

CERTIFICATE OF PATENT

Patent Number: 10-2683251

Application Number: 10-2022-7014897

Filing Date: May 2, 2022

Registration Date: July 4, 2024

Title of Invention

NUCLEAR WASTE CASK WITH IMPACT PROTECTION

Patentee

HOLTEC INTERNATIONAL

One Holtec Boulevard, Camden, NJ 08104, U.S.A

Inventors

SINGH, Krishna, P.

490 Mariner Road, Jupiter, FL 33477, U.S.A.

BULLARD, Charles, W., II

511 Lafayette Road, Merion Station, PA 19066, U.S.A.

ZHAI, Xuejun

28 Hillside Lane, Mount Laurel, NJ 08054, U.S.A.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

July 4, 2024

COMMISSIONER,

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월10일
(11) 등록번호 10-2683251
(24) 등록일자 2024년07월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21F 5/08 (2006.01) G21F 5/008 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G21F 5/08 (2013.01)
G21F 5/008 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7014897
- (22) 출원일자(국제) 2020년10월02일
심사청구일자 2022년05월02일
- (85) 번역문제출일자 2022년05월02일
- (65) 공개번호 10-2022-0070315
- (43) 공개일자 2022년05월30일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/053916
- (87) 국제공개번호 WO 2021/067679
국제공개일자 2021년04월08일
- (30) 우선권주장
62/910,073 2019년10월03일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20160365163 A1*
WO2018162768 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
블라드 찰스 더블유. 2세
미국 19066 펜실베이니아 메리온 스테이션 511 라
파에트 로드
자이 쉬에준
미국 08054 뉴저지 마운트 로렐 28 힐사이드 레인
- (74) 대리인
김성호

전체 청구항 수 : 총 29 항

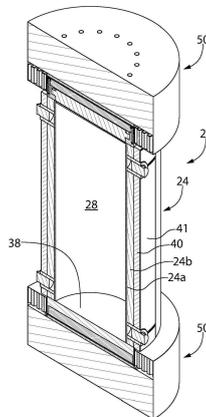
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 **충격 보호 기능이 있는 핵폐기물 캐스크**

(57) 요약

충격 보호 기능이 있는 핵폐기물 캐스크는 캐스크의 반대쪽 단부에 분리 가능하게 결합된 충격 제한기를 포함한다. 각각의 충격 제한기는 밀접하게 이격된 길이방향으로 연장된 천공의 어레이를 포함하는 원통형 형상의 변형 가능한 에너지 흡수 천공 슬리브를 포함할 수 있다. 천공은 특정 실시 형태에서 원형 단면 형상을 갖는 길이방향 통로를 포함할 수 있다. 천공 슬리브는 천공이 형성되는 단일체 단일 구조의 환형 금속 본체 및 내부에 캐스크의 단부를 수용하기 위한 중앙 개구를 가질 수 있다. 캐스크 낙하에 의해 생성되는 것과 같은 외부 충격력에 노출될 때, 천공은 충격 또는 크러쉬 영역에서 안쪽으로 붕괴되어 낙하 에너지를 흡수하면서, 캐스크에 전달되는 힘을 방지하거나 최소화하여 폐기물 격납 장벽의 무결성을 유지한다.

대표도 - 도7



명세서

청구범위

청구항 1

충격 보호 기능이 있는 핵폐기물 캐스크로서,

길이방향 축;

상단부, 하단부, 및 이들 단부들 사이에서 연장되는 측벽, 및 핵폐기물 캐니스터를 수용하도록 구성된 공동을 포함하는 길이방향으로 연장된 캐스크 본체; 및

상기 캐스크 본체의 상단부에 결합된 충격 제한기로서, 중앙 개구 및 상기 중앙 개구 주위에 형성된 기다란 길이방향 통로의 주방향 어레이를 포함하는 본체를 갖는 환형 천공 슬리브를 포함하는 충격 제한기

를 포함하고,

상기 길이방향 통로는 서로 평행하게 배향되고 상기 천공 슬리브의 상부 표면과 하부 표면 사이에서 연장되는, 핵폐기물 캐스크.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 길이방향 통로는 상기 캐스크의 길이방향 축에 평행하게 배향되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로는 원형 횡단면을 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로 각각은 각각의 직경보다 큰 길이방향의 길이를 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 길이방향 통로 각각은 각각의 직경의 적어도 2배보다 큰 길이를 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로의 상기 어레이는 상기 천공 슬리브의 전체 주위에 완전한 360도 패턴으로 분산되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로의 어레이는 상기 천공 슬리브 둘레에서 주방향으로 연장되는 길이방향 통로의 다중 동심 링을 포함하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 8

제7항에 있어서,

각 링의 길이방향 통로는 상기 중앙 개구로부터 바깥쪽으로 갈수록 점진적으로 더 큰 직경을 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 9

제8항에 있어서,

최외측 링의 길이방향 통로 각각은 최내측 링의 길이방향 통로보다 큰 직경을 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로는 엇갈린 피치 패턴으로 배열되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 천공 슬리브는 길이방향 통로의 적어도 3개의 동심 링을 포함하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 길이방향 통로는 상기 길이방향 통로의 최대 직경보다 반경방향 두께가 더 작은 상기 천공 슬리브의 재료의 중실 웹에 의해 분리되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 길이방향 통로는, 상기 천공 슬리브의 임의의 부분을 통해 상기 천공 슬리브의 기하학적 중심으로부터 외측으로 그려진 방사상 기준선이 적어도 하나의 길이방향 통로와 교차하도록, 조밀하게 패키징되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 천공 슬리브의 본체는 상기 중앙 개구 및 상기 길이방향 통로를 정의하는 모놀리식 단일 구조를 갖는 핵폐기물 캐스크.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 천공 슬리브의 본체는 금속으로 형성되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 천공 슬리브의 본체는 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 포함하는 연성 동위원소 금속 재료로 형성되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 천공 슬리브의 본체는 함께 적층된 다수의 금속 링 세그먼트에 의해 집합적으로 형성되고, 각각의 링 세그먼트는 각 링 세그먼트에서 동심원으로 정렬되는 상기 길이방향 통로 및 상기 중앙 개구의 일부를 정의하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 18

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 충격 제한기는 원형 단부 벽 및 상기 단부 벽으로부터 길이방향으로 연장되는 측벽을 포함하는 외부 캡 셸을 더 포함하고, 상기 천공 슬리브는 상기 외부 캡 셸의 내부에 중첩되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 충격 제한기는 상기 캐스크의 상단부에서 상단 단조물을 활주 가능하게 수용하는 리셉터클을 정의하는 중앙에 위치한 내부 환형 칼라를 포함하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 20

제18항에 있어서,

칼라는 고리를 형성하기 위해 상기 외부 캡 셸의 측벽으로부터 반경방향 내향으로 이격되고, 상기 천공 슬리브는 상기 고리에 중첩되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 외부 캡 셸은 상기 충격 제한기의 단부 공동을 형성하고, 상기 단부 공동은 에너지 흡수 재료를 함유하는 것인 핵폐기물 캐스크.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 에너지 흡수 재료는 주름진 알루미늄 패널 벌집 구조 또는 중합체 발포 재료인 핵폐기물 캐스크.

청구항 23

제1항에 있어서,

상기 천공 슬리브는 상기 충격 제한기에 대한 외부 충격력을, 상기 캐스크의 상단부의 직경 방향으로 감소된 계단형 부분에 의해 형성된 대응하는 환형 충격 하중 지지 표면으로 전달하도록 배열된 길이방향으로 연장되는 환형 하중 전달 표면을 정의하는 것인 핵폐기물 캐스크.

청구항 24

제1항에 있어서,

상기 충격 제한기는 상기 캐스크의 측벽을 넘어 반경방향 외측으로 돌출하는 것인 핵폐기물 캐스크.

청구항 25

제1항에 있어서,

상기 캐스크 본체의 바닥 단부에 결합된 제2 충격 제한기를 추가로 포함하고, 상기 제2 충격 제한기는 중앙 개구 및 기다란 길이방향 통로의 주방향의 어레이를 포함하는 본체를 갖는 환형 천공 슬리브를 포함하는 것인 핵폐기물 캐스크.

청구항 26

제1항, 제2항, 제23항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 천공 슬리브는 0.5 미만의 견고성 비율을 가져서, 상기 길이방향 통로에 의해 집합적으로 형성된 슬리브의 개방 면적이 50% 초과인 핵폐기물 캐스크.

청구항 27

제1항, 제2항, 제23항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 길이방향 통로는 삼각형의 엇갈린 60도 홀 패턴으로 배열되는 핵폐기물 캐스크.

청구항 28

제1항, 제2항, 제23항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 천공 슬리브는 상기 천공 슬리브의 대향하는 주 단부 표면 사이에서 길이방향으로 연장되는 외주벽 및 내주벽을 포함하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 29

제1항, 제2항, 제23항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,
캐스크의 상단부가 상기 천공 슬리브의 내측을 향하는 환형 하중 전달 표면과 반경방향으로 정렬되는 외향 환형 베어링 표면을 정의하는 단부 단조물을 포함하는 핵폐기물 캐스크.

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 일반적으로 사용되었거나 사용후 핵연료와 같은 고준위 방사성 폐기물을 저장하기 위한 시스템 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 충격 보호 기능이 있는 개선된 핵연료 캐스크에 관한 것이다.
- [0002] <관련 출원에 대한 상호 참조>
- [0003] 이 출원은 2019년 10월 3일에 출원된 미국가출원 제62/910,073호의 이익을 주장하며, 그 전체 내용이 참고로 포함된다.

배경 기술

- [0004] 원자로 작동에서 원자력 에너지원은 농축 우라늄으로 채워진 속이 빈 지르칼로이 튜브 형태이며, 집합적으로 연료 집합체라고 하는 여러 집합체로 배열된다. 연료 집합체의 에너지가 미리 결정된 특정 수준으로 고갈되면 사용되었거나 "사용후" 핵연료(SNF) 집합체가 원자로에서 제거된다. 외부 선적 또는 현장 건식 저장을 위해 경수로에서 배출된 사용 또는 사용후 핵연료 집합체를 포장하는 데 사용되는 표준 구조를 연료 바구니라고 한다. 연료 바스켓은 본질적으로 각각의 사용후 핵연료봉 매체를 포함하는 하나의 연료 집합체를 저장할 수 있는 크기의 각형 저장 셀의 집합체이다. 연료 바스켓은 실린더형 금속 저장 캐니스터(일반적으로 스테인리스 스틸) 내부에 배치되며, 이는 주로 MPC(다목적 캐니스터)라고도 하며 1차 핵폐기물 격납 장벽을 형성한다. 연료 집합체는 일반적으로 작업자에 대한 방사선 노출을 최소화하기 위해 원자로 격납 구조의 사용후 핵연료 풀에 잠긴 동안 캐니스터에 적재된다. 일반적으로 단일 금속 셀을 포함하는 캐니스터는 사용후 핵연료 풀에서 캐니스터에 남아 있는 붕산수 이외의 붕괴하는 SNF에 의해 방출되는 감마 및 중성자 방사선을 차단하거나 감소시키는 능력이 제한적이다.
- [0005] SNF 또는 기타 폐기물이 적재된 핵폐기물 캐니스터를 운송하기 위해, 이 캐니스터는 폐기물의 안전한 운송 및 저장을 위해 방사선 차폐된 외부 환기 오버팩 또는 캐스크에 배치된다. 캐스크는 2차 격리 장벽을 형성한다. 캐스크는, 사용후 핵연료의 최종 저장소가 연방 정부로부터 입수될 때까지, 원자로 격납 구조에서의 사용후 연료 풀(예를 들어, 이송 캐스크)로부터 온 사이트 또는 오프 사이트 독립 사용후 핵연료 저장시설(ISFSI)의 건식 캐스크 저장 시스템에서와 같은 보다 원격의 임시 저장소로 SNF 또는 기타 고준위 핵폐기물을 이송하는 데 사용된다.
- [0006] 사용후 핵연료를 포함한 방사성 핵폐기물을 옮기는 데 사용되는 전형적인 현대식 운송 캐스크는 무거운 원통형 용접구조물로 철도를 통해 운송되거나 때로는 선박으로 바다를 통해 운송된다. 일반적인 운송 캐스크에는 각 말

단에 어떤 형태의 충격 제한기가 장착될 수 있다. 이러한 캐스크 패키지의 외부 직경은 적재된 캐스크를 운반하는 철도 차량이 통과해야 하는 가장 좁은 통로에 의해 결정된다. 일반적으로 캐스크 패키지의 이동 경로에서 가장 좁은 통로는 터널이거나 때로는 다리가 낮은 지하도이다. 캐스크는 매우 높은 구조이므로 일반적으로 캐스크는 철도 차량에서 수평 위치로 운송된다. 미국에서 충격 제한기의 외경(OD)은 터널의 간격 문제를 피하기 위해 128인치로 제한된다. 대부분의 다른 국가에서는 훨씬 더 작다.

[0007] 충격 제한기는 환경으로 방사선 방출을 방지하기 위해 사고 발생 시 운송 용기의 구조적 손상을 방지하거나 제한하는 에너지 흡수 재료로 제작된다. 이러한 장치는 캐스크와 같은 핵폐기물 운송 패키지에 대해 NRC(Nuclear Regulatory Commission)에서 의무화하며 효율성을 평가하기 위해 낙하 테스트를 거쳐야 한다. 과거에는 플라스틱 발포체, 금속 벌집 및 목재가 사용되었다. 목재와 같은 유기 재료로 만든 충격 제한기는 많은 단점이 있다. 목재는 본질적으로 비균질하고 비등방성이며 강도 특성은 날씨의 영향을 받으며 가연성이다. 따라서 목재 충격 제한기의 주요 매력은 저렴한 비용이다. 표준 벌집형 충격 제한기는 서로에 대해 교대로 직교 방향으로 배치된 단단한 주름진 알루미늄 시트 또는 패널(10)의 교대 층을 배치하고 고온 에폭시에 의해 층을 함께 결합함으로써 만들어진다(예: 도 29 참조). 층은 원형 또는 다른 모양으로 절단되고 층 사이에 홈이 캐스크의 길이방향으로 연장되지 않도록 캐스크의 길이방향 축에 횡방향으로 배향되어 서로의 상단에 적층된다. 벌집형 충격 제한기는 일반적으로 시간 집약적이며 제조 비용이 많이 들며 일반적으로 공급을 위협한다.

[0008] 따라서, 핵폐기물 수송 캐스크에 대한 충격 제한기의 개선이 여전히 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 출원은 경제적으로 제조하고 선행하는 종래의 충격 제한기 설계의 단점을 극복하기 위한 충격 제한기에 의해 제공되는 개선된 충격 보호를 갖는 핵폐기물 수송 캐스크를 개시한다. 본 발명의 충격 제한기는 캐스크의 상부 및 하부 말단에 분리가능하게 결합된 원통형 구조를 포함한다. 각각의 충격 제한기는 길이방향 통로 형태의 복수의 기다란 천공을 포함하는 원통형 형상의 변형 가능하고 압착 가능한 환형 금속 천공 충격 배럴 또는 슬리브를 포함할 수 있다. 통로는 특정 실시 형태에서 원형 단면 형상을 가질 수 있다. 천공 슬리브는 천공이 형성된 모듈리식 단일체 구조의 환형 금속 본체와 그 안에 캐스크의 단부를 수용하기 위해 확대된 중앙 개구를 가지고 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 천공 슬리브의 길이방향 통로는 서로 평행하고 일 실시 형태에서 수직으로 연장된 운반 캐스크의 길이방향 축에 평행한 방향으로 슬리브의 대향 단부 사이에서 연장되는 개방 통로를 형성한다. 통로는 인접한 천공 사이에 단단한(solid) 재료의 인대(ligament) 또는 웹을 정의한다. 충격 제한기가 측면에 수평으로 캐스크를 또는 수평에 대해 각진 방향으로 먼저 단부를 떨어뜨림으로써 발생하는 방사상 구성요소를 갖는 안쪽으로 작용하는 외부 충격력(예: 캐스크의 길이방향 축에 대해 수직 또는 비스듬한 각도)을 받는 경우, 천공은 충격 또는 크러쉬 영역에서 방사상으로 붕괴된다. 충격 영역의 외부 웹은 천공을 붕괴시키면서 충격 하에서 점점 안쪽으로 변형되고, 충격 링의 변형 및 붕괴의 진행을 느리게 하는 크러쉬 영역의 내부 웹 중 적어도 일부와 접촉할 수 있고, 충격 슬리브의 붕괴는 단단한(solid) 웹 재료의 저항을 받는다. 천공 슬리브 또는 링이 겪는 변형량은 일반적으로 외부 충격력의 크기, 천공 직경, 천공 사이의 피치 또는 간격, 천공 직경 및 웹 두께, 임팩트 링으로 선택된 금속의 탄성 모듈러스의 결과이다. 일 예에서, 임팩트 링은 적절한 등급 또는 알루미늄 합금과 같은 연성 등방성 재료로 형성될 수 있고; 그러나 다른 적절한 금속 재료를 사용할 수 있다.

[0011] 일 양태에 따르면, 충격 보호 기능이 있는 핵폐기물 캐스크는, 길이방향 축; 상단부, 하단부, 양단부 사이에서 연장되는 측벽, 및 핵폐기물 캐니스터를 수용하도록 구성된 공동을 포함하는 길이방향으로 연장된 캐스크 본체; 및 캐스크 본체의 상단부에 결합된 충격 제한기를 포함하며, 충격 제한기는 중앙 개구 및 중앙 개구 주위에 형성된 기다란 길이방향 통로의 주방향 어레이를 갖는 본체를 포함하는 환형 천공 슬리브를 포함한다. 천공 슬리브의 본체는 모듈리식 단일 구조의 단단한(solid) 금속 링으로 형성될 수 있다. 길이방향 통로는 일 실시 형태에서 캐스크의 길이방향 축과 서로 평행하게 배향될 수 있다.

[0012] 다른 양태에 따르면, 충격 보호 기능이 있는 핵폐기물 캐스크는, 길이방향 축; 상단부, 하단부, 양단부 사이에서 연장되는 측벽, 및 핵폐기물 캐니스터를 수용하도록 구성된 공동을 포함하는 길이방향으로 연장된 캐스크; 및 상기 캐스크의 상단부 및 하단부에 각각 결합되는 충격 제한기를 포함하고, 상기 충격 제한기는, 모듈리식

단일 구조의 외부 셸 및 내부 천공 코어를 포함한다. 일 실시 형태에서, 천공 코어는 캐스크의 길이방향 축에 평행하게 배향된 복수의 기다란 길이방향 통로를 포함하는 환형 슬리브를 포함한다.

[0013] 본 발명의 적용 가능성의 추가 영역은 이후 제공되는 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 상세한 설명 및 특정 실시 형태는 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내면서 단지 예시의 목적으로 의도된 것이며 본 발명의 범위를 제한하려는 의도가 아님을 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0014] 본 발명은 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 더욱 완전히 이해될 것이며, 이에 의해 유사한 요소는 유사하게 표시되고 다음과 같다:

도 1은 본 발명에 따른 충격 제한기가 장착된 고준위 방사성 물질 저장용 핵폐기물 캐스크의 상면 사시도이다.

도 2는 그 제2 상면 사시도이다.

도 3은 그 제1 측면도이다.

도 4는 그 제2 측면도이다.

도 5는 그 평면도이다.

도 6은 그 저면도이다.

도 7은 그 길이방향 사시도이다.

도 8은 그 제1 측단면도이다.

도 9는 그 제2 측단면도이다.

도 10은 도 9의 확대된 상부 상세도이다.

도 11은 도 9로부터 취해진 확대된 하부 상세도이다.

도 12는 도 1의 캐스크 및 충격 제한기의 분해 측면도이다.

도 13은 그 길이방향 단면도이다.

도 14는 도 13으로부터 취해진 확대된 상부 상세도이다.

도 15는 도 13으로부터 취해진 확대된 하부 상세도이다.

도 16은 캐스크 및 충격 제한기의 상부 부분의 상부 분해 사시도이다.

도 17은 캐스크 및 충격 제한기의 하부 부분의 저면 분해 사시도이다.

도 18은 캐스크 및 충격 제한기의 상부 부분의 분해 저면 사시도이다.

도 19는 캐스크 및 충격 제한기의 하부 부분의 분해 저면 사시도이다.

도 20은 캐스크 및 충격 제한기의 상부 부분의 분해된 상부 단면 사시도이다.

도 21은 캐스크 및 충격 제한기의 하부 부분의 분해된 상부 단면 사시도이다.

도 22는 충격 제한기의 천공 슬리브의 평면도이다.

도 23은 도 22의 확대 상세도이다.

도 24는 도 23의 횡단면도이다.

도 25는 충격/파쇄 구역에서 슬리브의 변형된 형상을 보여주는 낙하 테스트 후 천공 슬리브의 컴퓨터 생성 이미지이다.

도 26은 캐스크의 충격 감속 시간 이력을 보여주는 낙하 시험으로부터의 컴퓨터 생성 그래프이다.

도 27은 캐스크에서 지면(충격 표면)까지의 시간 이력을 보여주는 낙하 테스트로부터의 컴퓨터 생성 그래프이다.

도 28은 수송 철도 차량에 설치된 충격 제한기가 설치된 캐스크를 도시한다.

도 29는 종래의 충격 제한기 설계의 코어 구조를 도시한다.

도 30은 슬리브의 다중 링 세그먼트를 내부 및 외부 둘레에서 함께 용접함으로써 형성된 복합 구조를 갖는 충격 제한기의 천공 슬리브의 다른 실시 형태의 측면면도이다.

모든 도면은 도식적이며 반드시 축척에 맞춰진 것은 아니다. 다른 도에서 부호가 매겨지지 않은 것처럼 보일 수 있는 특정 도에 부호가 표시된 요소는 달리 명시되지 않는 한 동일한 요소이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명의 특징 및 이점은 비제한적인 예("예")를 참조하여 예시되고 설명된다. 예시적인 설명은 전체 서면 설명의 일부로 간주되어야 하는 첨부 도면과 관련하여 읽도록 의도된다. 따라서, 본 개시는 단독으로 또는 특징들의 다른 조합으로 존재할 수 있는 특징들의 일부 가능한 비제한적인 조합을 예시하는 그러한 예시에 명시적으로 제한되어서는 안 된다.
- [0016] 본 명세서에 개시된 설명에서, 방향 또는 배향에 대한 임의의 언급은 단지 설명의 편의를 위한 것이며 본 발명의 범위를 어떤 식으로든 제한하려는 의도가 아니다. "하부", "상부", "수평", "수직", "위", "아래", "위로", "아래로", "상단" 및 "하단"과 같은 상대적인 용어 및 파생어(예: , "수평으로", "아래로", "위로" 등)은 당시 설명된 방향 또는 논의 중인 도면에 도시된 방향을 나타내는 것으로 해석되어야 한다. 이러한 상대적인 용어는 설명의 편의를 위한 것일 뿐이며 장치를 특정 방향으로 구성하거나 작동할 필요가 없다. '부속된', '고정된', '연결된', '결합된', '상호 연결되는' 등의 용어는 구조물이 달리 명시적으로 설명되지 않는 한 움직일 수 있거나 단단한 부착물 또는 관계, 개재된 구조물을 통해 직접 또는 간접적으로 고정되거나 부착된 관계를 의미한다.
- [0017] 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, 본 명세서에 인용된 모든 참고 문헌은 그 전체가 참고로 여기에 포함된다. 본 개시내용의 정의와 인용된 참고문헌의 정의가 상충하는 경우, 본 개시내용이 우선한다.
- [0018] 본 명세서에 사용된 용어 "밀봉 용접 또는 용접"은 해당 기술 분야의 통상적인 의미에 따라 용접에 의해 결합된 부품 사이에 기밀 조인트를 형성하는 연속 용접으로 해석되어야 한다.
- [0019] 캐스크의 반경 방향에서 사용할 수 있는 크러쉬 깊이의 범위는 충격 제한기의 직경에 의해 제한되기 때문에(이 전에 설명된 대로 패키지가 통과해야 하는 터널 및 교량의 크기에 의해 제한됨) 수평 또는 수평에 가까운 낙하에서의 캐스크의 감속을 제한하는 문제는 더 심각하다. 수평(측면 낙하) 또는 거의 수평(슬랩-다운) 각도의 낙하 조건에서 최대 g-하중을 제한하는 것이 충격 제한기의 성능을 지배하는 조건이다. 이것은 외부 캐스크 내부의 사용후 핵연료 캐니스터의 연료 바구니 패널이 약한 (측) 방향에서 연료 집합체의 관성 하중을 견디는 데 상대적으로 제한된 용량을 가지고 있기 때문이다. 길이방향에서는 이러한 치수 제약이 없다. 따라서 수직 및 비스듬한(모서리 위의 무게 중심 또는 CG) 낙하 방향은 유사한 문제를 제기하지 않는다. 수평 또는 수평에 가까운 낙하로부터 패키지의 감속을 제한하는 문제를 극복하기 위해, 하나의 비제한적인 실시 형태에서 천공 알루미늄 링 또는 슬리브를 포함할 수 있는 새로운 천공 충격 제한기 설계 및 구성이 개시된다. "알루미늄"이라는 용어는 이 문서에서 순수한 알루미늄 또는 업계에서 사용 가능한 많은 알루미늄 합금을 의미하는 일반적인 의미로 사용된다.
- [0020] 아래에 추가로 설명되는 바와 같이, 본 천공된 알루미늄 충격 제한기는 이 명세서에 추가로 설명되는 바와 같이 캐스크의 기계 가공된 단부 플랜지 또는 단조물의 상단 및 하단 위로 미끄러지는 특정 높이 및 직경의 본질적으로 환형 형상의 원통형 본체를 포함하는 집합체이다. 충격 제한기는 일반적으로 외부 캡 셸 및 일 실시 형태에서 환형 원통형 천공 배럴 또는 슬리브를 포함하는 내부 천공 코어를 포함한다. 천공 슬리브는 캐스크 본체의 상단부 및 하단부 위로 미끄러지도록 구성된 중앙 개구를 포함하는 모놀리식 본체를 가질 수 있다. "도넛형" 천공 슬리브는 슬리브의 솔리드 본체를 통해 길이방향 통로를 형성하는 가늘고 긴 천공의 곡선을 포함한다. 통로는 본 명세서에 추가로 설명된 바와 같이 각각의 직경보다 더 긴 길이방향 길이를 갖는다. 통로는 일 실시 형태에서 전체 슬리브 주위에서 주방향으로 360도 연장된다. 길이방향 통로는 엇갈린 피치로 배열될 수 있고 일 실시 형태에서 인접 천공 사이의 피치 간격이 가장 작은 인접 천공의 직경보다 크지 않도록 단단히 패키징될 수 있다. 따라서, 하나의 바람직한 패턴 및 천공 사이의 피치 또는 홀 간격에서, 천공 슬리브의 기하학적 중심으로부터

터 슬리브를 통해 바깥쪽으로 그려진 방사상 기준선은 기준선의 각도 방향에 관계없이 적어도 하나의 천공과 교차할 것이다. 즉, 기준선은 0도에서 360도 사이의 각도 위치를 통해 그릴 수 없으며, 이 각도는 하나 이상의 천공을 통과하지 않는다. 견고성 비율(solid ratio) "S"(슬리브의 전체 횡단면에 대한 천공 사이의 재료 웹에 의해 형성된 단단한 금속 영역의 비율로 정의됨)는 요구되는 파쇄력 저항/파쇄 성능을 달성하기 위해 변경할 수 있는 매개변수를 제공한다.

[0021] 앞서 기술한 바와 같은 과거의 크로스 코어 벌집 패널 구조와 대조적으로, 하나의 바람직한 실시양태에서 선택되는 비제한적인 금속으로서 고체 알루미늄은 다수의 제품 형태로 보편적으로 상업적으로 입수가 가능하고 잘 특성화되고 알려진 기계적 특성을 가진 수많은 공통 합금 조성에서 얻을 수 있다. 유리하게는, 이는 충격 제한기의 크러쉬 또는 충격 저항을 엔지니어링 분석 및 컴퓨터 모델링에 대해 더 쉽게 수정할 수 있게 하고, 과거 벌집형 설계와 같은 복합 구조보다 충격 성능에서 더 예측 가능하게 한다. 목재 기반 충격 제한기와 달리 본 발명의 알루미늄 충격 제한기는 본질적으로 캐스크 운송 조건(-40C ~ 100C)에 적용 가능한 범위에서 온도에 둔감하며 동적(충격) 조건에서 강도 계수의 최소 변화만 적용된다.

[0022] 본 발명의 천공된 알루미늄 충격 제한기는 이전의 벌집 모양에 비해 몇 가지 중요한 이점이 있다. 알루미늄은 등방성 재료이기 때문에(즉, 모든 방향에서 동일한 기계적 특성 값), 충격 제한기는 본질적으로 방사상 대칭인 크러쉬 특성을 갖도록 보장된다. 대조적으로, 벌집은 주방향으로 충격 제한기의 크러쉬 특성에 일정한 변화를 주는 직교 이방성 재료이다. 유리하게는, 본 발명의 천공된 알루미늄 슬리브 디자인에 의해 제공되는 방사상 대칭 크러쉬 강도를 갖는 충격 제한기는 벌집형 디자인과 달리 충격 제한기에 대한 충격력의 위치에 관계없이 균일하게 변형될 것이다. 허니컴 제품과 달리, 본 발명의 천공 알루미늄 충격 제한기는 접착제가 필요하지 않으므로 운송 중 화재 발생 시 또는 벌집 대응물에 비해 충격 성능 효율성이 저하되지 않는다.

[0023] 도 1 내지 도 24는 본 개시 내용에 따른 충격 보호를 갖는 핵폐기물 수송 캐스크(20)의 다양한 측면을 도시한다. 캐스크(20)는 사용후 핵연료(SNF) 또는 기타 형태의 방사성 폐기물을 포함한 모든 유형의 방사성 고준위 핵폐기물을 저장하는 데 사용할 수 있다. 캐스크는 붕괴하는 사용후 핵연료(SNF) 또는 캐스크 내부에 포함된 내부 연료 저장 캐니스터(30)에 수용된 다른 고준위 방사성 폐기물에 의해 방출되는 감마 및 중성자 방사선을 개선하기 위해 방사선 차폐를 제공하도록 구성된다. 캐스크(20)는 예를 들어 뉴저지주 캠든의 홀텍 인터내셔널(Holtec International)로부터 입수가 가능한 HI-STAR 또는 HI-STORM 캐스크와 같은 임의의 상업적으로 입수가 가능한 저장 및/또는 수송 캐스크일 수 있다. SNF 캐니스터(30)는 홀텍 인터내셔널(Holtec International) 또는 기타로부터 또한 입수가 가능한 다목적 캐니스터(MPC)와 같은 임의의 상업적으로 입수가 가능한 폐기물 캐니스터일 수 있다.

[0024] 캐스크(20)는 개방된 상단부(21), 하단부(23), 단부들 사이에서 연장되는 원통형 측벽(24), 및 내부 공동(28)을 포함하는 수직으로 길쭉한 금속 원통형 본체를 갖는다. 원통형 금속 SNF 캐니스터(30)(점선 및 우물로 표시 당 업계에 공지된) 방사성 SNF 연료 집합체 또는 다른 핵 폐기물(W)을 포함하는 상단부(21)를 통해 공동(28) 내로 삽입될 수 있고, 그 다음 볼트-온 상부 덮개 집합체(25)에 의해 폐쇄되어 캐스크(20)를 밀봉한다. 일 실시 형태에서 공동(28)은 캐스크의 전체 높이만큼 연장된다. 캐비티(28)는 일 실시 형태에서 단일 SNF 캐니스터(30)만을 보유하도록 구성된다(예를 들어, 횡단면 영역).

[0025] 캐스크(20)의 상부 및 하부 말단은 상단 및 하단 단조물(37, 38)을 더 포함한다. 상단 단조물(37)은 SNF 캐니스터(30)를 캐스크의 공동(28) 내로 삽입하기 위한 중앙 개구를 정의하는 환형 구조를 갖는다. 하단 단조물(38)은 중앙에 위치한 원형 바닥 베이스 플레이트(29)를 정의하는 견고한 디스크형 구조를 갖는다. 캐스크 본체의 바닥 단부에 배치된 베이스 플레이트(29)는 SNF 캐니스터가 안착되는 공동(28) 내부의 바닥 및 지지 표면을 형성한다. 단조물(37, 38) 및 내부 셸(24a)(후술됨)을 포함하는 캐스크 본체(21)는 감마선 차단에 효과적인 스테인리스강과 같은 강철로 형성될 수 있다.

[0026] 일 실시 형태에서, 베이스 플레이트(29)(하단 단조물(38))는 방사선 차폐 재료로 형성된 원형 디스크형 방사선 차폐판(31)을 수용하는 하향 개방 리세스(29a)를 형성한다. 차폐 재료는 Metamic(등록상표) 또는 Holtite(상표)(각각 뉴저지주 Camden 소재 Holtec International의 독점 제품)와 같은 붕소 함유 재료일 수 있다. 후자는 일반적으로 중성자 차폐를 위해 탄화붕소 입자가 함침된 수소가 풍부한 폴리머를 포함한다. 멜라민(등록상표)은 중성자 방사선 차폐를 위해 설계된 불연속적으로 강화된 알루미늄 붕소 카바이드 금속 매트릭스 복합 재료이다. 차폐 재료는 중성자 산란/감쇠에 효과적이다. 다른 중성자 산란/감쇠 재료가 사용될 수 있다. 일 실시 형태에서, 방사선 차폐판(31)은 홀타이트(Holtite(상표))일 수 있다.

[0027] 상부 덮개 조립체(25)는 일 실시 형태에서 내부 덮개(26) 및 외부 덮개(27)를 포함할 수 있다. 내부 및 외부 덮개

개 모두는 캐스크 본체(21)의 상단부, 보다 구체적으로 상단 단조물(37)으로 함몰되어, 덮개가 캐스크의 상단부(21) 위로 돌출되지 않는다. 덮개(26, 27)는 하나의 배열로 인접 접촉하여 서로의 상부에 적층될 수 있다. 내부 덮개(26)는 외부 덮개(25)보다 작은 외경을 가질 수 있으며, 이는 각각의 덮개가 상단 단조물(37)의 다른 주방향으로 연장되는 환형 표면에 고정되도록 한다. 내부 덮개(26)는 볼트와 같은 나사형 체결구(28)의 제1 주방향 어레이에 의해 상단 단조물(37)에 볼트로 고정될 수 있다. 외부 덮개(27)는 내부 덮개용 볼트에 의해 형성된 볼트 원형 외부의 다른 볼트 원형에 떨어지는 볼트와 같은 나사형 패스너(28)의 제2 주방향 어레이에 의해 캐스크의 상단 단조에 볼트로 고정될 수 있다. 내부 및 외부 덮개(26, 27)는 강철(예: 일 실시 형태에서 스테인리스강)과 같은 금속으로 형성될 수 있고 캐니스터(30)에 의해 방출되는 감마선을 효과적으로 차단하도록 선택된 실질적인 두께를 가질 수 있다. 내부 및 외부 덮개(26, 27)는 일부 실시 형태에서는 스테인리스강과 같은 강철로 형성된다.

[0028] 캐스크(20)의 측벽(24)은 다수의 수직으로 연장된 원통형 셸 및 방사선 차폐 재료에 의해 형성될 수 있다. 대안적으로, 측벽(24)은 기다란 셸 집합체를 형성하기 위해 사이의 조인트에서 함께 용접된 측방향으로 정렬되고 수직으로 적층된 원통형 셸 세그먼트 밀봉의 방향에 의해 집합적으로 형성될 수 있다. 일 실시 형태에서, 캐스크 본체는 구조적 내부 셸(24a), 중간 감마 차폐물(24b), 및 외부 중성자 차폐 재킷(40)을 일반적으로 포함하는 복합 구조일 수 있다. 셸(24a), 감마 차폐물(24b), 및 재킷(40)은 일반적으로 형상이 환형이고 원통형일 수 있고, 캐스크(20)의 길이방향축(LA)과 서로 동심으로 정렬된다.

[0029] 내부 셸(24a)은 내부 표면이 핵폐기물 캐니스터(30)를 수용하는 캐스크의 공동(28)을 형성하는 측벽(24)의 가장 내부 부분을 형성하는 강철(예를 들어, 스테인리스 스틸 또는 기타)과 같은 구조 금속으로 형성될 수 있다. 중간 감마 차폐부(24b)는, 방사선 차폐재, 특히 캐스크(20) 내부에 수용된 핵폐기물 용기(30)에 보관된 SNF에서 방출되는 감마선을 효과적으로 차단하는 감마선 차폐재로 형성될 수 있다. 중간 차폐물(24b)은 일부 실시 형태에서 적당한 깊이의 납으로 형성될 수 있다. 그러나, 콘크리트, 구리, 적절하게 두꺼운 강철 등과 같은 다른 조밀한 감마 차단 물질이 일부 비제한적인 추가 예로서 대안적으로 사용될 수 있다. 내부 셸(24a) 및 감마 차폐물(24b)은 도시된 바와 같이 몇몇 방식으로 실질적으로 등각 접촉할 수 있거나, 대안적으로 그들 사이에 환형 겹을 형성하도록 반경방향으로 이격될 수 있다. 위에서 설명한 조밀한 강철 및 납 재료 유형으로 형성된 내부 셸과 감마 차폐물 모두 감마 차단 용도에 각각 효과적이다. 내부 강철 셸(24a)은 캐스크 측벽(24)의 구조적 지지체의 대부분을 제공하고 상단 및 하단 단조물(37, 38)에 용접된다.

[0030] 원통형 외부 중성자 차폐 재킷(40)은 캐스크의 상단부와 하단부 사이에서 캐스크(20)의 측벽(24) 둘레에서 둘레 방향으로 그리고 주방향으로 연장된다. 재킷은 실질적으로 캐스크의 전체 높이에 대해 세로로 연장될 수 있다. 재킷(40)은 Metamic(등록상표) 또는 Holtite(상표)(각각 뉴저지주 Camden의 Holtec International의 독점 제품)와 같은 붕소 함유 중성자 차폐 재료로 형성될 수 있다. 이러한 물질은 이 명세서에 전술되었으며 중성자 산란/감쇠에 효과적이다. 일 실시 형태에서, 재킷은 Holtite(등록상표)로 형성될 수 있다. 다른 중성자 산란/감쇠 재료가 사용될 수 있다. 일부 구성에서, 재킷(40)은 용접 또는 기계적 고정 방법을 통해 함께 결합되는 2개 이상의 아치형 세그먼트에 의해 형성될 수 있다. 중성자 차폐 재킷(40)을 둘러싸는 외부 금속 셸 인클로저(41)는 중성자 차폐 재료의 보호를 위해 일부 실시 형태에서 제공될 수 있다.

[0031] 외부를 향한 상부 및 하부 충격 하중 지지 표면(35, 36)은 도시된 바와 같이 일 실시 형태에서 중성자 차폐 재킷(40) 위와 아래에서 캐스크(20)의 상단 및 하단 단조물(37, 38)의 노출된 측면 부분에 의해 형성된다. 단부 단조물은 내부 셸(24a)의 상부 및 하부 단부에 밀봉 용접될 수 있다. 베어링 표면(35, 36)은 캐스크의 전체 둘레 둘레에서 주방향으로 연장되고 반경방향/측방향 외측을 향한다. 일 실시 형태에서, 베어링 표면은 캐스크(20)의 상단부 및 하단부(21, 23)에서 캐스크 측벽(24)의 환형 단차부(22)에 의해 형성될 수 있다. 베어링 표면(35, 36)은 캐스크(20)의 직경이 감소된 단차단부를 나타낸다. 캐스크 측벽의 주요 중간 부분에 차폐 재킷(40)의 외부 직경보다 작은 외부 직경을 갖는 단부 단조(37, 38)에 의해 형성된다. 따라서 베어링 표면(35, 36)은 도시된 바와 같이 상부 베어링 표면(35) 아래 및 하부 베어링 표면(36) 위에 인접한 캐스크 측벽(24)의 전체 직경 부분으로부터 반경방향 내측으로 함몰된다.

[0032] 한 쌍의 상부 및 하부 리프팅 러그 또는 트러니언(32)은 매우 무거운 캐스크(예를 들어, 30톤 캐스크)를 운반하기 위해 일반적으로 탱크형 트랙에 의해 구동되는 전동 캐스크 크롤러를 통해 캐스크(20)를 철도 차량 또는 기타 이동 가능한 캐리어에 리프팅, 운송 및 적재하기 위해 제공될 수 있다. 예: 30톤 이상). 이러한 견고한 캐스크 크롤러는 추가 설명이 필요 없이 당업계에 잘 알려져 있으며 원자로 시설(예: 발전소 또는 기타) 또는 중간 핵폐기물 저장 시설에서 캐스크를 운반 및 상승/하강시키기 위해 통상적으로 사용된다. 캐스크 크롤러 운송기는 위스콘신주 Mukwonago의 J&R Engineering Co.(예: LIFT-N-LOCK(등록상표)) 및 기타 제조업체에서 상업적으로

입수할 수 있다. 트리니언(32)은 용접 또는 다른 강성 결합 방법을 통해 캐스크(20)의 내부 강철 셸(24a)에 견고하게 부착된다.

[0033] 이하, 본 발명에 따른 상부 및 하부 충격 제한부(50)에 대해 설명한다. 도 13 내지 도 24는 충격 제한기 및 그 측면을 보다 상세히 도시한다.

[0034] 각각의 충격 제한기(50)는 일반적으로 외부 보호 캡 셸(51), 천공 슬리브(80)를 포함하는 충격 흡수 코어, 및 환형 폐쇄 플레이트(70)를 포함한다. 일 실시 형태에서 캡 셸(51)은 원형 단부 벽(52) 및 캐스크(20)의 길이방향 축(LA)에 평행한 단부 벽로부터 길이방향으로 연장되는 원통형 측벽(53)을 포함한다. 단부 벽(52)은 내부에서 추가로 설명되는 바와 같이 충격 제한기(50)를 캐스크(20)에 고정하는 데 사용되는 패스너에 접근하기 위한 복수의 패스너 개구(57)를 포함하는 외부 표면(58)을 정의한다. 단부 벽(52) 반대편의 측벽(53)의 최내측 단부(즉, 충격 제한기가 장착될 때 캐스크(20)에 근접한 측벽의 단부)는 환형 예지(59)를 정의한다.

[0035] 캡 셸(51)은 캐스크(20)의 단부 낙하(즉, 단부 상의 캐스크 상의 수직 낙하 또는 그에 야간 비스듬한 각도)에 의해 야기될 수 있는 외부 충격력을 분산시키기 위해 분쇄될 수 있는 적절한 에너지 흡수 재료(45)로 채워진 내부 단부 공동(51a)을 정의한다. 또는 거기에 약간의 비스듬한 각도). 에너지 흡수 재료(45)는 적절하고 바람직하게는 내화성 에너지 흡수 재료 또는 구조적 집합체일 수 있다. 일 실시 형태에서, 에너지 흡수 재료는 도 29에 도시되고 본 명세서에 기술된 바와 같이 교차 적층된 주름진 알루미늄 패널(10)에 의해 형성된 통상적인 벌집형 충격 제한기일 수 있다. 이 출원에서, 패널의 벌집 배열은 캐스크 끝단 충돌 상황에 사용되는 반면 측면 낙하 충격 보호는 하이브리드 충격 제한기를 집합적으로 형성하는 데 추가로 설명되는 천공 슬리브(80)에 의해 제공된다. 패널(10)은 각 패널의 평면이 캐스크의 길이방향 축(LA)에 수직으로(즉, 횡방향으로) 배향되도록 배향될 것이다. 따라서 패널 사이의 열린 영역은 세로 방향이 아닌 측면/반경 방향으로 배열된다. 다른 실시 형태에서, 에너지 흡수 재료(45)는 적절한 밀도(예를 들어, 폴리에틸렌 등)의 분쇄 가능한 중합체 발포 재료일 수 있다. 일 실시 형태에서, 에너지 흡수 재료(45)는 재료가 천공 슬리브(80)보다 실질적으로 더 큰 길이방향 두께를 갖도록 단부 공동(51a)을 채울 수 있고, 캡 셸(51)의 전체 길이방향 높이의 대부분을 구성할 수 있다. 일부 예에서, 셸(51)은 충격 제한기 조립체에 구조적 지지를 추가로 제공할 수 있다. 하나의 구성에서, 캡 셸(51)의 단부 벽(52)과 천공 슬리브(80) 사이에 환상 겹을 형성하는 환상 스페이서(71)가 제공되어 슬리브를 단부 벽으로부터 길이방향으로 이격시킬 수 있다(예를 들어, 도 14-15 참조).).

[0036] 캡 셸(51)은 예를 들어 제한 없이 얇은 게이지 스테인리스강과 같은 적절한 금속으로 형성될 수 있다. 적절한 게이지 알루미늄 또는 기타를 포함한 다른 금속 재료를 사용할 수 있다. 캡 셸은 충격 제한기(50)의 바깥쪽 끝에서 에너지 흡수 천공 슬리브(80)와 에너지 흡수 재료(45)를 둘러싸는 보호 외부 스킨을 제공하여 슬리브와 에너지 흡수 재료를 운송 및 취급 중의 경미한 손상, 화재 및 날씨로부터 보호한다.

[0037] 캡 셸(51)은 개방된 원형 리셉터클(56)을 정의하는 중앙에 위치한 원통형 칼라(55)를 포함한다. 칼라(55)는 캡 셸의 단부 벽(52)으로부터 캐스크(20)를 향하는 길이방향으로 안쪽으로 돌출한다. 칼라(55)는 측벽(53)으로부터 방사상 내측으로 이격되어, 천공 슬리브(80)를 수용하고 내부에 장착하도록 구성된 개방 고리(54)를 정의한다. 슬리브(80)는 충격 제한기(50)에 위치될 때 고리(54) 및 캡 셸(51) 내에 완전히 중첩된다. 천공 슬리브(80)는 상부 및 하부 충격 제한기 모두에 대해 단부 벽(52)의 내부에 위치된다. 천공 슬리브가 고리(54)에 장착되면, 폐쇄 플레이트(70)는 캡 셸에 슬리브를 유지하기 위해 고리형 예지(59) 및/또는 칼라(55)에 용접될 수 있다.

[0038] 충격 제한기(50)는 볼트와 같은 나사식 패스너(60)의 볼트를 통해 캐스크(20)의 덮개 조립체에 분리 가능하게 장착될 수 있다. 패스너(60)는 칼라(55)에 의해 캡 셸(51)에 형성된 원형 리셉터클(56) 내부에 위치한 원형 금속 볼팅 플레이트(64)에 의해 지지될 수 있다. 패스너(60)는 리셉터클(56)의 볼팅 플레이트(64)로부터 캐스크(20)를 향해 돌출하여 대응하는 나사식 소켓 또는 보어(61)와 나사식으로 맞물린다. 캐스크(20)의 상단 및 하단 단조물이 충격 제한기의 중앙 리셉터클(56)에 삽입될 수 있을 때 상단 외부 덮개(27) 및 하단 단조물(38)의 베이스 플레이트 부분에 형성된다. 볼트의 확장된 헤드는 칼라(55)에 용접될 수 있는 볼팅 플레이트를 통과하지 않는 반면, 볼트의 나사산 생크(threaded shank)는 볼팅 플레이트의 각 개구를 통과하여 볼팅 플레이트에서 안쪽으로 돌출하여 캐스크와 나사식으로 맞물린다(예를 들어, 도 14 및 15 참조). 볼팅 플레이트(64)는 강도를 위해 제한 없이 탄소 또는 스테인리스강과 같은 적절하게 강한 금속으로 형성될 수 있다. 볼팅 플레이트(64)는 충격 제한기(50)가 착탈 가능하게 결합될 때 상부에서 캐스크(20)의 최상부에 노출된 외부 덮개(27) 및 캐스크의 하부에서 방사선 차폐판(31)에 대해 충격 제한기 패스너(60)에 의해 압축된다.

[0039] 볼팅 플레이트(64)는 일 실시 형태에서 에너지 흡수 재료(45)로부터 길이방향으로 이격될 수 있다. 볼트 홀을 갖는 원형의 방사선 차폐 디스크(63)는 볼팅 플레이트(64)와 에너지 흡수 재료 사이에 개재될 수 있다. 방사선

차폐 디스크는 앞서 설명된 홀타이트(Holtite(등록상표))와 같은 중성자 감쇠에 효과적인 방사선 차폐 재료로 형성될 수 있다. 다른 중성자 흡수 물질 또는 납과 같은 감마 차단 물질은 방사선 차폐 요구 사항에 따라 다른 방식으로 사용될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 차폐 디스크(63)는 화재시에 캐스크를 추가로 보호하기 위해 열 내화 절연 디스크로 대체될 수 있다. 각각의 충격 제한기의 에너지 흡수 재료(45)를 통해 형성된 길이방향으로 연장되는 패스너 개구(57)는 충격 제한기(50)를 캐스크(20)에 조이고 결합하기 위해 패스너(60)에 대한 접근을 제공한다. 패스너가 하단 단조물(38)(예를 들어, 도 15 참조)의 나사 구멍(61)에 도달하고 접근할 수 있게 하는 길이방향으로 연장되는 복수의 패스너 개구(62)를 포함한다.

[0040] 캐스크(20)에 장착될 때, 충격 제한기(50)는 캐스크의 외부 직경(D2)(방사선 차폐 재킷(40)(도 13에 식별됨)의 외부 표면에 의해 정의됨)보다 큰 외부 직경(D1)을 갖는다. 천공 슬리브(80)는 유사하게 캐스크 외경 D2보다 크다. 따라서 충격 제한기는 각각이 캐스크 본체 너머로 반경 방향 바깥쪽으로 돌출되도록 구성되어 떨어뜨렸을 때 캐스크를 보호한다. 캐스크가 아닌 변형 가능한 충격 제한기가 먼저 충돌한다. 충격 표면(예: 일반적으로 지면 또는 콘크리트 슬래브)은 낙하의 충격력 또는 운동 에너지를 흡수하고 분산시킵니다.

[0041] 천공 슬리브(80)는 하나의 비제한적인 바람직한 실시 형태에서 알루미늄 또는 알루미늄 합금과 같은 비제한적인 금속으로 형성된 환형 본체(80a)를 가질 수 있다. 본체는 일 실시 형태에서 단일 구조의 고체 금속 모놀리식 본체일 수 있다. 이 구조는 천공 슬리브가 방향으로 균일한 방식으로 일체형 고체 단위로서 외부 충격력에 반응하여 흡수하고 기계적으로 변형되도록 한다.

[0042] 다른 가능한 구성에서, 천공 슬리브(80)의 본체는 아래에서 추가로 설명되는 모놀리식 슬리브와 동일한 장착 및 충격 흡수 특징을 갖는 다중 적층 및 용접된 환형 금속 링 세그먼트에 의해 형성된 복합 구성에 의해 형성될 수 있다. 도 30은 이러한 조성 구성의 하나의 비제한적인 예를 도시한다. 분할된 천공 슬리브는 접합부(95)를 형성하는 링 세그먼트의 짝을 이루는 주요 단부 표면(87) 사이의 평면 대 평면 인터페이스에서 서로 인접하게 맞물리고 적층되는 적어도 2개의 링 세그먼트(80-1, 80-2)를 포함한다. 세그먼트(80-1, 80-2)는 내부 및 외부 주방향 둘레에서 함께 용접될 수 있다. 보다 구체적으로, 접합부(95)의 노출된 외측 부분(95a)에서 접하는 세그먼트의 환형 인접 외주벽(85) 사이에 용접부가 형성될 수 있다. 용접부는 또한 조인트의 노출된 내측 부분(95b)에서 세그먼트(80-1, 80-2)의 중앙 개구(82) 내의 환형 인접 내주벽(내부 주방향 벽)(87) 사이에 형성될 수 있다. 링 세그먼트를 영구적으로 결합하기 위해 주방향으로 이격된 간헐적 스티치 용접 또는 전체 원주 용접을 사용할 수 있으며, 두 용접 방법 모두 추가 설명 없이 당업계에 잘 알려져 있다. 복합 천공 슬리브(80)는 개별 높이의 적절한 수의 세그먼트를 함께 영구적으로 결합함으로써 슬리브의 원하는 높이까지 세그먼트로 구축될 수 있다. 각 링 세그먼트의 접을 수 있는 천공의 어레이는 스택 및 천공 슬리브(80)의 전체 높이에 대해 연장되는 연속적인 길이방향 통로(81)를 형성하도록 스택에서 서로 동심으로 정렬될 것이다.

[0043] 도 1 내지 도 24에 도시된 바와 같이, 천공 슬리브 본체(80a)는 중앙 개구(82) 및 본체의 편평하고 평행한 대향 주 단부 표면(84) 사이에 형성된 기다란 길이방향 통로(81)를 포함하는 천공의 주방향 어레이를 포함할 수 있다. 중앙 개구(82)는 캐스크(20)의 상단부 및 하단부(21, 23)를 수용한다. 통로(81)는 하나의 비제한적인 바람직한 실시 형태에서 주 단부 표면을 통해 완전히 연장될 수 있고; 그러나 다른 가능한 방식으로 통로(81)는 슬리브의 환형 본체를 통해 부분적으로만 연장될 수 있다. 원통형 외주벽(85) 및 내주벽(87)은 길이방향 축(LA)에 평행한 천공 슬리브(80)의 주 단부면(84) 사이에서 길이방향으로 연장된다. 천공 슬리브(80)의 내주벽(87)은 슬리브가 충격 제한기(50)에 위치될 때 고리(54)를 향해 바깥쪽으로 향하는 칼라(55)의 환형 외부 표면(55a)과 맞물리는 내부를 향하는 환형 하중 전달 표면(86)을 정의한다. 리셉터클(56)을 향해 안쪽으로 향하는 칼라(55)의 반대쪽 환형 내부 표면(55)은, 충격 제한기(50)가 캐스크에 설치될 때, 캐스크(20)의 환형 충격 하중 지지 표면(35, 36)과 대면하는 상부 및 하부 외부와 맞물리도록 위치된다.

[0044] 충격 슬리브(80), 칼라(55), 및 캐스크의 베어링 표면(35, 36)은 충격 제한기(50)가 캐스크의 상단 및 하단부에 장착될 때 축방향/방사상으로 정렬된다(예를 들어, 도 10-11 참조). 이것은 반경 방향 내측으로 향하는 충격 하중 또는 충격 이벤트로 인한 힘이 충격 슬리브(80)를 통해 캐스크에 반경 방향으로 분포되어 강철 내부 쉘(24a), 납 중간 감마 차폐물(24b) 및 외부 붕소 함유 중성자 차폐 재킷(40) 보다 구조적으로 더 견고한 상단 및 하단 단조물(37, 38)에 의해 흡수되도록 한다. 이들 후자의 구성요소(강철 내부 쉘(24a), 납 중간 감마 차폐물(24b) 및 외부 붕소 함유 중성자 차폐 재킷(40))는 도시된 바와 같이 단부 단조물(37, 38)보다 반경 방향/측면 방향으로 구조적으로 더 약하고 측면 두께가 더 얇기 때문에, 핵폐기물 격리 패키지(예: 캐스크)를 손상시킬 수 있는 충격 하중으로 인해 손상되기 쉽다. 반경 방향으로 작용하는 외부 충격력은 차례로(외부에서 내부로) 충격 슬리브(80)를 통해 칼라(55)로, 그리고 마지막으로 캐스크 단부 단조물(37, 38)의 캐스크 하중 지지 표면(35,

36)으로 전달된다.

- [0045] 계속해서 도 13 내지 도 24를 참조하면, 길이방향 통로(81)는 서로 평행하게 배향될 수 있고 천공 슬리브(80)의 주요 단부 표면 사이에서 연장될 수 있다. 따라서, 통로 중 어느 것도 임의의 다른 통로와 교차할 수 없다. 일 실시 형태에서, 길이방향 통로는 캐스크 상에 장착될 때 캐스크의 길이방향 축(LA)에 평행하게 더 배향될 수 있다. 그러한 배향에서, 통로(81)는 천공 슬리브(80)의 대향하는 주요 단부 표면(84)에 수직으로 배향된다. 길이방향 통로(81)는 천공 슬리브의 중실(solid) 금속 본체를 드릴링함으로써 용이하게 형성될 수 있도록 하는 원형 횡단면을 가질 수 있다. 그러나 다른 단면 모양도 가능하다. 통로는 각각의 직경(Dp)보다 큰 길이방향 길이(Lp)를 각각 가질 수 있다(예를 들어, 도 23-24 참조). 일부 비제한적인 바람직한 실시형태에서, 길이방향 통로 각각은 각각의 직경 Dp의 적어도 2배보다 큰 길이 Lp를 갖는다. 이것은 더 큰 측면 및 비스듬한 충격 저항을 위한 길이방향으로 두꺼운 천공 슬리브(80)의 형성을 허용하고 생존하는 낙상(surviving fall)에서 캐스크(20)를 보호한다. 충격 제한기(50)의 단부 벽(52)은 일부 실시 형태에서 천공 슬리브(50)의 길이방향 두께의 적어도 2배인 길이방향 두께를 가질 수 있다.
- [0046] 천공 슬리브(80)의 길이방향 통로(81)의 어레이는 도 23에 가장 잘 도시된 바와 같이 천공 슬리브의 전체 주위에 완전한 360도 패턴으로 분산될 수 있다. 일 실시 형태에서, 길이방향 통로(81)의 어레이는 천공 슬리브 둘레에서 주방향으로 연장되는 길이방향 통로의 다수의 주방향으로 연장되는 동심 링(Rn)에 배열될 수 있다. 어떤 이유로, 적어도 3개의 고리 Rn이 제공될 수 있다. 비제한적으로 예시된 실시 형태에서, 7개의 링이 도시되어 있다. 천공 슬리브(80)의 반경방향 폭, 길이방향 통로(81)의 직경(Dp), 및 기타 설계 요인에 따라 임의의 적절한 수의 링이 제공될 수 있다. 각각의 링(Rn)의 길이방향 통로(81)는 일 구현에서 균일하게 이격될 수 있다.
- [0047] 길이방향 통로(81)는 도 23에 가장 잘 도시된 바와 같이 삼각형의 엇갈린 피치 또는 홀 패턴으로 배열될 수 있다. 특정 실시 형태에서, 인접한 링(Rn)의 통로(81)가 서로 60도의 예각(A1)으로 위치하는 60도 홀 패턴이 사용될 수 있다. 다른 각도 및 홀 패턴이 사용될 수 있다. 지그재그 홀 패턴은 인접한 링(Rn) 사이의 통로의 주방향 오프셋 배치(즉, 본 발명의 제1 링에 대해 안쪽 또는 바깥쪽으로 인접한 링(Rn)의 통로(81)가 도시된 제1 링의 2개의 통로 각각 사이에 위치된다)로 인해 천공 슬리브(80)에 최대 수의 통로(81)가 형성되도록 한다. 그 결과 천공 슬리브(80)에 길이방향 통로(81)의 조밀하게 패키징된 패턴이 생성되어 측면 낙하로 인한 충격 하중/힘을 흡수하기 위해 슬리브의 변형성을 제어하고 최소화하기 위해 제공될 수 있는 개방 영역을 동시에 최대화한다.
- [0048] 각각의 동심 링(Rn)의 길이방향 통로(81)는 링을 통해 천공 슬리브(80)의 기하학적 중심(C)으로부터 반경방향 외측으로 이동하는 직경이 증가하도록 길이방향 통로의 바로 인접한 링보다 점진적으로 더 큰 직경을 가질 수 있다. 따라서, 이러한 구성에서, 최외곽 링(Rn)의 길이방향 통로(81) 각각은 천공 슬리브(80)의 중앙 개구(82) 및 기하학적 중심(C)에 가장 가까운 길이방향 통로의 최내측 링보다 더 큰 직경을 갖는다. 슬리브의 통로(81)는 중앙 개구(82)로부터 반경 방향 외측으로 이동하는 통로의 각각의 인접한 링(Rn) 사이에서 점진적으로 커지는 홀 피치(P1)로 이격될 수 있다. 또한, 통로의 각 동심 링의 길이방향 통로(81) 사이의 피치(P2)는 반경 방향 외측 방향으로 이동하면서 점진적으로 커질 수도 있다. 따라서, 최외곽 링(Rn)의 통로(81) 사이의 피치(P2)는 최내측 링의 통로 사이의 피치(P2)보다 크다.
- [0049] 도 22 내지 도 24에 도시된 바와 같이, 길이방향 통로는 천공 슬리브(80)의 중실 금속체 재료의 비교적 얇은 인대 또는 웹(90)에 의해 분리된다. 웹 두께(T1)는 도 23에 도시된 바와 같이 통로 길이(Lp)에 수직으로 (캐스크의 길이방향 축(LA)에 대해 수직으로) 측정되는 인접한 길이방향 통로(81) 사이에 정의된다. 웹(90)은 통로(81) 사이의 천공 슬리브의 대향 주 표면(84) 사이에서 완전히 연장된다. 다양한 실시 형태에서, 인접한 통로(81) 사이의 웹(90)은 바람직하게는 최대 직경 길이방향 통로의 직경(Dp) 보다 두께(T1)가 더 작은 것이 바람직할 수 있고, 더 바람직하게는 더 작은 직경의 길이방향 통로(즉, 통로의 가장 안쪽 링(Rn)) 보다 작을 수 있다. 홀 패턴 및 길이방향 통로(81) 사이의 피치(간격)와 관련된 얇은 웹(90)은 천공 슬리브(80)의 기하학적 중심으로부터 슬리브의 임의의 부분을 통해 바깥쪽으로 그려지는 방사상 기준선(R)이 기준선의 각도 방향과 관계없이 적어도 하나의 천공과 교차하도록, 조밀하게 패키징된 천공을 생성한다.
- [0050] 견고성 비율 "S"는 길이방향 통로(81) 사이의 재료 웹(91)에 의해 형성된 고체 금속 영역을 천공 슬리브(80)의 총 횡단 단면적으로 나눈 비율로 정의된다(길이방향 축(LA)에 수직인 주 단부 표면에 걸쳐 계산됨). 하나의 비제한적인 바람직한 실시 형태에서, 견고성 비율(S)은 0.5보다 작아서 길이방향 통로(81)에 의해 집합적으로 형성된 슬리브(80)의 개방 면적이 50% 초과이고 고형 면적이 부수적으로 50% 미만이 되도록 할 수 있다. 개방 면적이 클수록 일반적으로 측면 충격 하중 또는 캐스크(20)의 길이방향 축(LA)에 수직으로(측면/수평 캐스크 드롭) 또는 비스듬하게(각진 캐스크 드롭) 작용하는 힘 하에서 천공 슬리브가 변형되는 능력이 더 커진다. 더

적은 변형성이 요구될 수 있는 다른 실시 형태에서, 슬리브(80)의 개방 면적은 50% 미만일 수 있고 중실(solid) 면적은 50%보다 클 수 있으므로, 더 많은 중실 면적(즉, 0.5보다 큰 견고성 비율)이 생성된다. 앞서 언급한 바와 같이, 견고성 비율은 천공 슬리브의 요구되는 크러쉬력 저항/크러쉬 성능을 달성하기 위해 변할 수 있는 엔지니어링 매개변수를 제공한다.

[0051] 다른 홀 패턴(예: 정사각형 등), 기타 비다각형 또는 다각형 홀 형상(예: 직사각형 슬롯, 타원, 정사각형, 직사각형, 삼각형, 육각형 등) 및 홀 피치는 다른 실시 형태에서 사용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에 기술된 홀 형상, 홀 패턴 또는 피치에 제한되지 않는다.

[0052] 천공 슬리브의 컴퓨터 테스트/분석

[0053] 측면 낙하 시나리오에 본 명세서에 개시된 충격 제한기(50)의 천공 알루미늄 슬리브(80)의 크러쉬 성능을 평가하기 위해 천공 슬리브에 의해 측면(수평) 낙하 이벤트(10 CFR 71.73에 따라) 동안 보호된 109미터톤 캐스크를 컴퓨터 분석했다. 이 소위 자유 낙하 사고는 30피트에서 본질적으로 단단한 표면으로 떨어지는 것으로 가정한다. 다음 충격 제한기 형상은 컴퓨터로 모델링되었다: 실린더의 내부 직경=86.75인치; 외경=123.75인치; 및 길이방향 두께(주 단부 표면에 대한 길이방향 주 단부 표면=13.0인치). 6061-T6 알루미늄 링(도 22-24에 도시됨)을 포함하는 미가공 작업편은 길이방향 통로(81)를 형성하기 위해 7열의 원형 길이방향 연장 홀로 천공되었다. 통로의 직경은 2.125인치(가장 안쪽 통로)에서 2.875인치(가장 바깥쪽 통로)로, 이 명세서에서 이전에 설명된 인접한 원주 중심 링 Rn 사이에 0.125인치의 증분을 가진다. 각 열에는 동일한 직경의 길이방향 통로(81)가 100개 있다. 충격 제한기에 사용된 천공 알루미늄 링 또는 슬리브의 견고성 비율 "S"는 0.455였다.

[0054] 30피트 측면(수평) 낙하 이벤트는 컴퓨터 코드 LS-DYNA에서 시뮬레이션된다. 도 25는 충격 이벤트 이후 충격 제한기의 변형된 크러쉬된 형상을 도시한다. 도 26 및 27은 각각 캐스크 및 캐스크 대 접지(목표 표면) 시간 이력의 충격 감속-시간 이력 플롯을 보여준다(충격 종료 시 제로 값은 바람직하지 않음). 도 26은 이러한 종류의 문제에 대한 우수한 충격 제한기 성능을 나타내는 약 65g으로 제한되는 최대 감속을 보여준다.

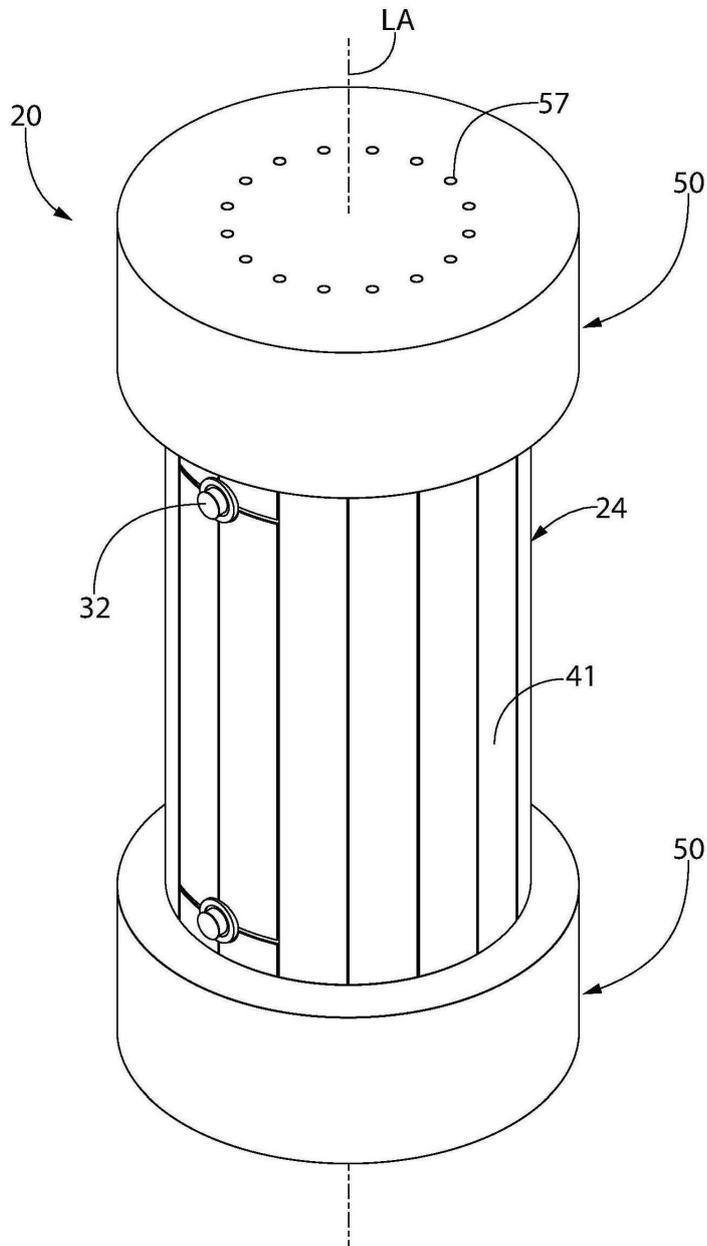
[0055] 도 28은 운송을 위해 전형적인 하체 철도 차량(100)("로우 보이")에 적재된 각 단부에 충격 제한기(50)를 갖는 캐스크(20)를 도시한다. 캐스크(20)는 도시된 바와 같이 수평 위치에서 의도된 목적지 위치로 운송된다.

[0056] 천공 링 또는 슬리브(80)를 이용하는 충격 제한기(50)의 양상 및 고려되는 변형은 다음과 같다. 천공 슬리브(80)는 낙하하는 운송 패키지(캐스크)로부터 운동 에너지를 효율적으로 추출하는 데 사용할 수 있는 천공 알루미늄으로 만들어질 수 있으며, 이로써 사용후 핵연료 집합체(SNF)가 포함된 핵 폐기물 용기(30)을 포함하는 그 내용물에 의해 발생하는 deceleration을 제한한다. 천공 슬리브(80)를 구성하는 응용에 적합한 전형적인 알루미늄 재료는 순수 알루미늄(AI 1100), 합금 5052, 합금 6061 및 합금 6063을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 이러한 물질을 총칭하여 "연성 동위원소" 금속 물질이라고 한다. 천공 슬리브(80)는 길이방향 통로(81)를 형성하기 위해 연성 동위원소 재료 주물 또는 플레이트를 기계가공(예를 들어, 드릴링 또는 기타 방법)함으로써 제조될 수 있다. 통로를 기계가공하기 전에 링 형태의 재료 또는 작업편을 형성하도록 연성 동위원소 재료의 압출 가공 블록을 사용할 수도 있다. 횡단면의 원형 천공(길이방향 통로(81))은 형성의 단순성으로 인해 바람직하지만, 슬리브(80)의 천공은 정사각형, 육각형 또는 다른 제조 가능한 기하학적 형상을 제한 없이 포함하는 다른 횡단면 형상일 수 있다. 마지막으로, 본 명세서에 도시된 (즉, 길이방향 축(LA)에 대해 직선이고 평행한) 원통형 측벽(85) 대신에, 천공 슬리브(80)는 소정의 크러쉬-힘(력) 관계를 얻기 위해 절두원추형으로 테이퍼링되거나 계단형(다단) 측벽과 같은 다른 형상의 측벽을 가질 수 있다.

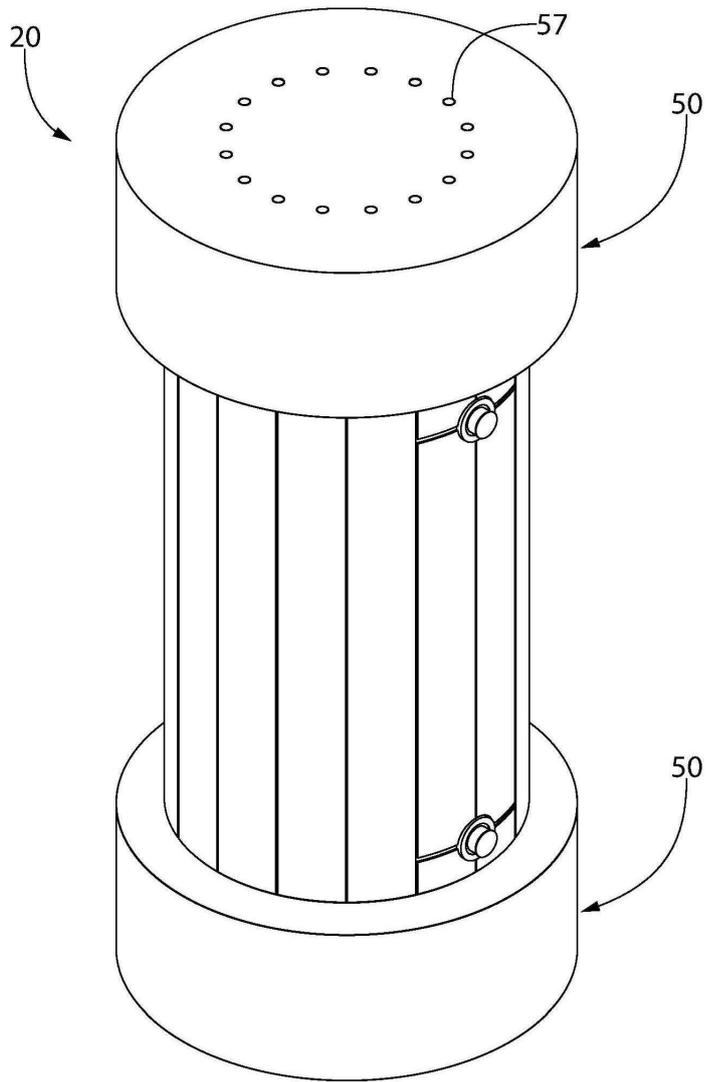
[0057] 위의 설명 및 도면은 일부 예시적인 시스템을 나타내지만, 첨부된 청구범위의 등가물의 사상 및 범위 및 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 추가, 수정 및 대체가 이루어질 수 있음이 이해될 것이다. 특히, 본 발명은 그 사상 또는 본질적인 특성을 벗어나지 않으면서 그것의 다른 형태, 구조, 배열, 비율, 크기 및 기타 요소, 재료 및 구성요소로 구현될 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 본 명세서에 기술된 방법/프로세스의 다양한 변형이 이루어질 수 있다. 당업자는 본 발명이 구조, 배열, 비율, 크기, 재료 및 구성요소의 많은 수정과 함께 사용될 수 있고, 이들은 본 발명의 원리를 벗어나지 않으면서 특정한 환경 및 작동의 요구조건에 특히 적합할 수 있다. 따라서 현재 개시된 것은 모든 면에서 예시적인 것으로 간주되어야 하며 제한적이지 않은 것으로 간주되어야 하며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 그 균등물에 의해 정의되며, 전술한 설명 또는 속임수로 제한되지 않는다. 오히려, 첨부된 청구범위는 본 발명의 등가물의 범위 및 범위를 벗어나지 않고 당업자에 의해 만들어질 수 있는 본 발명의 다른 변형 및 수단을 포함하도록 광범위하게 구성되어야 한다.

도면

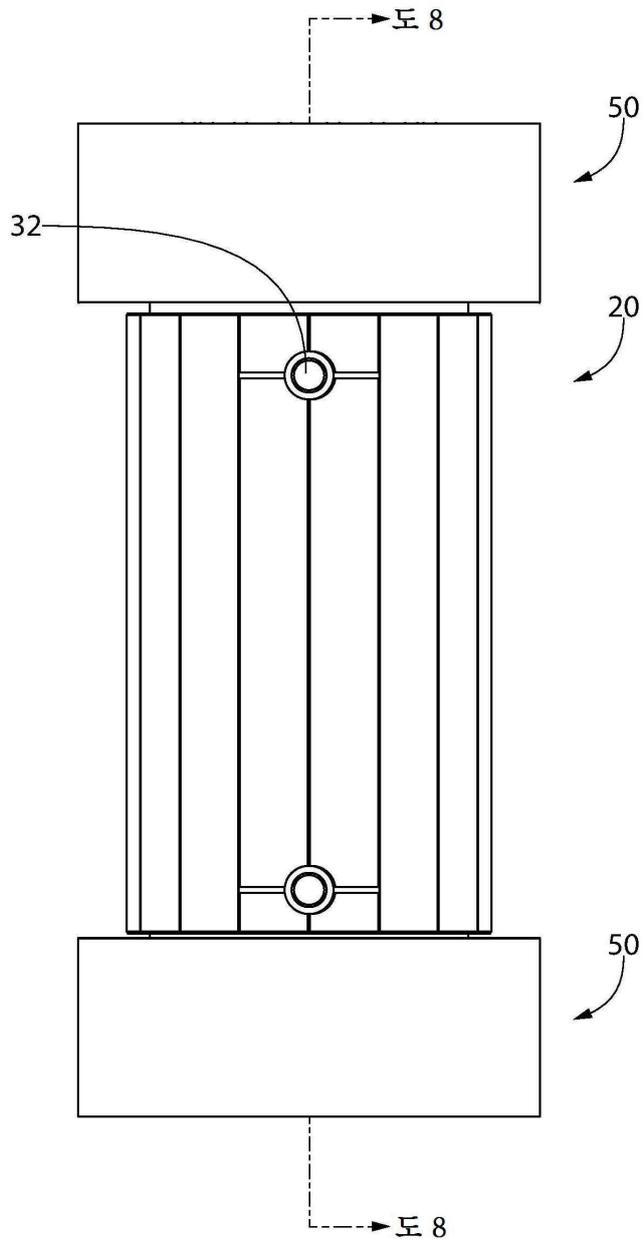
도면1



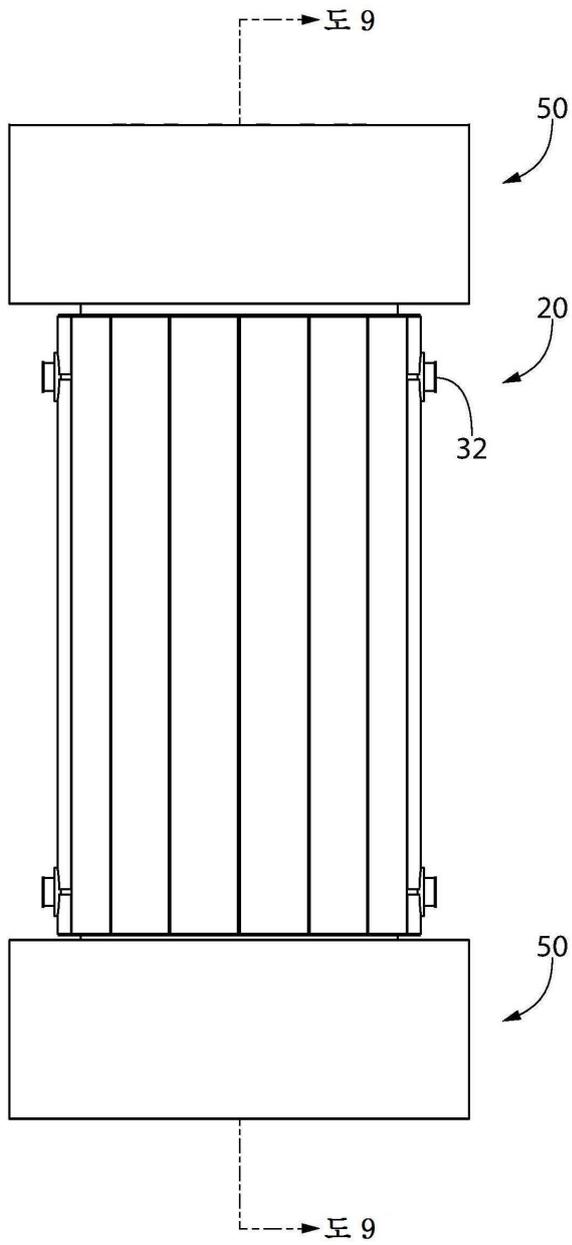
도면2



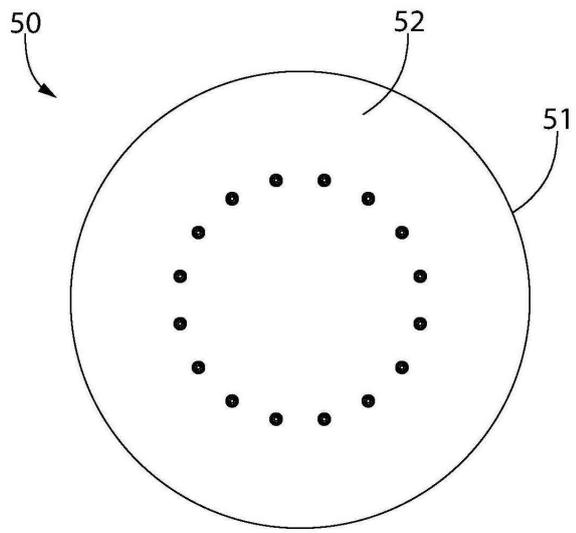
도면3



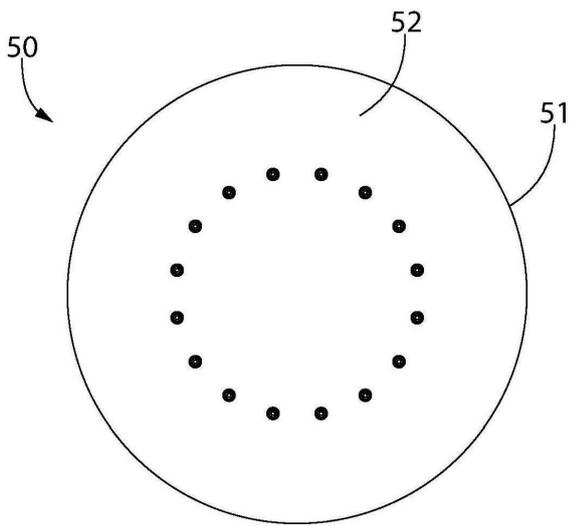
도면4



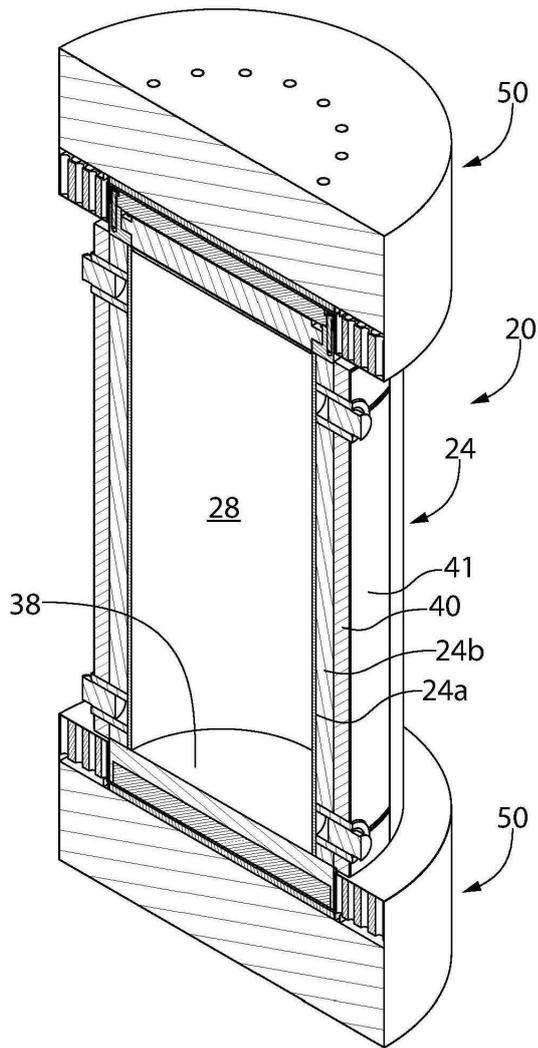
도면5



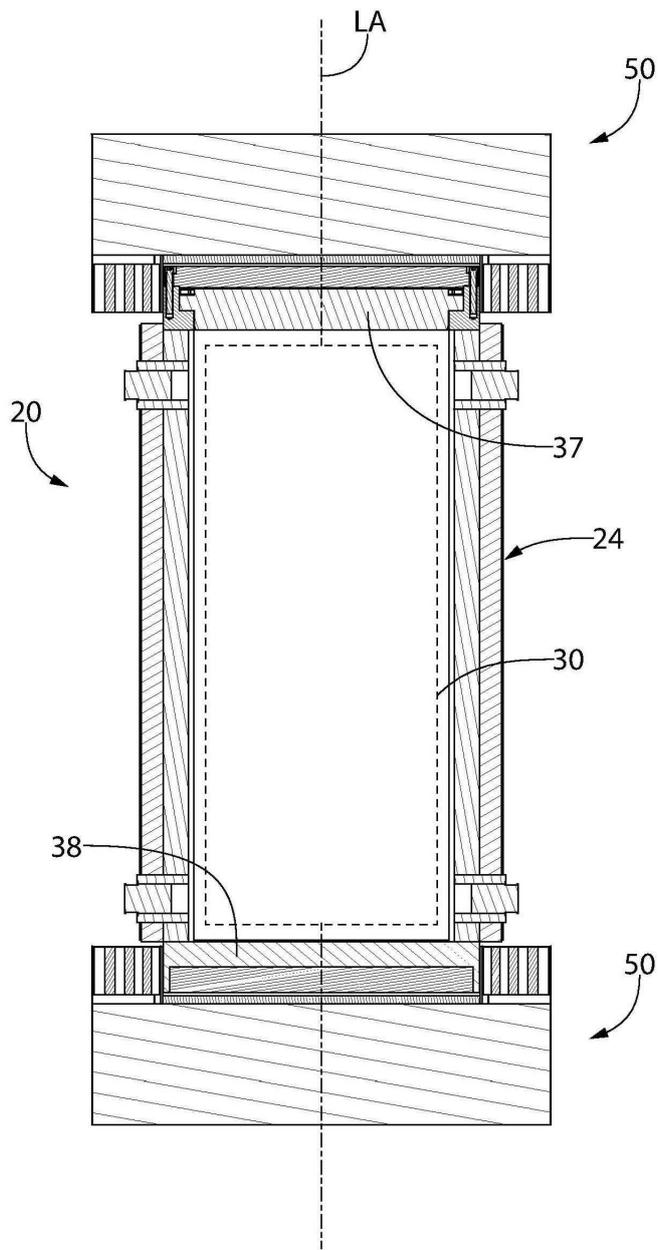
도면6



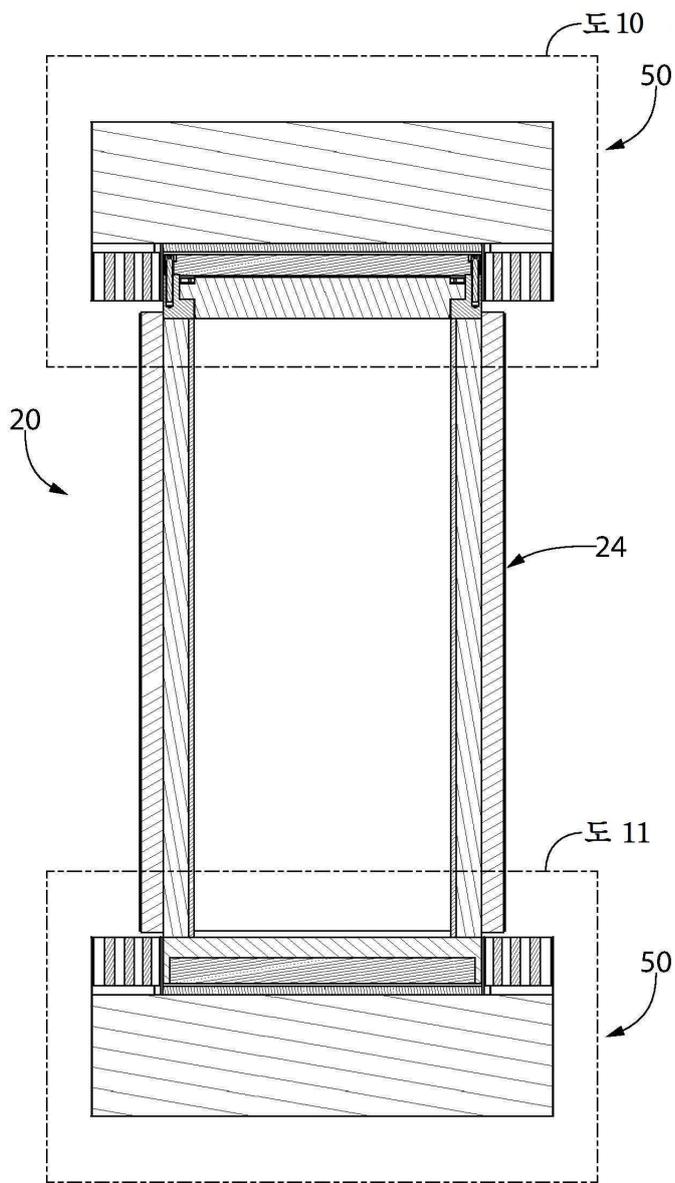
도면7



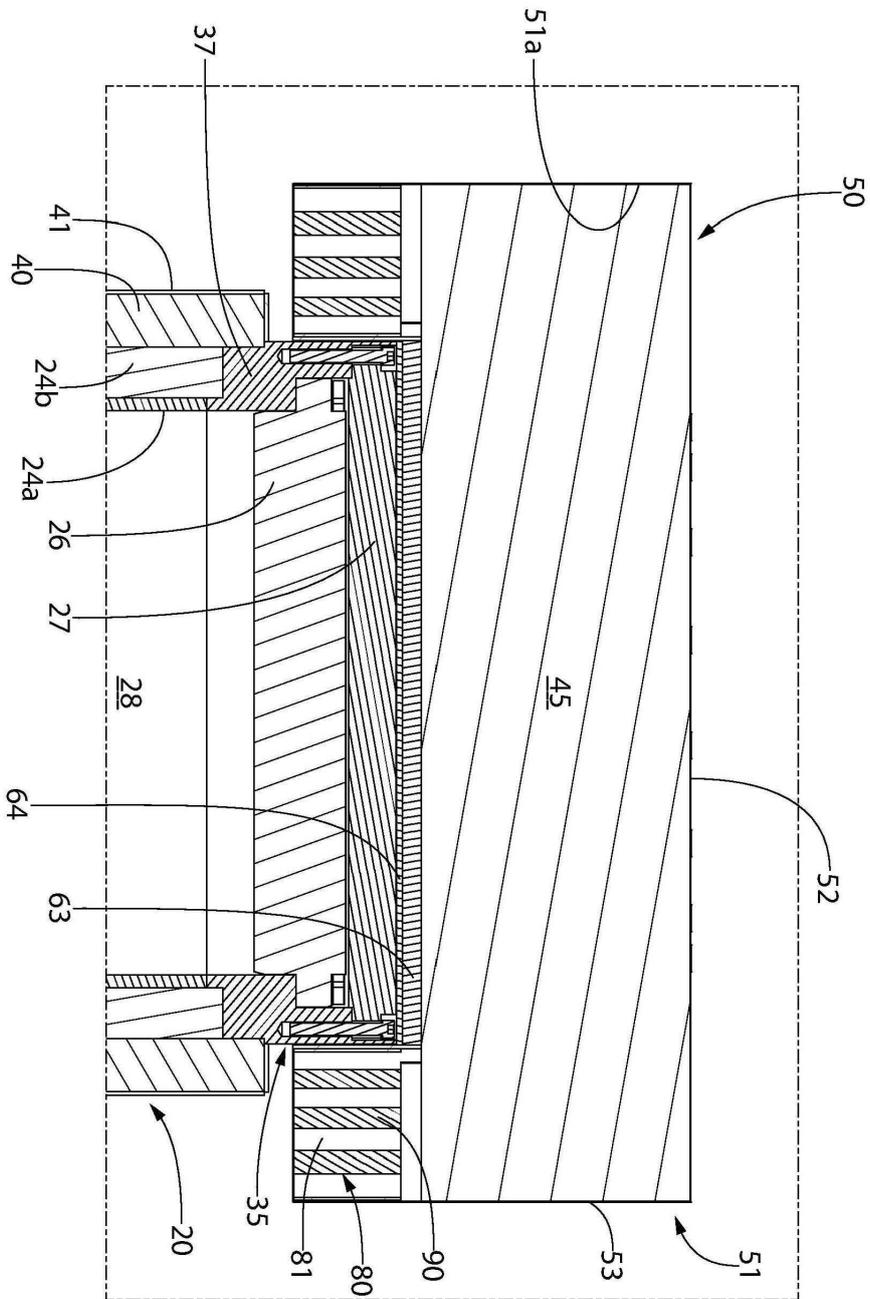
도면8



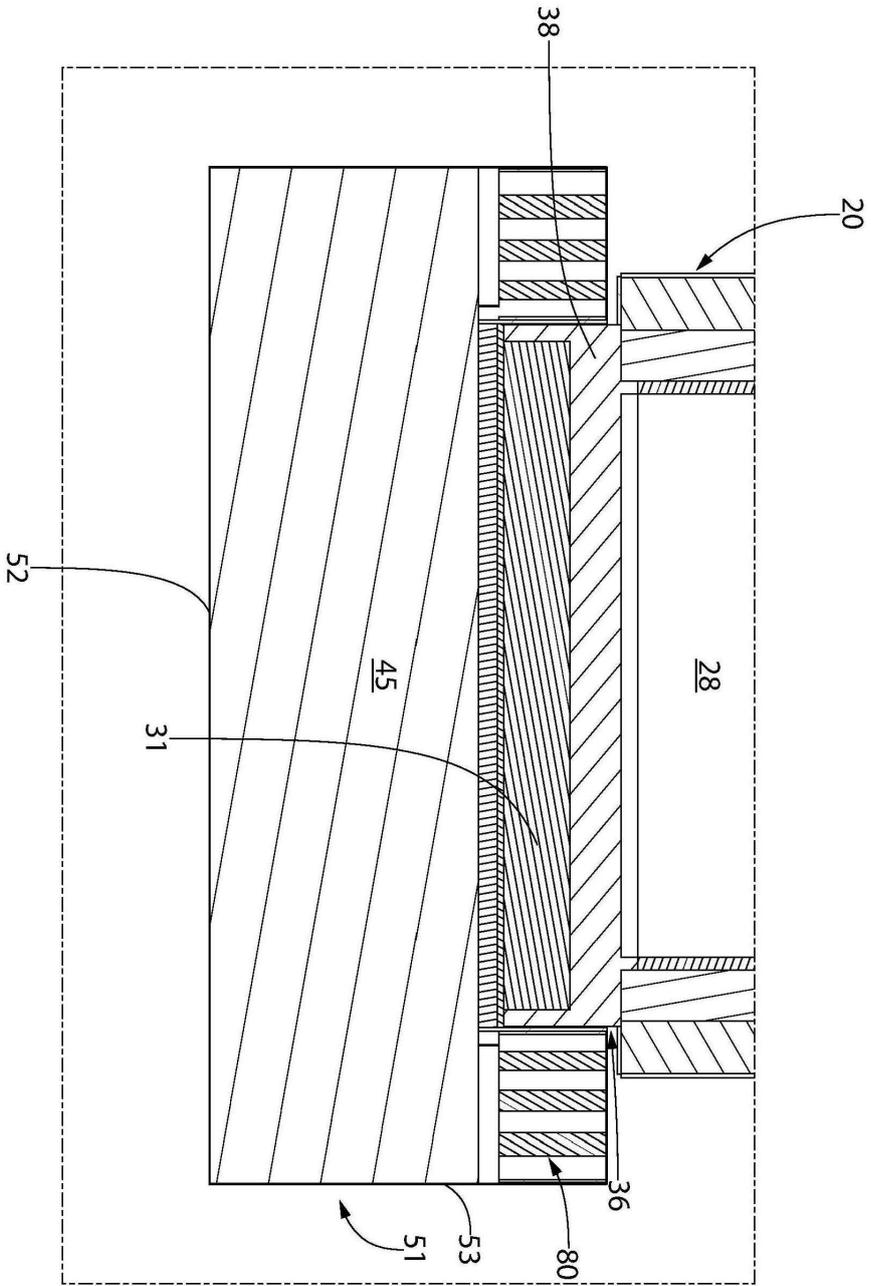
도면9



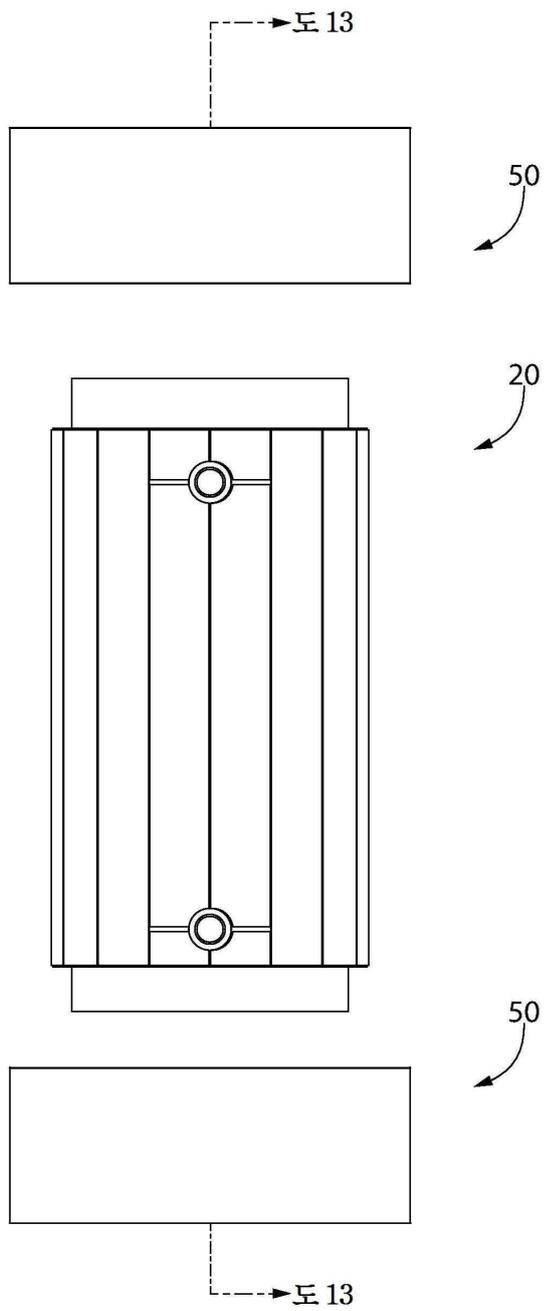
도면10



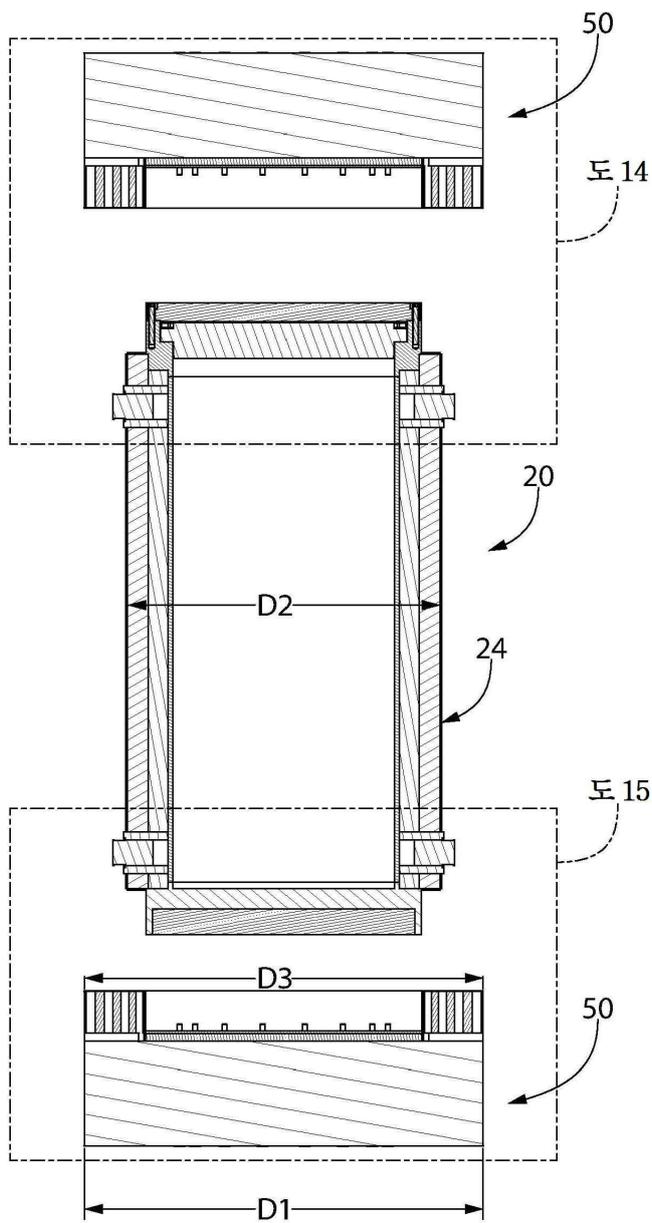
도면11



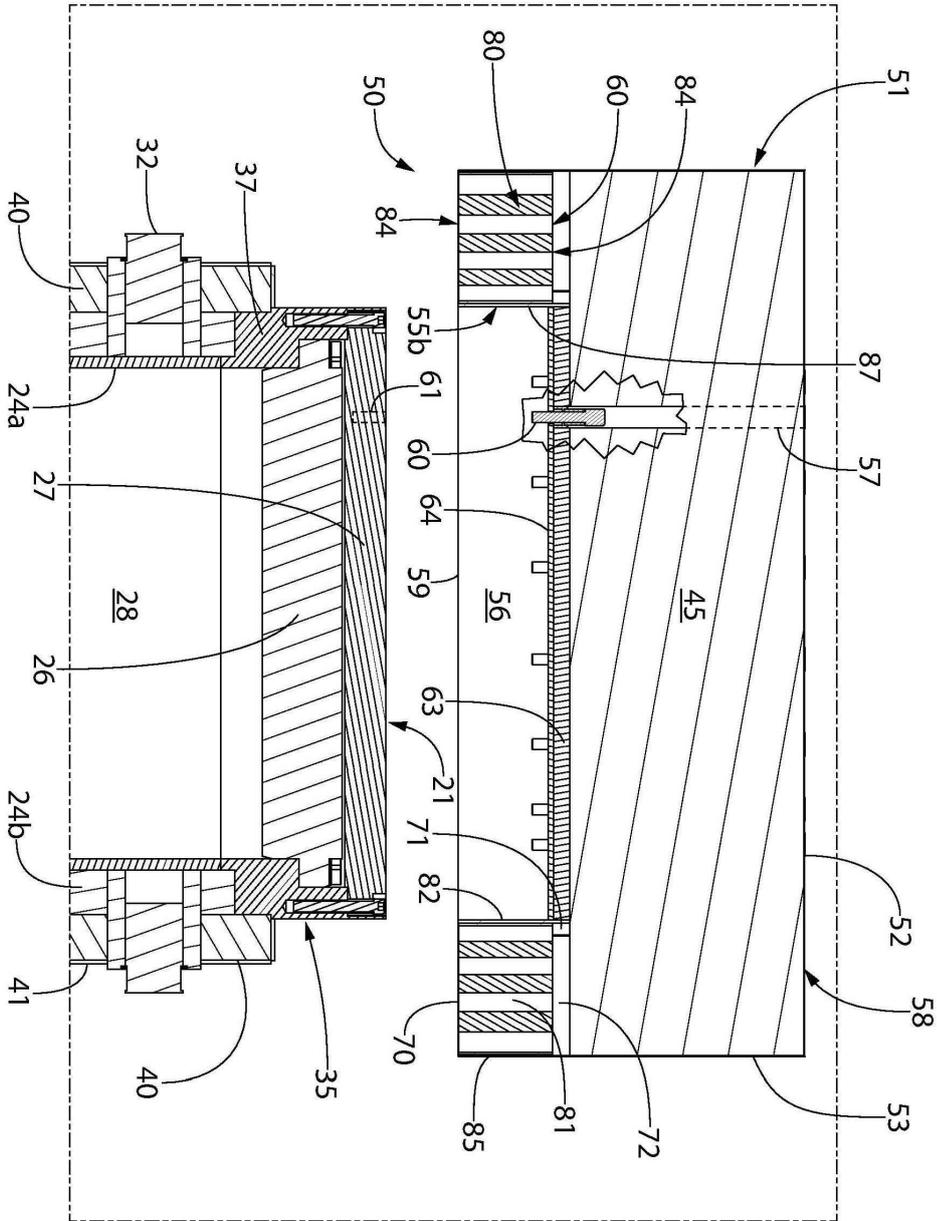
도면12



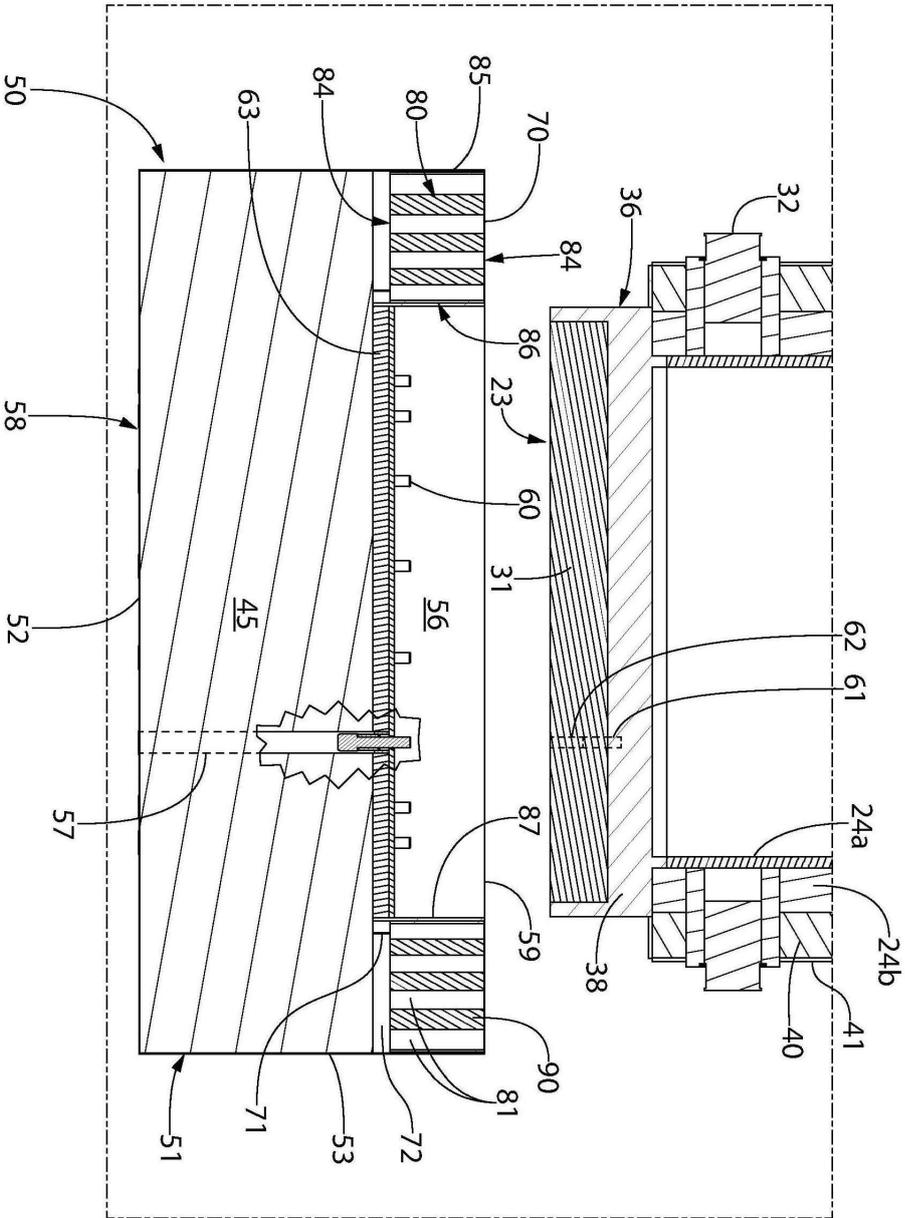
도면13



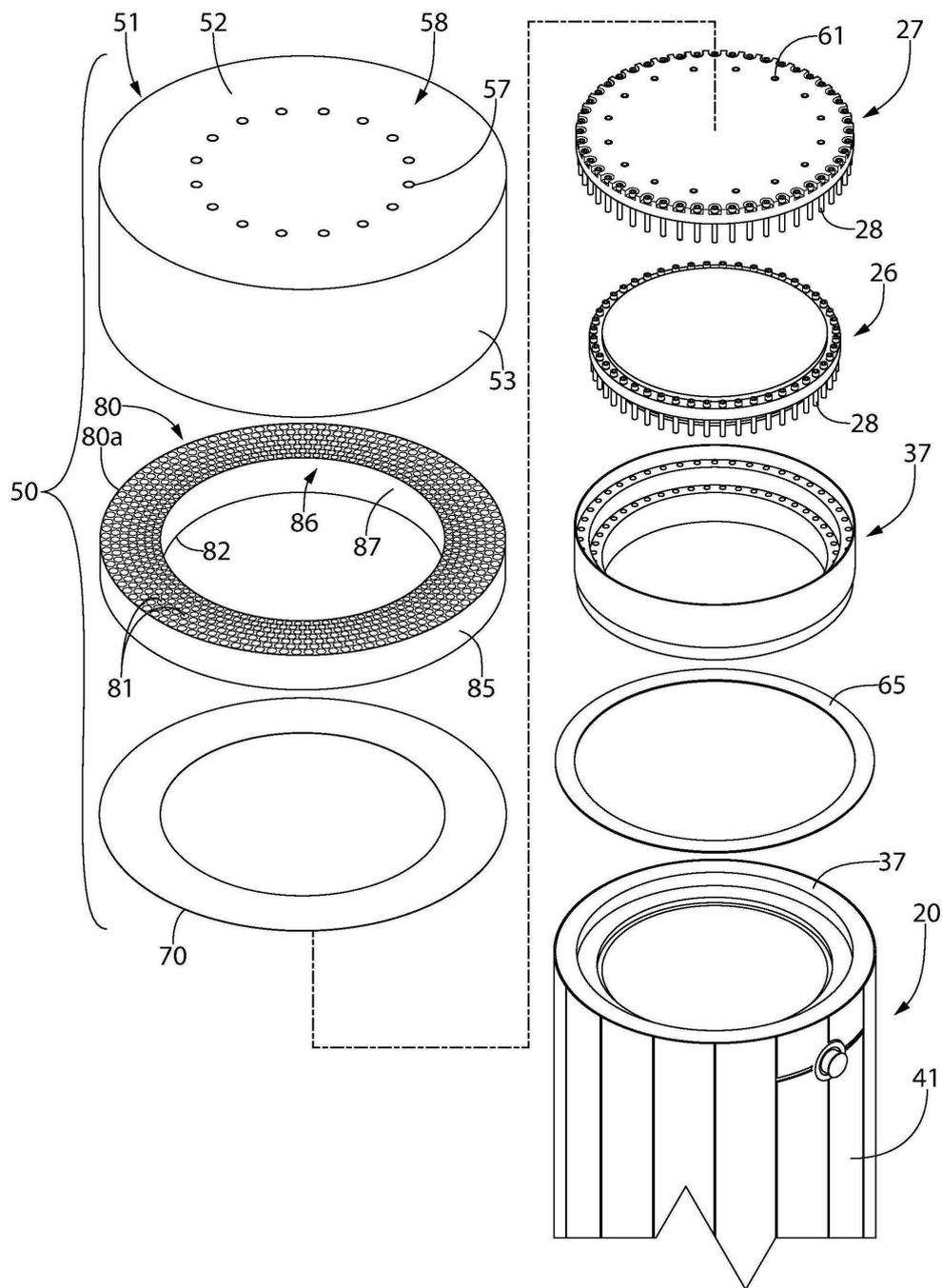
도면14



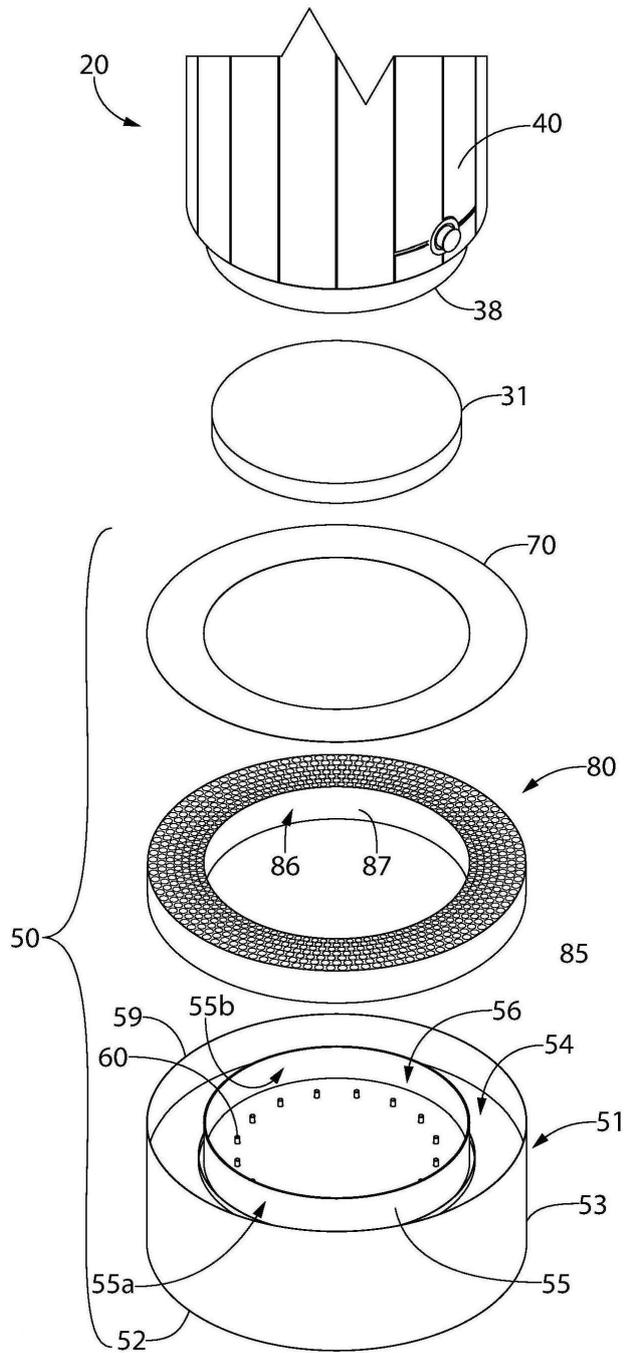
도면15



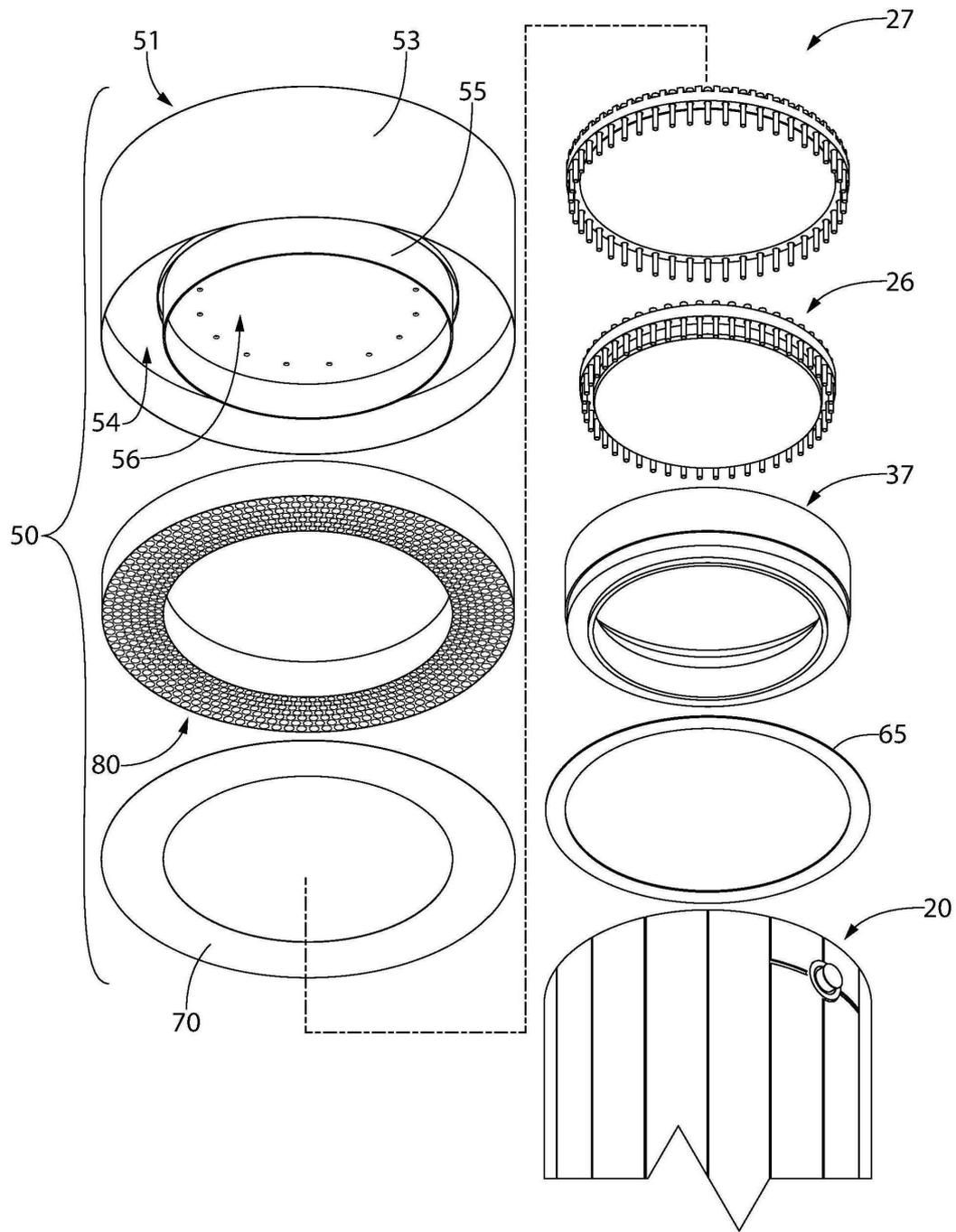
도면16



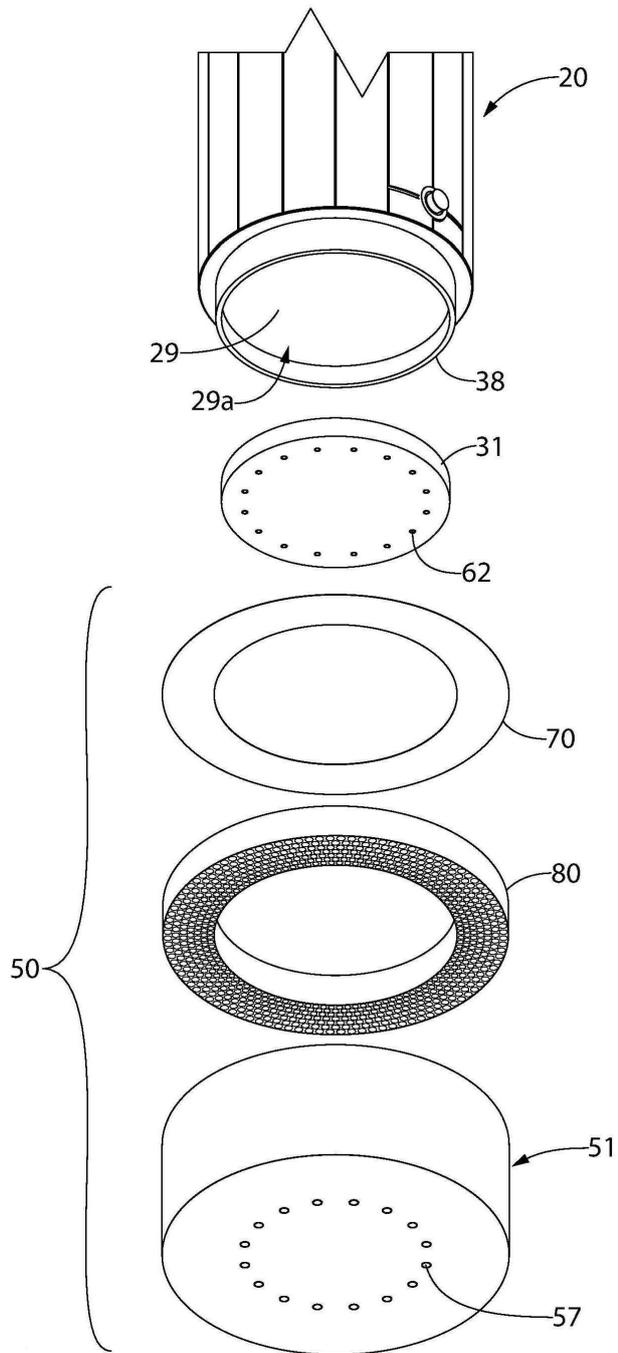
도면17



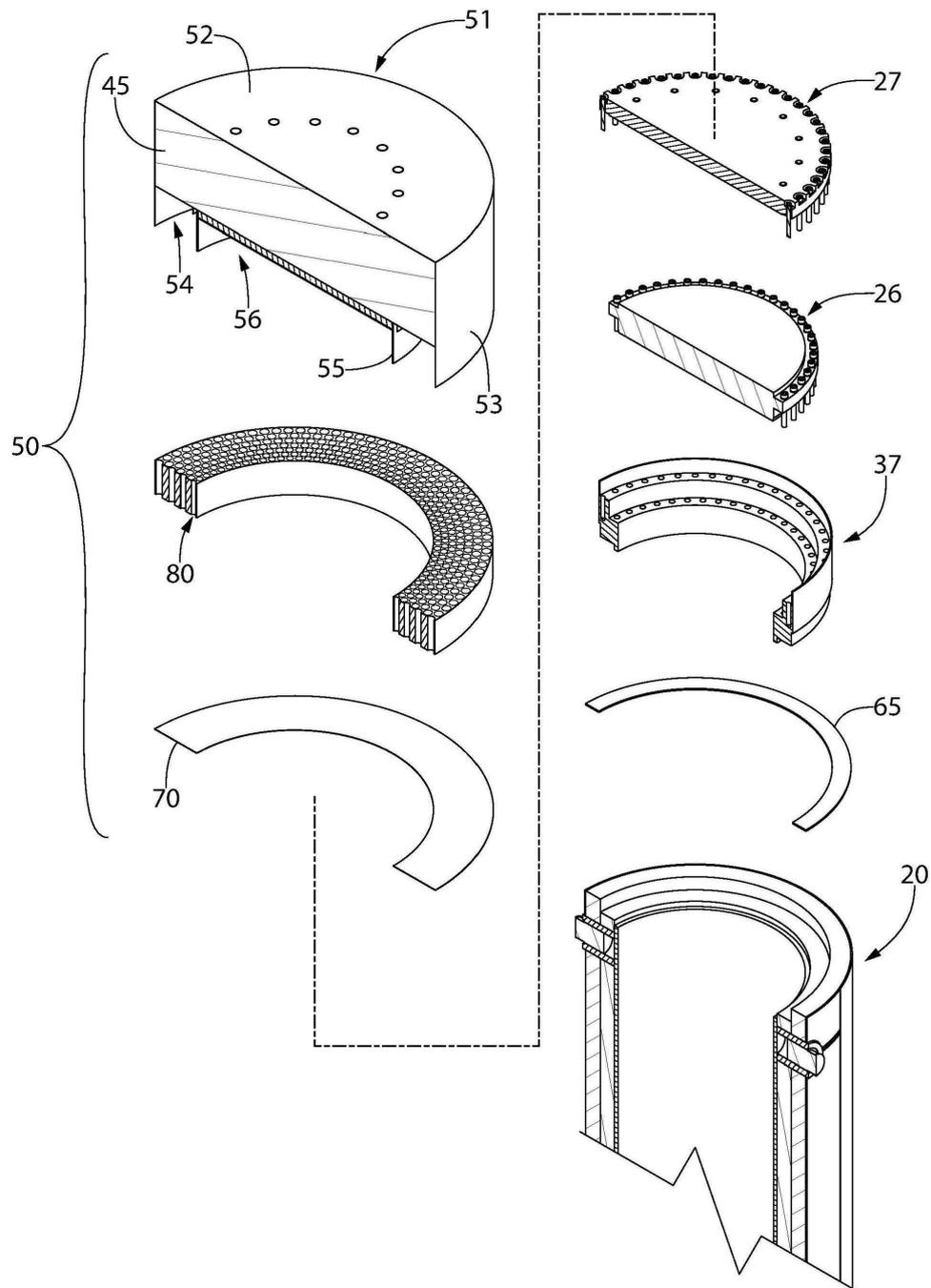
도면18



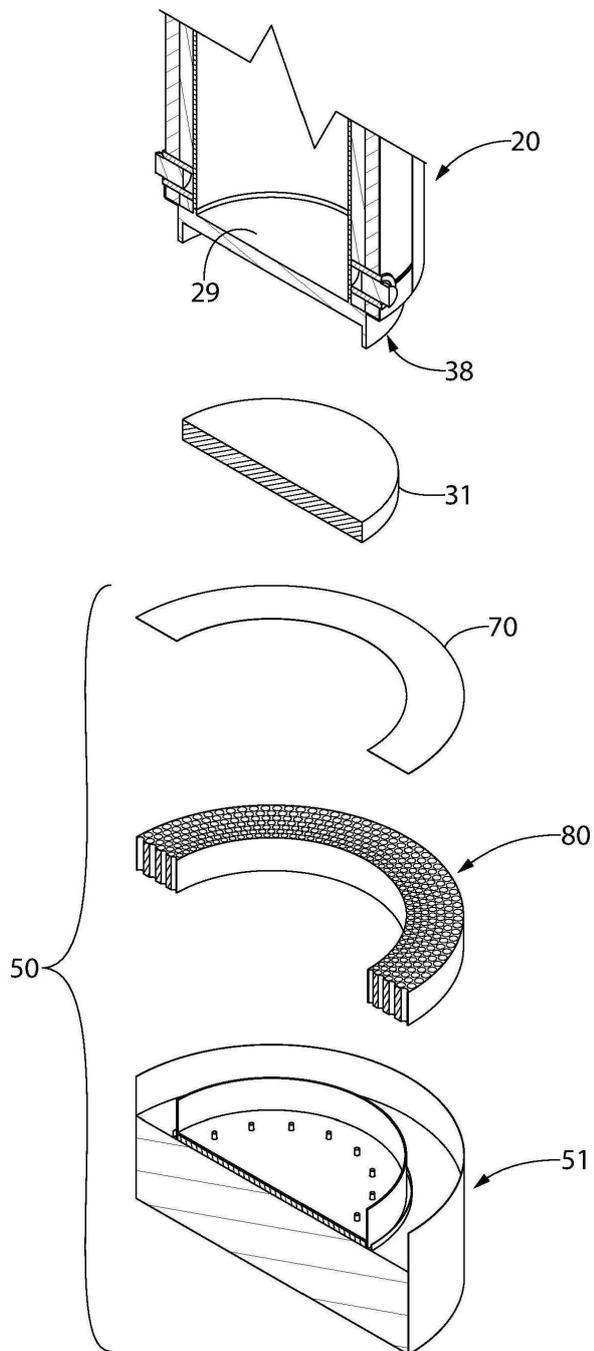
도면19



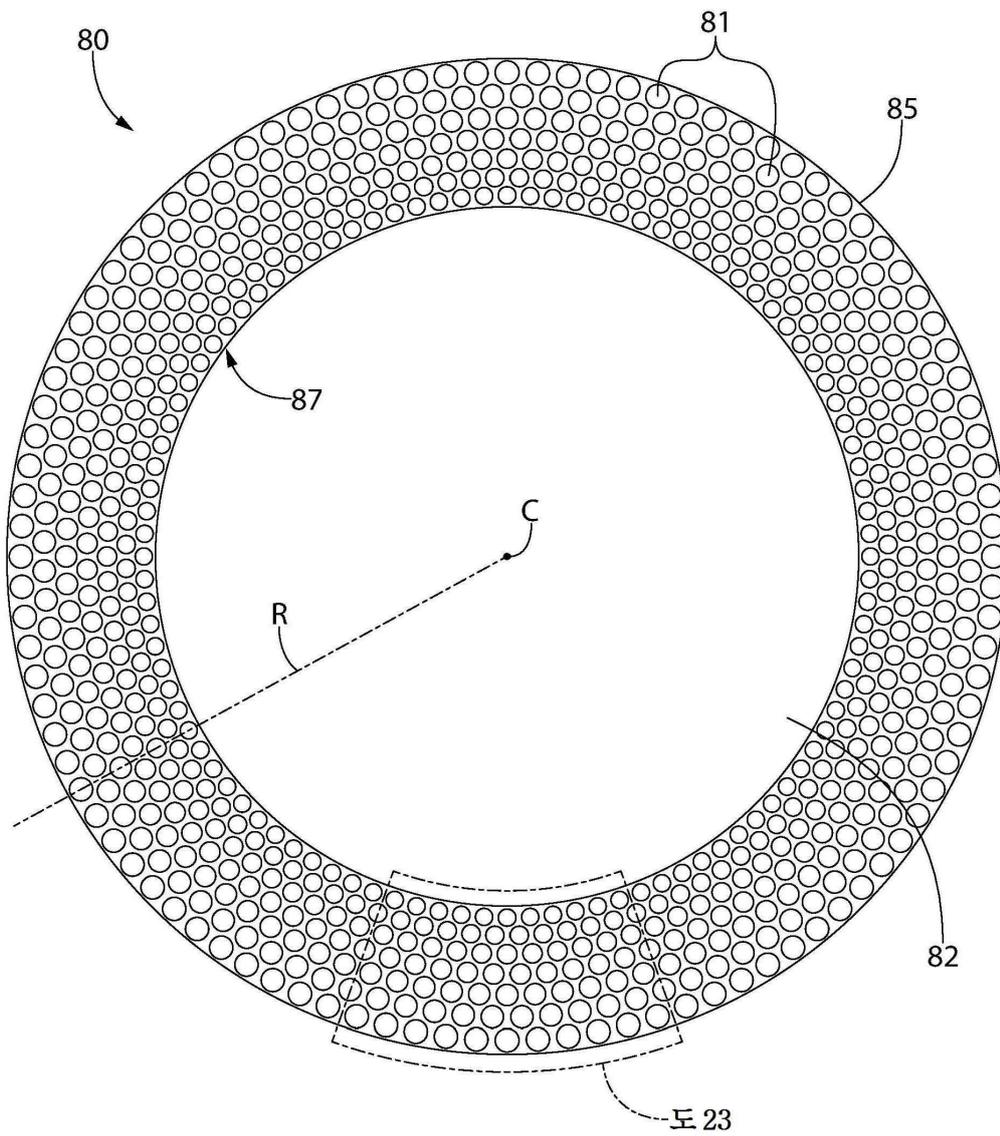
도면20



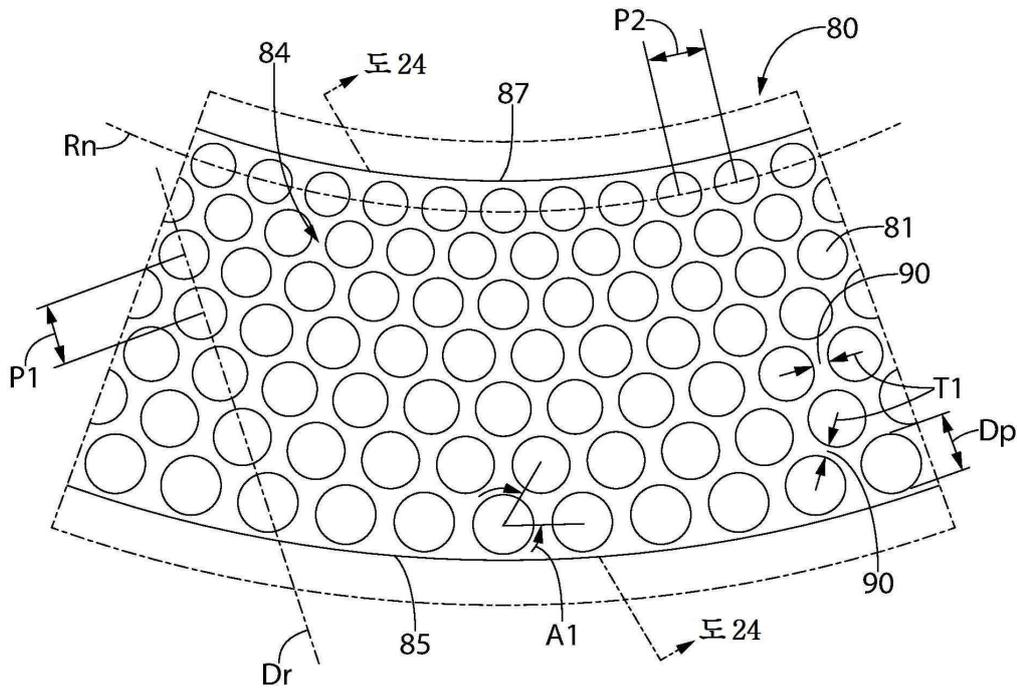
도면21



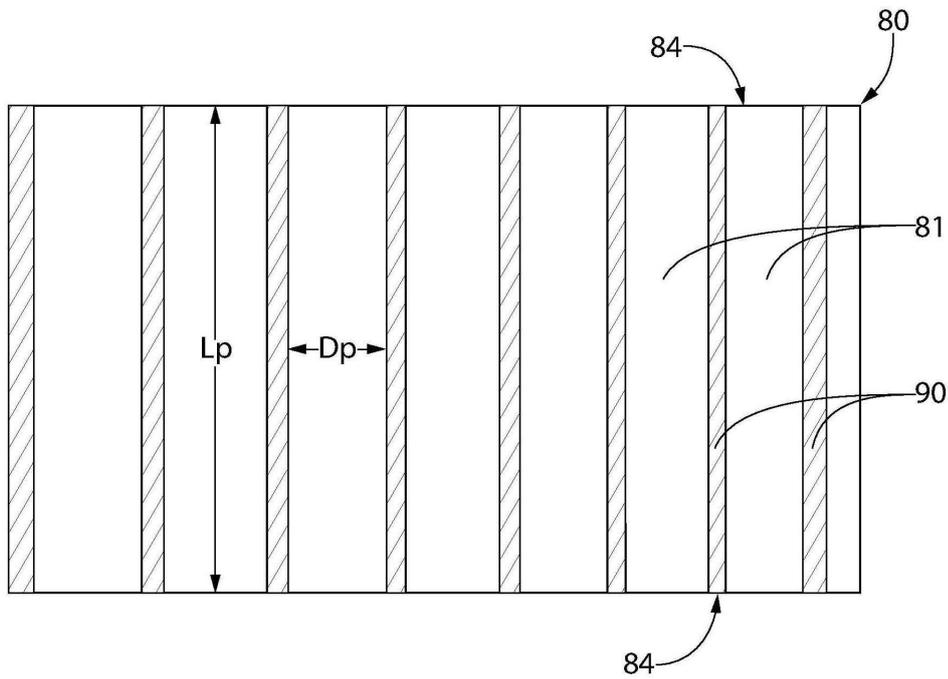
도면22



도면23

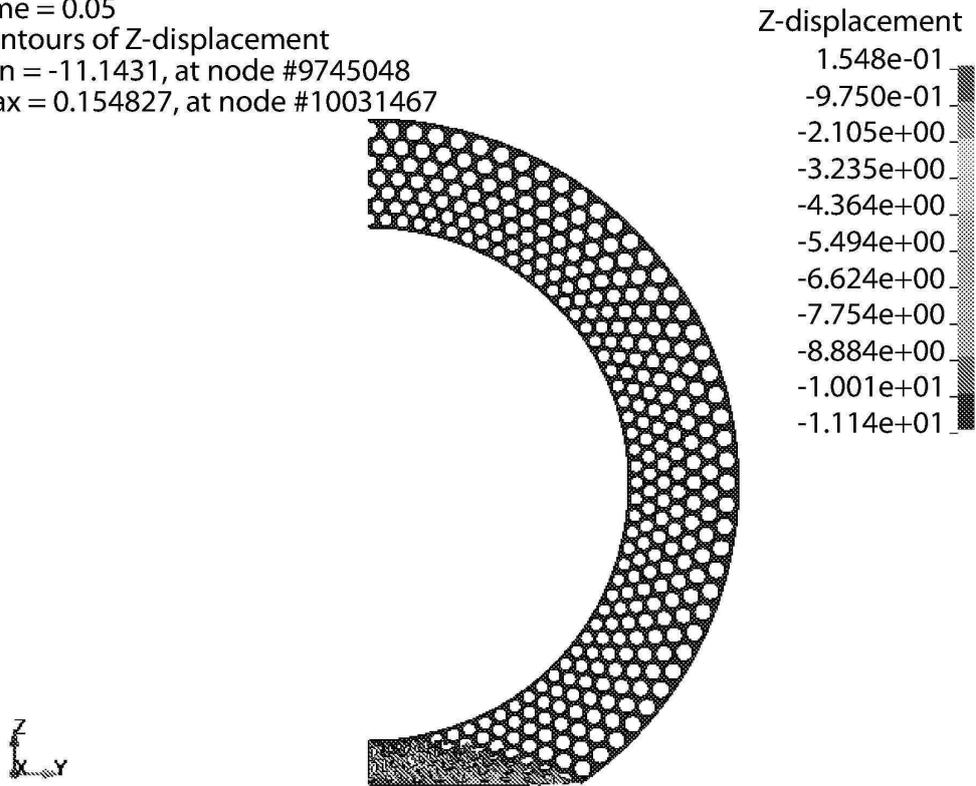


도면24

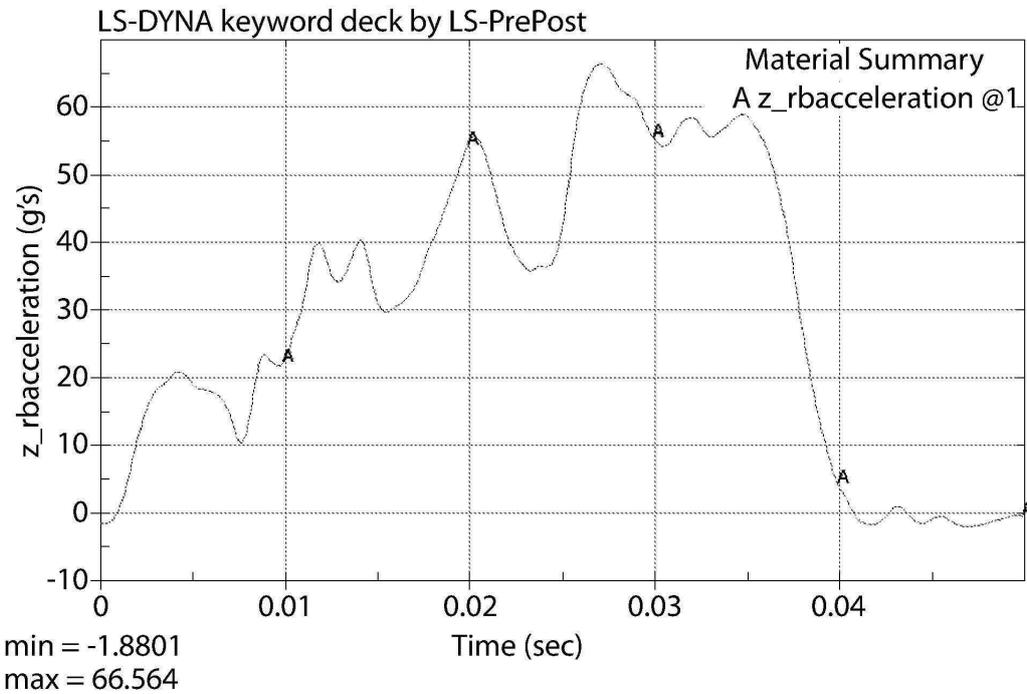


도면25

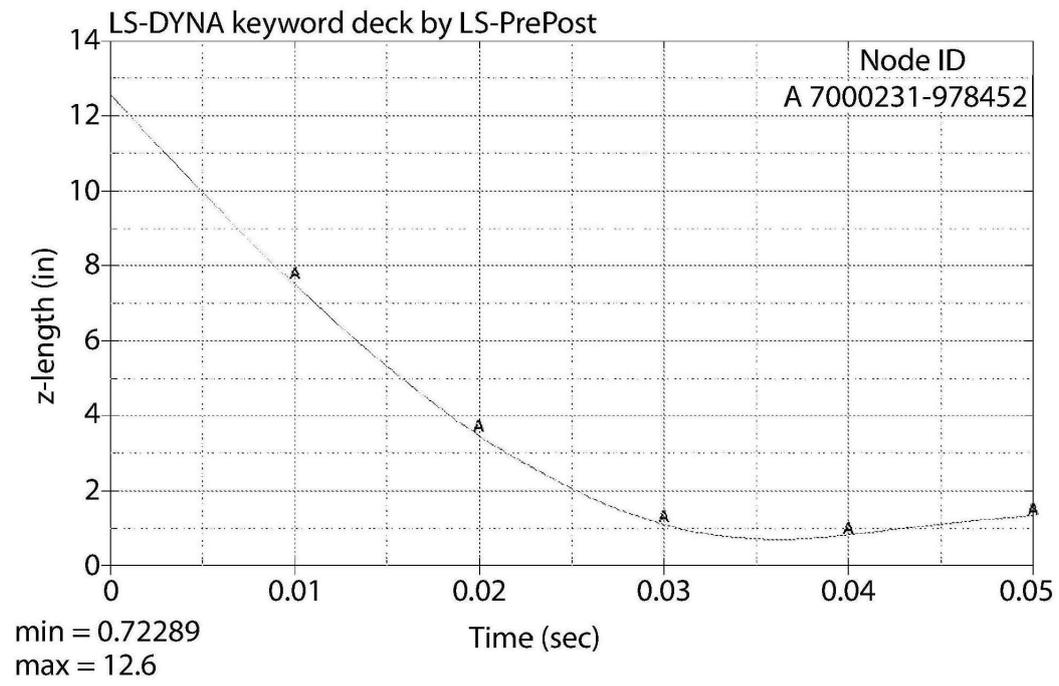
LS-DYNA keyword desk by LS-PrePost
 Time = 0.05
 Contours of Z-displacement
 min = -11.1431, at node #9745048
 max = 0.154827, at node #10031467



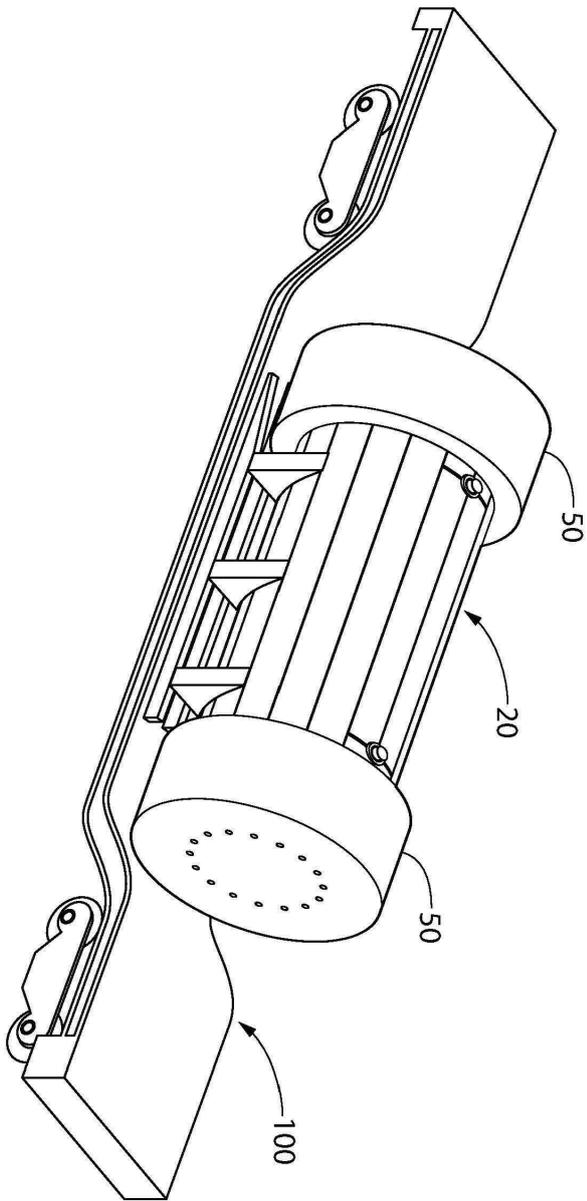
도면26



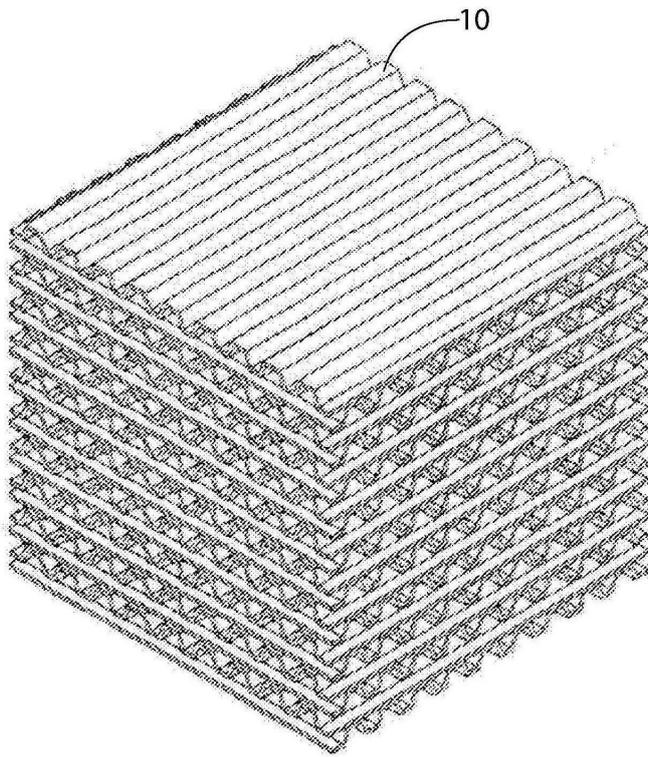
도면27



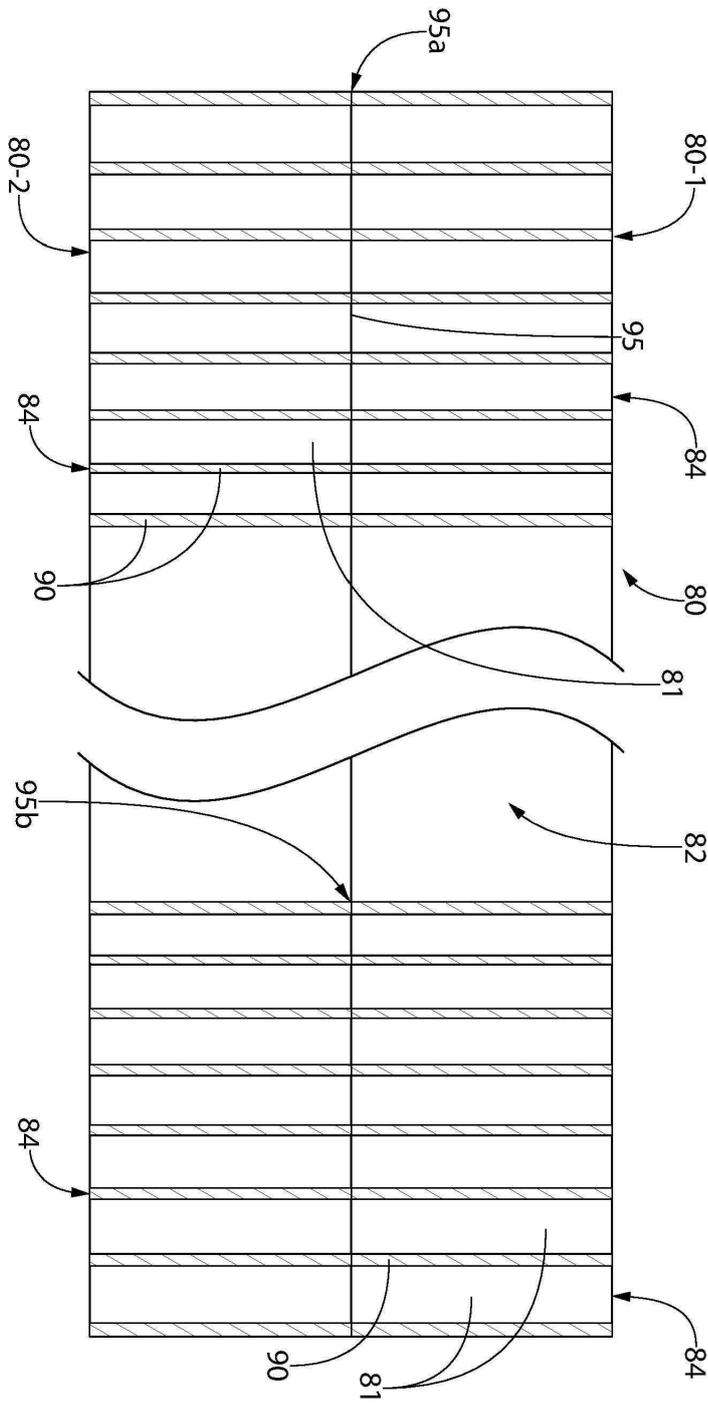
도면28



도면29



도면30



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

제1항 또는 제2항항에 있어서,

상기 길이방향 통로는 원형 횡단면을 갖는 핵폐기물 캐스크.

【변경후】

제1항 또는 제2항항에 있어서,

상기 길이방향 통로는 원형 횡단면을 갖는 핵폐기물 캐스크.