



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월20일
(11) 등록번호 10-2708155
(24) 등록일자 2024년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21F 5/012 (2006.01) G21C 19/07 (2006.01)
G21C 19/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21F 5/012 (2013.01)
G21C 19/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7007015
(22) 출원일자(국제) 2016년09월08일
심사청구일자 2021년07월20일
(85) 번역문제출일자 2018년03월09일
(65) 공개번호 10-2018-0052629
(43) 공개일자 2018년05월18일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/071220
(87) 국제공개번호 WO 2017/042288
국제공개일자 2017년03월16일
(30) 우선권주장
15 58461 2015년09월11일 프랑스(FR)
(56) 선행기술조사문헌
FR02650113 A2
FR02627622 A1
JP2001108788 A

(73) 특허권자
오라노 뉴클리어 팩키지스 앤드 서비스
프랑스, 78180 몽티니 르 브루토뉴, 뤼 데스 헤론
스 1
(72) 발명자
타르디 마르셀
프랑스 75020 파리 루 뒤 텔레그라프 49
브루트 스테판
프랑스 78150 르 웨네 루 목쏘히 60
자리 나쎄
프랑스 95210 생 그라시앵 불바르 마르샬 포쉬 11
(74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

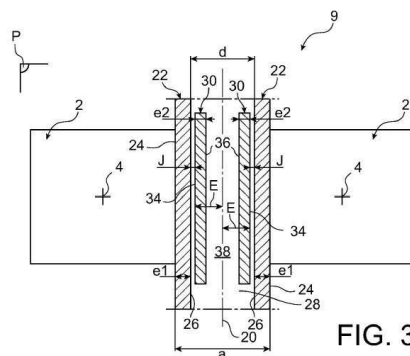
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 핵연료 조립체들을 저장 및/또는 수송하기 위한 향상된 저장 장치

(57) 요약

본 발명은 핵연료 조립체들을 저장 및/또는 수송하기 위한 저장 장치에 관한 것으로서, 이것은 제 1 및 제 2 요부(2)들을 형성하는 분리 격벽(9)들에 의하여 한정된 요부(2)들을 구비하고, 격벽은: 2 개의 제 1 벽(22) 및 2 개의 제 2 벽(30)을 포함하고, 2 개의 제 1 벽은 제 1 및 제 2 요부들을 형성하고 중성자 흡수 요소들이 없는 알루미늄 합금 재료로 만들어지고, 그 사이에 제 1 벽 사이 공간(28)을 형성하고, 2 개의 제 2 벽(30)은 제 1 공간(28)에 배치되고 중성자 흡수 요소들을 포함하는 재료로 만들어지고, 각각의 제 2 벽(30)의 외측 표면(34)과 내측 표면(36) 사이의 거리는 두께(e2)를 형성하고, 중간 격벽 평면(20)과 각각의 제 2 벽의 외측 표면(34) 사이에 거리(E)가 형성되고, 상기 값들은 $0.1 = e2/E = 0.43$ 의 조건을 충족시킨다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
G21C 19/40 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

PWR 유형 핵연료 조립체를 일시적으로 저장 및/또는 수송하기 위한 저장 장치(1)로서, 상기 저장 장치는 패키지의 공동 안에 수납(house)되고 복수개의 인접한 하우징(2)들을 구비하고, 각각의 하우징(housing)은 핵연료 조립체를 수용하고, 하우징(2)들은 분리 격벽(9, 11)들에 의해 한정되고, 분리 격벽들 중 적어도 하나는 분리 격벽의 양측에 제 1 및 제 2 하우징(2)들을 한정하고,

상기 분리 격벽(9, 11)들은: 2 개의 제 1 벽(22) 및 2 개의 제 2 벽(30)을 포함하고,

상기 2 개의 제 1 벽 각각은 내측 표면(26) 및 외측 표면(24)을 포함하되, 제 1 벽의 외측 표면(24)으로 각각, 상기 제 1 및 제 2 하우징들을 부분적으로 한정하고, 양쪽의 제 1 벽(22)들은 중성자 흡수 요소들이 없는 알루미늄 합금의 제 1 재료로 만들어지고, 양쪽의 제 1 벽들은 상기 제 1 벽들 사이에 제 1 벽 사이 공간(28)을 한정하고;

상기 2 개의 제 2 벽(30)들은, 제 1 벽 사이 공간(28)에 배치되고, 중성자 흡수 요소들을 포함하고 제 1 재료와 구분되는 제 2 재료로 만들어지고, 각각의 제 2 벽은 양쪽 제 1 벽(22)들 중 하나를 향하는 외측 표면(34) 및, 내측 표면(36)을 가지고, 상기 내측 표면은 양쪽 제 2 벽들의 양쪽 내측 표면(36)들이 서로를 향하여 내측 표면들 사이에 제 2 벽 사이 공간(36)을 한정하도록 배치되고,

각각의 제 2 벽(30)의 내측 표면(36)과 외측 표면(34) 사이의 거리는 두께(e_2)로 정의되고, 각각의 제 2 벽의 외측 표면(34)과 제 1 및 제 2 벽(22,30)들에 평행한 중간 격벽 평면(20) 사이에 거리(E)가 정의되고, 상기 두께(e_2) 및 상기 거리(E)는 $0.1 \leq e_2/E \leq 0.43$ 의 조건을 충족시키는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 두께(e_2) 및 상기 거리(E)는 $0.15 \leq e_2/E \leq 0.32$ 의 조건을 충족시키는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 거리(E)는 20 내지 30 mm 사이인 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 제 2 재료는 보론 및 카드뮴으로부터 선택된 중성자 흡수 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 각각의 제 2 벽(30)은 관련된 제 1 벽(22)에 대하여 가압되고, 제 1 벽(22)의 내측 표면(26) 상에 증착된 코팅의 형태를 취하는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 각각의 제 2 벽(30) 및 관련된 제 1 벽(22) 사이에 간극(J)이 존재하고, 상기 간극(J)은 1 내지 5 mm 사이인 것을 특징으로 하는 저장 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 하우징(2)들의 개수는 4 개 내지 24 개 사이이고, 각각의 하우징은 핵연료 조립체를 수용하도록 되어 있는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 하우징(2)들 중 적어도 하나는 4 변 형상 단면을 가지는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 분리 격벽(9, 11)들 중 적어도 일부는 노취 구조 조립체(6a, 6b)(notched structural assemblies)를 이용하여 만들어지고, 상기 노취 구조 조립체들은 하우징(2)들의 측(4)들에 평행한 적층 방향(8)을 따라서 적층되고 짜맞춰지는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 분리 격벽(9, 11)들 중 적어도 일부는 부분적으로 튜브형 요소(50)들을 이용하여 만들어지고, 각각의 튜브형 요소는 내측에 상기 하우징(2)들 중 하나가 형성되고, 상기 튜브형 요소들의 벽들은 분리 격벽(9, 11)들의 상기 제 1 벽(22)들을 구성하는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 제 2 벽(30)들은 외측에서 튜브형 요소(50)들에 고정되는 것을 특징으로 하는, 저장 장치.

청구항 12

PWR 유형 핵연료 조립체들을 일시적으로 저장 및/또는 수송하기 위한 패키지(package)로서, 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따른 저장 장치가 수납되는 공동을 포함하는, 패키지.

청구항 13

제 12 항에 따른 패키지 및 상기 패키지의 저장 장치의 하우징 안에 배치된 연료 조립체들을 포함하는, 팩(pack).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 PWR(Pressurised Water Reactor; 가압 수 원자로) 유형의 핵연료 조립체를 저장 및/또는 수송하는 분야에 관한 것으로서, 핵연료 조립체는 방사된 것(UO₂ 또는 MOX 연료의 경우)이거나 또는 MOX 연료일 때 방사되지 않은 것일 수 있다.

배경 기술

[0002] 그러한 장치는 저장용 "바스켓(basket)" 또는 "랙(rack)"으로도 호칭되며, 복수개의 인접한 하우징들을 포함하고 각각의 하우징은 핵연료 조립체를 수용할 수 있다.

[0003] 상기 저장 장치는 패키지의 공동 안에 수납되도록 의도되고, 아래에서 간단하게 설명될 3 개의 필수적인 기능을 동시에 수행할 수 있도록 설계된다.

[0004] 이들은 우선 연료 조립체에 의하여 방출되는 열을 열전달시키는 기능이다. 일반적으로, 적절한 열전도성 때문에, 알루미늄 또는 알루미늄 합금이 사용된다.

[0005] 두번째 기능은 중성자 흡수와 관련되며, 저장 장치가 연료 조립체로 로딩되었을 때 저장 장치의 미임계도(sub-criticality)를 유지하여야 하는 우려와 관련된다. 이것은 보론과 같은 중성자 흡수 물질을 사용하여 이루어진다. 또한, 예를 들어 저장 장치의 하우징들을 형성하는 격벽들 내부에, 물로 채워질 것 같은 스페이서들을 제공함으로써 미임계도가 보장될 수도 있다.

[0006] 마지막으로, 3 번째의 필수적인 기능은 장치의 기계적인 강도에 관한 것으로서, 이것은 주로 구조 요소들의 존재에 의하여 보장되며, 가장 빈번하게는 강철로 만들어진다. 주목되어야 하는 바로서, 장치의 전체적인 기계적 강도는 핵물질의 수송/일시 저장에 대한 규정상의 안전 요건과 부합되어야 하며, 특히 소위 "자유 낙하" 테스트와 관련하여 안전 요건과 부합되어야 한다.

[0007] 프랑스 출원 FR 2 872 955 및 FR 2 650 113에는 저장 바스켓이 개시되어 있으며, 기능들중 일부는 해소된

요소들에 의하여 분리되게 보장된다. 이들 문헌들에 의해 제안된 해법에서, 각각의 격벽에 대하여, 알루미늄 베이스의 외측 벽들의 두께는 만족스러운 열전도 성능을 달성하도록 설정된다. 양쪽 외측 벽들의 이러한 두께는 격벽의 전체 두께에 의존하는데, 그것은 패키지의 콤팩트함의 목적을 달성하도록 미리 결정되며, 상기 패키지의 공동의 주어진 체적 안에 가능한 한 많은 연료 조립체들을 수납할 것을 목적으로 한다.

[0008] 다음에, 프랑스 출원 FR 2 650 113 에 설명된 설계의 경우에, 알루미늄 벽들 사이에 위치한 중성자 흡수 재료의 벽들의 두께와, 중성자 흡수 요소들의 상기 벽들의 함량이 결정된다. 그것의 목적은 연료 조립체 뿐만 아니라 배스킷이 위치되는 패키지에 의하여 형성된 팩(pack)의 미임계도(sub-criticality)를 점검하는 것이다. 검색된 기준(criterion)은 항상 0.95 와 같거나 또는 0.95 보다 작은 임계도 인자(criticality factor) $K_{eff} + 3\sigma$ 이다.

[0009] 이러한 두께를 결정하기 위하여, 계산에는 패키지가 수면 아래에서 로딩되는 구성인 경우가 고려된다. 바스킷의 하우징 안에 존재하는 물은 팩 안에서 반응성(reactivity)을 증가시킨다. 그러나 격벽들을 구비한 중성자 흡수 물질의 벽들 사이에 물이 도입되었을 때, 이것은 중성자 흡수 요소들의 효율을 향상시킬 수 있으며, 따라서 중성자의 상호 작용이 조립체들 사이에서 감소될 수 있게 한다. 그에 의하여, 격벽들은 하우징들 사이에서 중성자 절연(neutron insulation)의 역할을 한다.

[0010] 그러나, 현존의 해법에서는 전체적인 질량 및 비용과 관련된 만족스러운 절충의 결과를 가져올 치수 설정을 찾는 것이 복잡한 것으로 밝혀졌다. 실제로, 중성자 흡수 물질의 벽들의 두께 증가는 상기 벽들에서 중성자 흡수 요소들의 함량을 감소시키는 해법으로서 나타나며, 따라서 그것의 비용을 감소시킨다. 그러나, 이것은 미임계도 기준(sub-criticality criterion)을 달성하는데 필요한 중성자 흡수 요소들의 함량을 실질적으로 감소시키지 않으면서, 배스킷(basket)의 전체적인 질량에 대하여 매우 유해하다. 중성자 흡수 요소들의 만족스러운 함량을 달성하려면, 매우 과도하게 치수가 정해진 벽 두께가 제공되어야 하며, 이것은 패키지 작동 요건들과 양립되지 않는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서, 본 발명은 종래 기술의 실시예들에 대한, 상기 설명된 단점들을 적어도 부분적으로 극복하려는 목적을 가진다.

과제의 해결 수단

[0012] 이를 위하여, 본 발명은 PWR 유형 핵 연료 조립체들을 일시적으로 저장 및/또는 수송하기 위한 저장 장치를 제공하려는 목적을 가지는데, 상기 저장 장치는 패키지의 공동 안에 하우징되도록 의도되고 복수개의 인접한 하우징들을 구비하며, 각각의 하우징은 핵연료 조립체를 수용하도록 의도되고, 하우징들은 분리 격벽들에 의하여 한정되고, 분리 격벽들중 적어도 하나는 그것의 양측에서 연료 조립체의 제 1 하우징 및 제 2 하우징을 한정한다.

[0013] 본 발명에 따르면, 상기 격벽은: 2 개의 제 1 벽 및 2 개의 제 2 벽을 포함하고,

[0014] 2 개의 제 1 벽 각각은 그것의 외측 표면으로써 상기 제 1 하우징 및 제 2 하우징을 각각 부분적으로 한정하고, 양쪽의 제 1 벽들은 중성자 흡수 요소들이 없는 알루미늄 합금의 제 1 재료로 만들어지고, 양쪽의 제 1 벽들은 그 사이에 제 1 벽 사이 공간을 형성하고;

[0015] 2 개의 제 2 벽은 제 1 벽 사이 공간에 배치되고, 제 1 재료와 구분되면서 중성자 흡수 요소들을 포함하는 제 2 재료로 만들어지고, 각각의 제 2 벽은 양쪽 제 1 벽들중 하나를 향하는 외측 표면 및 내측 표면을 가지고, 상기 내측 표면은, 양쪽 제 2 벽들의 양쪽 내측 표면들이 서로를 향하여 그 사이에 제 2 벽 사이 공간을 형성하도록 배치되고, 각각의 제 2 벽의 외측 표면과 내측 표면 사이의 거리는 두께(e_2)를 정의하는 반면에, 제 1 벽과 제 2 벽에 평행한 중간 격벽 평면과 각각의 제 2 벽의 외측 표면 사이에 거리(E)가 정의되고, 두께(e_2) 및 거리(E)는 다음의 조건을 충족시킨다:

[0016] $0.1 \leq e_2/E \leq 0.43$.

[0017] 놀랍게도, 이러한 특정한 치수 선정은 만족스러운 미임계도 함수(sub-criticality function)가 보장될 수 있게 하는데, 이는 다음과 같은 것을 제한하면서 이루어진다:

- [0018] 작동 요건들을 수행하는데 유리한 것으로 판명된, 제 2 벽들의 체적/질량을 제한한다;
- [0019] 제 2 재료에 있는 중성자 흡수 요소들의 체적 함량을 제한하며, 따라서 제 2 벽들의 구매 비용/제조 비용을 제한한다;
- [0020] 실질적인 재정적 절감을 위하여, 중성자 흡수 요소들의 전체 양을 제한한다;
- [0021] 성분 요소들의 적합성 판단(qualifying)에서의 어려움을 제한하고, 이것은 재정적인 절감을 초래한다;
- [0022] 제 1 벽들의 비용을 제한하는데, 상기 제 1 벽들은 산업에서 통상적이고 공통적인 요소들이다.
- [0023] 제 1 벽들의 적절한 열전달 특성을 달성하는데 있어서의 어려움을 제한하는데, 왜냐하면 중성자 흡수 요소들이 없기 때문이다.
- [0024] 즉, 본 발명은 위에 언급된 모든 장점들이 달성될 수 있는, 제한된 격벽 치수 설정 범위의 존재를 나타낸다. 이와 관련하여, 주목되어야 할 바로서, 중성자들이 물 간극에 의하여 완화된 이후에 중성자들을 흡수할 목적으로, 제 2 벽들에 있는 중성자 흡수 요소들의 양과, 로딩(loading)/언로딩(unloading) 조건들 하에서 제 2 벽 사이 공간에 도입되도록 되어 있는 물 간극(water gap)에 위치된 수소 원자들(상기 원자들은 중성자 완화(moderation)에 직접적으로 기여함)의 양 사이에는 강력한 상호 작용이 존재한다는 점이 알려져 있다. 그러나, 종래 기술의 그 어떤 요소도 부과된 기준 모두를 만족스럽게 충족시키는 좁은 치수 선정 범위의 존재를 예측할 수 없다.
- [0025] 다른 한편으로, 본 발명은 다음의 선택적인 특징들중 적어도 그 어느 하나라도 단독으로 또는 조합으로 취한다.
- [0026] 보다 효율적인 절충을 달성하도록, 두께(e2) 및 거리(E)는 다음의 조건을 충족시킨다.
- [0027] $0.15 \leq e2 / E \leq 0.32$.
- [0028] 거리(E)는 20 내지 30 mm 사이이다.
- [0029] 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 다른 중성자 흡수 요소들이 고려될 수 있을지라도, 제 2 재료는 보론 및 카드뮴으로부터 선택된 중성자 흡수 요소들을 포함한다.
- [0030] 각각의 제 2 벽은 관련된 제 1 벽에 대하여 가압되며, 예를 들어 제 1 벽의 내측 표면상으로 증착된 코팅의 형태를 취한다.
- [0031] 대안으로서, 간극(J)이 각각의 제 2 벽과 관련된 제 1 벽 사이에 존재하고, 간극(J)은 1 내지 5 mm 사이이다. 이러한 값들의 범위는, 일단 패키지가 배수되면, 2 개 벽들 사이에서의 건조에 효율성을 제공한다.
- [0032] 저장 장치는 4 개 내지 24 개 사이의 다수의 하우징들을 가지며, 각각의 하우징은 핵연료 조립체를 수용하도록 의도된다.
- [0033] 하우징들중 적어도 하나는 사변 형상의 단면을 가진다.
- [0034] 상기 격벽들중 적어도 일부는 노취 구조 조립체들을 이용하여 만들어지고, 구조 조립체들은 하우징들의 측들에 평행한 적층 방향을 따라서 적층되고 짜맞춰진다.
- [0035] 대안으로서, 상기 격벽들중 적어도 일부는 튜브형 요소들을 이용하여 부분적으로 만들어지고, 각각의 튜브형 요소는 내측에 상기 하우징들중 하나를 형성하고, 상기 튜브형 요소들의 벽들은 격벽들의 제 1 벽들을 구성한다. 대안으로서, 제 2 벽들은 내측에서 튜브형 요소들에 고정된다.
- [0036] 본 발명은 또한 PWR 유형 핵연료 조립체들을 일시적으로 저장 및/또는 수송하기 위한 패키지를 제공하려는 목적을 가지며, 패키지는 위에 설명된 저장 장치가 수납되는 공동을 포함한다.
- [0037] 마지막으로, 본 발명은 상기 패키지의 저장 장치의 하우징들에 배치된 연료 조립체들 뿐만 아니라 상기 패키지를 포함하는 팩을 제공하려는 목적을 가진다.
- [0038] 본 발명의 다른 장점들 및 특징들은 아래의 비제한적인 상세한 설명에서 나타날 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 본 설명은 첨부된 도면을 참조하여 이루어질 것이다.
- 도 1 은 본 발명에 따른, 핵연료 조립체들을 일시적으로 저장 및/또는 이송시키기 위한 저장 장치의 사시도를

도시한다.

도 2 는 도 1 의 횡단 평면(P)을 따라서 취한 부분적인 단면도이다.

도 3 은 도 2 에 도시된 저장 장치의 격벽에 대한 횡단면도를 도시한다.

도 4 는 제 2 벽들과 관련된 치수들의 비율의 함수로서, 격벽의 제 2 벽들에 있는 보론 카바이드의 함량을 나타내는 3 개의 곡선들을 포함하는 그래프이다.

도 5a 및 도 5b 는 저장 장치의 격벽들에 대하여 가능한 제 1 디자인을 도시한다.

도 6 은 저장 장치의 격벽들에 대하여 가능한 제 2 디자인을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 도 1 및 도 2 를 참조하면, 저장 장치(1)가 도시되어 있으며, 이것은 (도시되지 않은) PWR 유형의 방사 핵연료 조립체를 수송 및/또는 일시 저장하기 위한 패키지(미도시)의 공동 안에 배치되도록 제공된다. 통상적으로, 패키지가 저장 장치(1)를 수용하고 그것이 방사 연료 조립체로 로딩되었을 때, 이들 요소들 모두는 팩(pack)을 형성하며, 상기 팩은 본 발명의 대상이기도 하다.
- [0041] 도 1 및 도 2 에 도시된 바와 같이, 저장 장치(1)는 평행하게 배치된 복수개의 인접한 하우징(2)들을 포함하며, 하우징들 각각은 길이 방향 축(4)을 따라서 연장된다. 하우징(2)들 각각은 적어도 하나의 정사각형 단면의 연료 조립체를 수용할 수 있으며, 바람직스럽게는 단일의 연료 조립체를 수용할 수 있다. 하우징들은 4 개 내지 24 개 사이의 개수로 제공되며, 예를 들어 도 1 에서와 같이 12 개의 하우징들이 제공된다.
- [0042] 하우징(2)들은 서로 병치되도록 제공된다. 하우징들은 복수개의 분리 격벽(9,11)들을 통하여 제작되는데, 격벽들은 축(4)들에 평행하고, 또한 저부 및 뚜껑을 통과하는 패키지의 길이 방향 축에 평행하기도 하다. 격벽(9,11)들은 노치 구조 조립체(notched structural assemblies, 6a,6b)를 이용하여 형성되며, 이들은 바람직스럽게는 하우징(2)들의 길이 방향 축(4)들에 평행한 적층 방향(8)을 따라서 적층된다. 관례상, 다음의 설명에서 "높이"의 개념은 적층 방향(8)과 관련되는 것으로 가정된다.
- [0043] 격벽(9,11)들은 평행하게 배치되고 서로에게 직각으로 배치됨으로써, 조립체(6a)들은 서로 평행하게 위치되는데 반해, 조립체(6b)들은 서로 평행하게 위치되지만, 조립체(6a)들에 직각으로 배치된다.
- [0044] 구조 조립체(6a,6b)들이 적층 방향(8)을 따라서 적층될 때, 그로부터 초래되는 격벽(9,11)은 하우징(2)을 함께 한정하며, 하우징 각각은 실질적으로 정사각형 형상의 횡단 단면을 가진다. 물론, 하우징(2)들은 예를 들어 6 각형과 같이, 상이하게 형상화된 연료 조립체가 유지될 수 있는, 그 어떤 상이한 형상이라도 가질 수 있다.
- [0045] 하우징(2)들이 정사각형 단면인 도 1 및 도 2 의 저장 장치(1)에서, 구조 조립체(6a)들은 방향(10)에 평행한 분리 격벽(9)들을 형성하는 반면에, 구조 조립체(6b)들은 방향(12)에 평행한 분리 격벽(11)을 형성하고, 상기 방향(8,10,12)들은 서로 직각이다.
- [0046] 바람직스럽게는, 조립체(6a,6b)들 각각은 그것이 고정되는 2 개의 주위 격벽(14)들 사이에서 연장되고, 이러한 주위 격벽(14)들은 저장 장치(1)가 측방향으로 폐쇄될 수 있게 한다. 예를 들어 도시된 바와 같이, 상기 주위 격벽(14)들은 4 개의 개수로 제공될 수 있고, 각각의 격벽은 장치(1)의 전체 높이로 연장되고, 상기 장치(1)의 주위 하우징(2)들을 부분적으로 한정한다.
- [0047] 다른 한편으로, 위에서 명확하게 드러나는 바로서, 격벽(9,11)들은 하우징들의 양측에서 몇 개의 하우징(2)들을 한정하는데 참여한다. 이와 관련하여, 도 3 은 분리 격벽(9)들중 하나의 일부를 도시하는데, 이것은 제 1 하우징(2) 및 제 2 하우징(2)의 양측을 한정하고, 그들의 2 개의 축(4)들은 격벽(9)의 평면에 직각인 가상 평면(dummy plane)에 위치된다. 오직 2 개의 하우징(2)들이 도 3 에 도시되어 있지만, 이전에 언급된 바와 같이, 이러한 격벽(9)은 바람직스럽게는 하우징의 양측에서 하나 이상의 다른 하우징(2)들을 한정하도록 제공된다는 점이 이해되어야 한다. 도 3 의 격벽(9)은 이제 보다 상세하게 설명될 것이며, 상기에 설명된 격벽(11) 뿐만 아니라 다른 격벽(9)이 동일하거나 또는 유사한 디자인을 가진다는 점이 고려되어야 한다.
- [0048] 격벽(9)은 도 1 의 횡단 평면(P)에 직각인 중간 평면(20)을 따른 대칭을 이룬다. 상기 평면(20)의 각각의 측에, 격벽(9)은 중간 평면(20)에 평행한 제 1 벽(22)을 포함하고, 제 1 벽은 내측 표면(26) 및 외측 표면(24)을 포함한다. 외측 표면(24)은 부분적으로 관련된 하우징(2)을 한정하는 반면에, 양쪽 벽(22)의 2 개의 내측 표면(26)들은 그 사이에 제 1 벽 사이 공간(28)을 형성한다.

- [0049] 제 1 벽(22)들은 중성자 흡수 요소들이 없는(free) 알루미늄 합금으로 만들어진다. 중성자 흡수 요소들은 열적 중성자에 대하여 100 barn 보다 높은 유효 단면을 가진 요소들을 의미한다. 예를 들어, 이것은 보론(boron), 가도리늄(gadolinium), 하프늄, 카드뮴, 인듐등이 없는 알루미늄 합금이다.
- [0050] 적층되고 짜맞춰진 노취 조립체들을 가진 디자인의 경우에, 각각의 제 1 벽(22)은 장치(1)의 높이 방향을 따라서 구획화(segmented)된다.
- [0051] 각각의 제 1 벽(22)의 두께(e1)는 예를 들어 5 내지 25 mm 사이인 반면에, 양쪽 외측 표면(24)을 분리하는 거리"a"는 40 내지 100 mm 정도이고, 양쪽 내측 표면(26)을 분리하는 거리"d"는 30 내지 60 mm 의 정도이다.
- [0052] 제 1 사이 벽 공간(28)에서, 중간 평면(20)에 평행한 제 2 벽(30)은 각각의 제 1 벽(22)과 관련된다. 각각의 벽(30)은 외측 표면(34) 및 내측 표면(36)을 포함한다. 외측 표면(34)은 그것의 제 1 관련 벽의 내측 표면(26)을 향하는 반면에, 양쪽 내측 표면(36)들은 서로를 향하고 그 사이에 제 2 사이 공간(38)을 한정한다.
- [0053] 제 2 벽(30)들은 중성자 흡수 요소들을 포함하는 제 2 재료로 만들어지는데, 예를 들어 보론 카바이드(B₄C)를 포함하는 합금으로 만들어지고, 바람직스럽게는 알루미늄 베이스 합금으로 만들어진다.
- [0054] 적층되고 짜여진 노취 조립체(notched assembly)를 가진 디자인의 경우에, 각각의 제 2 벽(22)은 장치(1)의 높이 방향을 따라서 구획화된다.
- [0055] 도 3 에 도시된 실시예에서, 간극(J)이 내측 표면(26)과 그것을 향하는 외측 표면(34) 사이에 제공된다. 이러한 간극(J)은 예를 들어 1 내지 5 mm 사이여서, 일단 패키지가 배수되었다면 양쪽 벽(22,30) 사이에 적절한 건조 효율을 제공한다. 대안으로서, 제 2 벽(30)은 그것이 관련된 제 1 벽의 내측 표면(26)에 대하여 가압될 수 있어서, 물의 침투를 제한한다. 이를 위하여, 제 2 벽(30)을 제 1 벽(22)으로 증착시키는 기술이 수행될 수 있는데, 예를 들어 내측 표면(26)상으로 증착된 코팅의 형태를 취한다. 예를 들어, 이것은 중성자 흡수 요소들을 포함하는, 입자가 로딩된 금속 매트릭스 (particle loaded metal matrix)를 구비한 복합체일 수 있다.
- [0056] 각각의 제 1 벽(22)의 두께(e2)는 예를 들어 2 내지 10 mm 사이인 반면에, 중간 평면(20)으로부터 외측 표면(34)을 분리하는 거리 "E" 는 예를 들어 15 내지 40 mm 사이이고, 더욱이 바람직스럽게는 20 내지 30 mm 사이이다.
- [0057] 본 발명의 특징들중 하나는 $0.1 \leq e2/E \leq 0.43$ 의 조건을 충족시키고 보다 바람직스럽게는 $0.15 \leq e2/E \leq 0.32$ 의 조건을 충족시키도록 두께(e2) 및 거리(E)의 치수들 선택하는 것인데, 이것은 E 가 23.5 mm 이고 25 % 의 보론 카바이드(B₄C)의 최대 함량으로써 $K_{eff} + 3\sigma$ 가 충족되는 e2 값들의 경우에 해당한다.
- [0058] 실제로, 치수 비율들의 이러한 범위들이 유리하게는 비용, 질량 및 미임계도 기준(sub-criticality criteria)을 충족시키는 격벽을 초래한다는 점이 주목되었다.
- [0059] 이제 도 4 를 참조하면, 곡선(a), (b) 및 (c)가 표시된 그래프가 도시되어 있으며, 이것은 0.95 값의 임계도 인자(criticality factor) $K_{eff} + 3\sigma$ 를 달성하는데 필요한 알루미늄 합금의 보론 카바이드(boron carbide)의 체적 함량과 비율(e2/E)의 함수로서 표시된 것이다.
- [0060] 곡선(a)에 대하여, 거리(E)는 23.5 mm 로 설정되는 반면에, 곡선(b)에 대하여 거리(E)는 20 mm 로 설정되고, 곡선(c)에 대하여 거리(E)는 30 mm 로 설정된다.
- [0061] 놀랍게도, 이러한 곡선들은, 0.1 내지 0.43 사이의 e2/E 비율들에 대하여 미임계도 기준(sub-criticality criterion)을 충족시키는데 충분한 보론 카바이드의 체적 함량이 26 % 를 초과하지 않는 것을 나타내며, 이것은 제 2 벽(30)들이 합리적인 비용으로 제조될 수 있게 한다.
- [0062] 더욱 놀랍게도, 상기 곡선들은 미임계도 기준을 충족시키는 최소 함량이 E 값에 관계 없이 동일한 e2/E 비율에 대응하는 것을 나타내며, 이러한 최적 비율(Rop)은 실질적으로 0.23 과 같음을 나타낸다. 따라서 이러한 곡선들은 보론 카바이드의 함량에 대응하는 세로 좌표 축을 따라서 축방향으로 오프셋되어 있다. E 값이 높을수록, 필요한 보론 카바이드의 체적 함량이 낮아지며, 그것의 역도 성립된다.
- [0063] 이러한 함량은 $2e/E$ 비율이 0.23 이고 E 값이 20 보다 높을 때 대략 25 % 로 감소되기도 한다.
- [0064] 23.5 mm 보다 높거나 또는 23.5 mm 와 같은 E 값에 대하여, $e/2E$ 비율이 0.2 내지 0.25 사이에 설정될 때, 이러한 함량은 23 % 보다 작게 더 감소된다.

[0065] 이제 도 5a 및 도 5b 를 참조하면, 격벽(9,11)들을 형성하기 위한 조립체(6a,6b)들이 도시되어 있으며, 이것은 조립체의 2 가지 별개의 구성들로 도시되어 있다. 이러한 조립체(6a,6b)들은 각각 2 개의 제 2 벽(30)들을 분리하는 스페이서(40)들을 가진다. 이것에는 제 1 벽(22)들에 만들어진 노취(notches, 42)들이 구비됨으로써, 프랑스 출원 FR 2 872 922 에 설명된 방식으로 적층되고 짜맞춰짐으로써 조립될 수 있다. 더욱이, 제 2 벽(22)들은 짜맞춰진 부분들(interlaced portions)에서 연장되지 않아서, 이들은 각각의 조립체(6a, 6b)를 따라서 중단된다. 이것은 짜맞춰진 영역들이 임계도 인자(criticality factor)에서 낮게 되는 한 미임계도 기준을 손상시키지 않으면서 재정적인 절감을 이룰 수 있게 한다.

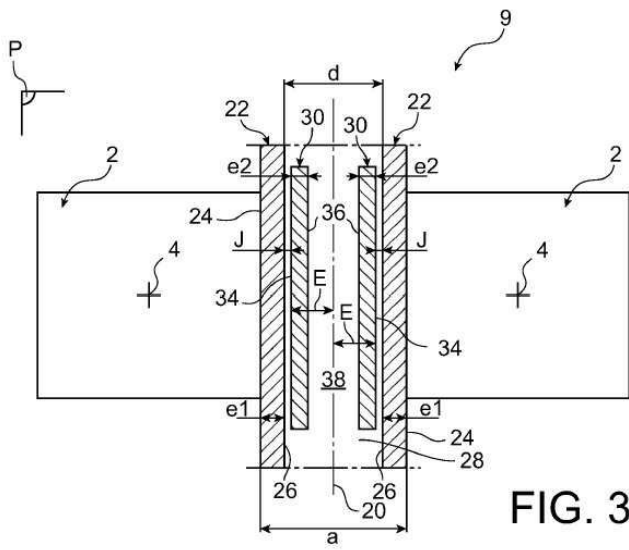
[0066] 도 6 에 도시된 다른 실시예에 따르면, 정사각형 횡단면 튜브형 요소(50)들이 제공되는데, 이들 각각은 하우징(2)들중 하나를 형성한다. 튜브형 요소(50)의 4 개 벽들 모두 또는 오직 일부가 제 1 벽(22)을 형성하며, 상기 제 1 벽들은 제 2 벽(30)으로 외부 코팅된다. 그에 의하여 격벽(9)은 2 개의 인접한 튜브(50)들의 마주하는 부분들에 의하여 형성된다.

[0067] 물론, 단지 비제한적인 예로서 위에 설명된 저장 장치(1)에 대하여 다양한 변형들이 당업자에 의하여 제공될 수 있다.

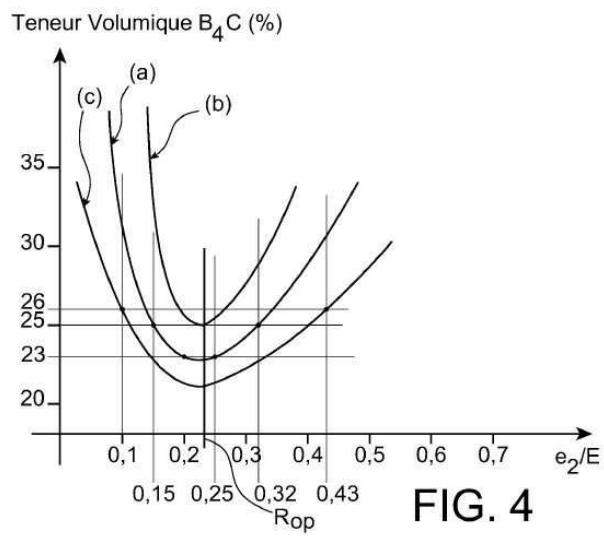
부호의 설명

- [0068]
- | | |
|---------------|-----------|
| 1. 저장 장치 | 2. 하우징 |
| 9.11. 격벽 | 8. 적층 방향 |
| 6a.6b. 구조 조립체 | 20. 중간 평면 |

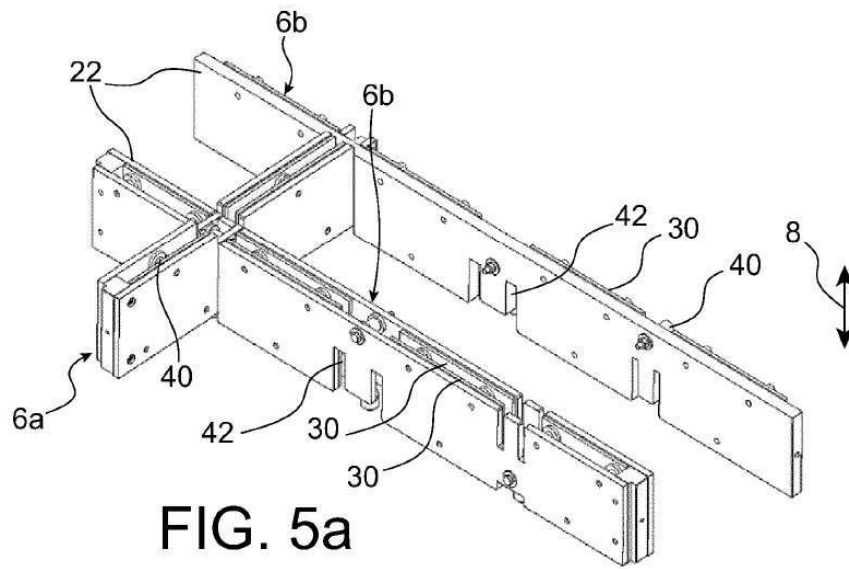
도면3



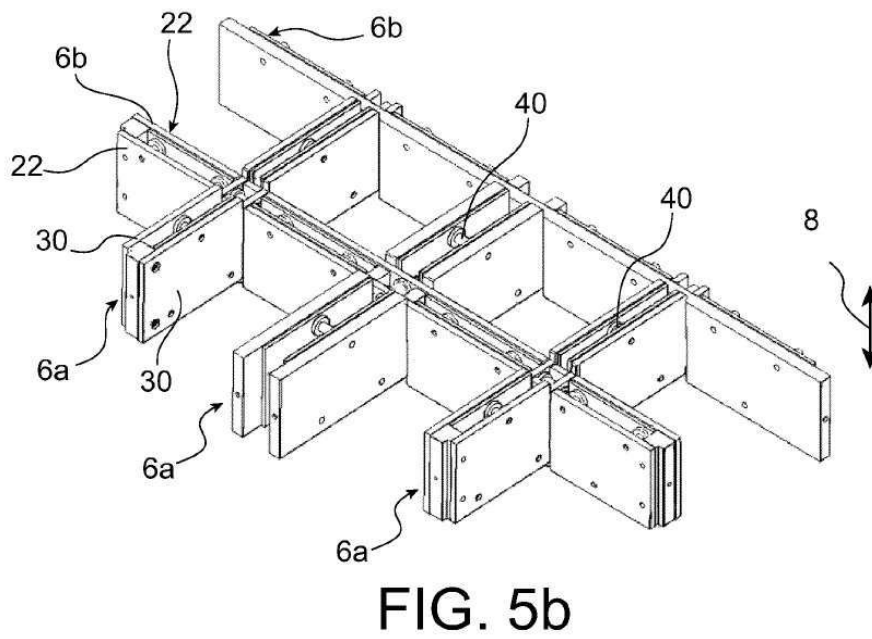
도면4



도면5a



도면5b



도면6

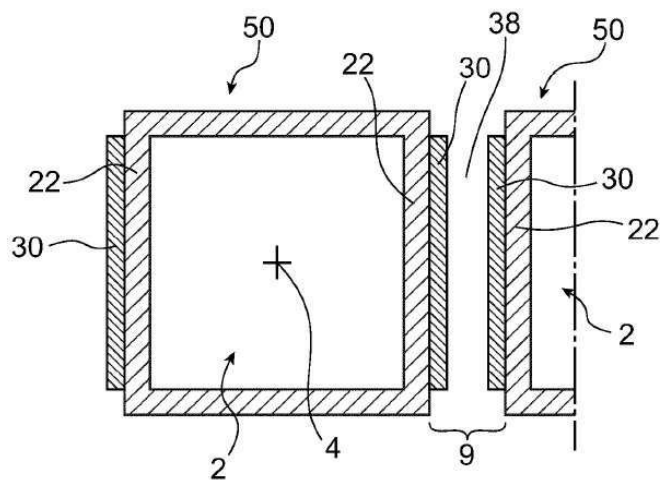


FIG. 6