



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월07일
(11) 등록번호 10-2828661
(24) 등록일자 2025년06월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 19/24 (2006.01) B32B 18/00 (2006.01)
C01B 13/02 (2006.01) C01B 3/04 (2006.01)
C01B 3/24 (2006.01) C01B 3/34 (2006.01)
C04B 35/14 (2006.01) C04B 35/18 (2006.01)
C04B 38/10 (2006.01) C04B 111/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01J 19/24 (2013.01)
B32B 18/00 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7003702
(22) 출원일자(국제) 2019년08월05일
심사청구일자 2022년08월05일
(85) 번역문제출일자 2021년02월05일
(65) 공개번호 10-2021-0036363
(43) 공개일자 2021년04월02일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2019/071031
(87) 국제공개번호 WO 2020/030598
국제공개일자 2020년02월13일
(30) 우선권주장
18187508.9 2018년08월06일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
W02011018516 A1
W02004111562 A2
JP01137187 A
- (73) 특허권자
바스프 에스이
독일 루트비히스하펜 암 라인 67056 칼-보슈-스트라세 38
(72) 발명자
콜리오스 그리고리오스
독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라세 38
조엘스 베른트
독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라세 38
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 16 항

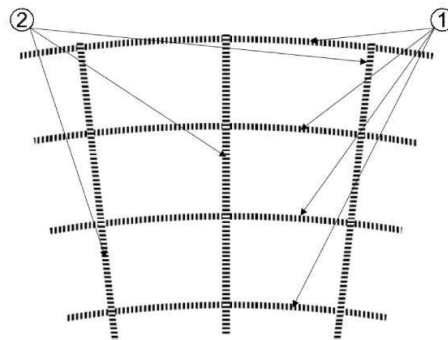
심사관 : 조수익

(54) 발명의 명칭 압력-등급 장치 셀 및 세라믹 섬유 복합 재료로 구성된 내부 프레임워크 시스템으로 구성된 장치

(57) 요약

본 발명은 적어도 하나의 압력-등급 장치 셀, 및 세라믹 섬유 복합 재료로 구성되고 장치 셀 내에 배열된 적어도 하나의 모듈식 프레임워크 시스템으로 구성된 장치와, 모듈식 프레임워크 시스템뿐만 아니라 내화 벽돌을 포함하는 모듈식 라이닝 장치에 관한 것이고, 고온 반응기, 특히 전기 가열식 고온 반응기를 위한 이러한 장치의 용도에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C01B 13/0207 (2013.01)
C01B 3/042 (2013.01)
C01B 3/24 (2013.01)
C01B 3/34 (2013.01)
C04B 35/14 (2013.01)
C04B 35/18 (2013.01)
C04B 38/10 (2013.01)
B01J 2219/0002 (2013.01)
C04B 2111/00612 (2013.01)

(72) 발명자

애플 하젠

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

베르나트 옌스

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

글랭크 프리드리히

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

플릭 디에터

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

올베르트 게르하르트

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

샤이프 프레데릭

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

안데르로하 크리스토퍼 알렉

독일 67056 루트비히스하펜 칼-보슈-스트라쎄 38

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 압력-등급 장치 셀과, 2개의 상이한 유형의 프레임워크 요소로 구성되고 상기 장치 셀 내에 배열된 적어도 하나의 모듈식 프레임워크 시스템으로 구성된 장치에 있어서,

다수의 횡방향 요소가 적어도 하나의 각기둥체 또는 원통체를 형성하고, 다수의 측방향 요소가 상기 각기둥체 또는 원통체 내부로 돌출되며, 상기 횡방향 요소 및 상기 측방향 요소는 서로 내로 삽입될 수 있고, 그리고/또는 하나 이상의 연결 요소의 도움으로 연결될 수 있으며, 상기 프레임워크 요소의 재료는 세라믹 섬유 복합 재료를 포함하는

장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 모듈식 프레임워크 시스템은 자립형인

장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 프레임워크 요소의 재료는 산화물 섬유 복합 재료를 포함하는

장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 횡방향 요소는 파형이거나 각지거나 편평한 시트 또는 원통형 셀의 형태를 취하고, 상기 측방향 요소는 파형이거나 편평한 시트의 형태를 취하는

장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 장치는 횡방향 요소로 형성되고 상하로 배열된 다수의 층을 갖는

장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

반경방향으로 다수의 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원형 형태의 횡방향 요소가 사용되고, 상기 횡방향 요소는 평면도에서 동심 다각형 또는 동심 타원형으로 배열되는

장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이의 갭 내로 분리 요소가 삽입될 수 있는 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상하로 배열된 횡방향 요소의 2개의 층 사이에 편평한 시트가 인터리빙될 수 있는 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 장치는 기초부에 의해 지지되고, 분리 가능한 연결부에 의해 상기 기초부에 연결되는 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 장치는 상기 모듈식 프레임워크 시스템 내에 배열된 내화 벽돌의 라이닝을 갖는 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 프레임워크 시스템은 박스로 분할될 수 있고, 하나의 박스는 반경방향으로 인접한 2개의 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원호 형태의 횡방향 요소 및 대응하는 측방향 요소와, 원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이의 갭 또는 유리하게는 상기 갭 내로 삽입된 분리 요소에 의해 둘러싸인 영역을 의미하는 것으로 이해되며; 상기 박스 각각은 1개 내지 2000개의 내화 벽돌 또는 축재로 충전되고, 상기 벽돌은 수직 및 수평 방향으로 층의 형태로 배열되며, 상기 박스를 한정하는 프레임워크 요소와 상기 벽돌 사이에는 갭이 있는 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 내화 벽돌의 라이닝은 반경방향으로 연속적으로 배열된 다수의 벽돌 패킹을 포함하는 벽돌 조립체를 포함하며, 상기 다수의 벽돌 패킹은, (i) 발포 세라믹 및 (ii) 소결 구조 또는 압출 세라믹, 또는 (i) 발포 세라믹, (ii) 소결 구조 또는 압출 세라믹 및 (iii) 압축 세라믹 섬유, 또는 (i) 발포 세라믹, (ii) 소결 구조 또는 압출 세라믹, (iii) 압축 세라믹 섬유 및 (iv) 미세다공성 폼드 실리카를 포함하는 진공-성형 섬유보드 또는 보드로 구성되는 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,
상기 벽돌과 인접한 프레임워크 요소 사이의 갭 및/또는 원주방향으로 인접한 벽돌 패킹 사이의 갭은 적어도 부분적으로 절연 매트로 충전되는 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 모듈식 프레임워크 시스템과 상기 압력-등급 장치 셸 사이에 연속적인 겹이 있는 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 겹은 지향성 가스 스트림에 의해 퍼지되는 장치.

청구항 16

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치는,

탄화수소를 증기 및/또는 이산화탄소로 개질하는 것에 의한 합성 가스의 제조,

탄화수소의 열분해에 의한 부산물로서 수소 및 탄소의 제조,

메탄과 암모니아 또는 프로판과 암모니아로부터 시안화수소의 제조,

탄화수소의 증기 분해에 의한 올레핀의 제조,

에틸렌, 아세틸렌 및/또는 벤젠을 제공하기 위한 메탄의 결합,

알칸의 탈수소화에 의한 올레핀의 제조,

에틸벤젠의 탈수소화에 의한 스티렌의 제조,

알칸 또는 올레핀의 탈수소화에 의한 디올레핀의 제조,

알코올의 탈수소화에 의한 알데히드의 제조,

이산화탄소와 탄소로부터 부다 반응(Boudouard reaction)에 의한 일산화탄소의 제조, 또는

촉매를 통한 물 열분해에 의한 수소 및 산소의 제조를 위해 사용되는

장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적어도 하나의 압력-등급 장치 셸(pressure-rated apparatus shell), 및 세라믹 섬유 복합 재료로 구성되고 장치 셸 내에 배열된 적어도 하나의 모듈식 프레임워크 시스템(modular framework system)으로 구성된 장치와, 모듈식 프레임워크 시스템뿐만 아니라 내화 벽돌을 포함하는 모듈식 라이닝 시스템(modular lining system)에 관한 것이고, 고온 반응기, 특히 전기 가열식 고온 반응기를 위한 이러한 장치의 용도에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 높은 흡열 반응은 화학 산업에 있어서의 가치 창출 사슬의 시작 시에, 예를 들어 미네랄 오일 부분의 분해, 천연 가스 또는 나프타의 개질, 프로판의 탈수소화, 벤젠으로의 메탄의 탈수소 방향족화 또는 탄화수소의 열분해 시에 자주 발생한다. 산업 및 경제적 이익의 수율을 달성하기 위해서는, 500 °C 내지 1700 °C의 온도가 요구된다. 이것의 주된 이유는 평형 변환의 열역학적 제한에 있다.

[0003] 화학 산업에서 원자재 제품을 제조하기 위한 흡열 반응은 고온으로 인해, 환경으로부터의 반응기의 효과적인 단열을 필요로 한다. 또한, 일부 반응에는 내압 반응 구역이 필요하며, 그에 따라 반응 챔버는 규정된 입구 및 출구 이외에는 환경으로부터 기밀하게 밀폐되어야 한다. 또한, 언급된 흡열 반응 중 일부는 환원 조건하에서 수행된다. 또한, 흡열 반응은 열 공급을 위한 효과적인 개념을 필요로 한다. 직접적인 전기 가열의 경우에, 반응기 내부, 예를 들어 베드(bed)는 추가적으로 측방향 반응기 셸과 전기적으로 절연되어야 한다.

- [0004] DE 87 14 113 U1은 모듈식 압력 용기를 개시하며, 모듈식 압력 용기의 압력-등급 셀은 수직 배열로 인장 요소에 의해 선택적으로 함께 유지되는, 상하로 적층된 편평한 금속 링으로 이루어진다. 용기 베이스 및/또는 뚜껑은 선택적으로, 용기 벽으로부터 축을 향해 별 형상으로 연장되는 밀접하게 인접한 개별 리브 요소로 형성될 수 있다. 내부 용기 벽 상에 편평한 세라믹 절연 층이 있을 수 있으며; 또한, 이러한 절연 층은 "베스트(vest)"로 불리는 얇은 금속 층에 의해 보호될 수 있는 것으로 기술되어 있다. 이러한 종래 기술의 단점은 세라믹 절연 층이 압력-등급 셀에 고정 방식으로 접합된다는 것이다. 또한, 세라믹 층을 반응 용적부로부터 분리하는 금속 베스트는 전기 전도성을 가지며, 세라믹 라이닝보다 열적으로 덜 안정적이다. 결과적으로, 이러한 해결책은 전기적으로 가열 가능한 패킹(electrically heatable packing)을 갖는 반응기에는 적용할 수 없다. 더욱이, 압력-등급 셀, 세라믹 절연 층 및 금속 베스트로 이루어진 유닛이 열 팽창을 어떻게 보상하기로 되어 있는지에 대한 개시가 없다.
- [0005] US 2,982,622는 흡열 반응의 전기 가열에 대한 개념을 개시한다. 이것은 반응 챔버를 통해 유동 베드(fluidized bed)로서 전기 전도성 입자를 통과시키는 것을 포함한다.
- [0006] 전극은 입자의 베드를 통해 전류를 안내하는 데 사용되며, 입자의 베드는 이러한 방식으로 저항 히터로 기능하고, 반응 챔버의 직접 가열을 야기한다. 가스 스트림 및 입자 스트림의 역류 유동은 장치 내에서 효율적인 열적 통합을 달성하고, 그에 따라 고온 영역은 반응 챔버의 중간 부분에 국소화되는 한편, 반응기의 상부 및 하부 예지는 저온으로 유지된다. 이러한 원리는 산업과 관련된 수많은 흡열 반응에 적용 가능하다. PCT 출원 제 PCT/EP2019/051466 호는 전기 가열의 실행을 구체화하고, 흡열 반응의 수행을 위한 가열 가능한 팩형 장치를 개시하며, 수직 전극은 전기 전도성 고체 패킹에 배열되고, 전극은 반응기의 전체 상부 또는 하부 돔을 통해 연결되고, 전류-전도 연결 요소는 전극과 큰 접촉 면적을 갖는다.
- [0007] 고온 반응을 위한 반응기에서, 고온의 영향으로부터 반응기의 압력-등급 금속 셀을 보호하고, 열 손실을 낮추고, 그리고/또는 전력으로부터 금속 셀을 보호하는 라이닝이 전형적으로 사용된다. 이러한 라이닝은 일부 경우에, 매우 높은 온도 및 압력, 화학적 부식 공격, 입자에 의한 침식 및 열 사이클 응력을 견뎌야 한다. 열 사이클 응력은 예를 들어 배치식 작동 모드 및 냉간 프로세스 재료의 도입에서 기인할 수 있다.
- [0008] 따라서, 화학적 고온 반응을 위한 내화 라이닝에 대한 요구는 다양하며 일부는 모순된다. 첫째로, 높은 절연 용량 및 낮은 겉보기 밀도/높은 다공도가 요구되고, 둘째로, 충분한 기계적 강도가 요구되지만 마찬가지로 양호한 가공성이 요구된다. 또한, 다양한 대기 조건하에서의 높은 열 안정성이 요구된다.
- [0009] 열 라이닝을 생략한 반응기 개념, 예를 들어 Lurgi 압력 가스화기는 물로 강제 냉각되는 이중벽 압력 셀을 갖는다. 이러한 개념의 이점은 반응기의 간단한 구조 및 가벼운 중량과, 반응기 셀에 대한 낮은 열 응력이다. 이러한 개념의 단점은 구성 및 제어 기술 측면에서의 복잡성과, 냉각 시스템의 패일세이프(failsafe) 작동의 결여이다. 더욱이, 이러한 개념은 전류가 베드를 통과해야 하는 직접 전기 가열식의 반응기에는 적합하지 않다. 이러한 경우에, 베드와 압력-등급 반응기 셀 사이에 단락이 일어날 것이다.
- [0010] 전형적으로, 내화 벽돌이 라이닝에 사용된다. 물론, 이러한 소성 내화 제품은 예를 들어 13 체적% 내지 20 체적% 범위의 개방 다공도(open porosity)를 갖는다. 슬래그, 용융물 또는 가스와 같은 프로세스 물질은 이러한 개방 기공 내로 침투하고 화학 반응에 의해 벽돌을 파괴할 수 있고, 그리고/또는 구조체의 열역학적 특성을 완전히 변경시킬 수 있다. 주기적인 화학적 공격 및 주기적인 열 응력 및 열기계적 응력은 마모를 가속화시키고, 손상을 초래하고, 예를 들어 수 밀리미터 두께를 가질 수 있는 큰 피스(piece)의 박리를 초래한다. 따라서, 수명이 제한되고, 특정 정도의 마모에 도달하면, 각각의 라이닝의 교체가 필요하며, 이는 큰 불편함 및 높은 비용과 연관된다.
- [0011] 이러한 다공성 재료의 다른 단점은 약 10 bar 이상의 비교적 높은 반응 압력에서 벽돌에 대류 유동이 있을 수 있으며, 이는 파이프 벽으로의 열 전달을 증가시키고, 따라서 단열 성능을 저하시킬 수 있다는 것이다.
- [0012] 종래 기술에 개시된 내화 벽돌 재료는 Al2O3(커런덤(corundum)), 인산염-결합 Al2O3, 시멘트-결합 Al2O3, 크롬 커런덤 Al2O3-Cr2O3("Aurex 75" 및 "Aurex 90", Radex-BCF), MgO-Cr2O3, Cr2O3, Al2O3-Cr2O3-ZrO2("Zichrom 60"), Cr2O3-ZrO2("Zichrom 90"), AlPO4, CrPO4("Aurex 95P")[Gehre, P.(2013). Korrosions- und thermoschockbeständige Feuerfestmaterialien für Flugstromvergasungsanlagen auf Al2O3-Basis-Werkstoffentwicklung und Korrosionsuntersuchungen(Al2O3에 기초하는 동반 유동 가스화 플랜트를 위한 내식성 및 내열충격성 내화 재료 - 재료 개발 및 부식 연구). Thesis, Technische Universität Bergakademie Freiberg, chapter 2.3.1]를 포함한다. 또한, 바람직하게는 흑연 형태의 탄소 및 탄화규소가 내화 재료로 알려

져 있다. 특정한 내열충격성을 갖는 것으로 개시된 내화 벽돌 재료는 6 중량%의 $ZrO_2-Cr_2O_3-Al_2O_3$ 이다.

- [0013] 또한, DE 10 2015 202 277 및 WO 89/5285에는 내화 벽돌 재료로서 발포 세라믹으로 구성된 벽돌 재료가 개시되어 있다. 내화 벽돌만으로 이루어진 라이닝의 구조물의 단점은 라이닝이 수평력, 예를 들어, 베드의 하중을 흡수하도록 지지되어야 한다는 것이다. 또한, 내화 벽돌만으로 이루어진 라이닝은 구조물의 열 팽창으로 인한 균열이 발생하기 쉽다. 지지 없이는, 벽돌은 라이닝으로부터 분리될 수 있다. 결과적으로, 라이닝은 구조적으로 약화되고, 붕괴되거나 절연 작용을 상실하고, 따라서 장치의 셀에 손상을 야기할 수 있다.
- [0014] 열적으로 안정된 지지 구조체에 대한 탐구는 구성요소의 열처리를 위한 프로세스 분야에도 알려져 있다. WO 2011/18516 및 WO 2004/111562는 프레임워크 요소로서 섬유 세라믹, 예를 들어 탄소 섬유 강화 탄소 복합 재료로 이루어진 평면형 모듈식 워크피스 지지체를 개시한다. 이러한 지지체의 단점은 지지체가 지지 기관 상에 단지 느슨하게 지탱된다는 것이다. 단단한 고정 없이는, 지지체는 예를 들어 베드의 하중으로부터 발생하는 수평력을 흡수할 수 없다. 또한, 워크피스 지지체는 열적 및 전기적 절연 층으로서의 어떠한 기능도 갖지 않는다.
- [0015] US 8,211,524는 금속 기관을 세라믹 절연 층에 연결하는 세라믹 섬유 복합 재료로 구성된 앵커 구조체(anchor structure)를 개시한다. 세라믹 섬유 복합 재료의 구조체는 금속 층 및 세라믹 층 내로 돌출하고, 형태-끼워맞춤(form-fitting) 방식으로 견고하게 접합된다. 이러한 앵커 구조체의 단점은 앵커 구조체가 세라믹 층 및 금속 층 모두에 견고하게 접합된다는 것이다. 이러한 연결은 구조체를 파괴하지 않고서는 분리될 수 없다.
- [0016] 라이닝은 현재, 예를 들어 용광로 프로세스, 합성 가스로의 탄화수소의 부분 산화, 및 야금(탄화물 프로세스)에 상업적으로 사용되고 있다.
- [0017] 예를 들어, 용광로는 구역별로 적절한 재료로 라이닝된다: (i) 39 내지 42 중량%의 Al_2O_3 (기준) 또는 보다 새로운 재료인 슈퍼-듀티(Super-duty) 내화 벽돌을 갖는 내화 벽돌을 가지는 노 상부, (ii) 39 내지 42 중량%의 Al_2O_3 (기준) 또는 보다 새로운 재료인 커런덤, $SiC-Si_3N_4$ 를 갖는 내화 벽돌을 가지는 샤프트, (iii) 62 중량%의 Al_2O_3 , 멀라이트(mullite)(기준) 또는 보다 새로운 재료인 $SiSiC$ 를 갖는 내화 벽돌을 가지는 벨리(belly), (iv) 42 내지 62 중량%의 Al_2O_3 , 멀라이트, 탄소(기준) 또는 보다 새로운 재료인 SiC , 크롬 커런덤을 갖는 내화 벽돌을 가지는 보시(bosh), (v) 42 내지 62 중량%의 Al_2O_3 , 멀라이트, 탄소(기준) 또는 보다 새로운 재료인 초미세 기공을 갖는 탄소/흑연을 갖는 내화 벽돌을 가지는 허스(hearth).
- [0018] 종래 기술은 라이닝을 위한 고정구(fixture)의 다양한 실행을 개시한다[Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.(독일 내화물 및 연돌 구조물 협회)의 "Feuerfestbau"(내화 구조물)]:
- [0019] 산업용 장치에서, 내화 재료는 전형적으로 지지 구조물, 예를 들어 강철 구조물에 앵커에 의해 연결된다. 앵커는 세라믹 또는 금속 재료로 이루어질 수 있다. 세라믹 앵커는 항상 금속 유지 요소에 의해 강철 구조물에 접합된다. 유지(앵커) 벽돌은 고온측(내측)의 재료와 동일한 품질을 가져야 한다. 유형 및 재료의 선택은 구성 요소의 구조와, 열 응력 및 부식 응력에서 기인하는 요구사항에 따라 달라진다.
- [0020] 또한, 내화 벽돌은 벽을 구성하는 데 사용되고, 특정 간격으로, 특정 강철 앵커로 금속 벽에 고정되는 것으로 기술되어 있다. 벽돌을 고정하고 열 팽창을 제어하기 위해, 특정 간격으로 벽돌을 지지하는 내열성 강철의 금속 콘솔(metallic console)의 배열에 대한 필요성이 있다. 벽돌은 통상적인 벽돌과 유사한 크기를 가지며, 통례적인 방식으로 모르타르(mortar)와 결합된다.
- [0021] 또한, 모든 벽돌은 보호될 파이프 벽에 플레이트 마운트(plate mount)에 의해 고정되는 것으로 기술되어 있다. 예를 들어, 모든 플레이트는 파이프 벽에 용접되고 벽 방향으로 보류된 핀에 의해 일 단부가 지탱되고, 두 번째로 SiC 모르타르에 의해서 파이프 벽에 접합된다. 대안적으로, 모든 플레이트는 파이프 벽으로부터 비스듬하게 상향으로 돌출하는 플레이트 고정 핀에 매달려 있다.
- [0022] 또한, 내화 블록 및 강철 앵커를 갖는 산업용 오븐(industrial oven)의 단열 라이닝이 개시되어 있으며, 원주방향 홈이 각 벽돌의 좁은 측면에 형성화되고, 그에 따라 강철 앵커가 블록의 홈 내에 점으로 맞물리고, 블록이 경화된 내화 조성물에 의해서 원주방향으로 형태-끼워맞춤 방식으로 고정된다.
- [0023] 종래 기술에 설명된 모든 라이닝은 압력-등급 반응기 셀, 통상적으로 금속 벽 상에 지지된다. 라이닝을 위한 지지체로서 압력-등급 벽을 사용하는 선택의 이점은 이러한 구성 유닛의 간단한 구조에 있다.
- [0024] 라이닝의 약점은 금속 앵커와 앵커 벽돌 사이의 연결이다. 온도 차이 및 기계적 응력과 조합하여 재료의 상이한 팽창 계수의 결과로서, 이러한 연결부가 분리될 수 있다. 결과적으로, 라이닝은 넓은 영역에 걸쳐 파지부(purchase)를 상실할 수 있다. 따라서, 블록이 라이닝으로부터 떨어질 수 있다. 결과적인 갭은 결과적으로 손

상을 초래할 수 있다. 예를 들어, 반응 구역과 압력-등급 반응기 벽 사이의 단열이 약해지고, 그래서 압력-등급 벽이 과열된다. 예를 들어, 반응 구역의 베드로부터 나온 입자가 갭 내로 침투하여, 베드와 압력-등급 반응기 벽 사이의 전기적 단락을 야기하는 것도 가능하다.

- [0025] 라이닝 시스템에서 자주 발생하는 문제는 지나치게 급격한 온도 변화의 경우에 라이닝이 손상되는 경향이 있다는 것이며, 이는 예를 들어 라이닝과 압력-등급 반응기 벽이 상이한 열 팽창 계수를 갖고 추가적으로 상이한 속도로 가열되기 때문이다. 개별 벽돌의 이동 자유는 고정구에 의해 제한되기 때문에, 갑작스런 온도 변화의 경우에, 벽돌의 무응력 변형 또는 이동은 고정구를 파손하거나 손상시킬 정도로 억제될 수 있다. 이것은, 예를 들어 고장(fault)의 결과로서, 한번의 급격한 국부적 온도 변화의 경우에도 생길 수 있다.
- [0026] 열 팽창 차이의 보상은 라이닝의 벽돌들 사이에 팽창 조인트를 사용하여 종래 기술에서 달성된다. 이러한 팽창 조인트의 약점은 입자 및 가스가 반응 구역으로부터 침투할 수 있는 갭을 라이닝 구조체에 형성하는 것이다. 이것은 규정되지 않고 원치않는 바이패스 유동을 초래할 수 있다. 시동 시의 이러한 문제를 해결하기 위해, 대체로 3 K/min 미만의 매우 느린 가열 속도를 선택할 필요가 있다. 결과적인 긴 시동 시간은 고온 반응기의 유효 용량을 크게 손상시킬 수 있다.
- [0027] 압력-등급 벽에 대한 라이닝의 기계적 연결은 장치의 조립성, 접근성 및 수리 용이성을 제한한다. 예를 들어, 반응기 베이스로부터 반응기 셸을 들어올리는 것이 불가능하다. 또한, 손상된 개별 벽돌은 라이닝을 완전히 제거해야만 수리되거나 교체될 수 있다.
- [0028] 요약하면, 종래 기술에 개시된 라이닝에서는, 하기의 요구가 해결되지 않은 채로 남아있다:
- [0029] 라이닝의 전기적 절연이 충분히 보장되지 않는다는 것.
- [0030] 반응기 셸의 능동 냉각이 안전 관점(폐일세이프 작동, 반응기 내용물의 오염 및 원치않는 부반응)에서 중요하다는 것.
- [0031] 온도 및/또는 압력의 변동이 라이닝을 파괴하여 반응기 구조체에 상당한 후속 손상을 야기할 수 있다는 것.
- [0032] 라이닝의 높은 질량이 반응기의 취급을 어렵게 한다는 것.
- [0033] 예를 들어 고장 후에, 조립 및 분해가 어렵고 복잡하다는 것.
- [0034] 시동 및 가동정지 특성, 예를 들어 고장의 경우에 냉각이 느리고 지체된다는 것.
- [0035] 결과적으로, 고온 압력 반응의 경우, 고온 범위에서 라이닝의 양호한 단열 및 낮은 가스 투과성과, 라이닝과 압력-등급 셸 사이의 기계적 및 전기화학적 분리를 위한 해결책이 결여되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0036] 따라서, 기본 목적은 전기적 및/또는 열적 절연 역할을 하고 압력-등급 반응기 셸과 기계적으로 분리된 모듈식 자립형 장치(modular self-supporting apparatus)를 개시하는 것이다. 다른 목적은 반응기 셸로부터의 라이닝의 기계적인 분리를 달성하기 위해, 고온 반응 라이닝을 위한 모듈식 자립형 프레임워크를 개시하는 것이다. 다른 목적은 장치 측면에서 반응기 내의 반응 구역과 압력-등급 반응기 셸 사이의 간단한 전기적 절연을 가능하게 하는 라이닝을 개시하는 것이다. 다른 목적은 60 bar 이하의 반응 압력을 견디는 동시에, 단열 효과를 신뢰성있게 보유하는 라이닝을 개시하는 것이다. 다른 목적은 화학적 내식성의 향상, 열 사이클 안정성의 향상 및 재료 박리 저항성의 향상에 의해서 긴 수명을 나타내는 라이닝을 개시하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0037] 놀랍게도 개시된 것은, 적어도 하나의 압력-등급 장치 셸과, 적어도 2개의 상이한 유형의 프레임워크 요소로 구성되고 장치 셸 내에 배열된 적어도 하나의 모듈식 프레임워크 시스템으로 구성된 장치 시스템, 특히 반응기이며, 다수의 횡방향 요소가 적어도 하나의 각기둥체(prism) 또는 원통체(cylinder)를 형성하고, 다수의 측방향 요소가 각기둥체 또는 원통체 내부로 돌출되며, 횡방향 요소 및 측방향 요소는 서로 내로 삽입될 수 있고, 그리고/또는 하나 이상의 연결 요소의 도움으로 연결될 수 있으며, 프레임워크 요소의 재료는 세라믹 섬유 복합 재료를 포함한다.
- [0038] 추가로 개시된 것은 발포 세라믹 재료(foamed ceramic material)를 포함하는 내화 벽돌을 갖는, 세라믹 섬유 복

합 재료를 포함하는 자립형 프레임워크 시스템이며, 벽돌은 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템에 의해 지지된다.

- [0039] 내부 모듈식 프레임워크 시스템에 대한 설명은 하기와 같다:
- [0040] 바람직하게는, 횡방향 요소는 다각형을 밀면으로 하는 등변 각기둥체, 또는 원형을 밀면으로 하는 균일한 원통체를 형성한다.
- [0041] 바람직하게는, 절결부(cutout)는 슬롯(slot) 또는 구멍의 형태를 취하고, 유리하게는 DIN 24041에 설명된 바와 같은 구멍 형상, 예를 들어 세장형 구멍, 바람직하게는 각진 세장형 구멍 또는 둥근 모서리를 갖는 세장형 구멍을 갖는다.
- [0042] 사용되는 연결 요소는 유리하게는 횡방향 요소와 측방향 요소 사이의 형태-끼워맞춤(form-fitting) 및/또는 점착 연결부(cohesive connection), 예를 들어 조합된 플러그 연결부 및 점착 접합부, 바람직하게는 장부맞춤부(mortising), 래비팅부(rabbeting) 또는 더브테일 결합부(dovetailing)일 수 있다.
- [0043] 본 발명에서 "프레임워크(architecture)"는 바람직하게는 서로 십자형으로 연결되고 2차원으로 가능한 라이닝의 횡력(lateral force)을 흡수할 수 있는 수직 프레임워크 요소를 의미하는 것으로 이해된다. 프레임워크는 유리하게는 라이닝을, 반경방향 및 원주방향으로 한정될 수 있는 세그먼트로 분할할 수 있다.
- [0044] 본 발명에서 "자립형(self-supporting)"은 60 MPa 이하의 압력에서도, 어떠한 지지체, 특히 벽에 의한 어떠한 측방향 지지체도 필요로 하지 않는 프레임워크를 의미하는 것으로 이해된다. 프레임워크 내에서, 유동 손실과, 가능한 베드의 소위 사일로 힘(silo force)은 약 0.5 MPa의 응력을 초래할 수 있다.
- [0045] "압력-등급 장치 셸(pressure-rated apparatus shell) 또는 압력-등급 반응기 셸(pressure-rated reactor shell)"은 용기의 내부와 환경 사이의 압력차를 견디는 용기의 경계를 의미하는 것으로 이해된다. 압력-등급 반응기 셸은 본질적으로 3개의 섹션, 즉 용기의 하단부, 상단부 및 측벽을 포함한다.
- [0046] "라이닝(lining)"은 밀봉 또는 절연 중간 층을 포함하여, 모르타르(mortar) 또는 시멘트(cement)에 의해 접합될 수 있는 시트, 벽돌 또는 물딩으로 이루어진 보호부를 의미하는 것으로 이해되며; 또한, 기계적, 열적 및 화학적 영향에 대해 큰 저항성을 갖는 모든 지지 층 및 세라믹 내부를 의미하는 것으로 이해된다(DIN 28060 및 DIN 28071). 1986년부터, 독일 용어 Ausmauerung(벽돌 라이닝)은 Auskleidung(라이닝)으로 대체되었다(DIN 28071).
- [0047] "세그먼트(segment)"는 원주방향으로의 프레임워크의 모듈 단위를 의미하는 것으로 이해된다. 횡방향 요소는 반경방향으로의 세그먼트의 경계를 규정한다. 측방향 요소는 원주방향으로의 세그먼트의 위치를 규정하며, 원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이의 갭 또는 이러한 갭 내로 삽입된 분리 요소는 원주방향으로 세그먼트를 한정한다(도 2 내지 도 4 참조).
- [0048] "박스(box)"는 반경방향으로 인접한 2개의 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원호 형태의 횡방향 요소, 바람직하게는 평행한 횡방향 요소 또는 동심 원호 형태의 횡방향 요소, 및 대응하는 측방향 요소와, 원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이의 임의의 갭 또는 유리하게는 이러한 갭 내로 삽입된 분리 요소에 의해 둘러싸인 영역을 의미하는 것으로 이해된다(도 2 내지 도 4 참조).
- [0049] 단어 "정면" 또는 "정면측"은 반응기 내측을 향하여 있는 영역을 의미하는 것으로 이해된다. 단어 "배면", "외부" 또는 "배면측"은 반응기의 외주부를 향하여 있는 영역을 의미하는 것으로 이해된다. 단어 "상부", "하부" 및 "측면"은 직립 반응기와 관련된다. 단어 "하부", "중간" 및 "상부"는 측지학적 의미(geodetic sense)로 사용된다.
- [0050] "세라믹 섬유 복합 재료(ceramic fiber composite material)"는 예를 들어 M. Schmucker의 "Faserverstärkte oxidkeramische Werkstoffe"(섬유 강화 산화물-세라믹 재료)(Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, 2007, 38, No. 9, 698-704)에 설명된 바와 같은 섬유 강화 세라믹, 특히 산화물-세라믹 재료를 의미하는 것으로 이해된다. 세라믹 섬유 복합 재료는 섬유 프레임워크, 직조물, 부직포 스크림(nonwoven scrim), 편직물 및/또는 세라믹 섬유의 브레이드(braid) 및 소결된 세라믹 분말의 필러 매트릭스(filler matrix)를 포함한다.
- [0051] 따라서, 섬유 복합 재료는 세라믹 섬유, 특히 50 mm 초과인 섬유 길이를 갖는 연속 섬유가 와인딩 형태 또는 직물로서 그 사이에 매립되는 세라믹 입자의 매트릭스를 특징으로 한다. 섬유 복합 재료는 섬유 강화 세라믹, 복합 세라믹 또는 섬유 세라믹으로 불린다. 매트릭스 및 섬유는 원칙적으로 임의의 알려진 세라믹 재료로 이루어

질 수 있으며, 탄소도 이와 관련하여 세라믹 재료로 취급된다.

- [0052] "산화물 섬유 복합 세라믹(oxidic fiber composite ceramic) 또는 산화물 섬유 복합 재료(oxidic fiber composite material)"는 세라믹, 산화물 및/또는 비산화물 섬유를 포함하는 산화물 세라믹 입자의 매트릭스를 의미하는 것으로 이해된다.
- [0053] 섬유 및/또는 매트릭스의 바람직한 산화물은 하기 그룹으로부터의 원소의 산화물이다: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, 희토류, Th, U, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, B, Al, Ga, Si, Ge, Sn, Li, Na, K, Rb, Cs, Re, Ru, Os, Ir, Pt, Rh, Pd, Cu, Ag, Au, Cd, In, Tl, Pb, P, As, Sb, Bi, S, Se, Te, 및 이들 산화물의 혼합물.
- [0054] 혼합물은 유리하게는 섬유 및 매트릭스 모두에 대한 재료로서 적합하다. 섬유 및 매트릭스는 일반적으로 동일한 재료로 제조될 필요는 없다.
- [0055] 원칙적으로, 이원 혼합물뿐만 아니라 삼원 이상의 혼합물도 적합하고 중요하다. 혼합물에서, 개별 구성 성분은 등몰량(equimolar amount)으로 존재할 수 있지만, 유리한 혼합물은 하나의 성분이 1% 미만의 농도로 존재하는 도핑까지 포함하여, 혼합물의 개별 구성 성분의 현저하게 상이한 농도를 갖는 혼합물이다.
- [0056] 특히 유리한 혼합물은 하기와 같다: 산화알루미늄, 산화지르코늄 및 산화이트륨의 이원 및 삼원 혼합물(예를 들어, 산화지르코늄-강화 산화알루미늄); 탄화규소와 산화알루미늄의 혼합물; 산화알루미늄과 산화마그네슘의 혼합물(MgO 스피넬(spinel)); 산화알루미늄과 산화규소의 혼합물(멀라이트); 규산알루미늄과 규산마그네슘의 혼합물, 산화알루미늄, 산화규소 및 산화마그네슘의 삼원 혼합물(코디어라이트(cordierite)); 스테아타이트(steatite)(규산마그네슘); 산화지르코늄-강화 산화알루미늄; 안정화 산화지르코늄(ZrO_2): 산화마그네슘(MgO), 산화칼슘(CaO) 또는 산화이트륨(Y_2O_3) 형태의 안정화제(사용되는 다른 안정화제는 산화세륨(CeO_2), 산화스칸듐(ScO_3) 또는 산화이트르븀(YbO_3))을 포함함); 및 또한 티탄산알루미늄(산화알루미늄과 산화티타늄의 화학양론적 혼합물); 질화규소와 산화알루미늄(산질화 규소 알루미늄 SIALON).
- [0057] 사용되는 산화지르코늄-강화 산화알루미늄은 유리하게는 10 내지 20 몰%의 ZrO_2 를 갖는 Al_2O_3 이다. ZrO_2 는 유리하게는 10 내지 20 몰%, 바람직하게는 16 몰%의 CaO, 10 내지 20 몰%, 바람직하게는 16 몰%의 MgO, 또는 5 내지 10 몰%, 바람직하게는 8 몰%의 Y_2O_3 ("완전 안정화 산화지르코늄") 또는 1 내지 5 몰%, 바람직하게는 4 몰%의 Y_2O_3 ("부분 안정화 산화지르코늄")을 사용하여 안정화될 수 있다. 유리한 삼원 혼합물은 예를 들어 80%의 Al_2O_3 , 18.4%의 ZrO_2 및 1.6%의 Y_2O_3 이다.
- [0058] 언급된 재료(혼합물 및 개별 구성 성분)뿐만 아니라, 산화물 세라믹 매트릭스에서 바솔트(basalt), 질화붕소, 탄화텅스텐, 질화알루미늄, 이산화티타늄, 티탄산바륨, 티탄산 지르콘산 납 및/또는 탄화붕소의 섬유도 고려할 수 있다.
- [0059] 유용한 섬유는 산화물, 탄화물, 질화물 섬유 또는 C 섬유 및 SiBCN 섬유의 부류에 의해 커버되는 강화 섬유를 포함한다. 보다 상세하게는, 세라믹 복합 재료의 섬유는 산화알루미늄, 멀라이트, 탄화규소, 산화지르코늄 및/또는 탄소 섬유이다. 멀라이트는 산화알루미늄과 산화규소의 고용체로 이루어진다. 산화물 세라믹(Al_2O_3 , SiO_2 , 멀라이트) 또는 비산화물 세라믹(C, SiC)의 섬유를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0060] 유리하게는 내크리프성 섬유, 즉 크리프 범위(1400 °C 이하의 온도 범위) 내에서 시간 경과에 따른 영구 변형, 즉 크리프 경향이 존재하는 경우, 최소한으로 증가하는 섬유를 사용하는 것이 가능하다. 3M사는 NEXTEL 섬유에 대해, 70 MPa의 인장 응력하에서 1000 시간 후의 1%의 영구 신장에 대한 하기의 한계 온도를 보고하고 있다: NEXTEL 440: 875 °C, NEXTEL 550 및 NEXTEL 610: 1010 °C, NEXTEL 720: 1120 °C(참조: Nextel™ Ceramic Textiles Technical Notebook, 3M, 2004).
- [0061] 섬유는 유리하게는 1 내지 50 μm , 바람직하게는 5 내지 20 μm , 보다 바람직하게는 8 내지 15 μm 의 직경을 갖는다. 섬유는 유리하게는 직물 시트를 제공하도록(전형적으로 평직 또는 수직직으로) 섞어 짜여지거나, 호스를 형성하도록 편직되거나, 섬유 번들로서의 형태로 감겨진다. 세라믹 복합 시스템의 생산을 위해, 섬유 번들 또는 직조물에는, 예를 들어 나중의 세라믹 매트릭스의 성분, 유리하게는 Al_2O_3 또는 멀라이트를 포함하는 슬립(slip)이 침투된다(Schmucker, M.(2007), Faserverstärkte oxidkeramische Werkstoffe, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 38(9), 698-704). 700 °C 초과에서의 열처리는 궁극적으로 세라믹 섬유와 세라믹 매트

릭스로 구성되고 유리하계는 50 MPa 초과, 바람직하게는 70 MPa 초과, 더욱 바람직하게는 100 MPa 초과, 특히 120 MPa 초과인 강도를 갖는 고강도 복합 구조체를 생성한다.

[0062] 바람직하게는, 사용되는 세라믹 섬유 복합 재료는 $\text{SiC}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiC}/\text{멀라이트}$, $\text{C}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{C}/\text{멀라이트}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{멀라이트}$, $\text{멀라이트}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 및/또는 $\text{멀라이트}/\text{멀라이트}$ 이다. 여기서는 슬래시(slash) 이전의 재료는 섬유 유형을 나타내고, 슬래시 이후의 재료는 매트릭스 유형을 나타낸다. 세라믹 섬유 복합 구조체에 사용되는 매트릭스 시스템은 또한 실록산, Si 전구체 및 예를 들어 산화지르코늄을 포함하는 매우 다양한 상이한 산화물일 수 있다. 바람직하게는, 세라믹 섬유 복합 재료는 99 중량% 이상의 Al_2O_3 및/또는 멀라이트를 포함한다.

[0063] 본 발명에서, 산화물 세라믹 섬유, 예를 들어 제조업체 Walter E.C. Pritzkow Spezialkeramik의 3M™ NEXTEL™ 312, NEXTEL™ 440, NEXTEL™ 550, NEXTEL™ 610, NEXTEL™ 720 또는 MvM 1415N, MvM 1415N-2220, AvM 1415N, AvM 1415N-3000, FW12 및/또는 FW30 제품에 기초한 섬유 복합 재료를 사용하는 것이 바람직하다. NEXTEL 610, NEXTEL 720, 및 AvM 1415N-3000 및/또는 FW30 제품을 사용하는 것이 특히 바람직하다. 또한, 유리하계는 일본 Nitivy의 섬유를 사용하는 것이 가능하다.

[0064] 매트릭스는 유리하계는 20% 내지 40%의 섬유 충전 레벨(복합 구조체에서의 섬유의 체적 비율)을 가지며; 복합 구조체의 총 고체 함량은 유리하계는 50% 내지 80%이다. 산화 세라믹 섬유에 기초한 섬유 복합 세라믹은 산화 및 환원 가스 분위기에서 화학적으로 안정적이고(즉, 1200 °C의 공기 중에서 15 시간 동안 보관 후의 중량 변화 없음(참조: Nextel™ Ceramic Textiles Technical Notebook, 3M, 2004)), 1300 °C 초과에서 열적으로 안정적이다. 섬유 복합 세라믹은 준-연성 변형 특성을 갖는다. 따라서, 섬유 복합 세라믹은 열 사이클에 대해 안정적이고, 준-연성 파괴 특성을 갖는다. 따라서, 구성요소가 파손되기 전에 구성요소의 고장 징후가 있다.

[0065] 섬유 복합 재료는 유리하계는 20% 내지 50%의 다공도를 가지며; 따라서 DIN 623-2의 정의에 의하면 기밀성이 아니다. 섬유 복합 재료는 유리하계는 1500 °C 이하, 바람직하게는 1400 °C 이하, 보다 바람직하게는 1300 °C 이하의 장기간 사용 온도를 갖는다. 섬유 복합 재료는 유리하계는 50 MPa 미만, 바람직하게는 70 MPa 미만, 보다 바람직하게는 100 MPa 미만, 특히 120 MPa 미만의 강도를 갖는다. 섬유 복합 재료는 유리하계는 0.2% 내지 1%의 탄성 변형 항복점을 갖는다. 섬유 복합 재료는 DIN EN 993-11에 따른 열 사이클 안정성을 갖는다. 섬유 복합 재료는 유리하계는 4 내지 8.5의 열 팽창 계수[ppm/K]를 갖는다. 섬유 복합 재료는 유리하계는 0.5 내지 5 W/m/K의 열 전도도를 갖는다.

[0066] 세라믹 섬유 복합 재료는 유리하계는 CVI(chemical vapor infiltration; 화학 증기 침투) 방법, 열분해, 특히 LPI(liquid polymer infiltration; 액체 중합체 침투) 방법, 또는 LSI(liquid silicon infiltration; 액체 실리콘 침투) 방법과 같은 화학 반응에 의해 생산될 수 있다.

[0067] 프레임워크는 유리하계는 원주방향으로 모듈식 구조를 갖는다(도 2 내지 도 4 참조). 프레임워크는 유리하계는 상향 방향으로 모듈식 구조를 갖는다(도 5 및 도 6 참조). 원주방향으로의 모듈 단위는 세그먼트로 지칭된다. 수직 방향으로의 모듈 단위는 층으로 지칭된다. 모듈식 프레임워크는 적어도 2개의 상이한 유형의 프레임워크 요소를 갖는다. 제 1 유형의 프레임워크 요소는 반경방향으로의 세그먼트, 바람직하게는 라이닝 세그먼트의 경계를 규정한다. 이러한 프레임워크 요소는 횡방향 요소로 지칭된다. 제 2 유형의 프레임워크 요소는 원주방향으로의 세그먼트, 바람직하게는 라이닝 세그먼트의 위치를 규정한다. 이러한 프레임워크 요소는 측방향 요소로 지칭된다.

[0068] 유리하계는, 프레임워크는 추가 프레임워크 요소를 포함할 수 있다. 그러한 요소는 유리하계는 원주방향으로 인접한 2개의 횡방향 요소 사이의 갭 내로 삽입된다(도 5 참조). 이러한 요소는 또한 분리 요소로 지칭된다. 대안적으로, 세그먼트의 측방향 패색은 유리하계는 추가적인 측방향 요소에 의해 달성될 수 있다.

[0069] 추가 요소는 유리하계는 횡방향 요소의 상호 중첩된 2개의 층 사이에 수평으로 인터리빙(interleaving)될 수 있다(도 7 참조). 이러한 요소는 편평한 요소로 지칭된다. 편평한 요소는 유리하계는 가능한 라이닝의 다공성 구조에서 대규모 대류 클러스터(convection cluster)의 형성에 대한 배리어(barrier)를 형성할 수 있다. 또한, 편평한 요소는 유리하계는 전체 프레임워크를 분해하지 않고, 라이닝의 가능한 벽돌의 국부적으로 제한된 교환을 허용한다.

[0070] 횡방향 요소는 유리하계는 편평하거나 각진 직사각형 플레이트 또는 원통형 셀의 형태를 취한다("원통체는 닫힌 준선을 갖는 원통형 표면과 2개의 평행한 평면, 즉 원통체의 메인 표면에 의해 한정되는 형체임"(Bronstein, page 251, fig. 2.49)).

- [0071] 또한, 횡방향 요소는 파형 시트(corrugated sheet)의 형태를 취할 수 있다. 파형은 정현파형 또는 삼각파형일 수 있다. 진폭은 유리하게는 1 mm 내지 100 mm, 바람직하게는 2 mm 내지 50 mm, 특히 3 mm 내지 20 mm이다. 파장은 유리하게는 2 mm 내지 500 mm, 바람직하게는 5 mm 내지 200 mm, 특히 10 mm 내지 100 mm이다.
- [0072] 평면도에서, 횡방향 요소는 하나 이상의 다각형, 바람직하게는 정다각형, 또는 하나 이상의 동심 타원형, 바람직하게는 하나 이상의 동심원형을 형성한다. 평면도에서의 파형의 횡방향 요소는 주기적인 함수 또는 트로코이드(trochoid)의 형상을 갖는다. 측방향 요소는 유리하게는 별 형상으로 배열된다(도 2 내지 도 5 참조).
- [0073] 다각형의 밀면을 갖는 각기둥체는 유리하게는 3개 내지 60개의 횡방향 요소, 바람직하게는 4개 내지 40개의 횡방향 요소, 특히 6개 내지 24개의 횡방향 요소를 갖는다. 유리하게는 타원형, 특히 원형의 밀면을 갖는 원통체는, 3개 내지 60개의 타원체형, 바람직하게는 원호 형태의 횡방향 요소, 바람직하게는 4개 내지 40개의 횡방향 요소, 특히 6개 내지 24개의 횡방향 요소를 갖는다. 바람직하게는 타원형, 특히 원형을 밀면으로 하는 원통체의 직경, 또는 다각형, 바람직하게는 정다각형의 대각선은 유리하게는 0.2 m 내지 20 m, 바람직하게는 0.5 m 내지 15 m, 특히 1 m 내지 10m이다.
- [0074] 원주방향으로 인접한 2개의 횡방향 요소 사이의 겹의 크기는 유리하게는 0 내지 200 mm, 바람직하게는 1 내지 100 mm, 더욱 바람직하게는 2 내지 50 mm, 특히 3 내지 20 mm이다.
- [0075] 선택적으로, 원주방향으로 인접한 횡방향 요소의 단부는 중첩될 수 있다(도 8 참조). 중첩의 크기는 유리하게는 200 내지 20 mm이다. 랩 조인트(lap joint)는 유리하게는 높은 열 안정성의 시멘트로 충전되고, 그리고/또는 유리하게는 세라믹 섬유 복합 재료, 예를 들어 OCMC로 제조된 리벳으로 접합된다.
- [0076] 시트 또는 원통체 형태의 횡방향 요소는 유리하게는 100 mm 내지 5 m, 바람직하게는 200 mm 내지 3 m, 특히 500 mm 내지 2 m의 높이(요소 높이)를 갖는다. 횡방향 요소는 유리하게는 100 mm 내지 5 m, 바람직하게는 250 mm 내지 3 m, 특히 500 mm 내지 2 m의 길이를 갖는다. 횡방향 요소는 유리하게는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하게는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히 1 mm 내지 5 mm의 두께를 갖는다.
- [0077] 유리하게는, 평면도에서 다각형, 바람직하게는 정다각형, 또는 타원형, 바람직하게는 원형을 형성하는 횡방향 요소는 동일한 높이, 폭 및 두께를 갖는다.
- [0078] 유리하게는, 모듈식 프레임워크는 횡방향 요소로 형성되고 상하로 배열되며 균일한 각기둥체 또는 원통체 형태인 다수의 층, 유리하게는 1개 내지 100개, 바람직하게는 2개 내지 50개, 특히 3개 내지 30개의 층을 갖는다(도 4 및 도 5 참조).
- [0079] 중첩된 요소의 총 높이는 유리하게는 100 mm 내지 50 m, 바람직하게는 200 mm 내지 20 m, 특히 500 mm 내지 10m이다.
- [0080] 모듈식 프레임워크에서, 상호 중첩된 모든 층의 횡방향 요소의 높이(요소 높이)는 유리하게는 동일하다.
- [0081] 유리하게는, 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원호 형태의 횡방향 요소, 바람직하게는 평행한 횡방향 요소 또는 동심 원호 형태의 횡방향 요소를 사용하는 것이 가능하며, 횡방향 요소는 평면도에서 동심 다각형, 바람직하게는 정다각형, 또는 동심 타원형, 바람직하게는 원형으로 배열된다(도 2 내지 도 5 참조). 유리하게는, 2개 내지 20개, 바람직하게는 2개 내지 5개의 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원호 형태의 횡방향 요소, 바람직하게는 평행한 횡방향 요소 또는 동심 원호 형태의 횡방향 요소가 사용된다. 횡방향 요소로 구성된, 반경방향으로 인접한 다각형, 바람직하게는 정다각형, 또는 인접한 타원형, 바람직하게는 원형 사이의 거리는 바람직하게는 10 mm 내지 1000 mm, 바람직하게는 20 mm 내지 500 mm, 보다 바람직하게는 40 mm 내지 250 mm이다. 유리하게는, 이러한 거리는 반경방향으로 인접한 모든 횡방향 요소에 대해 동일하다.
- [0082] 측방향 요소는 유리하게는 평평하거나 파형인 직사각형 시트의 형태를 취한다.
- [0083] 파형은 정현파형 또는 삼각파형일 수 있다. 진폭은 유리하게는 1 mm 내지 100 mm, 바람직하게는 2 mm 내지 50 mm, 특히 3 mm 내지 20 mm이다. 파장은 유리하게는 2 mm 내지 500 mm, 바람직하게는 5 mm 내지 200 mm, 특히 10 mm 내지 100 mm이다.
- [0084] 측방향 요소는 유리하게는 횡방향 요소에 직각으로 배열된다.
- [0085] 측방향 요소는 유리하게는 100 mm 내지 5 m, 바람직하게는 200 mm 내지 3 m, 특히 500 mm 내지 2 m의 높이(요소 높이)를 갖는다. 측방향 요소는 유리하게는 50 mm 내지 2 m, 바람직하게는 100 mm 내지 1 m, 특히 200 mm 내지 500 mm의 폭을 갖는다. 측방향 요소는 유리하게는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하게는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히

1 mm 내지 5 mm의 두께를 갖는다.

- [0086] 다수의 측방향 요소가 상하로 배열된 경우에, 중간 측방향 요소는 동일한 높이, 폭 및 두께를 갖는다(도 6 참조).
- [0087] 중간 층에서의 측방향 요소의 높이는 유리하게는 횡방향 요소의 요소 높이의 90% 내지 110%, 바람직하게는 횡방향 요소의 요소 높이의 95% 내지 105%, 보다 바람직하게는 횡방향 요소의 요소 높이의 98% 내지 102%에 대응하며, 특히 횡방향 요소의 요소 높이와 동일하다. 최하부 층 및 최상부 층에서의 요소 높이는 중간 층에서의 요소 높이와 상이할 수 있다. 유리하게는, 최하부 층에서의 요소 높이는 중간 층에서의 요소 높이보다 10% 내지 90%, 바람직하게는 20% 내지 75%, 보다 바람직하게는 30% 내지 60% 낮거나 높다. 유리하게는, 최상부 층에서의 요소 높이는 중간 층에서의 요소 높이보다 10% 내지 90%, 바람직하게는 20% 내지 75%, 보다 바람직하게는 30% 내지 60% 높거나 낮다. 최하부 층에서의 측방향 요소가 중간 측방향 요소보다 낮은 경우, 최상부 층의 요소는 유리하게는 중간 측방향 요소보다 동일한 비율로 높다. 최하부 층의 측방향 요소가 중간 측방향 요소보다 높은 경우, 최상부 층의 요소는 유리하게는 중간 측방향 요소보다 동일한 비율로 낮다.
- [0088] 유리하게는, 측방향 요소의 상부 에지는 최상부 층의 횡방향 요소의 상부 에지와 동일 평면상에 있으며, 이는 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋이 유리하게는 요소 높이의 5% 미만, 바람직하게는 2% 미만임을 의미한다.
- [0089] 최하부 측방향 요소 및 최상부 측방향 요소의 폭 및 두께는 유리하게는 중간 측방향 요소와 동일하다.
- [0090] 대안적으로, 각각의 층에서, 횡방향 요소 및 측방향 요소의 상부 에지는 유리하게 동일 평면상에 있으며, 이는 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋이 유리하게는 요소 높이의 5% 미만, 바람직하게는 2% 미만임을 의미한다. 각각의 층에서, 횡방향 요소 및 측방향 요소의 높이는 유리하게는 동일하다. 이러한 구성은 편평한 요소의 사용에 특히 적합하다.
- [0091] 유리하게는, 모듈식 프레임워크에서, 상하로 배열된 측방향 요소의 개수는 상하로 배열된 횡방향 요소의 개수와 2개 미만만큼 상이하며, 그 개수는 바람직하게는 동일하다.
- [0092] 선택적인 분리 요소는 유리하게는 직사각형 시트의 형태를 취한다.
- [0093] 분리 요소는 유리하게는 각기동체, 바람직하게는 정각기동체, 또는 원통체, 바람직하게는 원형 원통체에서 원주 방향으로 인접한 횡방향 요소 사이에 배열된다(도 4 및 도 5 참조). 유리하게는, 분리 요소는 각기동체, 바람직하게는 정각기동체, 또는 원통체, 바람직하게는 원형 원통체에서 원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이에 형성되는 갭 내로 삽입된다.
- [0094] 분리 요소는 유리하게는 100 mm 내지 5 m, 바람직하게는 200 mm 내지 3 m, 특히 500 mm 내지 2 m의 높이를 갖는다. 분리 요소는 유리하게는 50 mm 내지 2 m, 바람직하게는 100 mm 내지 1 m, 특히 200 mm 내지 500 mm의 길이를 갖는다. 분리 요소는 유리하게는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하게는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히 1 mm 내지 5 mm의 두께를 갖는다.
- [0095] 분리 요소와 측방향 요소의 길이의 비율은 유리하게는 0.9 내지 1.25이다. 분리 요소와 측방향 요소의 높이의 비율은 유리하게는 0.5 내지 50, 바람직하게는 0.75 내지 10, 보다 바람직하게는 0.9 내지 5이다. 유리하게는, 분리 요소의 상부 에지는 최상부 층의 횡방향 요소의 상부 에지와 동일 평면상에 있으며, 이는 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋이 유리하게는 요소 높이의 5% 미만, 바람직하게는 2% 미만임을 의미한다. 유리하게는, 분리 요소의 상부 에지는 최상부 층의 측방향 요소의 상부 에지와 동일 평면상에 있으며, 이는 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋이 유리하게는 요소 높이의 5% 미만, 바람직하게는 2% 미만임을 의미한다.
- [0096] 횡방향 요소의 형태에 따라, 선택적인 편평한 요소는 유리하게는 사다리꼴 시트(직사각형 횡방향 요소의 경우) 또는 링 세그먼트 형태의 시트(원호 형태의 횡방향 요소의 경우)의 형태이다.
- [0097] 편평한 요소는 유리하게는 상하로 배열된 횡방향 요소의 2개의 층 사이에 수평으로 삽입된다(도 7 참조). 편평한 요소는 유리하게는 절결부, 바람직하게는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯을 가지며, 그에 따라 측방향 요소 내로 삽입될 수 있다. 유리하게는, 편평한 요소는 횡방향 요소의 상부 에지 위에 놓인다.
- [0098] 사다리꼴의 편평한 요소는 유리하게는 100 mm 내지 5 m, 바람직하게는 200 mm 내지 3 m, 특히 500 mm 내지 2 m의 밑변 길이를 갖는다. 또한, 사다리꼴의 편평한 요소는 유리하게는 50 mm 내지 2 m, 바람직하게는 100 mm 내지 1 m, 특히 200 mm 내지 500 mm의 높이를 갖는다. 사다리꼴 각도, 즉 등변 사다리꼴의 밑변과 빗변 사이의

예각인 내각은 유리하계는 30° 내지 88° , 바람직하계는 45° 내지 86° , 특히 60° 내지 84° 이다. 예로서, 60개의 세그먼트에 대해서는 87° 가 유리하고, 40개의 세그먼트에 대해서는 85.5° 가 유리하며, 24개의 세그먼트에 대해서는 82.5° 가 유리하다. 또한, 사다리꼴의 편평한 요소는 유리하계는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하계는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히 1 mm 내지 5 mm의 두께를 갖는다.

[0099] 링 세그먼트 형태의 편평한 요소는 유리하계는 0.1 m 내지 10 m, 바람직하계는 0.25 m 내지 7.5 m, 특히 0.5 m 내지 5 m의 외부 반경을 갖는다. 또한, 링 세그먼트 형태의 편평한 요소는 유리하계는 50 mm 내지 2 m, 바람직하계는 100 mm 내지 1 m, 특히 200 mm 내지 500 mm의 폭을 갖는다. 또한, 링 세그먼트 형태의 편평한 요소는 6° 내지 120° , 바람직하계는 9° 내지 90° , 보다 바람직하계는 15° 내지 60° 의 각도 섹터(angle sector)를 갖는다. 또한, 사다리꼴의 편평한 요소는 유리하계는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하계는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히 1 mm 내지 5 mm의 두께를 갖는다.

[0100] 편평한 요소 및 분리 요소는 유리하계는 마찬가지로 하나의 요소로 조합될 수 있다(도 11 참조).

[0101] 프레임워크는 유리하계는 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯을 통해 서로 내로 삽입될 수 있는 프레임워크 요소로 이루어진다. 횡방향 및 측방향 요소는 유리하계는 교차 방식으로 서로 내로 삽입된다(도 4 및 도 5 참조).

[0102] 모듈식 구조의 프레임워크는 유리하계는, 세그먼트 및 층 당, 반경방향으로 인접한 1개 내지 20개의 횡방향 요소, 바람직하계는 2개 내지 10개의 횡방향 요소, 보다 바람직하계는 2개 내지 5개의 횡방향 요소를 포함한다. 모듈식 구조의 프레임워크는 유리하계는, 세그먼트 및 층 당, 1개 내지 10개의 측방향 요소, 바람직하계는 1개 내지 5개, 보다 바람직하계는 1개 내지 3개의 측방향 요소를 포함한다(도 2 참조).

[0103] 최하부 및 중간 층의 측방향 요소 및 횡방향 요소는 유리하계는 높이 측면에서 서로 오프셋되어 있다. 층에서의 측방향 요소의 상부 에지와 횡방향 요소의 상부 에지 사이의 수직 오프셋은 요소 높이의 -90% 내지 $+90\%$, 바람직하계는 요소 높이의 -75% 내지 $+75\%$, 보다 바람직하계는 요소 높이의 -60% 내지 $+60\%$ 이다. 유리하계는, 분리 요소의 상부 에지는 최상부 층의 횡방향 요소의 상부 에지와 동일 평면상에 있으며, 이는 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋이 유리하계는 요소 높이의 5% 미만, 바람직하계는 2% 미만임을 의미한다. 결과적으로, 이들은 유리하계는 서로 지지하고, 다수의 세그먼트로 구성된 강성의 자립형 프로파일을 형성한다. 횡방향 요소는 반경방향으로의 세그먼트의 경계를 규정하고, 측방향 요소는 원주방향으로의 세그먼트의 경계를 규정한다.

[0104] 유리하계는, 층 당, 3개 내지 60개, 바람직하계는 4개 내지 40개, 보다 바람직하계는 6개 내지 24개의 동일한 세그먼트가 형성된다. 세그먼트는 유리하계는 전체 높이에 걸쳐 분리 요소에 의해 서로 분리된다(도 5 참조).

[0105] 횡방향 요소는 유리하계는 동일한 세그먼트의 동일한 층에 배열된 각각의 측방향 요소에 대해, 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯을 갖는다. 단일의 측방향 요소의 경우에, 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯은 횡방향 요소의 중간에 배열된다. 다수의 측방향 요소의 경우에, 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯은 횡방향 요소의 중간에 대칭으로 배열되고, 이들 사이의 거리는 유리하계는 5 mm 내지 2 m, 바람직하계는 10 mm 내지 1 m, 특히 20 mm 내지 500 mm이다.

[0106] 중간 층의 측방향 요소는 유리하계는, 동일한 세그먼트의 동일한 층에 유리하계는 배열된 각각의 횡방향 요소에 대해, 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯을 갖는다. 단일의 횡방향 요소의 경우에, 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯은 유리하계는, 반응기 셀을 향하여 있는 측방향 요소의 후방 에지로부터, 5 mm 내지 2 m, 바람직하계는 10 mm 내지 1 m, 특히 20 mm 내지 500 mm에 배열된다. 다수의 횡방향 요소의 경우에, 2개의 인접한 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯 사이의 거리는 유리하계는 10 mm 내지 2 m, 바람직하계는 20 mm 내지 1 m, 특히 30 mm 내지 500 mm이다.

[0107] 유리하계는, 모든 횡방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯은 하향 방향으로 개방된다. 세그먼트의 모든 횡방향 요소 및 세그먼트의 중간 층에 있는 측방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이는 유리하계는 요소 높이의 10% 내지 90%, 바람직하계는 요소 높이의 25% 내지 75%, 보다 바람직하계는 요소 높이의 40% 내지 60%, 특히 요소 높이의 절반에 대응한다.

[0108] 유리하계는, 중간 층의 측방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯은 하향 방향으로 개방된다. 중간 층의 측방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이는 유리하계는 횡방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이와 요소 높이 사이의 차이의 90% 내지 110%, 바람직하계는 횡방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이와 요소 높이 사이의 차이의 95% 내지 105%, 보다 바람직하계는 횡방향 요소의 절결부, 바람직하계는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이와

요소 높이 사이의 차이의 98% 내지 102%에 대응하며; 특히 횡방향 요소의 절결부, 바람직하게는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이와 요소 높이 사이의 차이와 동일하다.

[0109] 유리하게는, 측방향 요소는 최하부 층에서는 어떠한 절결부도 갖지 않는다. 측방향 요소의 높이는 유리하게는 횡방향 요소의 절결부의 높이의 90% 내지 110%, 바람직하게는 횡방향 요소의 절결부의 높이의 95% 내지 105%, 보다 바람직하게는 횡방향 요소의 절결부의 높이의 98% 내지 102%에 대응하며; 특히 횡방향 요소의 절결부의 높이와 동일하다.

[0110] 최상부 층의 측방향 요소는 상부 에지 및 하부 에지에, 절결부, 바람직하게는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 쌍 배열을 갖는다. 절결부, 바람직하게는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이는 중간 층의 측방향 요소의 절결부, 바람직하게는 슬롯 또는 개구, 특히 슬롯의 길이에 대응한다.

[0111] 박스는 반경방향으로 인접한 2개의 평행한 횡방향 요소 또는 동심 타원호 형태의 횡방향 요소, 바람직하게는 평행한 횡방향 요소 또는 동심 원호 형태의 횡방향 요소, 및 대응하는 측방향 요소와, 원주방향으로 인접한 횡방향 요소 사이의 임의의 갭 또는 유리하게는 이러한 갭 내로 삽입된 분리 요소에 의해 둘러싸인 영역을 의미하는 것으로 이해된다(도 2에서의 해치 영역 섹션(5a 및 5b); 도 3에서의 해치 영역 섹션(5a 내지 5d); 도 4 및 도 5에서의 해치 영역 섹션(5a 내지 5f)). 평면도에서, 박스는 유리하게는 직사각형 단면 또는 링 세그먼트 형태의 단면을 갖는다(도 2 내지 도 5 참조).

[0112] 각각의 세그먼트는 유리하게는 1개 내지 50개의 박스, 바람직하게는 2개 내지 25개의 박스, 특히 3개 내지 15개의 박스를 갖는다.

[0113] 본 발명의 이러한 모듈식 프레임워크 시스템은 유리하게는 라이닝, 특히 150 °C 내지 1900 °C, 바람직하게는 400 °C 내지 1700 °C, 특히 600 °C 내지 1500 °C의 온도 범위의 고온 프로세스를 위한 화학 반응기의 라이닝을 위한 프레임워크 지지체로서 사용될 수 있다.

[0114] 본 발명의 이러한 모듈식 프레임워크 시스템은 또한 유리하게는 촉매, 특히 모놀리스 촉매(monolith catalyst)를 위한 지지 구조체(즉, 측방향 또는 반경방향 유동을 갖는 고정 베드 반응기에서 사용되는 촉매 바스켓(catalyst basket))로서 사용될 수 있다.

[0115] 또한, 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템은 특히 반응기 내부의 전기 절연체로서 사용될 수 있다.

[0116] 더욱이, 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템은 방사선 차폐물(radiation shield)로서 사용될 수 있다.

[0117] 평면도에서, 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템은 라이닝이 차지하는 반응기의 단면을 직사각형, 사다리꼴 또는 링 세그먼트형의 박스 프로파일로 분할한다. 박스는 유리하게는 내화 벽돌 및/또는 촉매, 특히 리놀리스 촉매로 충전된다. 대안적으로, 박스는 충전되지 않은 채로 유지된다.

[0118] 박스의 평면도에서의 단면은 유리하게는, 서로 나란히 및/또는 연속적으로 배열된 1개 내지 2000개의 벽돌, 바람직하게는 2개 내지 500개의 벽돌, 보다 바람직하게는 3개 내지 200개의 벽돌로 충전된다. 박스 내의 벽돌의 총합은 패킹(packing)으로 지칭된다. 평면도에서, 패킹은 유리하게는 직사각형, 사다리꼴 또는 링 세그먼트형의 단면을 가지며, 반경방향으로 배향된 변은 유리하게는 서로 평행하고, 밀면의 좁은 변은 유리하게는 내측으로 향하여 있다.

[0119] 내화 벽돌은 유리하게는 육면체, 바람직하게는 각기둥체 형상을 갖는다. 유리하게는, 상면과 하면, 및 정면과 배면은 서로 평행하다. 유리하게는, 상면 및 하면은 육면체의 다른 면에 대해 직각을 이룬다.

[0120] 벽돌은 유리하게는 반경방향으로 층으로 배열된다. 반경방향으로, 패킹은 유리하게는 1개 내지 40개의 층, 바람직하게는 1개 내지 20개의 층, 보다 바람직하게는 1개 내지 10개의 층을 포함한다.

[0121] 벽돌은 유리하게는 수직 방향으로 층으로 배열된다. 높이 측면에서, 패킹은 1개 내지 1000개, 바람직하게는 1개 내지 500개, 보다 바람직하게는 2개 내지 200개, 특히 3개 내지 100개의 층을 포함한다.

[0122] 원주방향으로, 유리하게는 1개 내지 200개의 벽돌, 바람직하게는 2개 내지 150개의 벽돌, 특히 3개 내지 100개의 벽돌이 박스에서 서로 나란히 배열된다.

[0123] 유리하게는, 패킹에서의 벽돌 사이의 결합부는 모르타르 또는 접착제로 충전되거나, 건식 결합부로서 실행된다. 바람직하게는, 벽돌 사이의 결합부는 건식 결합부로서 실행되며, 이는 형상화 벽돌의 접합에 모르타르 또는 접착제가 사용되지 않음을 의미한다.

- [0124] 유리하계는, 패킹의 벽돌은 헤더 코스(header course), 스트레처 코스(stretcher course), 솔저 코스(soldier course), 로우록 코스(rowlock course), 플랫 코스(flat course), 스트레처 접합부, 헤더 접합부, 블록 접합부 또는 크로스 접합부로서 놓인다(Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.(페이지 76)의 "Feuerfestbau" 참조). 바람직하게는, 패킹의 벽돌은 스트레처 접합부, 헤더 접합부, 블록 접합부 또는 크로스 접합부로서 놓인다. 보다 바람직하게는, 패킹의 벽돌은 블록 접합부 또는 크로스 접합부로서 놓인다.
- [0125] 반경방향으로 층층이 놓이는 모드의 조합도 가능하다. 예를 들어, 반경방향으로 2개의 층을 갖는 패킹의 경우에, 유리하계는, 내부 층을 크로스 접합부로서 실행하고, 외부 층을 유리하계는 솔저 코스로서 실행하는 것이 가능하다. 이러한 조합은 패킹의 벽돌 사이의 결합부들 사이에 오프셋을 달성한다. 이러한 방식으로, 가능하게는 인접한 벽돌들 사이에 형성되는 갭이 차단된다. 이러한 방식으로, 라이닝을 통한 가스 반응 매체의 잘못된 유동이 효과적으로 감소될 수 있다.
- [0126] 유리하계는 블록과 프레임워크 요소 사이, 또는 모듈식 프레임워크 시스템의 상이한 패킹의 벽돌들 사이에 갭이 있다. 벽돌과 인접한 프레임워크 요소 사이의 갭 또는 인접한 패킹의 원주방향으로의 벽돌들 사이의 갭은 유리하계는 1 mm 내지 50 mm, 바람직하게는 1 내지 25 mm, 보다 바람직하게는 1 mm 내지 10 mm이다. 이러한 갭의 효과는 개별 벽돌이 서로에 대해 이동할 수 있다는 것이다. 이러한 갭은 또한 라이닝 구조에서 벽돌의 삽입을 단순화시킨다. 또한, 갭은 패킹이 방해받지 않는 상태로, 즉 무응력 방식으로 열 팽창하는 데 필요한 공간을 제공한다.
- [0127] 선택적으로, 프레임워크 요소와 패킹 사이의 갭 또는 원주방향으로 벽돌에 인접한 패킹들 사이의 갭은 하기에서 설명되는 바와 같이 절연 매트(insulation mat)로 충전될 수 있다.
- [0128] 유리하계는, 패킹의 상부 에지와 프레임워크의 상부 에지 사이의 수직 오프셋은 50 mm 미만, 바람직하게는 20 mm 미만, 보다 바람직하게는 10 mm 미만이며; 패킹의 상부 에지는 특히 프레임워크의 상부 에지와 동일 평면상에 있고, 즉, 상향 또는 하향 방향으로의 수직 오프셋은 유리하계는 횡방향 요소의 높이의 5% 미만, 바람직하게는 2% 미만이다. 이것은, 예를 들어 패킹의 하나의 층에서 벽돌을 적절한 크기로 절단함으로써 달성될 수 있다.
- [0129] 일반적으로, 상하로 배열된 프레임워크의 하부 및 중간 층의 횡방향 요소들 사이의 결합부와 패킹의 층 결합부 사이에는 수직 오프셋이 있다. 상하로 직접 배열된 2개의 횡방향 요소와 패킹의 다음 층 결합부 사이의 수직 오프셋은 유리하계는 하나의 벽돌 높이의 0% 내지 50%, 바람직하게는 하나의 벽돌 높이의 20% 내지 50%이다.
- [0130] 편평한 요소가 사용되는 특정 경우에, 상하로 배열된 2개의 횡방향 요소 사이의 결합부는 상하로 배열된 2개의 벽돌 열 사이의 층 결합부의 높이에 있다. 상하로 배열된 2개의 횡방향 요소 사이의 결합부와 상하로 배열된 2개의 벽돌 열 사이의 가장 근접한 층 결합부 사이의 수직 오프셋은 유리하계는 10 mm 미만, 바람직하게는 5 mm 미만, 보다 바람직하게는 3 mm 미만이다.
- [0131] 벽돌의 측면은 유리하계는 편평할 수 있다. 대안적으로, 측면은 적절한 형상화 부속물(텅(tongue)) 및 리세스(홈)를 가질 수 있으며, 따라서 텅-홈 연결(DIN 1057 참조)에 의해 형태-끼워맞춤 방식으로 서로 접합될 수 있다.
- [0132] 패킹의 내부 층은 유리하계는 정면측에서 반응 구역과 접촉하고, 유리하계는 본 발명의 프레임워크에 의해 배면측에서 측방향으로 한정된다.
- [0133] 본 발명에서, "내화 벽돌(refractory brick)"은 600 °C 초과와 사용 온도를 갖는 세라믹 제품 및 재료를 의미하는 것으로 이해된다. 정의(DIN 51 060)에 따르면, SK 17(= ISO 150)(약 1500 °C에 대응함) 초과와 큰 적점(cone drop point)을 갖는 재료만이 내화물로 지칭될 수 있다. 이러한 한계 온도는 대략 철의 용점에 대응하며, 관세법 및 광업법상 중요하다.
- [0134] 벽돌 라이닝 내측의 벽돌은 유리하계는 하기의 특성 프로파일을 갖는다: (i) 1000 °C 내지 1700 °C의 온도 범위에서의 양호한 단열성, (ii) 고강도, (iii) 내마모성, (iv) 낮은 개방 다공도, (v) 열 사이클 안정성, (vi) 전기 절연성. 단열성은 2 W/m/K 미만, 바람직하게는 1 W/m/K 미만의 열 전도도로 양호하다. 강도는 5 MPa 초과, 바람직하게는 10 MPa 초과와 냉간 압축 강도로 높다. 높은 내마모성은 재료의 경도와 상관성이 있다. 폐쇄 기공의 비율이 1% 초과, 바람직하게는 5% 초과, 보다 바람직하게는 10% 초과인 경우에, 세라믹 발포체의 개방 다공도가 낮다. 재료가 DIN V ENV 820-3에 따른 테스트를 통과하는 경우에, 열 사이클 안정성이 높다. 특정 전기 저항이 109 Ωm 초과, 바람직하게는 1011 Ωm 초과인 경우에, 전기 절연성이 양호하다.

- [0135] 벽돌의 특성, 특히 조성, 강도, 형상 및 치수는 DIN 1057(자립형 굴뚝용 벽돌), 1081(내화 제품: 직사각형 내화 벽돌), 1082(내화 제품: 아치형 벽돌)에서 규격화되어 있다.
- [0136] 내화 벽돌은 유리하게는 내화 재료로 제조된 형상화 벽돌이다. 내화 벽돌의 재료는 유리하게는 프로세스 온도 및 프로세스 조건에 따라 선택되어야 한다. 더욱이, 재료의 선택은 유리하게는 라이닝 내의 반경방향 위치(층)에 따라 선택되어야 한다.
- [0137] 바람직하게는, 매체와 접촉하는 내부 층의 재료는 DIN EN 12475 분류에 따른 세라믹 발포체 또는 내화 재료, 특히 알루미나-실리카 제품, 예를 들어 내화 벽돌, 커런덤, 멀라이트, 코디어라이트 또는 염기성 제품, 예를 들어 마그네시아, 마그네시아-산화크롬, 마그네시아 스피넬, 마그네시아-지르콘 또는 탄소-결합 염기성 벽돌, 특히 커런덤, 멀라이트, 코디어라이트로 제조된다. 세라믹 발포체는 예를 들어 DE 10 2015 202 277 및 WO 07/22750에 개시되어 있다. Halfoam Alumina™ 상품명에 부여된 폐쇄-기공, 발포 세라믹 재료가 특히 적합하다.
- [0138] 가장 바람직하게는, 내부 층의 형상화 벽돌은 Halfoam Alumina™ 상품명에 부여된 발포 세라믹 재료로 이루어진다.
- [0139] 본 발명은 또한 세라믹 발포체, 특히 폐쇄-기공 발포체를 포함하는 형상화 벽돌에 관한 것이다. 유리하게는, 본 발명의 형상화 벽돌은 알루미나-실리카 제품, 예를 들어 내화 벽돌, 커런덤, 멀라이트, 코디어라이트 또는 염기성 제품, 예를 들어 마그네시아, 마그네시아-산화크롬, 마그네시아 스피넬, 마그네시아-지르콘 또는 탄소-결합 염기성 벽돌, 특히 커런덤, 멀라이트, 코디어라이트로 제조된 세라믹 발포체를 포함한다.
- [0140] 본 발명은 또한 반경방향으로 연속적으로 배열된 벽돌 패키지의 다수의 층을 포함하는 벽돌 조립체에 관한 것이다.
- [0141] 내측으로부터의 제 2 층의 재료는 유리하게는 하기의 특성 프로파일을 갖는다: 1500 °C 초과, 열 안정성, 1 W/m/K 미만, 바람직하게는 0.5 W/m/K 미만의 열 전도도, 1 MPa 초과, 바람직하게는 2 MPa 초과, 냉간 압축 강도. 발포체 및 주조 또는 압출된 경량 내화 벽돌이 이러한 특성 프로파일을 가진다. 예로서, Halfoam, Carath FL®, PROMATON®과 같은 상용 제품이 이러한 층에 사용된다.
- [0142] 내측으로부터의 제 3 층의 재료는 유리하게는 하기의 특성 프로파일을 갖는다: 1200 °C 초과, 열 안정성, 0.5 W/m/K 미만, 바람직하게는 0.2 W/m/K 미만의 열 전도도, 0.5 MPa 초과, 바람직하게는 1 MPa 초과, 냉간 압축 강도. 유리하게는 진공 성형 섬유보드가 이러한 특성 프로파일을 가진다. 예로서, PROMATON® 또는 ALTRA®와 같은 상용 제품이 이러한 층에 사용된다.
- [0143] 내측으로부터의 제 4 층의 재료는 유리하게는 하기의 특성 프로파일을 갖는다: 1000 °C 초과, 열 안정성, 0.2 W/m/K 미만, 바람직하게는 0.05 W/m/K 미만의 열 전도도, 0.1 MPa 초과, 바람직하게는 0.2 MPa 초과, 냉간 압축 강도. 유리하게는 미세다공성 흡수 실리카(microporous fumed silica)로 이루어진 진공 성형 섬유보드 또는 보드가 이러한 특성 프로파일을 가진다. 예를 들어, ALTRA® 또는 MICROTHERM®과 같은 상용 제품이 이러한 층에 사용된다.
- [0144] 본 발명은 또한 반경방향으로 연속적으로 배열된 다수의 벽돌 패키지를 포함하는 벽돌 조립체에 관한 것이며, 다수의 벽돌 패키지는, (i) 발포 세라믹 및 (ii) 소결 주조 또는 압출 세라믹, 또는 (i) 발포 세라믹, (ii) 소결 주조 또는 압출 세라믹 및 (iii) 압축 세라믹 섬유, 또는 (i) 발포 세라믹, (ii) 소결 주조 또는 압출 세라믹, (iii) 압축 세라믹 섬유 및 (iv) 미세다공성 흡수 실리카를 포함하는 진공-성형 섬유보드 또는 보드로 구성된다.
- [0145] 형상화 벽돌, 바람직하게는 세라믹 발포체로 이루어진 라이닝의 내부 층의 표면은 처리되지 않거나 코팅될 수 있다. 코팅은 유리하게는 라이닝의 표면을 밀봉하는 역할 및 마모 보호 역할을 한다. 코팅, 예를 들어 보호 층은 유리하게는 단부면 및/또는 배면측 및/또는 상단부 및/또는 하단부 및/또는 좌측 및 우측 플랭크(flank), 바람직하게는 단부면 및/또는 배면측 및/또는 상단부 및/또는 하단부, 보다 바람직하게는 단부면 및/또는 배면측, 특히 단부면에 적용된다. 단부면은 반응기 내부를 향하여 있는 형상화 벽돌의 면을 지칭한다. 층은 유리하게는 내화 세라믹, 예를 들어 ZrO_2 , YO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , 바람직하게는 Al_2O_3 으로 이루어진다. 보호 층의 두께는 유리하게는 100 μm 내지 2 mm, 바람직하게는 200 μm 내지 1 mm이다. 코팅의 다공도(빈 공간 함유량)는 유리하게는 50% 미만, 바람직하게는 25% 미만, 보다 바람직하게는 10% 미만, 특히 5% 미만이다. 코팅은 당업자에게 알려진 코팅 방법, 예를 들어 페인팅 방법, 딥 코팅(dip coating), 화염 용사(flame spraying), 플라즈마 용사(plasma spraying)에 의해 형상화 벽돌에 적용될 수 있다.

- [0146] 유리하계는, 코팅은 다층 구조, 예를 들어 얇은 비다공성 세라믹 층 및 하나 이상의 보다 두꺼운 다공성 세라믹 층으로 이루어진다.
- [0147] 적합한 코팅 재료의 예는 Aremco Coatings(코팅 슬립(coating slip)): PP-634-AL, 634-SIC, 634-YO, 634-ZO, Oerlikon Metco(화염 용사 및 플라즈마 용사), LWK PlasmaCeramic(플라즈마 코팅), Polytec Cotronics(코팅 슬립, 주조 화합물)이다.
- [0148] 형상화 벽돌은 유리하계는 직사각형 벽돌에 대한 DIN 1081(1988) 및/또는 아치형 벽돌 또는 쉼기형 벽돌에 대한 DIN 1082(1988)에 따라, 당업자에게 알려진 치수를 갖는다. 선택적으로 벽돌을 개별 치수로 절단하는 것이 가능하다.
- [0149] 수직 방향으로, 내화 벽돌은 코스의 상이한 층에서 상이한 높이를 가질 수 있다. 이것은 예를 들어, 형상화 벽돌이 술저 코스 및 스트레처 코스로서 교대로 놓이는 점에서 성취될 수 있다. 이러한 방식으로, (i) 낮은 축방향 온도 구배를 갖는 영역에서의 불필요한 결합부를 회피하거나, (ii) 높은 축방향 온도 구배를 갖는 영역에서의 개별 벽돌 내의 높은 기계적 응력을 회피하는 것이 가능하다.
- [0150] 내화 벽돌의 패키징의 에지는 유리하계는 이웃하는 프레임워크 요소 또는 인접한 프레임워크 요소 사이의 겹에 평행하다. 벽돌과 인접한 프레임워크 요소 사이의 겹 또는 원주방향으로 벽돌에 인접한 패키지 사이의 겹은 유리하계는 1 mm 내지 50 mm, 바람직하게는 1 mm 내지 25 mm, 보다 바람직하게는 1 mm 내지 10 mm이다. 이들 겹은 유리하계는 미네랄 섬유로 이루어진 절연 매트로 적어도 부분적으로 충전된다.
- [0151] 절연 매트는 선택적으로 프레임워크 요소의 편평한 측면에 고정된다. 설치 동안에, 절연 매트는 유리하계는 필름에 용접되고, 진공-기밀 방식으로 배기된다. 이렇게 제조된 매트는 유리하계는 횡방향 요소 및/또는 축방향 요소 및/또는 분리 요소 및/또는 횡방향 요소, 바람직하게는 횡방향 요소 및/또는 축방향 요소, 보다 바람직하게는 횡방향 요소에 접합된다. 설치 후에, 필름은 유리하계는 천공된다. 결과적으로, 매트가 팽창하여 벽돌을 지탱한다. 이러한 절차는 예를 들어 WO 2014/125024에 설명되어 있다.
- [0152] 설명된 절연 매트에는 하기의 상품명을 갖는 재료가 적합하다: ALSIFLEX-1600, ALSIFLEX-1600 종이, PROMAFELT-1600, SILCAFLEX 160, THERMOFRAX 블랭킷(가요성 매트), THERMOFRAX 보드(진공 몰딩) 또는 THERMOFRAX 펠트/종이(세라믹 종이 및 펠트).
- [0153] 유리하계는, 본 발명의 프레임워크는 기초부(foundation), 예를 들어 베이스 플레이트에 의해 지지된다. 베이스 플레이트는 유리하계는 모듈식 프레임워크를 고정하고 내화 패키징의 중량을 흡수하는 역할을 한다. 베이스 플레이트는 대안적으로 일체형 또는 세그먼트형 형태일 수 있다. 베이스 플레이트는 바람직하게는 세그먼트형이고, 각각의 요소는 유리하계는 본 발명의 프레임워크 시스템의 세그먼트를 지지한다.
- [0154] 기초부에 대한 대안으로서, 본 발명의 프레임워크는 루프(roof)에 고정될 수 있다.
- [0155] 베이스 플레이트는 유리하계는 하부 돔 상에 느슨하거나 고정된 방식으로 지지된다. 바람직하게는, 베이스 플레이트는 분리 가능한 연결에 의해 하부 돔의 플랜지에 연결된다. 보다 바람직하게는, 베이스 플레이트는 하부 돔의 플랜지에 나사 결합된다.
- [0156] 유리하계는, 베이스 플레이트는 환형이다. 유리하계는, 베이스 플레이트의 상부면 및 하부면은 평면형이고, 서로 평행하다. 베이스 플레이트의 두께는 1 mm 내지 500 mm, 바람직하게는 2 mm 내지 300 mm, 보다 바람직하게는 3 mm 내지 200 mm이다.
- [0157] 링의 폭은 50 mm 내지 2 m, 바람직하게는 100 mm 내지 1 m, 특히 200 mm 내지 500 mm이다.
- [0158] 베이스 플레이트의 외부 에지는 평면도에서, 유리하계는 OCMC 프레임워크의 외부 횡방향 요소를 넘어서 돌출된다. 외부 횡방향 요소에 대한 베이스 플레이트의 외부 에지의 초과량은 유리하계는 0 mm 내지 200 mm, 바람직하게는 5 mm 내지 100 mm, 보다 바람직하게는 10 mm 내지 50 mm이다. 베이스 플레이트의 내부 에지는 평면도에서, 유리하계는 라이닝의 내부 층에 의해 덮여 있다. 베이스 플레이트의 내부 에지에 대한 라이닝의 내부 에지의 초과량은 유리하계는 0 mm 내지 100 mm, 바람직하게는 0 mm 내지 50 mm, 보다 바람직하게는 0 mm 내지 20 mm이다.
- [0159] 베이스 플레이트는 유리하계는 상부면 상에 홈을 갖는다. 홈은 유리하계는 프레임워크의 최하부 층에서 횡방향 요소, 축방향 요소 및 임의의 분리 요소를 지지 및 안내를 위한 마운트 역할을 한다. 홈의 배열은 유리하계는 프레임워크의 평면도에서 프레임워크 요소의 패턴에 대응한다.

- [0160] 홈은 유리하계는 1 mm 내지 500 mm, 바람직하게는 2 mm 내지 300 mm, 보다 바람직하게는 3 mm 내지 200 mm의 깊이를 갖는다. 홈은 유리하계는 0.2 mm 내지 20 mm, 바람직하게는 0.5 mm 내지 10 mm, 특히 1 mm 내지 5 mm의 폭을 갖는다. 홈은 유리하계는 사용된 프레임워크 요소의 두께보다 1% 내지 100%, 바람직하게는 2% 내지 50%, 보다 바람직하게는 5% 내지 20% 넓다.
- [0161] 유리하계는, 프레임워크의 최하부 층의 측방향 요소 및 횡방향 요소는 베이스 플레이트에 고정 방식으로 접합된다. 접합부는, 예를 들어 나사 연결에 의한 강제-끼워맞춤(force-fitting) 방식으로, 다웰(dowel)에 의한 형태-끼워맞춤 방식으로, 또는 접착제 접합에 의한 점착 접합 방식으로 설정될 수 있다.
- [0162] 유리하계는, 베이스 플레이트는 금속, 플라스틱 및/또는 세라믹, 바람직하게는 금속, 보다 바람직하게는 강철로 이루어진다.
- [0163] 선택적으로, 베이스 플레이트의 표면은 전기 전도성 또는 전기 절연성이다. 금속 베이스 플레이트의 경우에, 전기 절연성 표면 층은 유리하계는 에나멜, 세라믹 및/또는 플라스틱으로 이루어진다. 바람직하게는, 베이스 플레이트의 표면은 소정 영역들에서 전기적으로 절연되어 있다. 보다 바람직하게는, 베이스 플레이트의 상부면과 외주부는 전기적으로 절연되어 있다.
- [0164] 베이스 플레이트는 유리하계는 리프팅 장치를 위한 고정 요소를 지지하며, 이 리프팅 장치에 의해, 라이닝이 전체적으로 또는 세그먼트로 반응기로부터 들어올려지고 조립될 수 있다.
- [0165] 유리하계는, 소위 다기능 베이스 플레이트를 사용하는 것이 가능하다. 이러한 베이스 플레이트는 선택적으로 하기의 특징 중 하나 이상을 갖는다: (i) 베이스 플레이트는 유리하계는 반응기의 중간까지 연속적이다. 반응 구역의 영역에서, 베이스 플레이트는 유리하계는 가스 및 고체의 유동을 위한 개구를 갖는다. (ii) 베이스 플레이트는 유리하계는 하부 돔의 플랜지로서 구성된다. (iii) 베이스 플레이트는 유리하계는 전기 가열식 이동 베드 반응기 또는 고정 베드 반응기의 하부 전극을 지지한다.
- [0166] 유리한 조합은 예를 들어 금속 셀에 캡슐화된 절연 보드에 의해, 반응기 셀 내측에 단열재를 갖는 것이다. 절연 보드는 유리하계는 다공성이며, 45% 초과 99% 미만, 바람직하게는 60% 초과 99% 미만, 보다 바람직하게는 70% 초과 99% 미만의 총 다공도를 갖는다. 유리하계는, 절연 보드는 규산칼슘, 질석(vermiculite), 암면(rockwool), 글라스 울(glass wool) 또는 흡드 실리카(fumed silica)를 포함한다. 절연 보드는 유리하계는 폐쇄된 금속 셀 내에 수용된다. 금속 셀은 유리하계는 크리징(creasing), 용접 또는 납땜에 의해 폐쇄된 셀이 된 시트로 이루어진다. 셀의 배면측에는 유리하계는 고정 요소, 바람직하게는 후크(hook) 및/또는 루프(loop)가 제공되어 있다. 이러한 고정 요소에 의해, 셀은 유리하계는 압력-등급 반응기 셀 상의 대응하는 고정구에 매달려 있다.
- [0167] 본 발명은 또한 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템 및 압력-등급 반응기 셀, 바람직하게는 본 발명의 모듈식 프레임워크 시스템, 라이닝 및 압력-등급 반응기 셀을 갖는 장치, 바람직하게는 반응기에 관한 것이다.
- [0168] 반응기의 단면은 유리하계는 0.005 m² 내지 200 m², 바람직하게는 0.05 m² 내지 100 m², 보다 바람직하게는 0.2 m² 내지 50 m², 특히 1 m² 내지 20 m²이다. 반응기 셀의 높이는 유리하계는 0.1 m 내지 100 m, 바람직하게는 0.2 m 내지 50 m, 보다 바람직하게는 0.5 m 내지 20 m, 특히 1 m 내지 10 m이다. 반응기 셀의 등가 직경에 대한 높이의 비율은 유리하계는 0.01 내지 100, 바람직하게는 0.05 내지 20, 보다 바람직하게는 0.1 내지 10, 가장 바람직하게는 0.2 내지 5이다. 반응기 셀의 벽 두께는 유리하계는 1 mm 내지 300 mm, 바람직하게는 5 mm 내지 200 mm, 보다 바람직하게는 10 mm 내지 100 mm이다.
- [0169] 반응기 셀에 바람직한 재료는 예를 들어 재료 번호 1.4541, 1.4571을 갖는 강철 합금이다.
- [0170] 유리하계는, 모듈식 프레임워크 시스템과 압력-등급 반응기 셀 사이에 연속적인 갭이 있다. 갭 폭은 유리하계는 0 mm 내지 100 mm, 바람직하게는 2 mm 내지 50 mm, 보다 바람직하게는 5 mm 내지 50 mm이다.
- [0171] 모듈식 프레임워크 시스템과 압력-등급 셀 사이의 갭은 선택적으로 느슨한 입자 베드로 충전될 수 있다. 입자는 세라믹 또는 금속일 수 있다. 입자는 규칙적인 형상, 예를 들어 구형, 원통형, 각기둥체형 또는 불규칙적인 형상일 수 있다. 입자는 중실형, 다공성 또는 중공형일 수 있다. 입자는 동일하거나 상이한 크기를 가질 수 있다. 베드의 입자는 유리하계는 0.05 mm 내지 100 mm, 바람직하게는 0.1 mm 내지 50 mm, 보다 바람직하게는 0.5 mm 내지 10 mm의 등가 직경을 갖는다. 입자의 등가 직경은 입자와 동일한 체적의 구의 직경이다.
- [0172] 모듈식 프레임워크 시스템과 압력-등급 셀 사이의 갭은 선택적으로 지향성 가스 유동에 의해 퍼지될 수 있다.

사용되는 퍼지 가스는 유리하게는 CO_2 , H_2O , N_2 , H_2 , N_2 , 희박 공기(N_2 -희석 공기) 및/또는 Ar이다. 퍼지 가스 스트림은 유리하게는 상부 돔을 통해 환형 방식으로 도입되고, 라이닝의 베이스 플레이트를 통해 배출된다. 대안적으로, 퍼지 가스 스트림은 라이닝의 베이스 플레이트를 통해 환형 방식으로 도입되고, 돔을 통해 배출된다. 퍼지 가스 스트림은 유리하게는 압력-등급 반응기 셀로부터 반응 구역을 분리하는 가스 커튼(gas curtain)을 형성한다. 이것은 압력-등급 반응기 셀 내측에 퇴적물이 형성되는 것을 방지할 수 있으며; 또한, 압력-등급 셀은 냉각될 수 있다.

- [0173] 선택적으로, 모듈식 프레임워크 시스템은 압력-등급 셀의 측벽에 대해 지지될 수 있다. 지지체는 OCMC, 모놀리식 세라믹(monolithic ceramic), 세라믹 섬유로 제조된 직물, 금속 또는 이들 재료의 조합으로 이루어질 수 있다. 이들 지지체는 프레임워크와 압력-등급 셀의 측벽 사이에서 느슨하게 안내되거나, OCMC 프레임워크 또는 반응기 벽의 압력-등급 셀에 고정 방식으로 접합될 수 있다. 접합부는 점착되거나 형태-끼워맞춤될 수 있다. 지지체는 바람직하게는 모듈식 프레임워크 시스템과 압력-등급 셀의 측벽 사이에서 느슨하게 안내된다.
- [0174] 큰 축방향 온도 구배를 갖는 반응기에서, 높은 열 안정성을 갖는 반응 용적부의 열적 및 전기적 절연 경계로서의 기능이 요구되는 반응기 영역에만 모듈식 프레임워크 시스템을 위치시키는 것이 유리할 수 있다. 이러한 경우에, 압력-등급 셀의 에지 영역은 유리하게는 절연되지 않은 채로 유지될 수 있다.
- [0175] 유리하게는, 반응기는 전기적으로 가열된다(PCT/EP2019/051466 참조).
- [0176] 유리하게는, 본 발명의 장치는 상부, 중간 및 하부 장치 섹션을 가지며, 수직 배열의 적어도 하나의 전극 쌍이 중간 섹션에 설치/배열되고, 모든 전극은 유리하게는 전기 전도성 고체 패키징에 배열/매립된다. 유리하게는, 상부 및 하부 장치 섹션은 돔 형태이고, 10^5 S/m 내지 10^8 S/m 의 특정 전도도를 갖는다. 중간 장치 섹션은 유리하게는 고체 패키징과 전기적으로 절연된다. 유리하게는, 상부 및 하부 장치 섹션은 마찬가지로 중간 장치 섹션과 전기적으로 절연된다. 유리하게는, 상부 전극은 상부 장치 섹션을 통해 연결되고 하부 전극은 하부 장치 섹션을 통해 연결되거나, 전극 각각은 이들 섹션과 전기적으로 접촉하는 하나 이상의 연결 요소를 통해 연결된다. 유리하게는, 각각의 전류-전도 연결 요소의 단면적에 대한 상부 전극 및/또는 하부 전극, 바람직하게는 상부 전극 및 하부 전극의 단면적의 비율, 또는 연결 요소를 사용하지 않는 경우, 각각의 전류-전도 장치 섹션의 단면적에 대한 상부 전극 및/또는 하부 전극, 바람직하게는 상부 전극 및 하부 전극의 단면적의 비율은 0.1 내지 10, 바람직하게는 0.3 내지 3, 특히 0.5 내지 2이다.
- [0177] 본 발명의 장치, 특히 반응기에서는 하기의 고온 반응을 실행하는 것이 바람직하다:
- [0178] □ 탄화수소를 증기 및/또는 이산화탄소로 개질하는 것에 의한 합성 가스의 제조, 탄화수소의 열분해에 의한 수소와 열분해 탄소의 공동 생산. 적합한 담체 재료는 특히 탄소질 과립, 탄화규소-함유 과립, 니켈-함유 금속 과립이다.
- [0179] □ 메탄과 암모니아 또는 프로판과 암모니아로부터 시안화수소의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탄소질 과립이다.
- [0180] □ 탄화수소 증기 분해에 의한 올레핀의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탄소질 과립, 탄화규소-함유 과립이다.
- [0181] □ 에틸렌, 아세틸렌 및 벤젠을 제공하기 위한 메탄의 결합.
- [0182] □ 알칸의 촉매 탈수소화에 의한 올레핀의 제조, 예를 들어 프로판으로부터 프로필렌 또는 부탄으로부터 부텐의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탈수소화 촉매로 코팅된 탄화규소 함유 과립 또는 철-함유 성형체이다.
- [0183] □ 에틸벤젠의 촉매 탈수소화에 의한 스티렌의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탈수소화 촉매로 코팅된 탄화규소 함유 과립 또는 철-함유 성형체이다.
- [0184] □ 알칸 또는 올레핀의 촉매 탈수소화에 의한 디올레핀의 제조, 예를 들어 부텐 또는 부탄으로부터 부타디엔의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탈수소화 촉매로 코팅된 탄화규소 함유 과립 또는 철-함유 성형체이다.
- [0185] □ 알코올의 촉매 탈수소화에 의한 알데히드의 제조, 예를 들어 메탄올로부터 무수 포름알데히드의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탈수소화 촉매로 코팅된 은-함유 과립 또는 탄화규소-함유 과립 또는 철-함유 성형체이다.
- [0186] □ CO_2 와 탄소로부터 부다 반응(Boudouard reaction)에 의한 CO의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 탄소질 과립이다.
- [0187] □ 촉매를 통한 촉매 물 열분해에 의한 수소 및 산소의 제조. 적합한 담체 재료는 특히 분열 촉매(cleavage

catalyst), 예를 들어 페라이트(ferrite)로 코팅된 탄화규소-함유 또는 철-함유 과립이다.

도면의 간단한 설명

[0188]

- 도 1은 내화 벽돌로 충전된 OCMC 프레임워크 주위의 압력-등급 반응기 셀로 이루어진 반응기 세그먼트의 다이어그램이다.

범례:

1 = 3개의 횡방향 요소로 구성된 패키징

2a = 중간 층의 측방향 요소

2b = 최하부 층의 측방향 요소

2c = 최상부 층의 측방향 요소

6 = OCMC 프레임워크의 박스 내로 삽입된 내화 벽돌의 패키징

8 = 압력-등급 반응기 셀

- 도 2는 횡방향 요소(1) 및 측방향 요소(2)로 형성되고 층 당 4개의 횡방향 요소 및 3개의 측방향 요소를 갖는 세그먼트형 프레임워크의 세그먼트의 평면도이다. 횡방향 요소는 원통형 셀로서 실행되고, 측방향 요소는 편평한 시트로서 실행된다.

- 도 3은 횡방향 요소 및 측방향 요소로 형성되고 층 당 하나의 횡방향 요소를 갖는 세그먼트형 프레임워크의 평면도이다.

좌측: 12개의 세그먼트, 편평한 시트로서 실행된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소

중간: 18개의 세그먼트, 원호로서 실행되는 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소

우측: 12개의 세그먼트, 각진 셀로서 구성된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 2개의 측방향 요소

각 경우에서 해칭 영역은 세그먼트의 범위를 묘사한다.

5a, 5b, 5c ...으로 표시된 섹션은 세그먼트의 프레임워크 요소에 의해 형성되는 박스이다.

- 도 4는 횡방향 요소 및 측방향 요소로 형성되고 층 당 2개의 횡방향 요소를 갖는 세그먼트형 프레임워크의 평면도이다.

좌측: 12개의 세그먼트, 편평한 시트로서 실행된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소

중간: 18개의 세그먼트, 원호로서 실행되는 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소

우측: 12개의 세그먼트, 각진 셀로서 구성된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 2개의 측방향 요소

각 경우에서 해칭 영역은 세그먼트의 범위를 묘사한다.

5a, 5b, 5c ...으로 표시된 섹션은 세그먼트의 프레임워크 요소에 의해 형성되는 박스이다.

- 도 5는 횡방향 요소, 측방향 요소 및 분리 요소로 형성되고 층 당 하나의 횡방향 요소를 갖는 세그먼트형 프레임워크의 평면도이다.

좌측: 12개의 세그먼트, 편평한 시트로서 실행된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소, 세그먼트 사이의 각 겹에 있는 하나의 느슨한 분리 요소

중간: 18개의 세그먼트, 원호로서 실행되는 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 하나의 측방향 요소, 세그먼트 사이의 각 겹에 있는 하나의 느슨한 분리 요소

우측: 12개의 세그먼트, 각진 셀로서 구성된 횡방향 요소, 횡방향 요소 당 2개의 측방향 요소, 세그먼트 사이의 각 겹에 있는 하나의 느슨한 분리 요소

각 경우에서 해칭 영역은 세그먼트의 범위를 묘사한다.

5a, 5b, 5c ...으로 표시된 섹션은 세그먼트의 프레임워크 요소에 의해 형성되는 박스이다.

- 도 6은 시트 형태의 횡방향 요소 및 측방향 요소로 이루어진 프레임워크의 세그먼트의 사시도이다. 3개의 횡방향 요소가 반경방향으로 연속적으로 배열되고, 중앙 측방향 요소에 의해 연결된다. 프레임워크는 6개의 층으로 이루어진다.

중간: 프레임워크 요소, 상측에 슬롯을 갖는 횡방향 요소(1, 높이 h), 중간 층의 측방향 요소(2a, 높이 h), 하부층의 측방향 요소(2b, 높이 $1.5h$) 및 상부층(2c, 높이 $0.5h$). 하부 및 상부 측방향 요소의 상이한 높이의 결과로서, 상이한 층의 프레임워크 요소가 서로 맞물린다.

우측: 횡방향 요소, 측방향 요소 및 절연 매트에 매립된 내화 벽돌의 패키지로 이루어진 세그먼트의 섹션의 사시도이다.

범례:

1 = 3개의 횡방향 요소로 구성된 패키징

2a = 중간 층의 측방향 요소

2b = 최하부 층의 측방향 요소

2c = 최상부 층의 측방향 요소

6 = OCMC 프레임워크의 박스 내로 삽입된 내화 벽돌의 패키징

8 = OCMC 프레임워크 내의 내화 벽돌의 패키징을 고정하기 위한 절연 매트

- 도 7은 시트 형태의 횡방향 요소, 측방향 요소 및 편평한 요소로 이루어진 프레임워크의 세그먼트의 사시도이다. 3개의 횡방향 요소가 반경방향으로 연속적으로 배열되고, 중앙 측방향 요소에 의해 연결된다. 프레임워크는 4개의 층으로 이루어진다. 횡방향 요소는 층들 사이에 삽입되어 있다.

우측: 프레임워크 요소, 하측에 슬롯을 갖는 횡방향 요소(1, 높이 h), 상측에 슬롯을 갖는 측방향 요소(2, 높이 h), 내측에 슬롯을 갖는 편평한 요소(3).

범례:

1 = 3개의 횡방향 요소로 구성된 패키징

2 = 측방향 요소

3 = 편평한 요소

- 도 8("일렬의 횡방향 요소를 갖는 프레임워크"에 대응함)은 일렬의 횡방향 요소를 갖는 예시적 프레임워크의 평면도이다. 확대된 다이어그램은 인접한 횡방향 요소들 사이의 랩 조인트의 상세도를 도시한다.

범례:

9 = 리벳

10 = 결합 시멘트

- 도 9("방사선 차폐물로서 많은 횡방향 요소를 갖는 프레임워크"의 예에 대응함):

좌측: 반경방향으로 많은 열의 횡방향 요소를 갖는 예시적 프레임워크의 평면도.

우측: 측방향 요소(2)와, 측방향 요소 내로 삽입된 횡방향 요소(1)의 번들의 상세 측면도.

- 도 10(프로파일형 측방향 요소를 갖는 프레임워크):

좌측: 많은 프로파일형 측방향 요소 및 분리 요소를 갖는 예시적 프레임워크의 세그먼트의 평면도.

중간: 상하로 배열된 다수의 층의 정면도.

우측: 상하로 배열된 다수의 층의 측면도.

범례:

1 = 횡방향 요소

2 = 프로파일형 측방향 요소

4 = 분리 요소

- 도 11은 복잡한 프레임워크 요소 형태의 사시도이다:

상부: 편평한 요소 및 분리 요소의 조합.

중간: 편평한 요소, 분리 요소 및 하나의 횡방향 요소(외측)의 조합.

하부: 편평한 요소, 분리 요소 및 2개의 횡방향 요소(내측 및 외측)의 조합.

- 도 12는 압력-등급 셀의 길이와 관련하여 절두형 프레임워크 시스템을 갖는 반응기의 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0189] 섬유 강화 산화물 세라믹, 특히 OCMC는 높은 열 안정성과, 높은 강도, 연성 및 열 충격 안정성을 조합하고 있다. 이 재료는 1200 °C 초과까지 이러한 특성을 영구적으로 보유한다. 보다 고온에서, 이 재료는 점진적으로 취성이 되지만, 형상 및 상당한 잔류 강도를 보유한다. 또한, 이들 재료는 이러한 재료를 절연체로서 간주하는 낮은 열 전도도 및 낮은 전기 전도도를 특징으로 한다. OCMC로 제조된 프레임워크는 압력-등급 반응기 벽으로부터 반응기, 고온 고정 베드 또는 유동 베드(이동 베드 또는 유동 베드)의 패킹을 분리하는 배리어(barrier)를 형성한다. 전류가 반응기 패킹을 통해 안내되는 경우, OCMC 프레임워크는 또한 반응기 패킹과 압력-등급 셀 사이에 효과적인 전기적 절연을 형성한다. 프레임워크 요소들 사이의 형태-끼워맞춤 접합부는 프레임워크의 무응력 열 팽창을 가능하게 한다. 이것은 장소 및 시간 측면에서 고온 및 상당한 온도 구배를 특징으로 하는 반응기의 작동 조건을 제어하는 것이 가능하다는 것을 의미한다.
- [0190] 발포 세라믹 및 섬유 강화 산화물 세라믹, 특히 Halfoam 및 OCMC의 새로운 재료의 특성은 하기의 이점을 제공한다:
- [0191] 발포 세라믹, 특히 Halfoam은, 특히 1000 °C 초과의 고온에서, 높은 강도 및 형상의 정확도와 양호한 단열 작용을 조합하고 있다. 이 재료는 1700 °C 이하에서 사용 가능하다.
- [0192] 섬유 강화 산화물 세라믹, 특히 OCMC는 높은 열 안정성과 높은 강도 및 연성을 조합하고 있다. 이 재료는 1200 °C 초과까지 이러한 특성을 영구적으로 보유한다. 보다 고온에서, 이 재료는 점진적으로 취성이 되지만, 형상 및 상당한 잔류 강도를 보유한다.
- [0193] 2개의 재료의 조합에 의해, 압력 반응기를 위한 자립형 경량 라이닝을 구현하는 것이 가능하다. 라이닝에 작용하는 힘은 OCMC 프레임워크에 의해 흡수된다. 이것은 형상화 벽돌이 느슨하게 놓일 수 있게 하고, 그에 따라 벽돌은 열 팽창의 경우에 서로에 대해 유연하게 이동할 수 있다. OCMC 프레임워크와 내화 패킹의 순수한 형태-끼워맞춤 결합은 (장소 또는 시간 측면에서) 상당한 온도 변화의 경우에 낮은 응력으로 변형될 수 있는 항복 구조를 가능하게 한다.
- [0194] Halfoam 벽돌의 단열 효과는 얇은 층에서 온도를 1500 °C (반응 구역 온도)로부터 1200 °C 미만으로 하강시킬 수 있게 한다. 이에 의해, 다수의 이점이 얻어진다:
- [0195] 라이닝은 보다 얇아질 수 있고, 종래 기술에 비해 훨씬 더 가볍다.
- [0196] OCMC로 제조된 지지 프레임워크의 프레임워크 요소는 노화로부터 효과적으로 보호된다.
- [0197] OCMC는 낮은 열 전도도를 갖기 때문에, 지지 프레임워크의 핀 작용(fin action)에 의해 열교(thermal bridge)가 제거된다.
- [0198] 발포 세라믹 및 섬유 강화 산화물 세라믹, 특히 Halfoam 및 AlOx에 기초한 OCMC는 동일한 열 팽창 계수를 갖는다. 결과적으로, 라이닝의 갭은 온도 범위 전체에 걸쳐 변하지 않은 채 유지되고, 라이닝을 통한 규정되지 않은 누설 전류를 방지한다.
- [0199] OCMC 프레임워크에 절연 매트에 의해 내화 패킹을 매립함으로써, 조인트가 없지만 유연한 열 사이클 저항성 연결이 가능하게 된다.
- [0200] 고유의 안정성이 달성된 결과로서, 라이닝은 압력-등급 반응기 셀에 의한 어떠한 지지도 필요로 하지 않는다. 결과적으로, 라이닝과 반응기 셀 사이에 연속적인 갭을 형성하는 것이 가능하다.

- [0201] 라이닝은 반응기 셀과 별도로 조립 및 분해될 수 있다. 결과적으로, 반응기의 조립과, 마모된 요소의 수리 및 교체가 단순화된다. 보다 상세하게는, 라이닝은 반응기 외측에서 사전 조립되고, 반응기 내로 완전히 들어올려질 수 있다. 결과적으로, 라이닝의 수리 또는 갱신의 경우에 반응기의 가동정지 시간이 최소화된다.
- [0202] 전기 가열식 반응기의 경우: 라이닝의 재료는 전기 절연체이고, 반응 구역의 베드와 압력-등급 반응기 셀 사이에 효과적인 절연 층을 구성한다.
- [0203] 라이닝과 반응기 셀 사이의 갭은 베드와 반응기 셀 사이에, 추가적이고 신뢰성있으며 온도 독립적인 전기적 절연을 보장한다.
- [0204] 비다공성의 매끄러운 외부 층에 의한 라이닝 내측의 코팅은 긍정적인 수반 효과를 갖는다:
- [0205] 외부 층은 입자, 예를 들어 이동 베드에 의한 마멸에 대해 효과적인 마모 보호를 제공한다. 외부 층의 매끄러운 표면은 고체 퇴적물이 벽 상에 형성되기 어렵게 한다. 퇴적물은 표면에 단지 느슨하게 부착되고, 이동 베드의 입자 이동에 의해 분리될 수 있다.
- [0206] 반응 구역으로부터의 가스의 바이패스를 위한 벽의 투과성이 감소된다.
- [0207] 비다공성 세라믹의 얇은 층과 다공성 세라믹의 하나 이상의 두꺼운 층으로 구성된 다층 구조체는 열 충격으로 인한 균열에 대한 내성을 갖는다.
- [0208] 라이닝의 층별 구조는 단일 효과 및 열 안정성과 관련하여 최적의 특성 프로파일을 각각 갖는 개별 층에 상이한 절연 재료를 사용할 수 있게 한다.
- [0209] OCMC 프레임워크의 평행 또는 동심의 횡방향 요소에 의한 라이닝의 반경방향 분할은 고장-내성 작동 모드 (failure-tolerant mode of operation)를 가능하게 한다: 내화 패키지의 일부가 파손된 경우에도, 층은 원상태로 유지되고, 이러한 층은 고온 베드가 반응 구역으로부터 압력-등급 반응기 셀까지 침입하는 것을 방지하고, 따라서 손상된 반응기의 제어된 가동정지를 가능하게 한다.
- [0210] 특히 압력 반응기의 경우의 관련성: OCMC 시트 및/또는 내화 벽돌의 표면의 선택적인 밀봉은 대규모 대류 사이클의 형성을 억제하고, 이는 라이닝의 절연 효과를 현저하게 감소시킬 것이다.
- [0211] 예
- [0212] 종래 기술:
- [0213] 산업용 반응기는 내화 콘크리트의 다층 라이닝으로 라이닝되었다. 반응 구역은 3000 mm의 직경을 가졌다. 베드에 전기를 공급하기 위한 전극은 3000 mm만큼 서로 이격된 수직 배열로 되어 있다. 라이닝은 하기의 층으로 이루어졌다:

재료	층 두께 [mm]	열 전도도 [W/m/K]
COMPRIT A95RF-6	75	2.88
LEGRIT 180-1.4 H 0-3	125	0.97
PYROSTOP BOARD 1600	50	0.4
PYROSTOP BOARD 1260	50	0.28

- [0214]
- [0215] 라이닝은 반응기 셀에 고정되었다. 압력-등급 반응기 셀은 3640 mm의 내경을 갖는다. 디자인에 따르면, 라이닝의 열 전달 계수는 2.14 W/(m²K)였다. 디자인에 따르면, 반응기로부터의 전력 손실은 반응기 길이에 대해 32 kW/m인 것으로 되어 있고, 반응기의 외부 온도는 75 °C인 것으로 되어 있다. 1400 °C의 최대 온도 및 1.6 bar의 절대 작동 압력에서 반응기 작동 시에, 열 손실은 84 kW/m의 값까지 상승했고, 반응기의 외부 온도는 국부적으로 300 °C까지 상승했다. 반응기의 개방 시에, 라이닝에 균열이 발견되었다. 반응기 벽 내측의 가시적인 균열은 불규칙하게 연장되고, 크기 및 범위가 다양했다. 가장 긴 균열은 1000 mm로 측정되었으며; 최대 균열 폭은 3 mm로 측정되었다. 라이닝은 곳곳에서 파손되었다. 이것은 500 cm²의 면적과 최대 5 cm의 깊이를 갖는 리세스(recess)를 라이닝에 발생시켰다. 이러한 손상은 라이닝의 절연 효과의 저하로 설명되었다. 결과적으로, 반응기 성능 및 프로세스의 에너지 소비가 저하되었다. 또한, 압력-등급 반응기 셀은 과도한 온도 상승에 의해

약화되었다. 이러한 이유로, 반응기를 안전하게 지속적으로 운전하는 것이 불가능했다.

[0216] 예 1: 반응기 내부의 전기 절연체로서 본 발명의 모듈식 프레임워크의 사용

[0217] 이러한 예는 본 발명의 해결책의 가장 간단한 구성을 보여준다. 저항 가열식 베드를 갖는 이동 베드 반응기가 예를 들어 탄화수소의 열분해에 사용된다. 반응 구역은 3000 mm의 직경을 갖는다. 베드에 전기를 공급하기 위한 전극은 3000 mm만큼 서로 이격된 수직 배열로 되어 있다. 압력-등급 반응기 셀은 3100 mm의 내경을 갖는다. 반응기 셀의 외측에는 물이 유동하는 냉각 코일이 장착되어 있으며, 그에 따라 셀 온도가 최대 50 °C로 제어된다. 반응 구역은 모듈식 프레임워크에 의해 한정된다. 프레임워크의 프레임워크 요소는 OCMC로 제조된다. 프레임워크는 각각 측방향 요소에 의해 지지되는 횡방향 요소의 열로 이루어진다. 모든 프레임워크 요소는 두께가 3 mm이다. 프레임워크는 6개의 세그먼트 및 상하로 배열된 5개의 층을 포함한다. 인접한 세그먼트의 횡방향 요소는 원주방향으로 서로 중첩된다. 랩 조인트(lap joint)는 높은 열 안정성의 시멘트로 충전되고, 리벳에 의해 연결된다. 결과적으로, 프레임워크는 프레임워크와 압력-등급 반응기 셀 사이의 환형 공간으로부터의 반응 구역의 방진 폐색(dustproof occlusion)을 형성한다. CO₂는 프레임워크와 압력-등급 반응기 셀 사이의 환형 공간 내에서 퍼지 가스로서 유동한다. 반응 구역 중앙의 온도는 1400 °C이다. 프레임워크의 온도는 425 °C이다. 이러한 해결책은 콤팩트하고 경량인 디자인에 대해 주목할만하다. 반응 구역은 압력-등급 셀에 의해 둘러싸인 단면의 93.5%를 차지한다. OCMC 요소로 이루어진 프레임워크의 중량은 250 kg이다. 또한, 프레임워크는 압력-등급 반응기 벽에 대한 반응 구역의 전기 절연체로서의 기능을 수행한다. 동시에, 프레임워크는 약간의 단열 효과를 갖는다. 결과적으로, 프레임워크 내측에는, 프레임워크가 탄소질 퇴적물에 대해 청정하게 유지되기에 충분히 낮은 온도가 설정된다. 이것은 프로세스의 신뢰성있는 정상 상태 작동 모드를 가능하게 한다.

[0218] 예 2: 방사선 차폐물로서 본 발명의 모듈식 프레임워크의 사용

[0219] 이러한 예는 OCMC 요소로 이루어진 프레임워크를 구상하는 본 발명의 해결책의 구성을 보여준다. 저항 가열식 베드를 갖는 이동 베드 반응기가 예를 들어 탄화수소의 열분해에 사용된다. 반응 구역은 3000 mm의 직경을 갖는다. 베드에 전기를 공급하기 위한 전극은 3000 mm만큼 서로 이격된 수직 배열로 되어 있다. 압력-등급 반응기 셀은 3700 mm의 내경을 갖는다. 반응기 셀은 외부가 절연되어 있지 않다. 반응 구역은 OCMC 요소의 프레임워크에 의해 한정된다. 프레임워크는 원주방향으로 12개의 세그먼트와, 상하로 배열된 10개의 층을 포함한다. 각 세그먼트에서의 각 층은 측방향 요소에 의해 각각 지지되는 60 열의 횡방향 요소를 포함한다. 반응 구역과 직접 접촉하는 내부 열의 횡방향 요소는 두께가 3 mm이다. 이러한 횡방향 요소의 내측은 플라스마-분무 보호층으로 코팅되어 있다. 내부 열에서의 인접한 세그먼트의 횡방향 요소는 원주방향으로 서로 중첩되어 있다. 랩 조인트는 높은 열 안정성의 시멘트로 충전되고, 리벳에 의해 연결된다. 다른 열에서, 횡방향 요소는 각각 두께가 1 mm이고, 서로 2 mm의 반경방향 거리에 있다. 이러한 횡방향 요소의 단부는 느슨하다. 측방향 요소는 두께가 3 mm이다. CO₂는 프레임워크와 압력-등급 반응기 셀 사이의 환형 공간 내에서 퍼지 가스로서 유동한다. 이러한 해결책은 우수한 기계적 강인성의 비교적 경량인 디자인에 대해 주목할만하다. 전체 프레임워크는 연성 및 내열충격성을 갖는 OCMC로 이루어진다. 서로 내로 삽입된 프레임워크 요소는 열 응력으로 인한 변형을 동시에 보상할 수 있는 기계적으로 안정적인 프레임워크를 형성한다. 프레임워크의 중량은 반응기 길이에 대해 약 1.6 tn/m이다. 또한, 프레임워크는 압력-등급 반응기 벽에 대한 반응 구역의 전기 절연체로서의 기능을 수행한다. 또한, 프레임워크는 단열체로서 효과적이며, 내부로부터 외측으로 일렬로 배열된 횡방향 요소가 방사선 차폐물로서 기능한다. 횡방향 요소들 사이의 좁은 거리는 가스 층의 정체를 야기하여, 절연 작용을 돕는다. 반응 구역 중앙의 온도는 1350 °C이다. 프레임워크의 내부 온도는 1200 °C이다. 절연체로부터의 열 손실은 반응기 길이에 대해 45 kW/m이다. 압력-등급 반응기 셀의 온도는 85 °C이다.

[0220] 실시예 3(Halfoam 및 경량 내화 벽돌)

[0221] 이러한 예는 기본 구성과 직접 비교할 수 있는 본 발명의 해결책을 보여준다. 이것은 반경방향으로 3개의 층으로 이루어진 320 mm 두께의 라이닝이다. 내부 층은 제조업체 Morgan Advanced Materials Haldenwanger GmbH의 HALFOAM으로 이루어진다. 제 2 층은 제조업체 Etex Building Performances GmbH의 PROMATON 28 유형의 형상화 벽돌로 이루어진다. 제 3 층은 동일한 제조업체의 PROMATON 26 유형의 형상화 벽돌로 이루어진다. 벽돌은 스트레처 접합부(stretcher bond)로서 놓인다. OCMC 프레임워크는 원형 단면을 갖는 18개의 세그먼트로 이루어진다. 하나의 세그먼트는 1개의 측방향 요소 및 2개의 횡방향 요소로 이루어진다. 내부 횡방향 요소는 3.63 m의 직경을 가지며, 라이닝의 내부 층을 둘러싸고 있다. 외부 횡방향 요소는 4.09 m의 직경을 가지며, 라이닝의 2개의 외부 층을 둘러싸고 있다. 라이닝의 중량은 약 3.35 tn/m이다. 외부 횡방향 요소와 반응기 벽 사이에는 20 mm의 폭을 갖는 겹이 형성된다. 이동 베드 중앙의 온도는 약 1500 °C이다. 라이닝의 반경방향 온도 진행을

표에 나타내고 있다.

층	재료	내경 [m]	층 두께 [mm]	최대 온도 [°C]	평균 온도 [°C]
반응 구역	이동 베드	0	1700	1500	1440
절연 층 1	Halfoam	3.4	114	1379	1256
절연 층 2	Promaton 28	3.63	114	1133	919
절연 층 3	Promaton 26	3.86	114	706	392
반응기 벽	강철	4.13	20	78	78

[0222]

[0223]

반응기의 중앙에 있어서의 1500 °C의 온도에서 길이에 따른 열 손실은 15.2 kW/m이다.

[0224]

이러한 구성에서, 라이닝의 내부 층은 온도를 상당히 하강시켰다: $T = 244 \text{ K}$. 결과적으로, 내부 횡방향 요소까지의 온도는 OCMC 재료가 어떠한 현저한 노화도 겪지 않을 정도로 떨어졌다.

[0225]

본 발명의 라이닝은 예 1의 기준 구성보다 상당히 경량이다. 기준 구성에 대한 본 발명의 구성의 다른 이점은 제 1 라이닝 층의 단일 효과로부터 명백하다:

[0226]

1. 이동 베드의 단면에 걸친 온도장은 축과 벽 사이의 온도 차이가 $\Delta T = 73 \text{ K}$ 로 보다 균일하다.

[0227]

2. 제 1 라이닝 층의 외부 온도는 1200 °C 훨씬 아래로 하강되고, 그에 따라 OCMC 재료로 제조된 지지 프레임 워크는 유리한 기계적 특성을 영구적으로 보유한다. 다른 이점은 반응기 벽의 보다 낮은 온도이다. 이러한 이점은 K99 알루미늄으로 제조된 내화 벽돌에 비해 HALFOAM의 우수한 절연 특성에 기인하는 것일 수 있다.

[0228]

실시예 4(Halfoam, 경량 내화 벽돌 및 초절연재)

[0229]

이러한 예는 단일 효과 및 중량과 관련하여 본 발명의 해결책의 최적화된 버전을 보여준다. 이것은 반경방향으로 4개의 층으로 이루어진 320 mm 두께의 라이닝이다. 2개의 내부 층은 제조업체 Morgan Advanced Materials Haldenwanger GmbH의 HALFOAM으로 이루어진다. 제 3 층은 제조업체 Etex Building Performances GmbH의 PROMATON 28 유형의 형상화 벽돌로 이루어진다. 제 4 층은 제조업체 Etex Building Performances GmbH의 MICORTHERM PANEL로 구성되고, 외부 횡방향 요소의 외측에 접합된다. 벽돌은 스트레치 접합부로서 놓인다. OCMC 프레임워크는 원형 단면을 가진 18개의 세그먼트로 이루어진다. 하나의 세그먼트는 1개의 축방향 요소 및 2개의 횡방향 요소로 이루어진다. 내부 횡방향 요소는 3.63 m의 직경을 가지며, 라이닝의 2개의 내부 층을 둘러싸고 있다. 외부 횡방향 요소는 4.03 m의 직경을 가지며, 라이닝의 제 3 층을 둘러싸고 있다. 라이닝의 중량은 약 3.2 tn/m이다. 외부 횡방향 요소와 반응기 벽 사이에는 20 mm의 폭을 갖는 갭이 형성된다. 이동 베드 중앙의 온도는 약 1500 °C이다. 라이닝의 반경방향 온도 진행을 표에 나타내고 있다.

[0230]

초절연재는 반응기 벽의 카세트(cassette)에 고정되었다.

층	재료	내경 [m]	층 두께 [mm]	최대 온도 [°C]	평균 온도 [°C]
반응 구역	이동 베드	0	1700	1500	1464
절연 층 1	Halfoam	3.4	89	1427	1368
절연 층 2	Halfoam	3.58	114	1309	1238
절연 층 3	Promaton 28	3.81	114	1168	1051
절연 층 4	Microtherm	4.03	25	933	496
반응기 벽	강철	4.13	0	58	58

[0231]

[0232]

열 손실은 9.15 kW/m이고, 즉 예 1 및 예 2의 구성보다 훨씬 낮다. 이러한 구성에서, 라이닝의 2개의 내부 층은 OCMC 재료가 어떠한 현저한 노화도 받지 않을 정도로 온도를 하강시킨다. 제 3 층은 매우 강한 단일 효과를 갖지만 열 안정성이 약 1000 °C로 제한되는 초절연재를 사용하는 것이 가능할 정도로 온도를 하강시킨다.

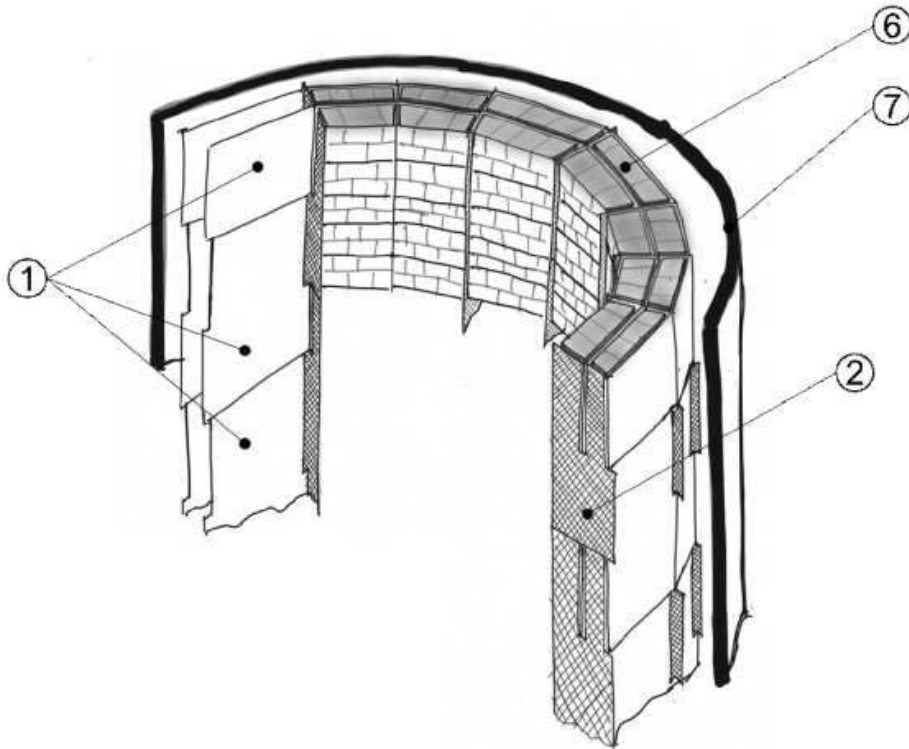
[0233]

본 발명의 라이닝은 예 2의 본 발명의 구성보다 경량이다. 예 2의 구성에 비해 본 발명의 구성의 다른 이점은

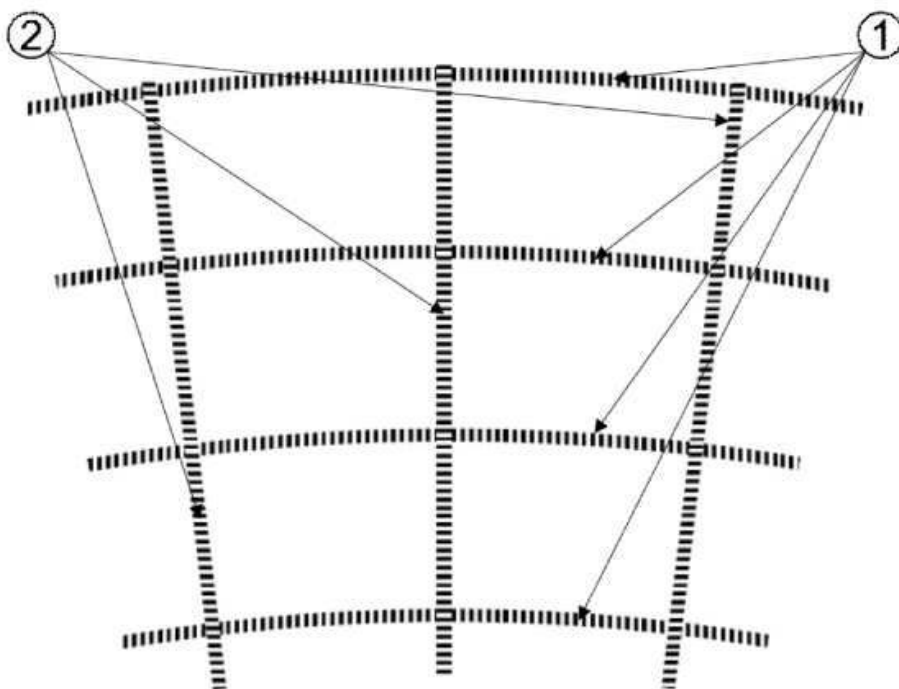
이동 베드의 단면에 걸친 보다 균일한 온도장(온도 차이 : $\Delta T = 36 \text{ K}$) 및 반응기 벽의 보다 낮은 온도($T = 58 \text{ }^{\circ}\text{C}$)이다. 결과적으로, 반응기 외측의 터치 보호부를 생략하는 것이 가능하며, 이는 비용을 절감시키고 반응기의 접근성을 향상시킨다.

도면

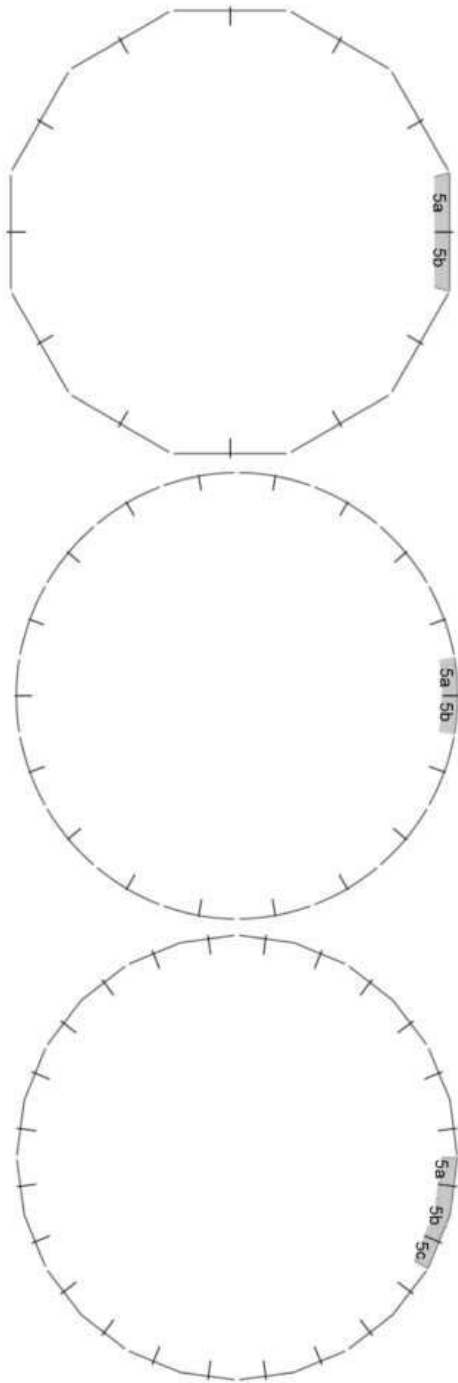
도면1



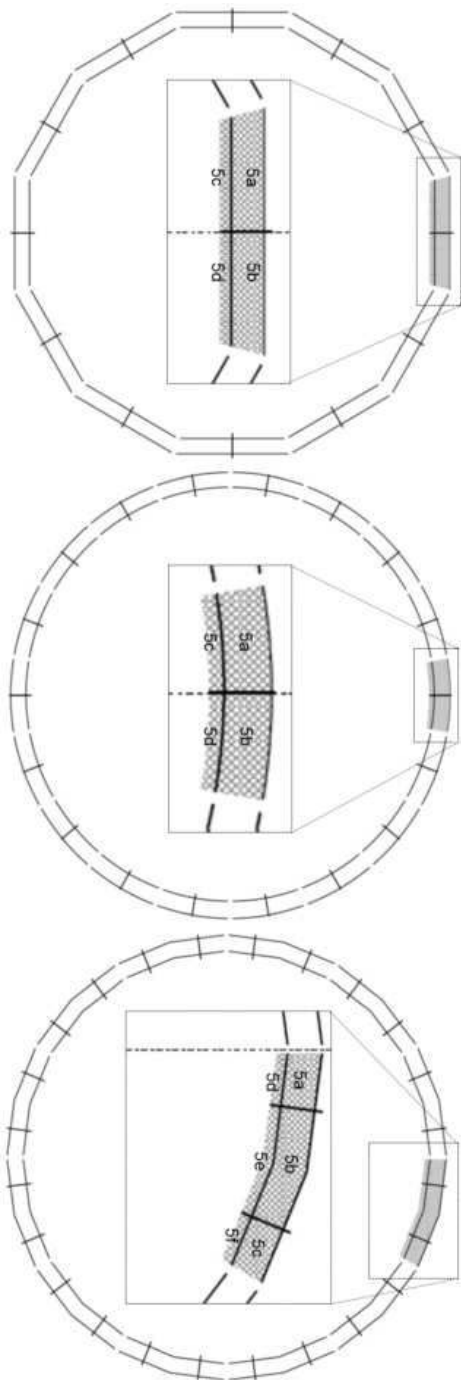
도면2



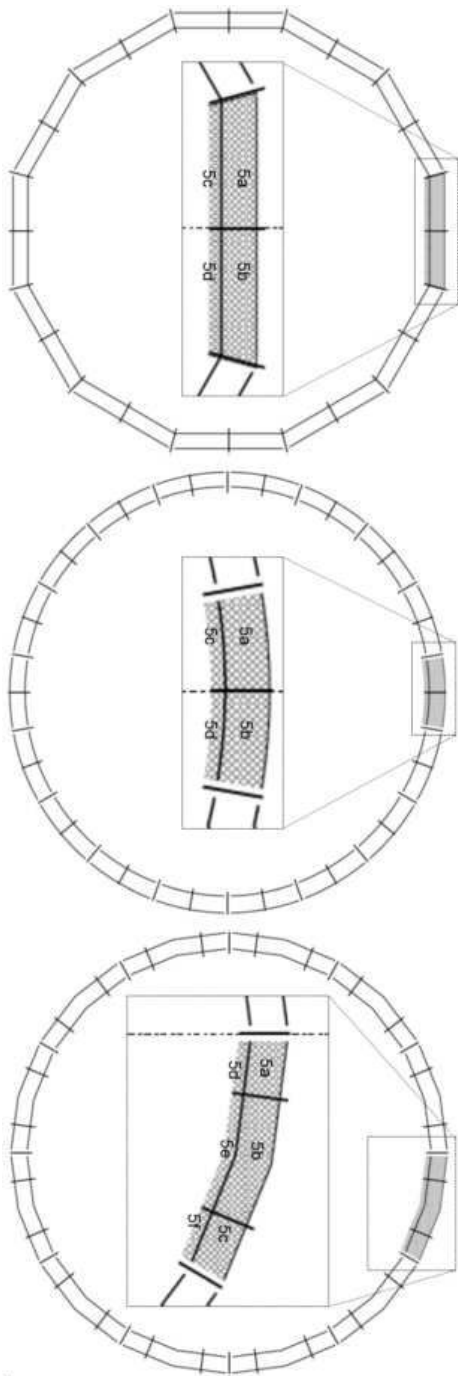
도면3



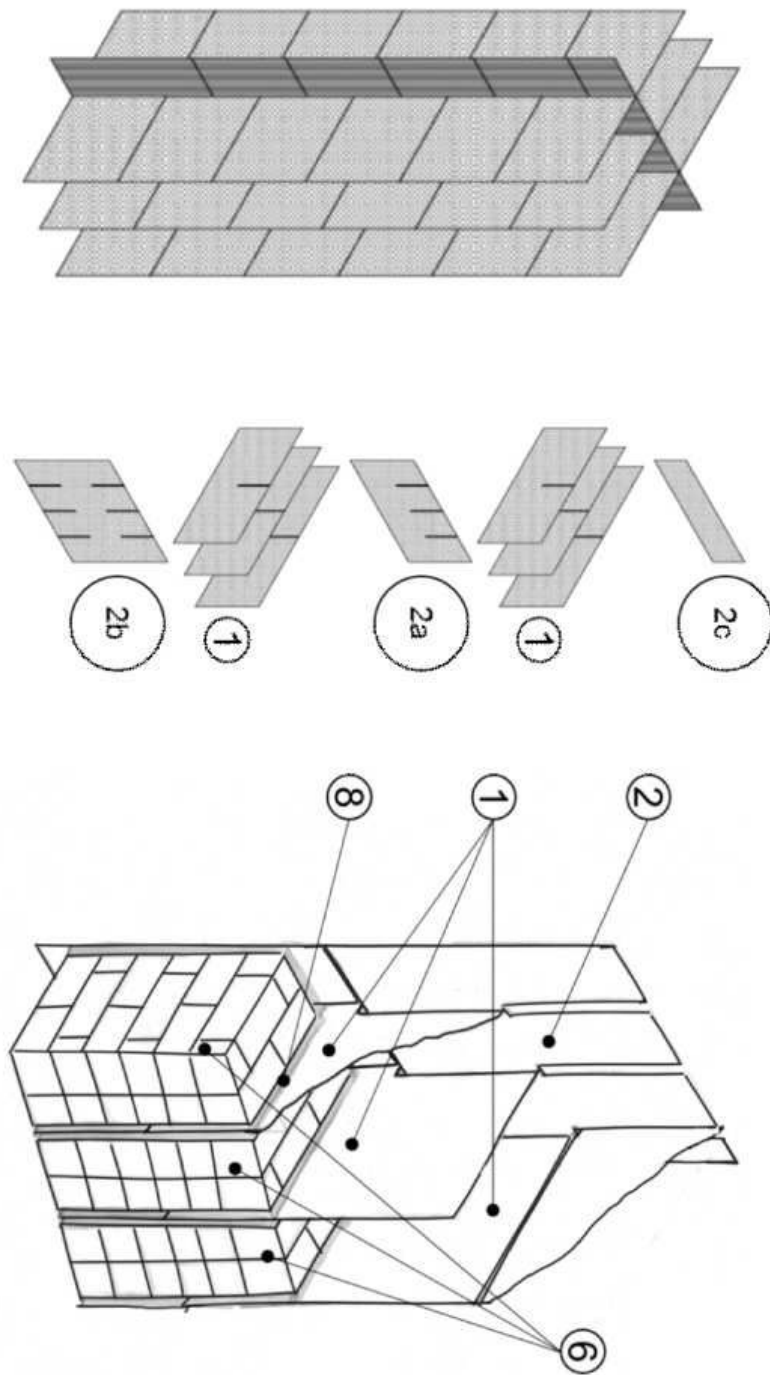
도면4



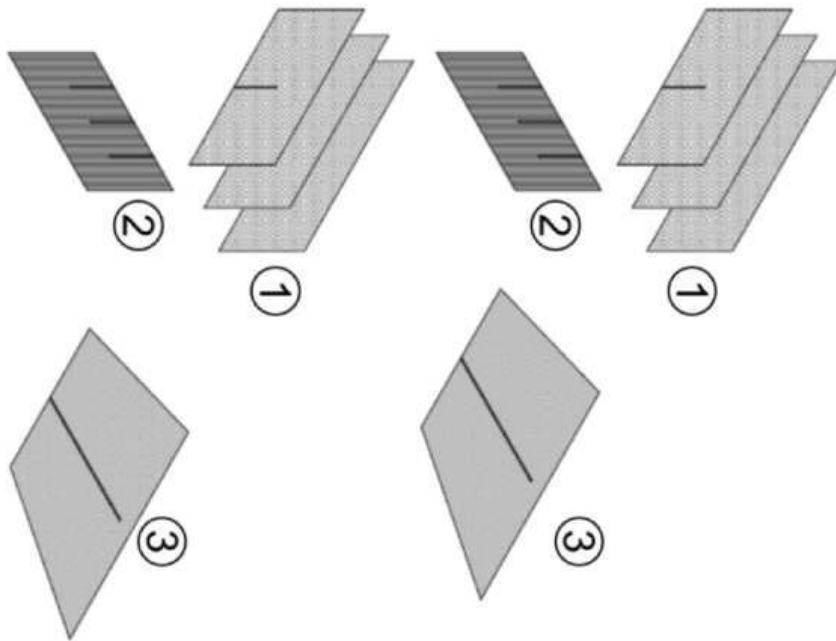
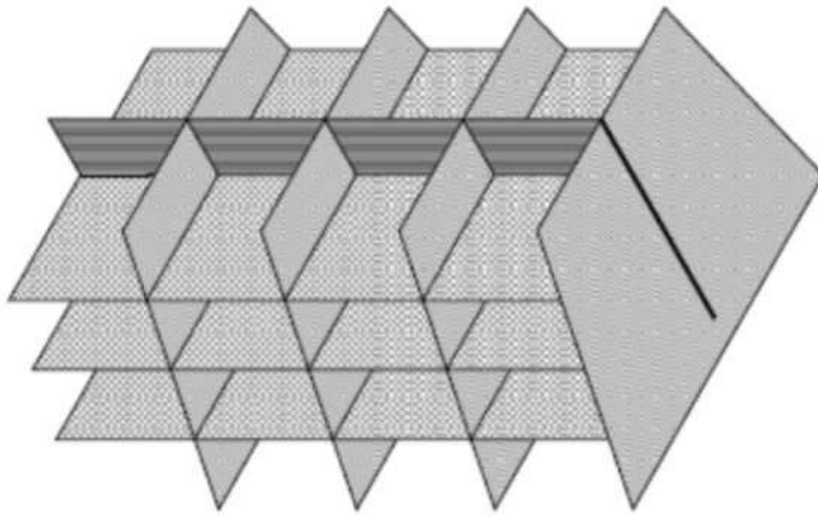
도면5



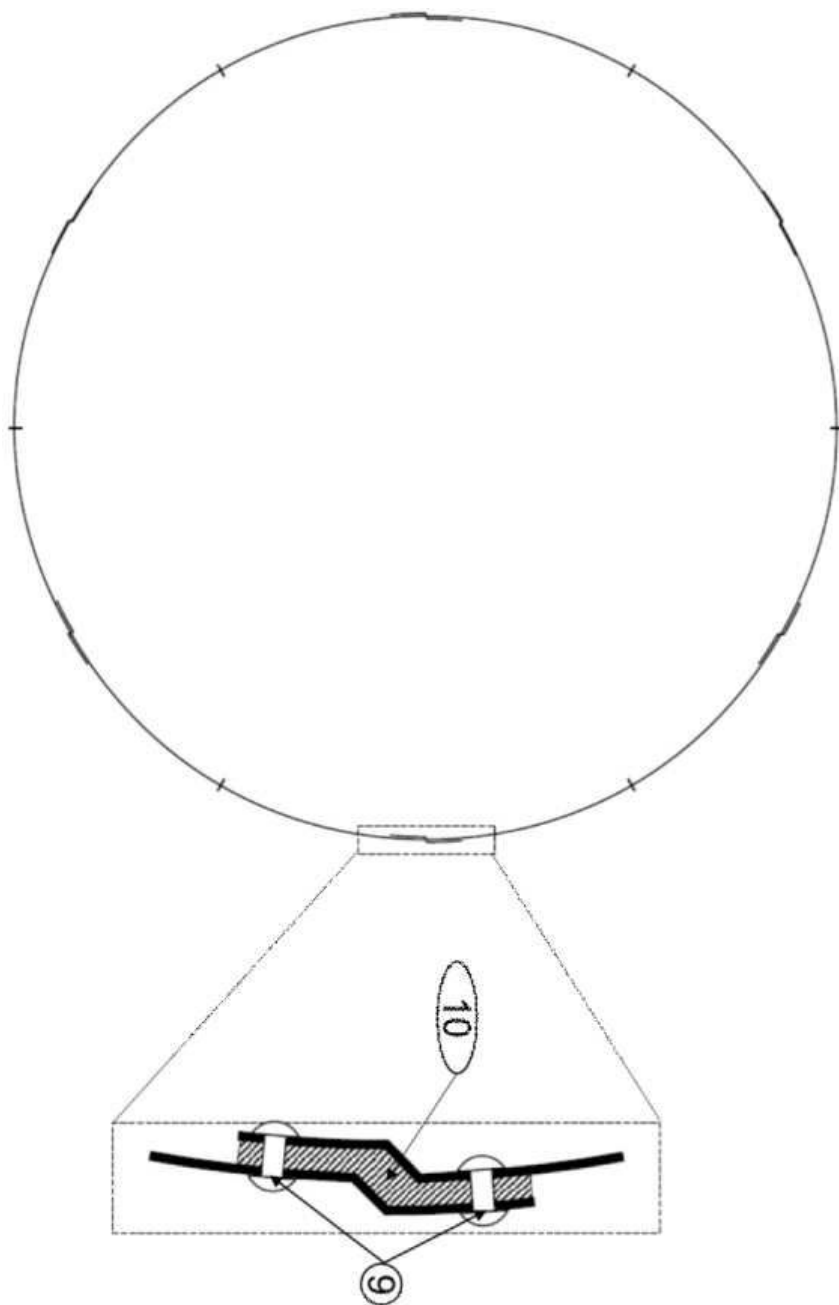
도면6



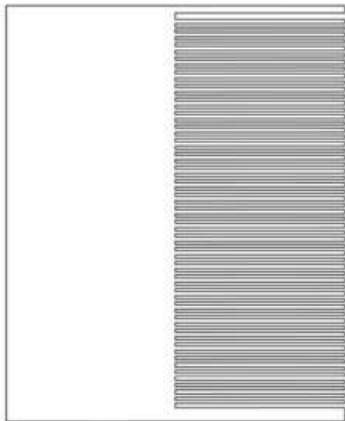
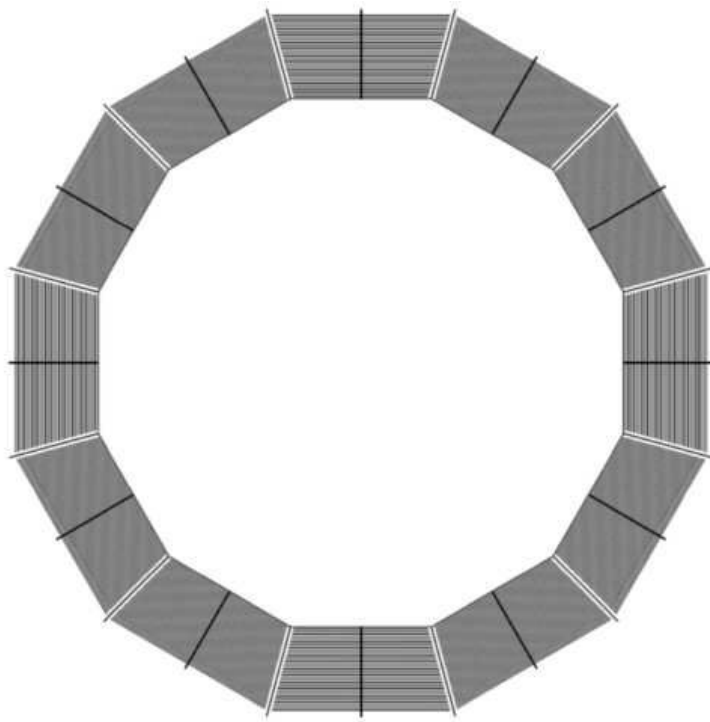
도면7



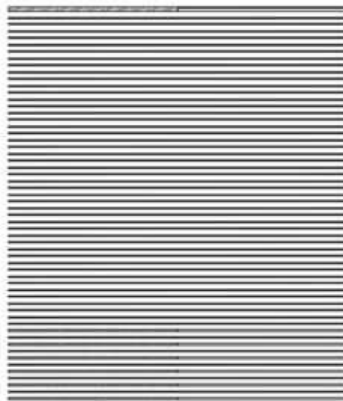
도면8



도면9

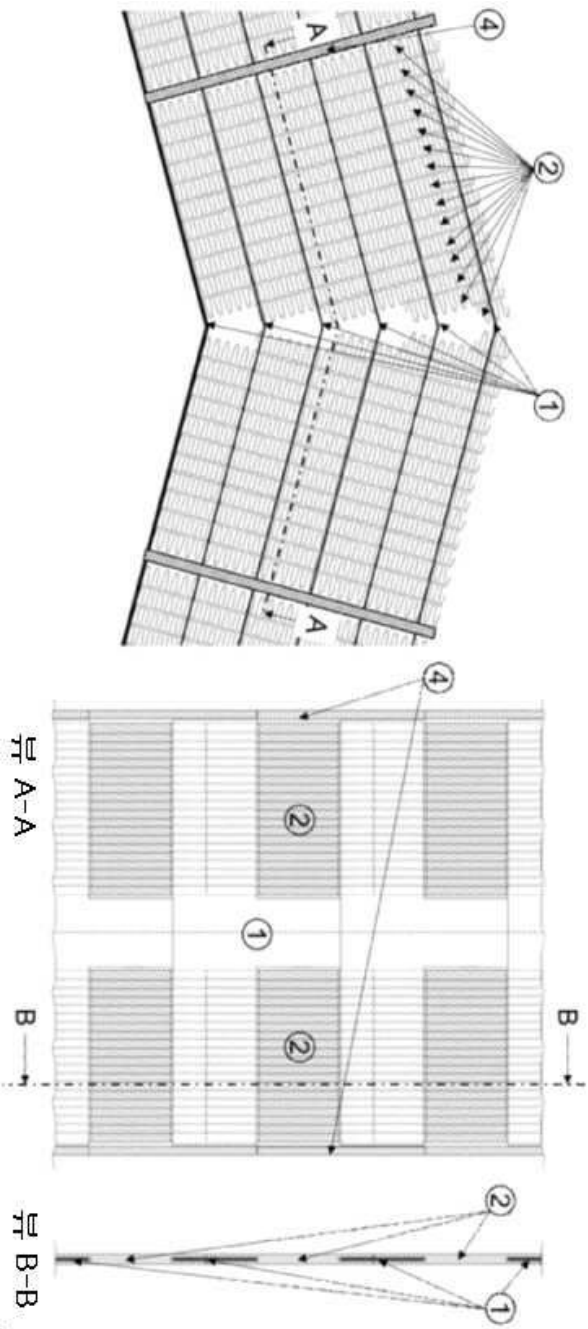


②

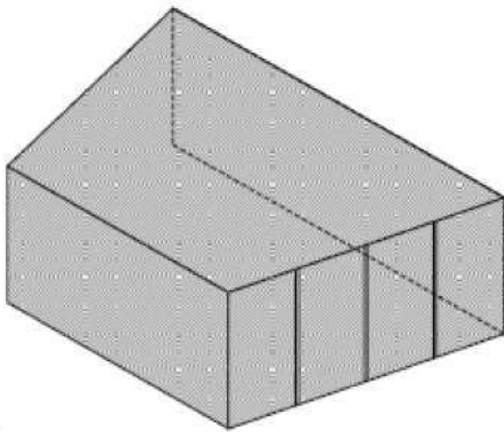
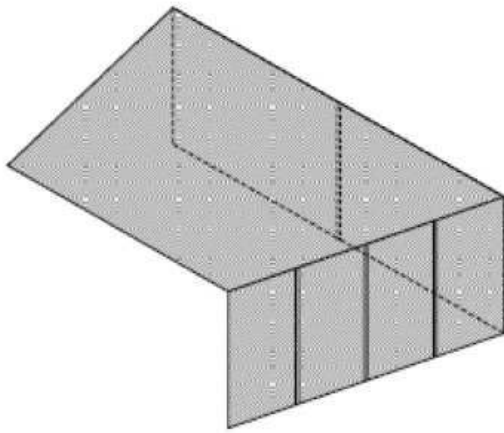
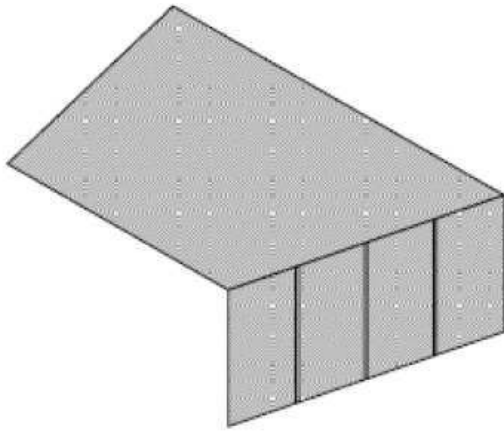


①

도면10



도면11



도면12

