구성요소로 구현될 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다. 그것의. 또한, 본 명세서에 기술된 방법/공정에서 다양한 변형이 이루어질 수 있다. 당업자는 본 발명이 구조, 배열, 비율, 크기, 재료 및 구성요소의 많은 수정과 함께 사용될 수 있으며, 그렇지 않으면 특정 환경 및 작동에 특히 적용되는 본 발명의 실시예에 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 본 발명의 원리를 벗어나지 않으면서 요구 사항을 충족할 수 있다. 따라서 현재 개시된 실시형태는 모든 면에서 예시적이며 제한적이지 않은 것으로 간주되어야 하며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 그 균등물에 의해 정의되며 전술한 설명 또는 실시형태에 제한되지 않는다. 오히려, 첨부된 청구범위는 본 발명의 등가물의 범위 및 범위를 벗어나지 않고 당업자에 의해 만들어질 수 있는 본 발명의 다른 변형 및 실시형태를 포함하도록 광범위하게 해석되어야 한다.

도면

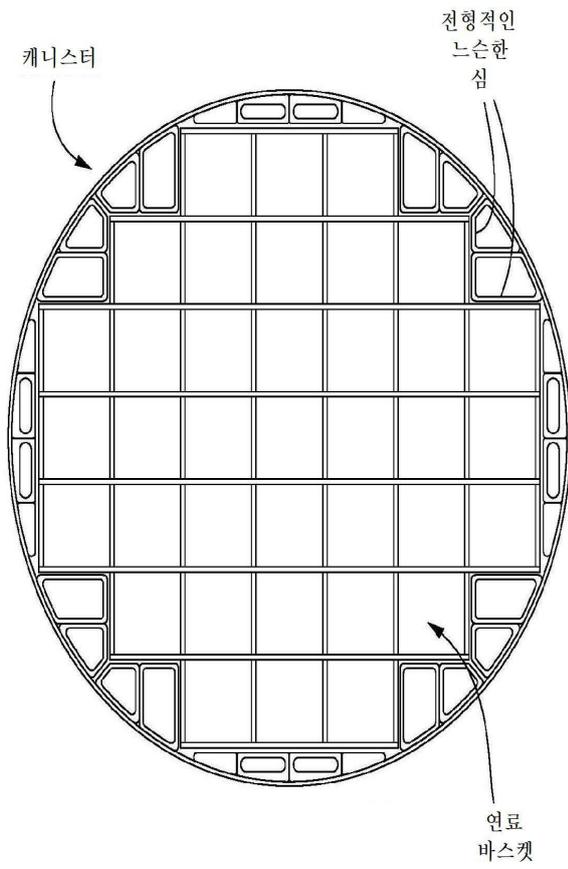
도면1



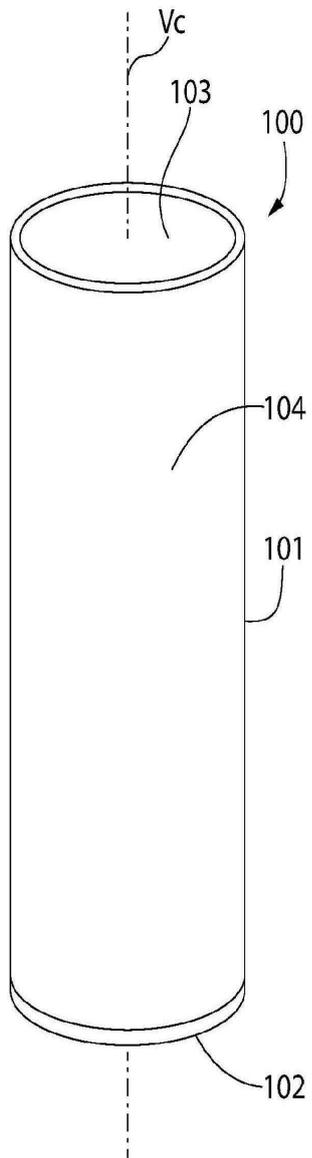
도면2a



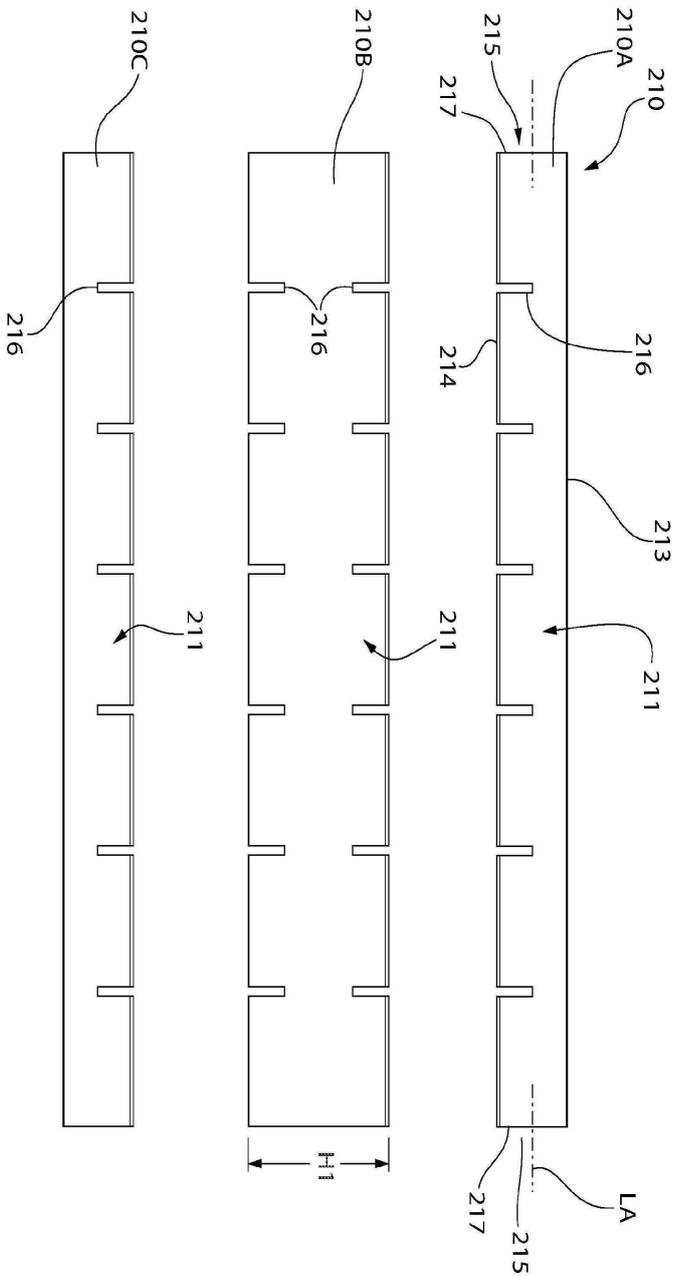
도면2b



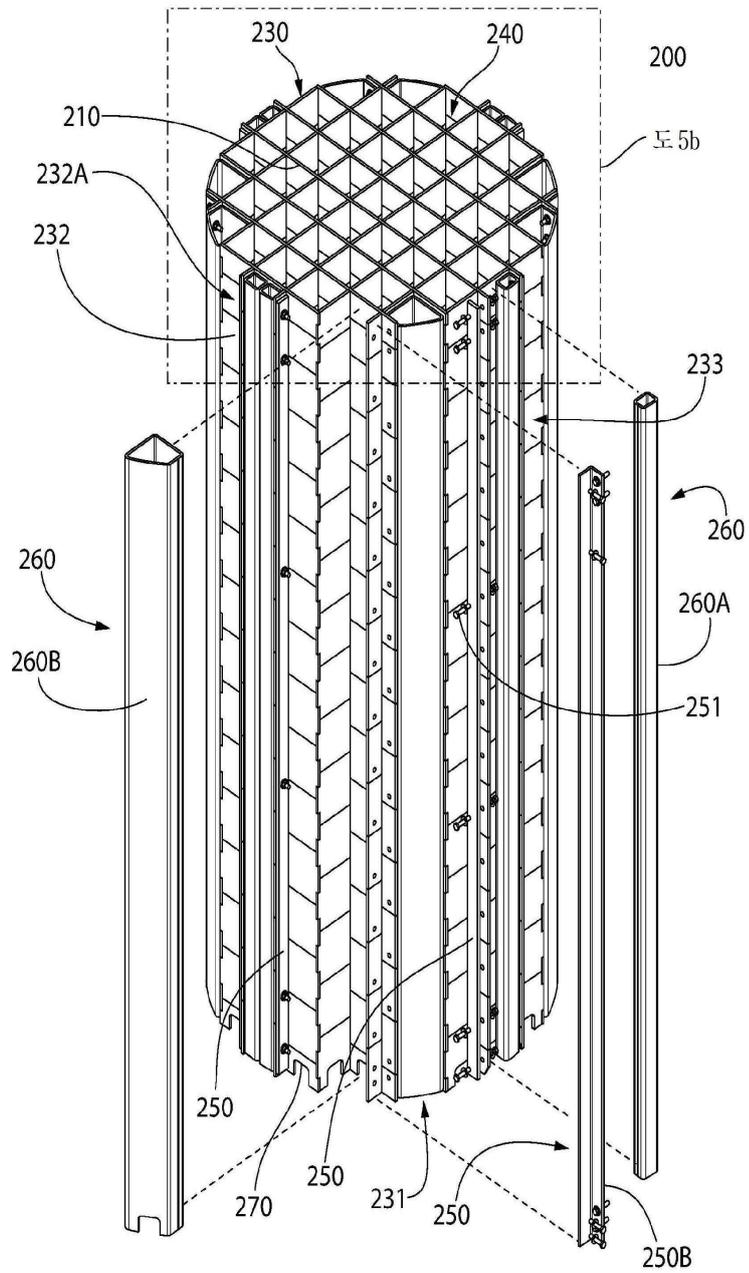
도면3



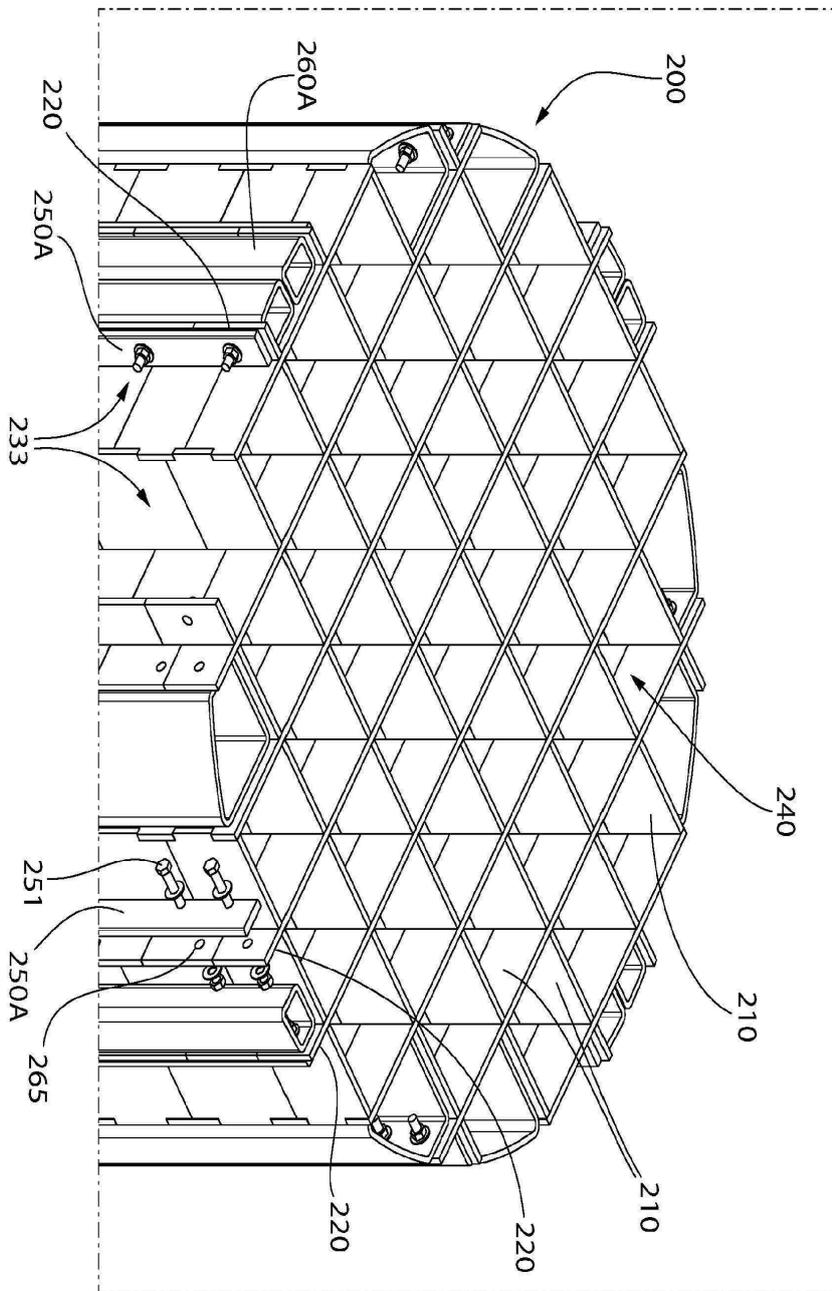
도면4



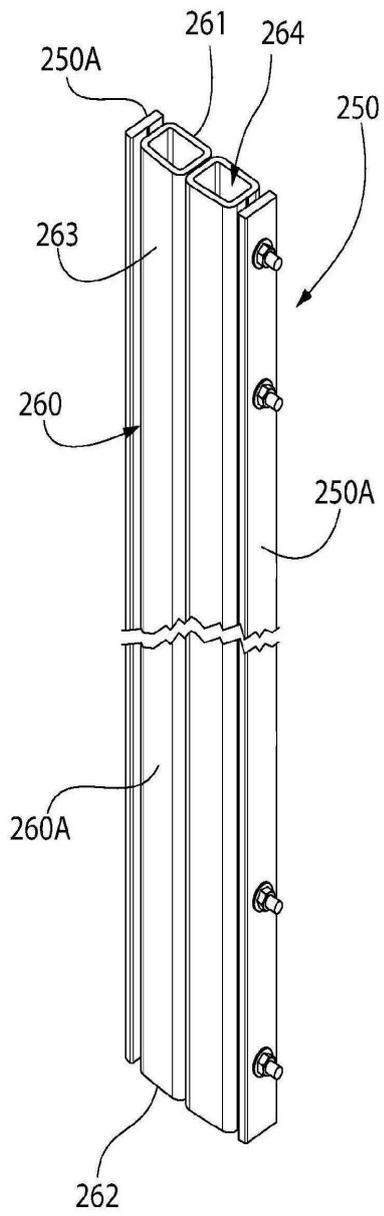
도면5a



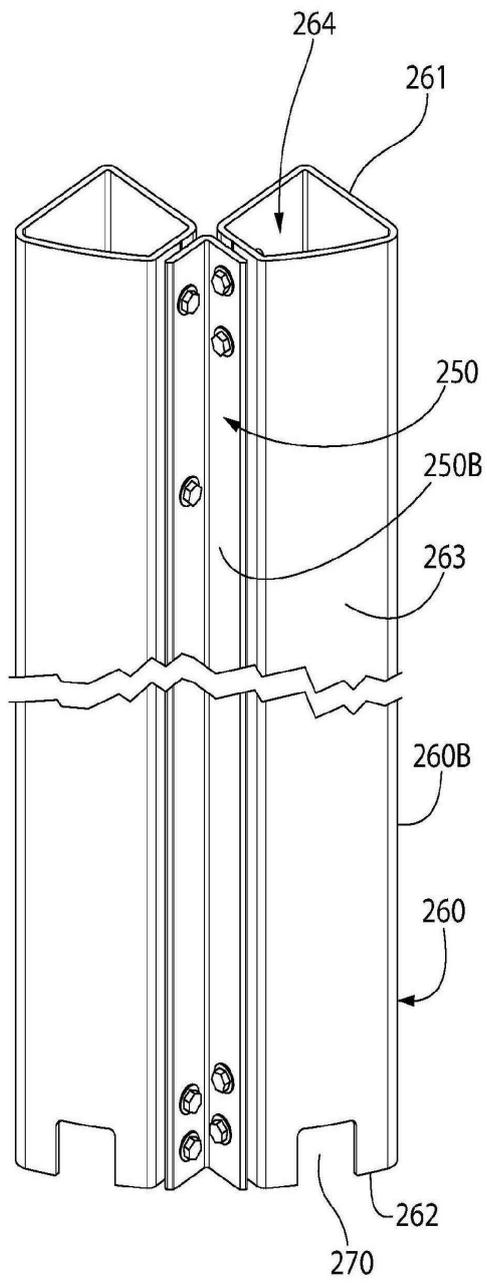
도면5b



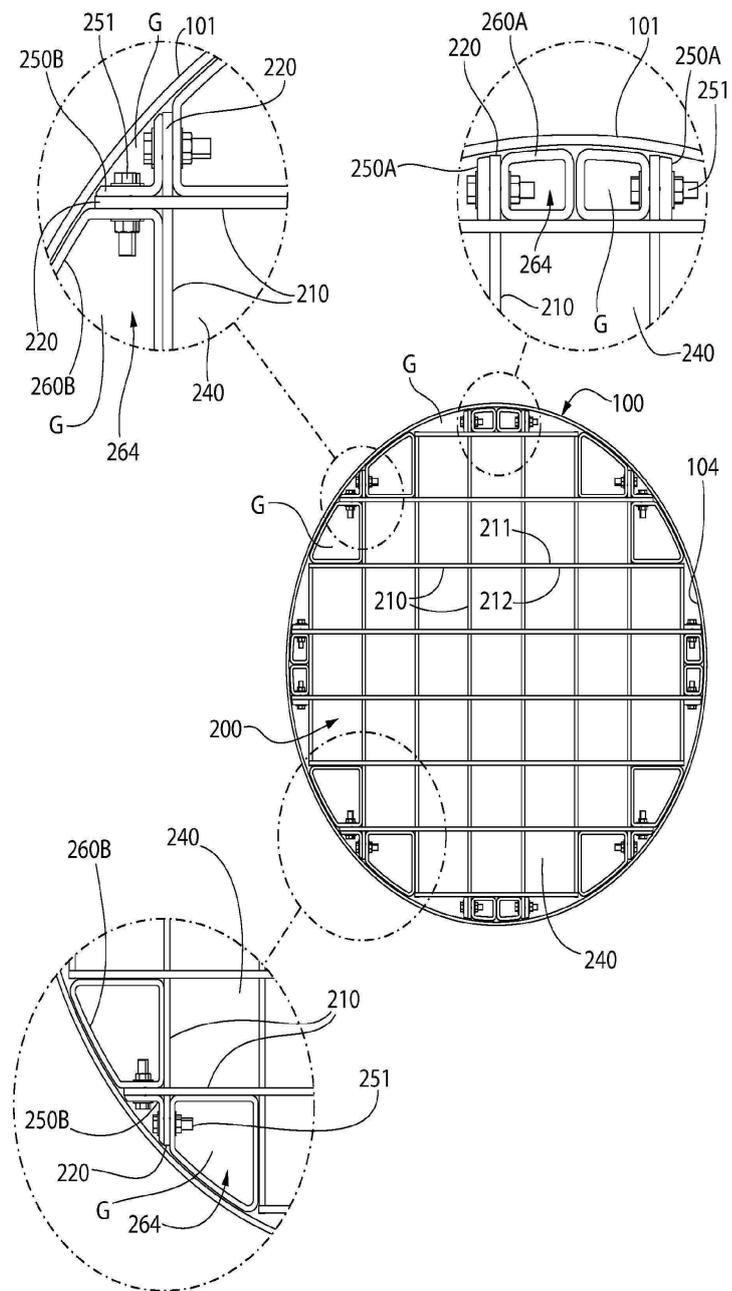
도면6



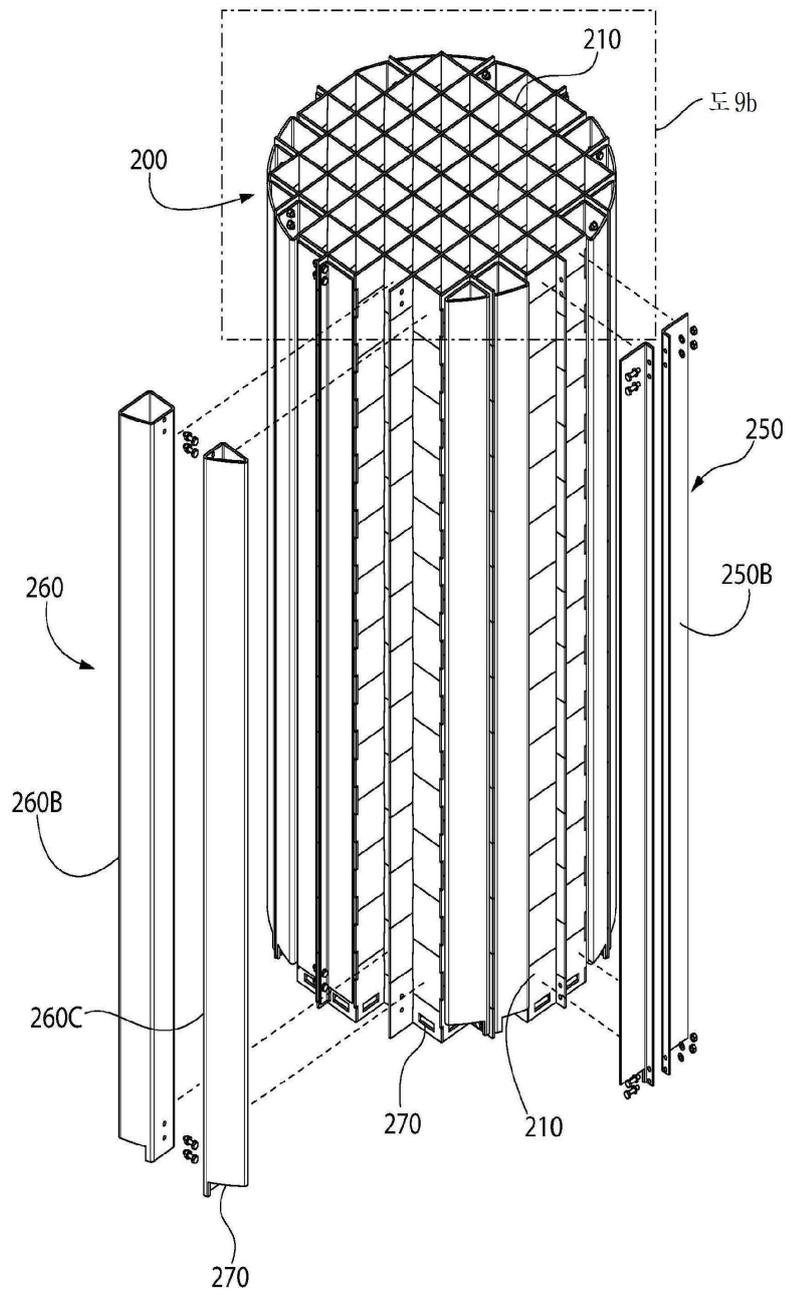
도면7



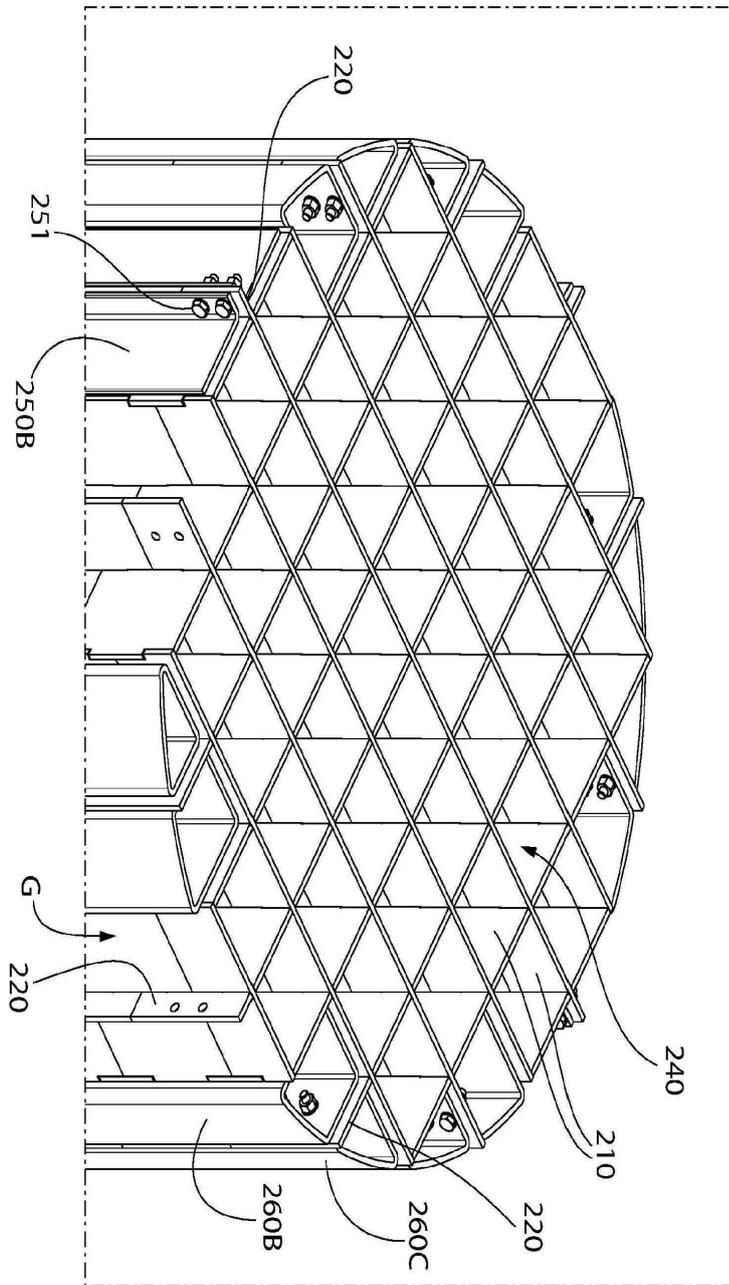
도면8



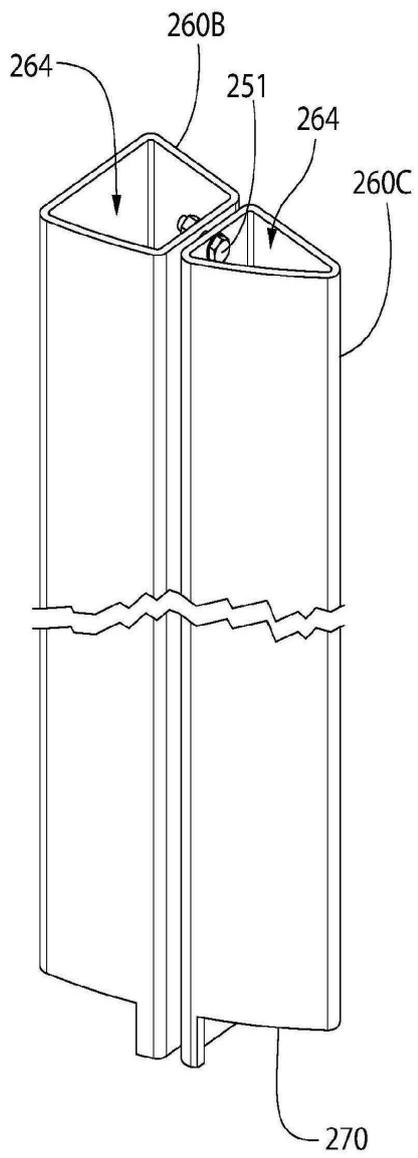
도면9a



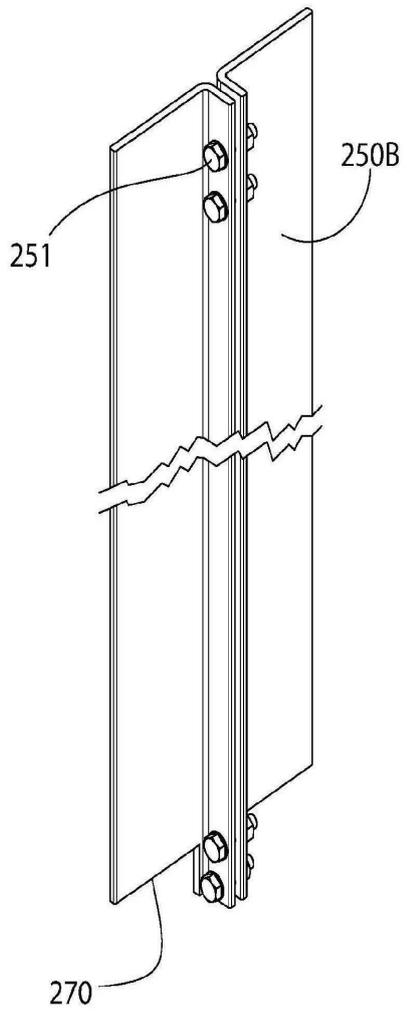
도면9b



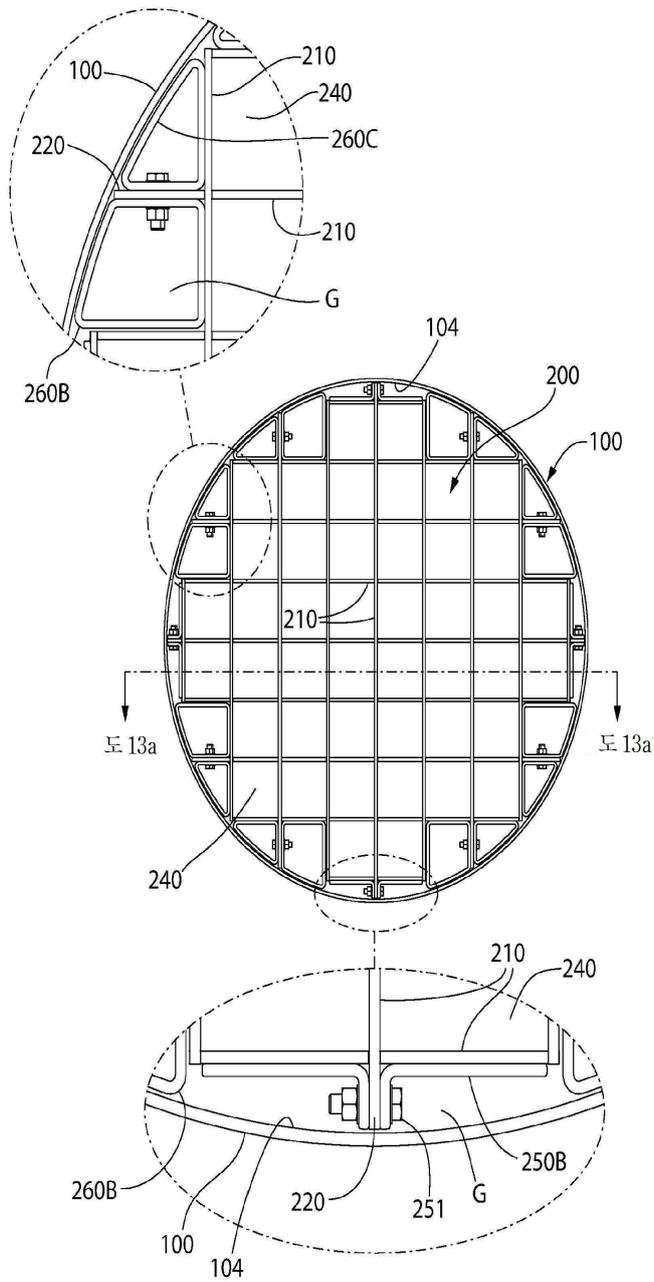
도면10



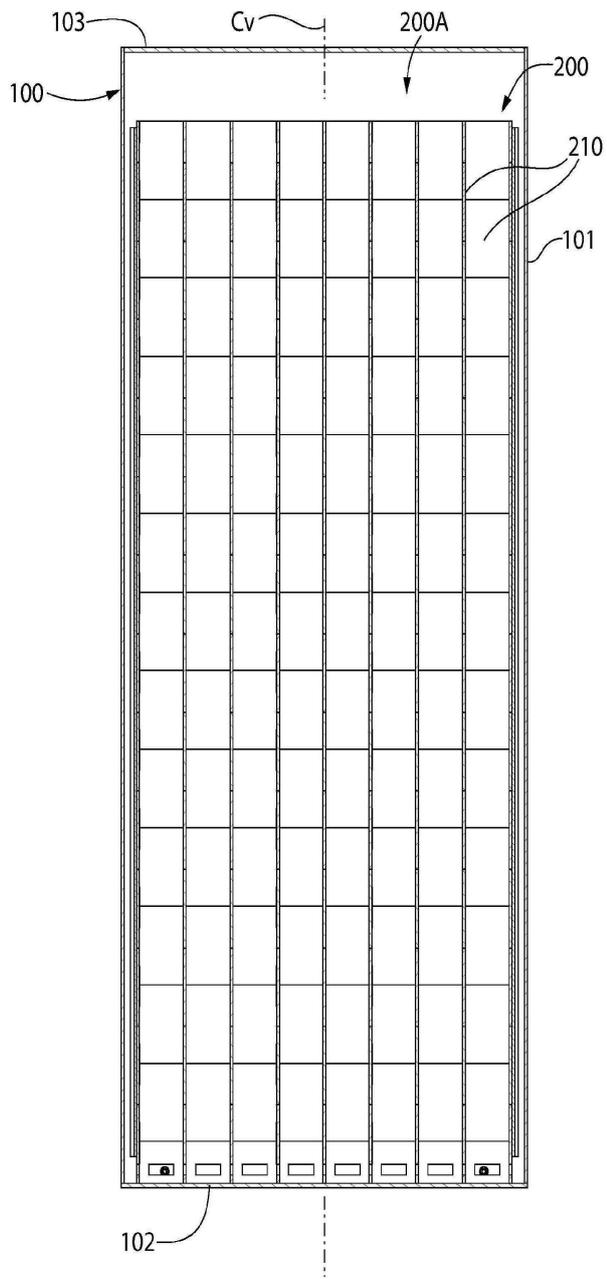
도면11



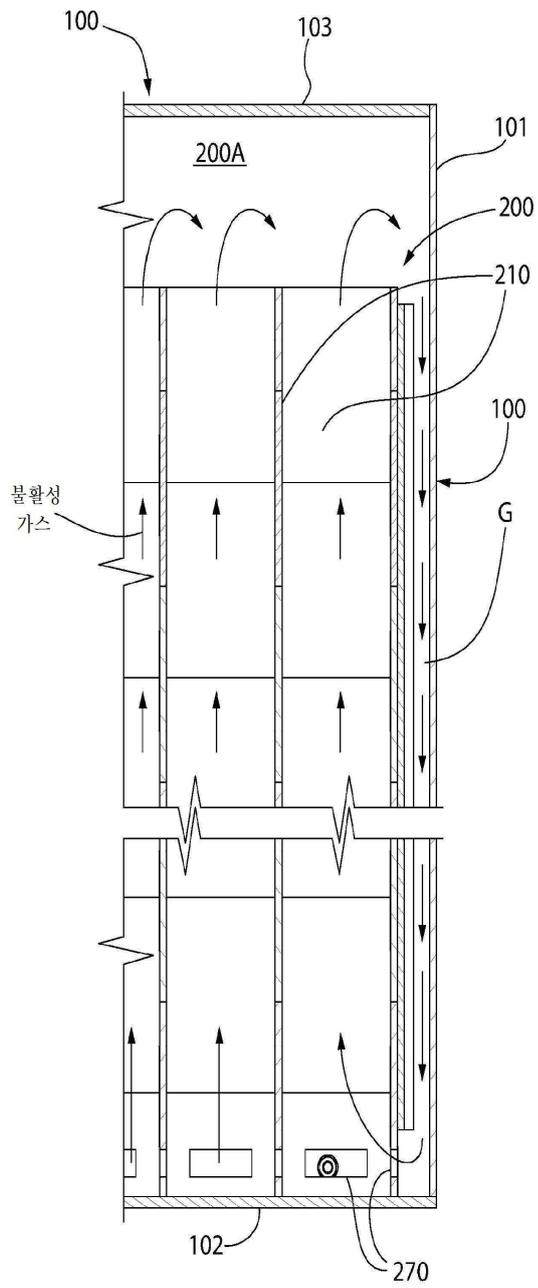
도면12



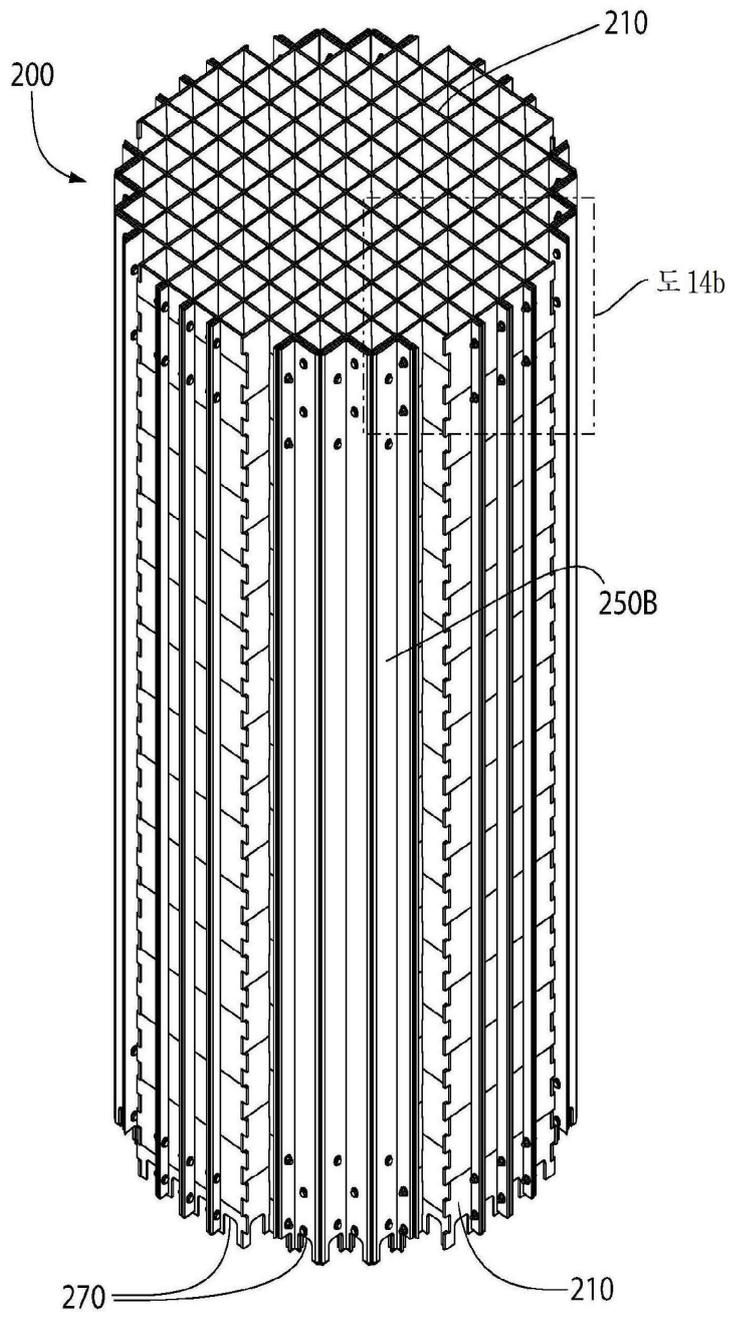
도면13a



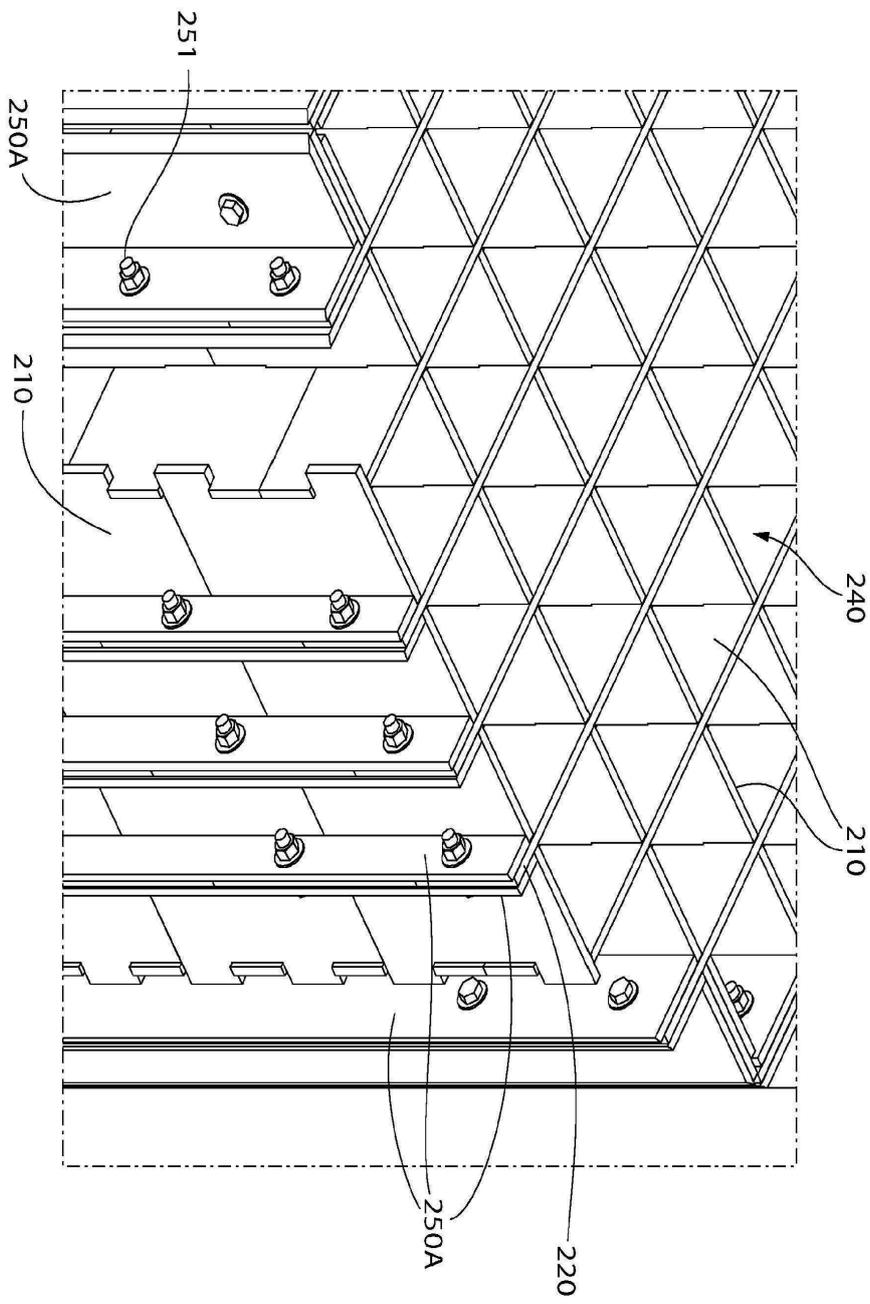
도면 13b



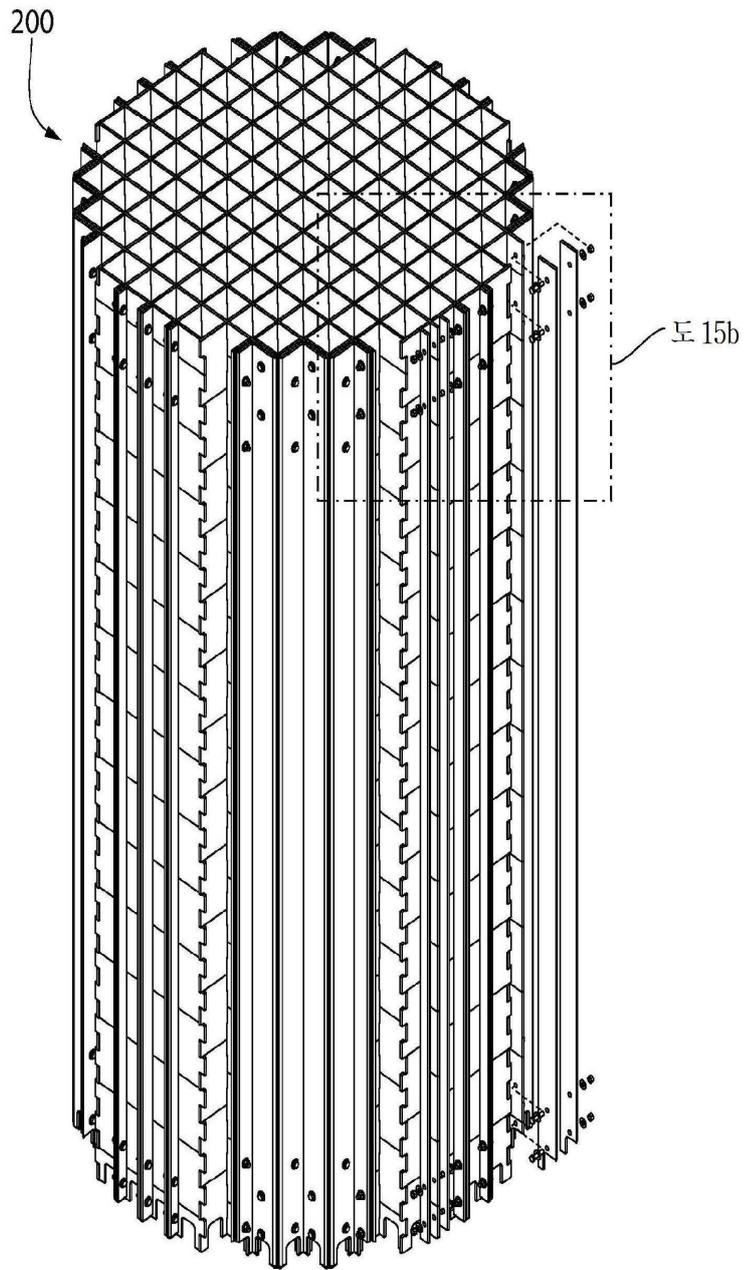
도면14a



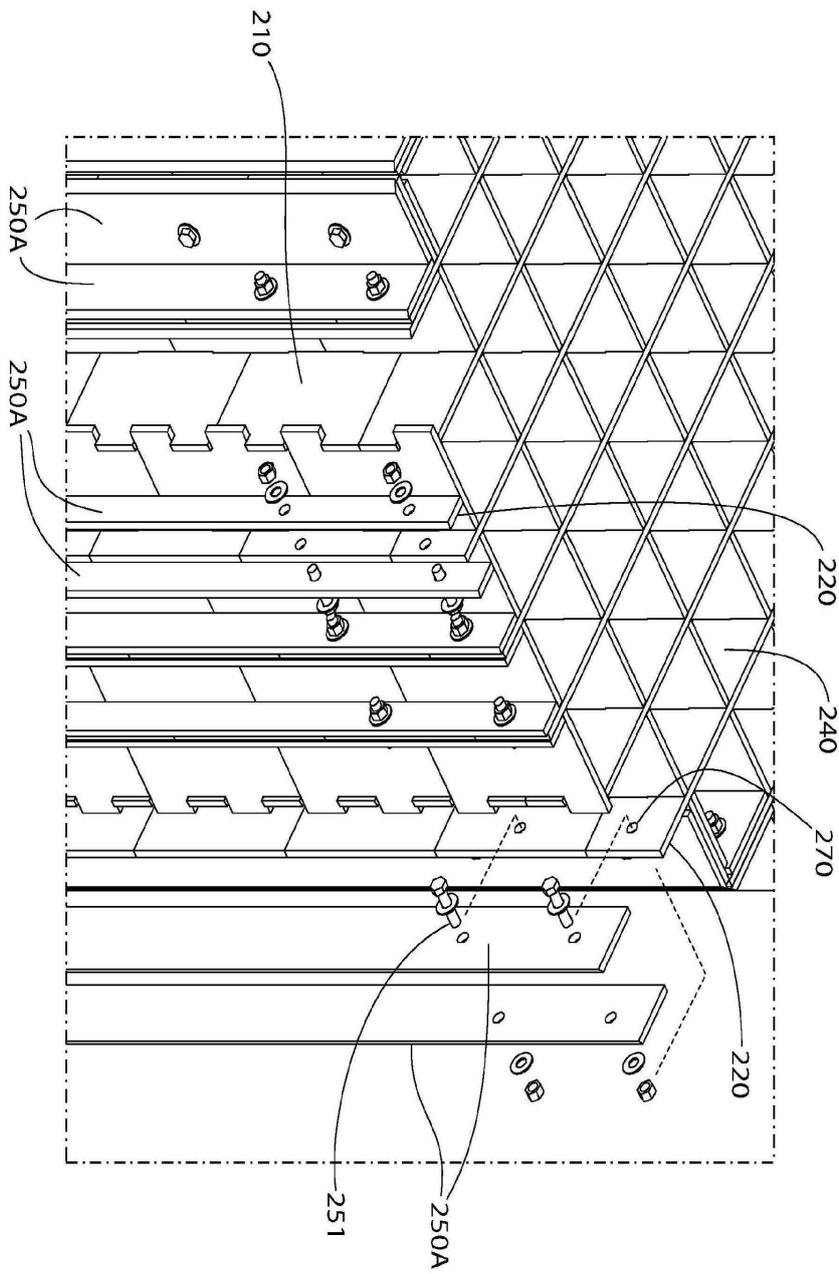
도면14b



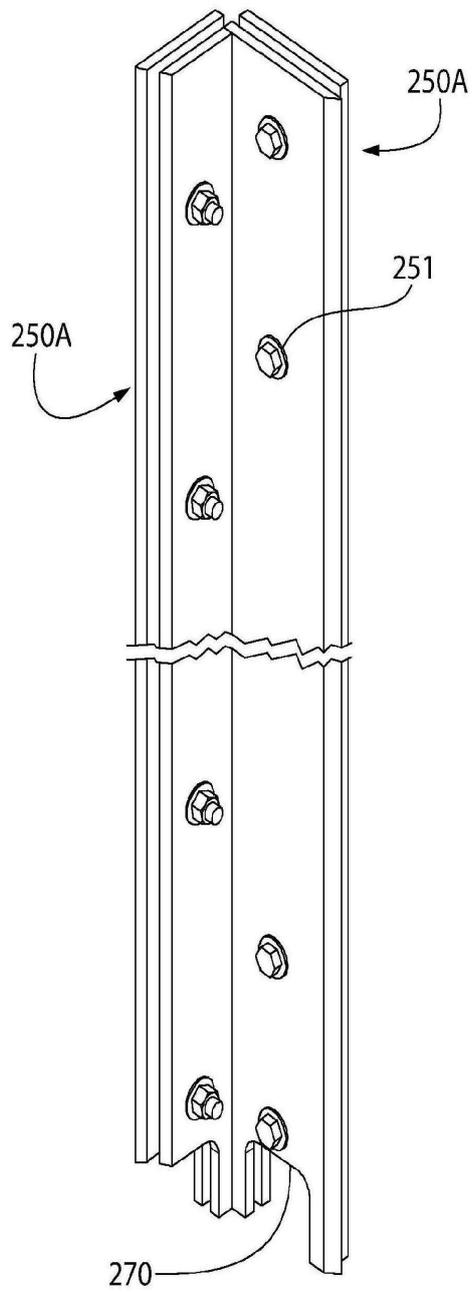
도면 15a



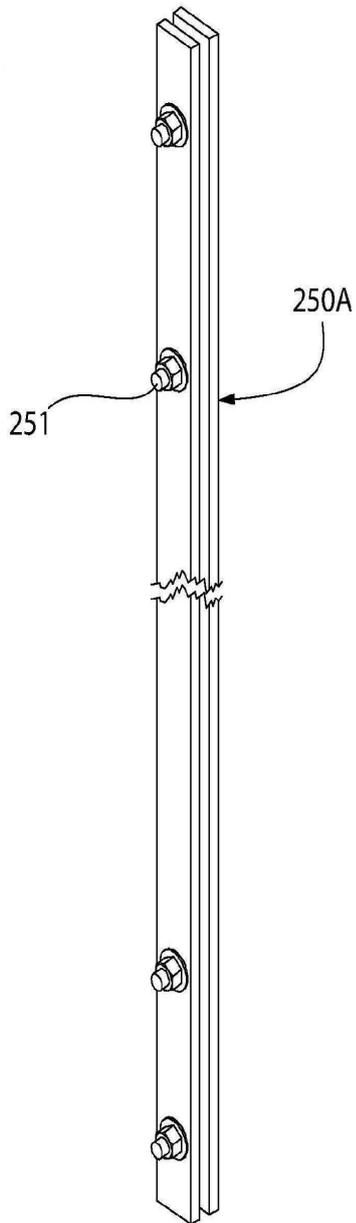
도면15b



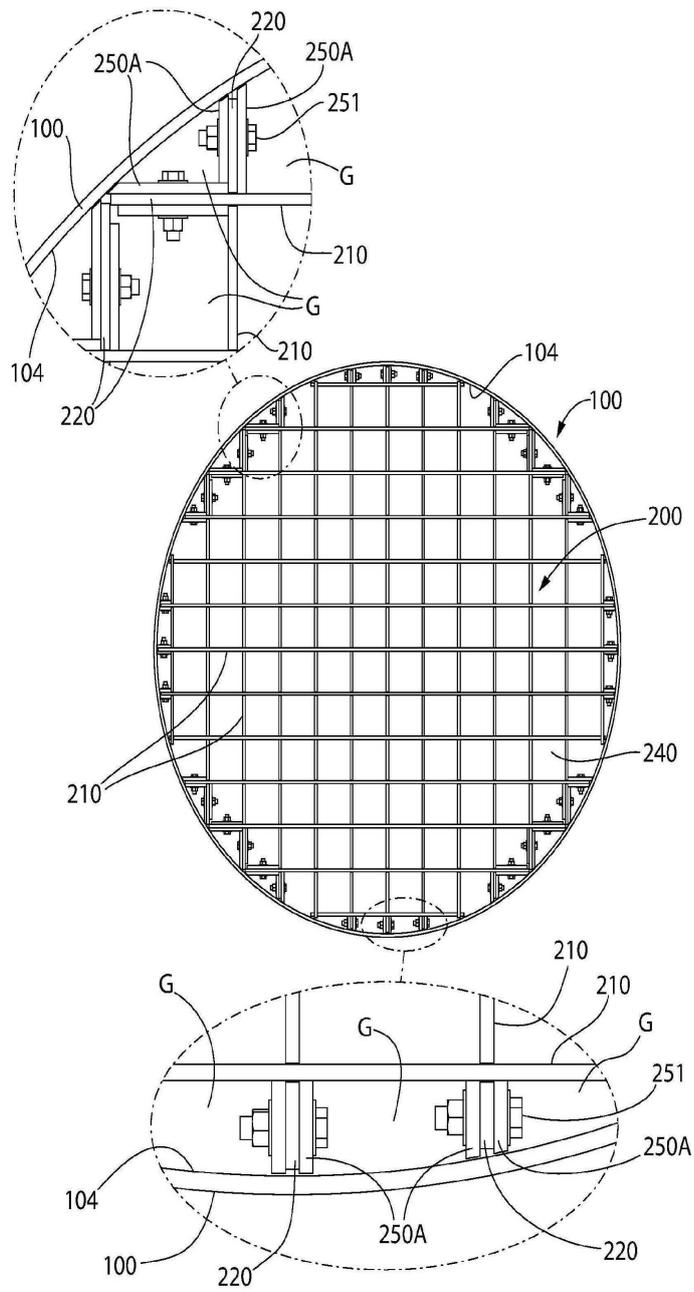
도면16



도면17



도면18



도면19

