



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0084167  
(43) 공개일자 2017년07월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F17C 11/00* (2006.01) *B01J 20/22* (2006.01)  
*B01J 20/28* (2006.01) *B01J 20/30* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*F17C 11/005* (2013.01)  
*B01J 20/226* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7015460
- (22) 출원일자(국제) 2015년11월10일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년06월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2015/076204
- (87) 국제공개번호 WO 2016/075136  
국제공개일자 2016년05월19일
- (30) 우선권주장  
62/077,934 2014년11월11일 미국(US)

- (71) 출원인  
바스프 에스이  
독일 데-67056 루드빅샤펜
- (72) 발명자  
바이케르트 마티아스  
독일 67065 루드빅샤펜 케틀러스트라쎄 50  
마르크스 스테판  
독일 67246 디름스타인 보델슈빙스트라쎄 20  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
제일특허법인

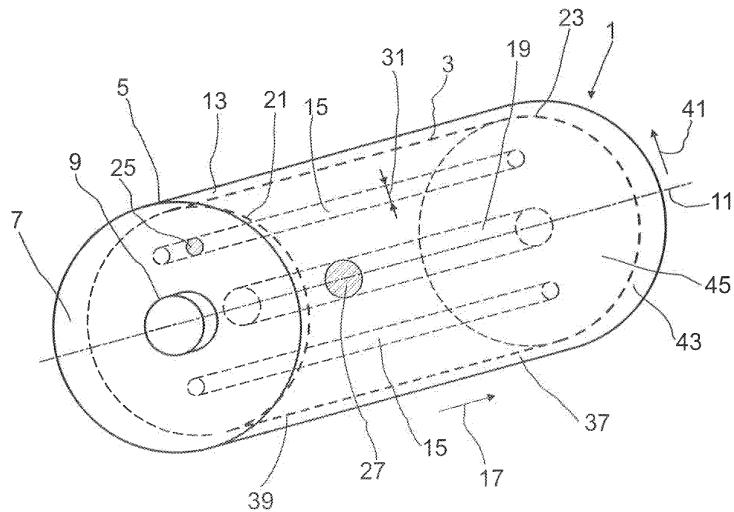
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 다공성 고체의 일체 성형체를 포함하는 저장 용기

### (57) 요 약

본 발명은 다공성 고체의 성형체(3)를 포함하는 저장 용기(1)로서, 상기 저장 용기(1)는 하나 이상의 입구(9)를 포함하는 섹션(7)을 갖는 벽(5)을 포함하고, 상기 저장 용기(1)는 중심 축(11)을 가지며, 상기 중심 축(11)은 저장 용기(1)의 종 방향 축이고/하거나 하나 이상의 입구(9)의 횡-단면적에 수직이고, 상기 성형체(3)는 상기 저장 용기(1)의 내부 부피(13)의 85 % 이상을 점유하고, 상기 성형체(3)는 축 방향(17)으로 개구부(19)를 포함하고, 상기 축은 상기 저장 용기(1)의 중심 축(11)을 지칭하고, 상기 개구부(19)는 상기 성형체(3)의 제 1 단부(21)로부터 상기 성형체(3)의 대향하는 제 2 단부(23)까지 확장되며, 상기 저장 용기(1)는 일체로 형성된 정확히 하나의 성형체(3)를 포함하는, 저장 용기(1)에 관한 것이다. 본 발명은 또한 성형체 및 성형체의 용도에 관한 것이다.

### 대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B01J 20/2803* (2013.01)

*B01J 20/28042* (2013.01)

*B01J 20/28045* (2013.01)

*B01J 20/3007* (2013.01)

*B01J 20/3042* (2013.01)

*F17C 11/007* (2013.01)

*F17C 2270/0178* (2013.01)

*Y02C 10/08* (2013.01)

(72) 발명자

**뮐러 올리히**

독일 67435 노이슈타트 암 스펙켄 14아

**아르놀트 레나**

독일 68165 만하임 리하르트-바그너 스트라쎄 16

**라크 아담**

미국 뉴욕주 10024 뉴욕 89번 스트리트 유닛 4에이  
40 더블유

**린치 조셉**

미국 뉴저지주 07871 스파르타 히든 글렌 드라이브  
31

**돌란 윌리암**

미국 펜실베니아주 19067 앤들리 벡스 레이크뷰 드  
라이브 2308

**산타마리아 마이클**

미국 뉴저지주 08852 몬마우스 정션 앤더슨 웨이  
42

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다공성 고체의 성형체(3)를 포함하는 저장 용기(1)로서, 상기 저장 용기(1)는 하나 이상의 입구(9)를 포함하는 섹션(7)을 갖는 벽(5)을 포함하고, 상기 저장 용기(1)는 중심 축(11)을 가지며, 상기 중심 축(11)은 저장 용기(1)의 종 방향 축이고/하거나 하나 이상의 입구(9)의 횡-단면적에 수직이며, 상기 성형체(3)는 상기 저장 용기(1)의 내부 부피(13)의 85 % 이상을 점유하고, 상기 성형체(3)는 축 방향(17)으로 개구부(19)를 포함하고, 상기 축은 상기 저장 용기(1)의 중심 축(11)을 지칭하고, 상기 개구부(19)는 상기 성형체(3)의 제 1 단부(21)로부터 상기 성형체(3)의 대향하는 제 2 단부(23)까지 확장되고, 상기 저장 용기(1)는 일체로 형성된 정확히 하나의 성형체(3)를 포함하는, 저장 용기(1).

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 성형체(3)가 축 방향(17)으로 중공 채널(15)을 포함하고, 각 중공 채널(15)의 횡-단면적(25)이 개구부(19)의 횡-단면적(27)보다 작은, 저장 용기.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 중공 채널(15)이 0.5 mm 내지 3 mm 범위의 내경(31)을 갖는 저장 용기.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

모든 중공 채널(15)의 횡-단면적(25)의 합이 하나 이상의 입구(9)의 횡-단면적보다 20 % 미만으로 작거나 큰 저장 용기.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

인접한 중공 채널(15)의 횡-단면적(25)의 두 원주 사이의 최단 거리(33)가 2 cm 미만인 저장 용기.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저장 용기(1)가 하나 이상의 출구(35)를 포함하고, 하나 이상의 입구(9) 및 하나 이상의 출구(35)가 모두 저장 용기(1)의 벽(5)의 동일한 섹션(7)에 제공되는 저장 용기.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성형체(3)가 없는 제 1 공극 공간(43)이 상기 저장 용기(1)의 벽(5)과 상기 성형체(3)의 축 방향(17)을 향하고 하나 이상의 입구(9) 반대편을 향하는 종단면(45) 사이에 제공되고, 상기 제 1 공극 공간(43)이 저장 용기(1)의 내부 부피(13)의 15 % 이하를 차지하는 저장 용기.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

하나 이상의 제 1 스페이서(47)가 상기 성형체(3)의 종단면(45) 옆에 또는 위에 제공되는 저장 용기.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성형체(3)가 없는 제 2 공극 공간(37)이 상기 저장 용기(1)의 벽(5)과 상기 성형체(3)의 주변 표면(39) 사이에 제공되고, 상기 주변 표면(39)이 상기 중심 축(11)을 기준으로 반경 방향(41)으로 향하고, 상기 제 2 공극 공간(37)이 상기 저장 용기(1)의 내부 부피(13)의 10 % 이하를 차지하는, 저장 용기.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

하나 이상의 제 2 스페이서(49)가 상기 성형체(3)의 주변 표면(39) 옆에 또는 위에 제공되는 저장 용기.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저장 용기(1) 및 상기 성형체(3)가 원통형인 저장 용기.

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 성형체(3)의 최단 신장이 10 cm 내지 100 cm이고, 상기 성형체(3)의 최장 신장이 20 cm 내지 300 cm인 저장 용기.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다공성 고체가 활성탄, 제올라이트, 활성 알루미나, 실리카 겔, 개방-기공 중합체 발포체, 금속 수소화물, 금속-유기 골격구조(MOF) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 기체는 천연 가스, 셰일 가스, 도시 가스, 메탄, 에탄, 수소, 프로판, 프로펜, 에틸렌, 이산화탄소 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 저장 용기.

**청구항 14**

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 저장 용기에서 사용하기 위한 성형체로서,

상기 성형체가 다공성 고체이고, 상기 성형체가 개구부를 포함하고, 상기 개구부(19)가 상기 성형체(3)의 제 1 단부(21)로부터 상기 성형체(3)의 대향하는 제 2 단부(23)까지 확장되며, 상기 성형체(3)가 일체로 형성되고 상기 성형체(3)의 최단 신장이 10 cm 내지 100 cm이고, 상기 성형체(3)의 최장 신장이 20 cm 내지 300 cm 범위인, 성형체.

**청구항 15**

가스를 저장하기 위한 제 14 항에 따른 성형체의 용도.

**발명의 설명****기술 분야**

[0001] 본 발명은 다공성 고체의 성형체를 포함하는 저장 용기에 관한 것이다. 또한, 성형체 및 상기 성형체의 용도에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 점점 더 부족해지는 오일 자원 때문에, 내연 엔진 또는 연료 전지를 작동시키기 위한 예를 들어 메탄, 에탄을 또는 수소와 같은 비통상적인 연료에 대한 연구가 점차 이루어지고 있다. 이를 위해, 차량은 연료 재고를 유지

하기 위한 저장 용기를 포함한다. 가스를 고정 및 이동 적용례에 저장하기 위해, 가스는 압력 용기에 저장되거나(종종 압축 천연 가스(CNG) 기술이라고 함) 또는 흡착 저장소에 저장된다(종종 흡착 천연 가스(ANG) 기술이라고 함). 흡착 저장소는 또한 ANG 탱크로도 알려져 있다. ANG는 예를 들어 차량과 같은 이동 저장 적용례에서 압축 천연 가스 CNG를 대체할 잠재력을 가지고 있다. ANG-적용례에서는, 다공성 고체를 저장 용기에 팩킹하여 저장 밀도를 증가시킴으로써, 동일한 용량에 의한 저압 작동을 가능하게 한다.

[0003] 수착(흡착 및 흡수 포함)은 발열 공정이다. 임의의 수착 또는 탈착은 ANG-저장 시스템의 온도 변화에 수반된다. 수착 열은 충전 사이클 및 배출 사이클 동안 성능에 해로운 영향을 끼친다. 80°C 정도로 높은 온도 증가가 충전 사이클 동안 발생할 수 있다. 충전 사이클은 일반적으로, 적어도 이동 적용례의 경우, 배출된 수착 열이 제거될 수 있는 연료 대역에서 수행된다. 충전 사이클과는 달리, 배출 속도는 적용례의 에너지 수요에 따라 결정된다. 충전 시간은 ANG 저장 용기의 사용 중에 냉각의 영향을 조정하기 위해 광범위하게 변할 수 없다.

[0004] 이러한 저장 용기는 특히 가스가 흡착되는 내부 표면적이 큰 수착 매질을 포함한다. 가스는, 흡착 매질로 충전되지 않은, 흡착 매질의 개개의 입자들 사이의 공동에서 그리고 용기의 부품들에서 흡착 매질에 의해 저장된다. 대안적으로 또는 추가적으로 상기 가스는 상기 수착 매질에 의해 흡수될 수 있다. 충전된 저장 용기는 압축식 및 비-압축식으로 작동할 수 있다. 적합한 용기의 선택은 적용되는 최대 압력에 좌우된다. 저장 압력이 높을수록, 부피 당 더 많은 가스가 저장될 수 있다.

[0005] 흡착은 기상 또는 액상 유체의 원자 또는 분자가, 흡착 매질, 흡착제, 흡착기, 흡수기 또는 수착 매질로 또한 지칭되는 고체 물질의 표면 위로 부착되는 것을 의미한다. 고체의 질량에 대한 수착된 가스 또는 액체의 질량의 비로 정의되는 고체의 수착 용량은 온도에 크게 좌우되며 온도가 증가함에 따라 감소한다. 저장 공간을 최대한 활용할 목적으로, 충전 과정 동안 저장 용기에 설정된 온도 프로파일을 고려해야 한다. 동일한 양의 가스가 더 짧은 시간 내에 저장될 수 있기 때문에, 효과적인 수착은 충전 시간을 감소시킬 수 있다. 그러므로, 저장 가스의 최대 양은 가능한 충전 시간이 제한되어 있을 때 증가될 수 있다. 저장 용기를 가스로 충전하는 동안, 2 개의 소스가 용기 내의 온도 상승에 관련되어 있다. 이들은 가스의 압축으로 인한 열 및 발열 수착의 결과로서 발생되는 열이다. 발생된 열의 양은 수착된 가스의 양에 직접적으로 좌우된다. 더 많은 가스가 수착 매질에 수착될수록, 더 많은 열이 발생된다. 고체 상에 가스의 수착 양이 증가할수록, 단위 시간당 수착되는 가스의 양으로 정의되는 수착 속도는 감소된다.

[0006] 또한, 탈착은 흡열 공정이며, 열은 가스가 저장 용기를 떠날 때 공급되어야 한다. 따라서 수착 매질이 있는 저장 용기를 사용하는 경우 열 관리가 매우 중요하다.

[0007] 표면적이 크기 때문에, 특히 금속-유기 골격구조 물질(MOF)은 가스 저장 분야에서 관심이 있다. 유리하게는, 분말 물질은 소형 성형체로 가공된다. 이들은 보다 편리하고 특히 더 안전한 방법으로 처리될 수 있다. 성형체는 장치 또는 용기에서 사용가능한 부피를 더 잘 활용하고 압력 강하를 감소시킨다. 성형체의 성공적인 사용을 위해서는 사전에 높은 수착 용량, 적절한 열적 및 기계적 안정성 및 높은 마모 저항이 필수 조건이다.

[0008] US 2009/0229555 A1은 저장 탱크 내에 복수의 브리켓 유닛을 포함하는 흡수 가스용 저장 시스템을 개시한다. 각 브리켓은 압축 가스-흡수 미립자 물질과 관련된 라이너 또는 개방형 용기를 포함할 수 있다. 상기 저장 시스템은 열을 공급하거나 제거하는 메커니즘을 제공한다. 상기 열 전달 메커니즘은 가스 및/또는 유체를 이송하기 위한 채널을 포함한다. 상기 채널은 브리켓 유닛을 통과할 수 있다.

[0009] US 8,100,151 B2는 설정 길이의 다각형 또는 곡선 형태로 제공되는 가스 흡수 매질을 기술한다. 추가적으로, 열 흡수 매질이 제공되어, 충전 중에 흡수제로부터 탱크의 외부로 개선된 열 전달을 가능하게 한다. 육각형 튜브는 연료 탱크의 반경 방향 또는 종 방향 축을 따라 설치된다. 내부에 가스 수착 매질을 갖는 튜브는 유사한 형상의 인접한 공간, 예를 들면 튜브와 설정된 상호 관계에서 설치되며, 상기 인접한 공간은 열 흡수 매질로 개방되거나 충전된다. 개방 공간은 별집 조립체에 의해 점유된 탱크의 전체 내부 부피 내에서 가스 순환을 허용하기 위해 제공된다. 중앙 열 교환기는 탱크의 내부에 나타낸다. 열 수착제 매질로 개방되거나 충전되는 수착제 및 스페이서 튜브의 조립체는 복수의 디스크로 형성될 수 있다.

[0010] 문헌 [Peng et al., Journal of the American Chemical Society (2013), 135 (32), pages 11887 to 11894]은 팩킹 밀도를 증가시키기 위해 웨이퍼 형상으로 압축되는 금속-유기 골격구조 물질을 개시한다.

[0011] 최신 기술로부터 공지된 저장 용기 및 성형체는 저장 용기의 내부에서 최대 저장 용량 및 효율적인 열 전달을 위해 충분히 최적화되지 않는다. 열 전달이 처리되는 경우, 저장 용기의 내부 부피의 많은 부분이 예를 들어

열 교환기와 같은 추가 장비에 의해 점유되고, 이는 추가 중량 및 에너지 소비는 물론 더 높은 건설 비용을 야기한다.

### 발명의 내용

- [0012] 본 발명의 목적은 최대 저장 용량, 합리적인 열 전달 특성 및 따라서 효과적인 충전 공정을 가능하게 하는 저장 용기 및 성형체를 제공하는 것이다. 또한, 성형체 및 저장 용기의 제조뿐만 아니라 저장 용기에서의 성형체의 조립에 요구되는 노력이 감소되어야 한다.
- [0013] 상기 목적은 다공성 고체의 성형체를 포함하는 저장 용기에 의해 달성되며, 상기 저장 용기는 하나 이상의 입구를 포함하는 섹션을 갖는 벽을 포함하고, 상기 저장 용기는 중심 축을 갖고, 상기 중심 축은 저장 용기의 종 방향 축 및/또는 하나 이상의 입구의 횡-단면적에 수직이며, 상기 성형체는 상기 저장 용기의 내부 부피의 85 % 이상, 바람직하게는 90 % 이상, 보다 바람직하게는 93 % 이상, 가장 바람직하게는 95 % 이상 점유하고, 상기 성형체는 축 방향으로 개구부를 포함하고, 축은 상기 저장 용기의 중심 축을 지칭하고, 상기 개구부는 상기 성형체의 제 1 단부로부터 상기 성형체의 대향하는 제 2 단부까지 확장되며, 상기 저장 용기는 일체로 형성된 정확히 하나의 성형체를 포함하는, 저장 용기에 의해 달성된다.
- [0014] 본 발명에 따르면, 저장 용기의 내부 부피는 최대 양의 가스를 저장하기 위해 다공성 고체를 제공하는데 최대로 이용되지만, 저장 용기에 여전히 요구되는 가스 유동이 가능하다. 상기 성형체의 제조 및 배치가 간단해진다.
- [0015] 상기 성형체의 크기는 상기 저장 용기의 치수와 일치한다. 상기 성형체는 저장 용기의 하나 이상의 입구의 연장 부에 바람직하게 위치하는 개구부에 의해 완전히 횡단된다. 따라서, 저장 용기에 진입하여 성형체에 도달하는 기체는 성형체의 제 1 단부로부터 성형체의 대향하는 제 2 단부까지 저장 용기 및 성형체 내로 더 전도될 수 있다.
- [0016] 모노리스(monolith)라고도 지칭되는 성형체는 일체형의 다공성 고체로 만들어진다. 상기 성형체의 형태는 다공성 고체로만 구성되며, 바람직하게는 다공성 물질을 모으기 위해 저장 용기에 추가의 컨테이너, 쉘(shell), 커버 또는 엔벨로프(envelope)가 필요하지 않다. 전형적으로, 분말 형태의 다공성 고체는 성형체의 형태로 가압된다.
- [0017] 본 발명과 관련하여, 저장 용기의 내부 부피는 저장 용기의 벽에 의해 둘러싸인 부피를 의미한다. 성형체에 의해 점유된 내부 부피의 비율이 높을수록, 가스의 수착을 위해 보다 많은 다공성 고체가 저장 용기에 제공될 수 있다.
- [0018] 본 발명에 따른 저장 용기는 바람직하게는 연료로서 사용가능한 가스를 저장하도록 제공된다. 상기 가스는 하나 이상의 입구를 통해 저장 용기 내로 공급된다. 저장 용기 내부의 가스는 충전 중에 다공성 고체 위로 압축되고 흡수되거나, 안으로 흡수된다. 압축 및 수착이 열을 발생시키므로 가스, 저장 용기 및 성형체가 가열된다. 저장 용기 내 온도 분포는 성형체 내부 및 주위의 유동 조건 및 열 전달 조건에 따라 좌우된다.
- [0019] 바람직한 실시양태에서, 성형체는 축 방향으로 중공 채널을 포함하고, 각 중공 채널의 횡-단면적은 개구부의 횡-단면적보다 작다. 상기 중공 채널의 내경은 충전 공정 중에 합리적인 압력 강하를 위해 바람직하게는 0.5 mm 내지 3 mm 범위이다. 바람직하게는, 모든 중공 채널의 횡-단면적의 합은 하나 이상의 입구의 횡-단면적보다 20 % 미만, 보다 바람직하게는 10 % 미만, 가장 바람직하게는 5 % 미만으로 작거나 크다. 인접한 중공 채널의 횡-단면적의 두 원주 사이의 최단 거리는 2 cm 미만, 보다 바람직하게는 0.8 내지 1.2 cm, 가장 바람직하게는 1 cm이다. 상기 중공 채널은 성형체 상에서 서로 동일한 거리로 균일하게 분포될 수 있다. 일반적으로 모든 패턴이 예를 들어 동심원인 것도 가능하다.
- [0020] 중공 채널에 의해, 유동 조건 및 열 전달뿐만 아니라 온도의 보다 균일한 분포가 저장 용기에서 달성될 수 있다.
- [0021] 사용가능한 설치 공간 및 저장 용기 내 최대 허용 압력에 따라 저장 용기에 상이한 횡-단면적, 예를 들어 원형, 타원형 또는 직사각형이 적합하다. 예를 들어 용기가 차체의 중공 공간에 장착될 때, 불규칙한 형상의 횡-단면적 또한 가능하다. 약 100 bar 초과의 고압의 경우, 원형 및 타원형의 횡단면이 특히 적합하다. 상기 저장 용기의 크기는 용도에 따라 다르다. 트럭의 탱크의 경우 약 50 cm의 저장 용기의 직경이 통상적이며, 자동차의 탱크의 경우 약 20 cm이다. 자동차의 경우 20 L 내지 40 L의 충전 용량이 제공되는 반면, 500 L 내지 3000 L 용량의 탱크는 트럭에서 찾을 수 있다. 통상적으로, 하나 이상의 입구의 직경은 용기의 직경보다 5 내지 10 배 만큼 작은 것이 바람직하다. 바람직하게는 입구의 직경은 50 cm보다 작고, 종종 저장 용기의 입구의 직경은 통

상 차량의 탱크에 적용되는 바와 같이 표준화된 크기를 갖는다.

- [0022] 성형체는 최단 신장 및 최단 신장을 갖되, 최단 신장은 최장 신장보다 작다. 바람직한 실시양태에서, 성형체의 최단 신장은 10 cm 내지 100 cm 범위이고, 성형체의 최장 신장은 20 cm 내지 300 cm 범위이다. 예를 들어 자동차에 대해 적용 가능한 추가 바람직한 실시양태에서, 성형체의 최장 신장은 20 cm 내지 120 cm, 보다 바람직하게는 70 cm 내지 90 cm이고, 성형체의 최단 신장은 10 cm 내지 60 cm, 보다 바람직하게는 30 cm 내지 50 cm이다. 예를 들어 트럭에 대해 적용 가능한 또 다른 추가 바람직한 실시양태에서, 성형체의 최장 신장은 100 cm 내지 300 cm, 보다 바람직하게는 150 cm 내지 200 cm 범위이고, 성형체의 최단 신장은 30 cm 내지 100 cm, 보다 바람직하게는 40 cm 내지 60 cm 범위이다.
- [0023] 추가 바람직한 실시양태에서, 저장 용기는 원통형 형상을 갖고, 또한 성형체는 원통형의 형태을 갖는다. 바람직하게는, 횡-단면도에서, 저장 용기의 원주의 형태는 성형체의 원주의 형태와 일치한다.
- [0024] 바람직하게는, 저장 용기는 500 bar 이하, 바람직하게는 1 bar 내지 400 bar 범위, 가장 바람직하게는 1 bar 내지 250 bar 범위의 압력에서 가스를 저장하기 위한 압력 용기이다. 일부 적용례의 경우 1 bar 내지 100 bar 범위가 가장 바람직하다.
- [0025] 추가 바람직한 실시양태에서, 저장 용기는 하나 이상의 출구를 포함하고, 하나 이상의 입구와 하나 이상의 출구는 모두 저장 용기의 벽의 동일한 섹션에 제공된다. 따라서, 하나 이상의 입구 및 하나 이상의 출구는 동일한 위치에 위치할 수 있고 하나의 구성 부품 또는 어댑터에 결합할 수 있다. 하나 이상의 입구 및 하나 이상의 출구의 밀접한 배치는 WO 2014/057416에 추가로 기술된 충전 중 플로-스루(flow-through) 방식을 설정하기에 특히 유리하다. 충전 중 플로-스루 방식의 경우, 충전 중 저장 탱크의 내부에 플로-스루가 형성되고, 가스 출구를 통한 저장 용기 밖으로의 가스 유량은 0 kg/h, 바람직하게는 50 kg/h, 보다 바람직하게는 100 kg/h를 초과한다.
- [0026] 저장 용기, 특히 저장 용기의 벽은 금속, 강철, 직물, 섬유, 플라스틱 또는 복합 물질과 같은 임의의 물질로 제조될 수 있다. 섬유 복합 물질 및 강철이 바람직하다. 저장 용기의 벽은 열 전달을 위한 열 교환기 매질을 포함하는 이중 벽으로 구성될 수 있다.
- [0027] 바람직하게는, 충전 중 300 kg/h의 가스 질량 유량에 대해 성형체의 개구부 직경은 5 mm 내지 7 mm, 예를 들어 6 mm이다. 바람직한 직경은 질량 유량의 제곱근에 따라 다르다. 바람직하게는, 상기 개구부의 최장 직경은 저장 용기의 반경 방향 횡-단면적의 최장 직경의 0.2 % 내지 20 % 범위이다. 추가 바람직한 실시양태에서, 성형체의 개구부는 저장 용기에 대하여 중앙에 및/또는 하나 이상의 입구와 일직선으로 배치된다.
- [0028] 일 실시양태에서, 반경 방향으로의 성형체의 외부 치수는 저장 용기의 벽의 치수와 일치하고 성형체의 원주는 저장 용기의 벽과 밀접하게 접촉한다.
- [0029] 바람직한 실시양태에서, 성형체가 없는 제 1 공극 공간은 저장 용기의 벽과 축 방향을 향하면서 하나 이상의 입구의 반대편을 향하는 성형체의 단면 사이에 제공되며, 상기 제 1 공극 공간은 상기 저장 용기의 내부 부피의 15 % 이하를 차지한다.
- [0030] 상기 제 1 공극 공간에서, 유입 가스는 개구부를 통해 전도된 후에 수집될 수 있다. 저장 용기가 또한 충전 중에 개방되는 출구를 또한 포함하는 경우, 가스의 일부는 성형체의 기공을 통해 또는 중공 채널을 통해 출구를 향하여 제 1 공극 공간으로부터 다시 유동할 수 있다.
- [0031] 추가 바람직한 실시양태에서, 하나 이상의 제 1 스페이서가 성형체의 단면 옆에 또는 위에 제공된다. 후자의 경우 하나 이상의 제 1 스페이서가 바람직하게는 저장 용기의 내벽 위에 제공된다. 상기 실시양태에서, 저장 용기의 내부를 향하는 벽은 평평하지는 않지만, 성형체와 접촉하고 유지하는 몇 개의 볼록면을 제공한다.
- [0032] 추가 바람직한 실시양태에서, 3 개 이상의 제 1 스페이서가 제공되고, 보다 바람직하게는 4 개의 제 1 스페이서가 제공된다. 보다 많은 제 1 스페이서가 제공될수록, 저장 용기의 벽을 향한 성형체의 기울어짐을 보다 잘 피할 수 있다.
- [0033] 성형체의 단면과 저장 용기의 벽 사이의 거리는 하나 이상의 제 1 스페이서의 높이에 의해 조정될 수 있으며, 높이는 바람직하게는 0.1 cm 내지 2 cm, 보다 바람직하게는 0.3 내지 1 cm 범위이다.
- [0034] 추가 바람직한 실시양태에서, 성형체가 없는 제 2 공극 공간이 저장 용기의 벽과 성형체의 주변 표면 사이에 제공되며, 상기 주변 표면은 중심축의 반경 방향을 향하고, 상기 제 2 공극 공간은 상기 저장 용기의 내부 부피의 10 % 이하를 차지한다.

- [0035] 제 1 공극 공간 내에서, 또한 제 2 공극 공간 내에서와 같이, 상기 가스는 현저한 방해 없이 유동할 수 있다. 따라서, 저장 용기에서의 열 전달이 개선된다. 이는 저장 용기의 중심에서 저장 용기의 벽으로의 열 전달에 특히 중요하며, 상기 용기에서 열은 예를 들어 이중 재킷에 의해 주변 환경으로부터 또는 주변 환경으로 보다 쉽게 전달될 수 있다.
- [0036] 추가 바람직한 실시양태에서, 1 개 이상의 제 2 스페이서가 성형체의 주변 표면 옆에 또는 위에 제공된다. 바람직하게는, 성형체는 성형 용기와 저장 용기의 벽 사이에서 일정한 폭을 갖는 슬롯(slot)을 생성하기 위해 3 개 이상의 제 2 스페이서, 보다 바람직하게는 4 개의 제 2 스페이서를 포함한다. 1 개 이상의 제 2 스페이서는 주변 표면의 여러 지점 상에서만 제공되고 슬롯이 성형체와 벽 사이에 제공되는 것을 보장하기 위해 성형체의 원주를 완전히 점유하지 않는다. 상기 슬롯을 통해 가스는 특별한 유동 저항 없이 유동할 수 있다. 제 2 스페이서의 존재는 WO 2014/057416에 따른 충전 공정의 경우에 특히 유리하다. 특히, 설정된 플로-스루에 의한 충전 공정이 적용될 때, 가스 흐름은 저장 용기의 하나 이상의 유입구로부터 저장 용기의 폐쇄된 단부로 및 또한 폐쇄된 단부로부터 하나 이상의 출구로 슬롯을 통해 유동할 수 있다. 본 발명의 범위 내에서, 폐쇄된 단부는 저장 용기가 수평 또는 수직으로 장착될 수 있기 때문에, 저장 용기의 나머지에 대하여 측면 또는 바닥에 위치할 수 있다. 수평 위치가 바람직하다.
- [0037] 1 개 이상의 제 2 스페이서 대신에, 성형체의 원주는 벽을 갖는 성형체의 주변 표면과 슬롯 사이의 접촉 면적이 교대됨으로 인한 불규칙한 형상을 가질 수 있다.
- [0038] 본 발명의 범위 내에서, 용어 "스페이서"는 한편으로는 성형체 또는 저장 용기의 벽에 추가로 부착되고, 성형체 또는 저장 용기의 벽 이외의 물질로 만들어지는 부분을 포함한다. 다른 한편으로는 성형체의 볼록 부 또는 저장 용기의 벽을 포함한다. 후자의 경우, 상기 스페이서는 성형체 또는 저장 용기 벽과 동일한 물질로 구성되며, 이들은 각각 성형체 또는 저장 용기의 벽과 일체로 연속적으로 형성된다. 상기 스페이서는 성형체의 가압과 동시에 하나의 공정 단계에서 형성될 수 있다. 바람직한 실시양태에서, 1 개 이상의 제 1 스페이서 및/또는 1 개 이상의 제 2 스페이서는 성형체와 일체로 형성된다.
- [0039] 추가 바람직한 실시양태에서, 다공성 고체는 활성탄, 제올라이트, 활성 알루미나, 실리카겔, 개방-기공 중합체 밸포체, 금속 수소화물, 금속-유기 골격구조(MOF) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된다.
- [0040] 금속-유기 골격구조는 일반적으로 2 자리 이상의 유기 화합물을 포함하며, 이는 금속 성분에 배위되고 상기 금속 성분과 함께 금속-유기 골격구조의 골격을 형성한다. 금속-유기 골격구조 물질은 예를 들어, US 5,648,508, EP-A-0 709 253, 문헌 [M. O' Keeffe et al., J. Sol. State Chem., 152 (2000), pages 3-20, H. Li et al., Nature 402 (1999), pages 276 seq., M. Eddaoudi et al. Topics in Catalysis 9 (1999), pages 105-111, B. Chen et al., Science 291 (2001), pages 1021-1023]에 기술되어있다.
- [0041] 본 발명에 따른 골격구조 내의 금속 성분은 바람직하게는 주기율표의 Ia, IIa, IIIa, IVa 내지 VIIa 및 Ib 내지 VIIb 족으로부터 선택된다. 특히 바람직하게는 Mg, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, Ln, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, Fe, Ro, Os, Co, Rh Al, Ga, In, Tl, Si, Ge, Sn, Pb, As, Sb 및 Bi이고, 여기서, Ln은 란탄족을 나타낸다.
- [0042] 란탄족은 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, En, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb이다.
- [0043] 이들 원소의 이온에 관해서는 특히  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Sc^{3+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $Ln^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Zr^{4+}$ ,  $Hf^{4+}$ ,  $V^{4+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $V^{2+}$ ,  $Nb^{3+}$ ,  $Ta^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mo^{3+}$ ,  $W^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Re^{3+}$ ,  $Re^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ru^{3+}$ ,  $Ru^{2+}$ ,  $Os^{3+}$ ,  $Os^{2+}$ ,  $Co^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Rh^{2+}$ ,  $Rh^{+}$ ,  $Ir^{2+}$ ,  $Ir^{+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Ni^{+}$ ,  $Pd^{2+}$ ,  $Pd^{+}$ ,  $Pt^{2+}$ ,  $Pt^{+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cu^{+}$ ,  $Ag^{+}$ ,  $Au^{+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $Tl^{3+}$ ,  $Si^{4+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Ge^{4+}$ ,  $Ge^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Pb^{4+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $As^{5+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{+}$ ,  $Bi^{5+}$ ,  $Bi^{3+}$  및  $Bi^{+}$ 가 언급될 수 있다.
- [0044] Mg, Ca, Al, Y, Sc, Zr, Ti, V, Cr, Mo, Fe, Co, Cu, Ni, Zn, Ln이 매우 특히 바람직하다. Mg, Zr, Ni, Al, Mo, Y, Sc, Mg, Fe, Cu 및 Zn이 보다 바람직하다. 특히, Mg, Fe, Zr, Sc, Al, Cu 및 Zn이 바람직하다. 본원에서 매우 특히 언급되는 것은 Mg, Zr, Al, Cu 및 Zn이다.
- [0045] 용어 "2 자리 이상의 유기 화합물"은 제시된 금속 이온에 2 개 이상의 배위 결합을 형성할 수 있고/있거나 2 개 이상, 바람직하게는 2 개의 금속 원자 각각에 하나의 배위 결합을 형성할 수 있는 하나 이상의 작용기를 포함하는 유기 화합물을 의미한다.

- [0046] 전술한 배위 결합이 형성되는 작용기로서, 예를 들어 하기 작용기가 언급될 수 있다:  $-CO_2H$ ,  $-CS_2H$ ,  $-NO_2$ ,  $-B(OH)_2$ ,  $-SO_3H$ ,  $-Si(OH)_3$ ,  $-Ge(OH)_3$ ,  $-Sn(OH)_3$ ,  $-Si(SH)_4$ ,  $-Ge(SH)_4$ ,  $-Sn(SH)_3$ ,  $-PO_3H$ ,  $-AsO_3H$ ,  $-AsO_4H$ ,  $-P(SH)_3$ ,  $-As(SH)_3$ ,  $-CH(RSH)_2$ ,  $-C(RSH)_3$ ,  $-CH(RNH_2)_2$ ,  $-C(RNH_2)_3$ ,  $-CH(ROH)_2$ ,  $-C(ROH)_3$ ,  $-CH(RCN)_2$ ,  $-C(RCN)_3$ , 여기서 R은 예를 들어 바람직하게는 1, 2, 3, 4 또는 5 개의 탄소 원자를 갖는 알킬렌 기, 예를 들어 메틸렌, 에틸렌, n-프로필렌, i-프로필렌, n-부틸렌, i-부틸렌, 3차-부틸렌 또는 n-펜틸렌 기 또는 1 또는 2 개의 방향족 고리, 예를 들어 2 개의  $C_6$  고리를 포함하는 아릴 기이며, 고리는 선택적으로 융합될 수 있고, 서로 독립적으로 각각의 경우에서 하나 이상의 치환기로 적절하게 치환될 수 있고/있거나 서로 독립적으로 각각의 경우에 N, O 및/또는 S와 같은 하나 이상의 혼테로원자를 포함할 수 있다. 마찬가지로 바람직한 실시양태에서, 작용기는 전술한 라디칼 R이 존재하지 않을 수 있다. 이와 관련하여, 특히  $-CH(SH)_2$ ,  $-C(SH)_3$ ,  $-CH(NH_2)_2$ ,  $-C(NH_2)_3$ ,  $-CH(OH)_2$ ,  $-C(OH)_3$ ,  $-CH(CN)_2$  또는  $-C(CN)_3$ 가 언급될 수 있다.
- [0047] 그러나, 상기 작용기는 또한 혼테로고리의 혼테로원자일 수 있다. 특히 질소 원자가 언급될 수 있다.
- [0048] 2 개 이상의 작용기는 원칙적으로 상기 작용기를 갖는 유기 화합물이 배위 결합을 형성하고 골격구조를 생성할 수 있는 한 임의의 적합한 유기 화합물에 결합될 수 있다.
- [0049] 2 개 이상의 작용기를 포함하는 유기 화합물은 바람직하게는 포화 또는 불포화 지방족 화합물 또는 방향족 화합물 또는 지방족 및 방향족 화합물 둘 모두로부터 유도된다.
- [0050] 지방족 화합물 또는 지방족 및 방향족 화합물 둘 모두의 지방족 부분은 선형 및/또는 분지형 및/또는 고리형일 수 있으며, 화합물 당 복수의 고리도 가능하다. 지방족 화합물 또는 지방족 및 방향족 화합물 둘 모두의 지방족 부분은 보다 바람직하게는 1 내지 15 개, 보다 바람직하게는 1 내지 14 개, 보다 바람직하게는 1 내지 13 개, 보다 바람직하게는 1 내지 12 개, 보다 바람직하게는 1 내지 11 개, 특히 바람직하게는 1 내지 10 개의 탄소 원자, 예를 들어 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 또는 10 개의 탄소 원자를 포함한다. 특히 메탄, 아다만탄, 아세틸렌, 에틸렌 또는 부타다이엔이 특히 바람직하다.
- [0051] 방향족 화합물 또는 방향족 및 지방족 화합물 둘 모두의 방향족 부분은 1 개 이상의 고리, 예를 들어 2 개, 3 개, 4 개 또는 5 개의 고리를 가질 수 있고, 상기 고리는 서로 분리되어 존재할 수 있고/있거나 2 개 이상의 고리는 융합된 형태로 존재할 수 있다. 방향족 화합물 또는 지방족 및 방향족 화합물 둘 모두의 방향족 부분은 특히 바람직하게는 1, 2 또는 3 개의 고리를 가지며, 1 또는 2 개의 고리가 특히 바람직하다. 또한, 상기 화합물의 각 고리는 독립적으로 하나 이상의 혼테로원자, 예를 들어 N, O, S, B, P, Si, Al, 바람직하게는 N, O 및/또는 S를 포함할 수 있다. 방향족 화합물 또는 방향족 및 지방족 화합물 둘 모두의 방향족 부분은 보다 바람직하게는 하나 또는 두 개의  $C_6$  고리를 포함하며, 이들 2 개는 서로 분리되거나 융합된 형태로 존재한다. 특히, 방향족 화합물로서 벤젠, 나프탈렌 및/또는 바이페닐 및/또는 바이페리딜 및/또는 페리딜이 언급될 수 있다.
- [0052] 보다 바람직하게는 2 자리 이상의 유기 화합물은 1 내지 18 개, 바람직하게는 1 내지 10 개, 특히 6 개의 탄소 원자를 갖는 지방족 또는 방향족, 비고리 또는 고리 탄화수소이며, 추가적으로 작용기로서 2, 3 또는 4 개의 카복실기만을 갖는다.
- [0053] 하나 이상의, 2 자리 이상의 유기 화합물은 바람직하게는 다이카복실산, 트라이카복실산 또는 테트라카복실산으로부터 유도된다.
- [0054] 예를 들어, 2 자리 이상의 유기 화합물은 다이카복실산, 예를 들어 옥살산, 숙신산, 타르타르산, 1,4-부탄다이카복실산, 1,4-부텐다이카복실산, 4-옥소피란-2,6-다이카복실산, 1,6-헥산다이카복실산, 데칸다이카복실산, 1,8-헵타데칸다이카복실산, 1,9-헵타데칸다이카복실산, 헵타데칸다이카복실산, 아세틸랜다이카복실산, 1,2-벤젠다이카복실산, 1,3-벤젠다이카복실산, 2,3-피리딘다이카복실산, 피리딘-2,3-다이카복실산, 1,3-부타다이엔-1,4-다이카복실산, 1,4-벤젠다이카복실산, p-벤젠다이카복실산, 이미다졸-2,4-다이카복실산, 2-메틸퀴놀린-3,4-다이카복실산, 퀴놀린-2,4-다이카복실산, 퀴녹살린-2,3-다이카복실산, 6-클로로퀴녹살린-2,3-다이카복실산, 4,4'-다이아미노페닐메탄-3,3'-다이카복실산, 퀴놀린-3,4-다이카복실산, 7-클로로-4-하이드록시퀴놀린-2,8-다이카복실산, 다이아미드다이카복실산, 피리딘-2,6-다이카복실산, 2-메틸이미다졸-4,5-다이카복실산, 싸이오펜-3,4-다이카복실산, 2-아이소프로필이미다졸-4,5-다이카복실산, 테트라하이드로페란-4,4-다이카복실산, 페릴렌-3,9-다이카복실산, 페릴랜다이카복실산, 프루리올(Pluriol) E 200-다이카복실산, 3,6-다이옥사옥탄다이카복실산, 3,5-사이클로헥사다이엔-1,2-다이카복실산, 옥탄다이카복실산, 펜탄-3,3-다이카복실산, 4,4'-다이아미노-1,1'-바이페

닐-3,3'-다이카복실산, 4,4'-다이아미노바이페닐-3,3'-다이카복실산, 벤지딘-3,3'-다이카복실산, 1,4-비스(페닐아미노)벤젠-2,5-다이카복실산, 1,1'-바이나프틸-다이카복실산, 7-클로로-8-메틸퀴놀린-2,3-다이카복실산, 1-아닐리노안트라퀴논-2,4'-다이카복실산, 폴리테트라하이드로퓨란 250-다이카복실산, 1,4-비스(카복시메틸)피페라진-2,3-다이카복실산, 7-클로로퀴놀린-3,8-다이카복실산, 1-(4-카복시)페닐-3-(4-클로로)페닐피라졸린-4,5-다이카복실산, 1,4,5,6,7,7-헥사클로로-5-노보넨-2,3-다이카복실산, 페닐인단다이카복실산, 1,3-다이벤질-2-옥소이미다졸리딘-4,5-다이카복실산, 1,4-사이클로헥산-다이카복실산, 나프탈렌-1,8-다이카복실산, 2-벤조일벤젠-1,3-다이카복실산, 1,3-다이벤질-2-옥소이미다졸리딘-4,5-시스-다이카복실산, 2,2'-바이퀴놀린-4,4<sup>1</sup>-다이카복실산, 피리딘-3,4-다이카복실산, 3,6,9-트라이옥사운데칸다이카복실산, 하이드록시벤조페논다이카복실산, 프루리올 E 300-다이카복실산, 프루리올 E 400-다이카복실산, 프루리올 E 600-다이카복실산, 피라졸-3,4-다이카복실산, 2,3-피라진다이카복실산, 5,6-다이메틸-2,3-피라진다이카복실산, 4,4'-다이아미노(다이페닐 에테르)다이이미드다이카복실산, 4,4'-다이아미노다이페닐메탄다이이미드다이카복실산, 4,4'-다이아미노(다이페닐 세론)다이이미드다이카복실산, 1,4-나프탈렌다이카복실산, 2,6-나프탈렌다이카복실산, 1,3-아다만탄다이카복실산, 1,8-나프탈렌다이카복실산, 2,3-나프탈렌다이카복실산, 8-메톡시-2,3-나프탈렌다이카복실산, 8-나이트로-2,3-나프탈렌다이카복실산, 8-설포-2,3-나프탈렌다이카복실산, 안트라센-2,3-다이카복실산, 2',3'-다이페닐-p-터페닐-4,4"-다이카복실산, (다이페닐 에테르)-4,4'-다이카복실산, 이미다졸-4,5-다이카복실산, 4(1H)-옥소싸이오크로멘-2,8-다이카복실산, 5-3차-부틸-1,3-벤젠파이카복실산, 7,8-퀴놀린-다이카복실산, 4,5-이미다졸다이카복실산, 4-사이클로헥센-1,2-다이카복실산, 헥사트라이아콘탄다이카복실산, 테트라데칸다이카복실산, 1,7-헵탄-다이카복실산, 5-하이드록시-1,3-벤젠파이카복실산, 2,5-다이하이드록시-1,4-다이카복실산, 피라진-2,3-다이카복실산, 퓨란-2,5-다이카복실산, 1-노넨-6,9-다이카복실산, 에이코센다이카복실산, 4,4'-다이하이드록시다이페닐메탄-3,3'-다이카복실산, 1-아미노-4-메틸-9,10-다이옥소-9,10-다이하이드로안트라센-2,3-다이카복실산, 2,5-피리딘다이카복실산, 사이클로헥센-2,3-다이카복실산, 2,9-다이클로로플루오루빈-4,11-다이카복실산, 7-클로로-3-메틸퀴놀린-6,8-다이카복실산, 2,4-다이클로로벤조페논-2',5'-다이카복실산, 1,3-벤젠파이카복실산, 2,6-피리딘다이카복실산, 1-메틸피롤-3,4-다이카복실산, 1-벤질-1H-피롤-3,4-다이카복실산, 안트라퀴논-1,5-다이카복실산, 3,5-피라졸다이카복실산, 2-나이트로벤젠-1,4-다이카복실산, 헵탄-1,7-다이카복실산, 사이클로부탄-1,1-다이카복실산 1,14-테트라데칸다이카복실산, 5,6-디하이드로노보네인-2,3-다이카복실산, 5-에틸-2,3-파리딘다이카복실산 또는 캄페디아카복실산으로부터 유도된다.

[0055] 또한, 2 자리 이상의 유기 화합물은 보다 바람직하게는 상기 예에 언급된 다이카복실산 중 하나이다.

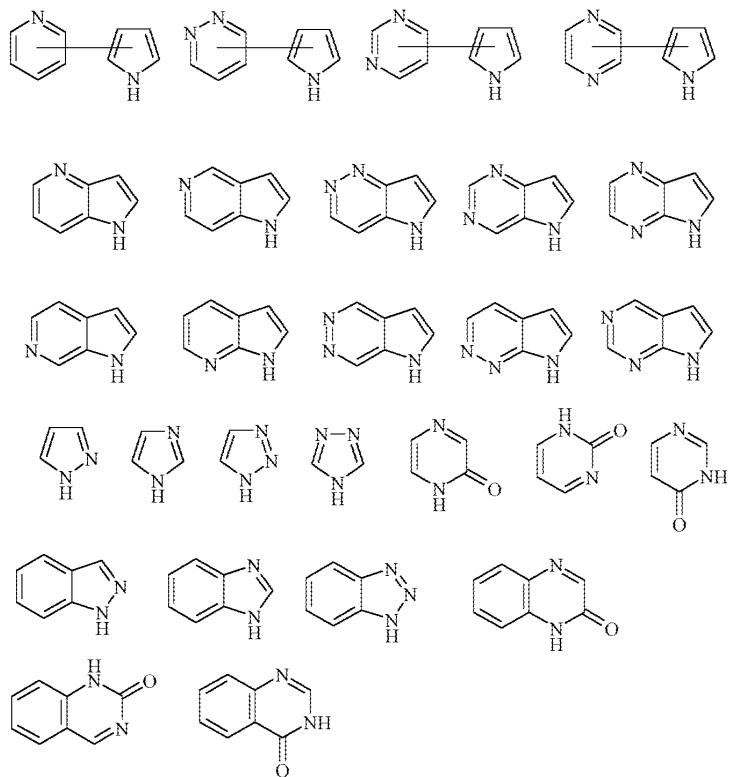
[0056] 2 자리 이상의 유기 화합물은 예를 들어, 2-하이드록시-1,2,3-프로판트라이카복실산, 7-클로로-2,3,8-퀴놀린트라이카복실산, 1,2,3-, 1,2,4-벤젠틴트라이카복실산, 1,2,4-부탄트라이카복실산, 2-포스포노-1,2,4-부탄트라이카복실산, 1,3,5-벤젠틴트라이카복실산, 1-하이드록시-1,2,3-프로판트라이카복실산, 4,5-다이하이드로-4,5-다이옥소-1H-피롤로[2,3-F]퀴놀린-2,7,9-트라이카복실산, 5-아세틸-3-아미노-6-메틸벤젠-2-카복실산, 1,2,3-트라이카복실산, 3-아미노-5-벤조일-6-메틸벤젠-1,2,4-트라이카복실산, 1,2,3-프로판트라이카복실산 또는 아우린트라이카복실산으로부터 유도된다.

[0057] 또한, 2 자리 이상의 유기 화합물은 보다 바람직하게는 상기 예에 언급된 트라이카복실산 중 하나이다.

[0058] 테트라카복실산으로부터 유도된 2 자리 이상의 이상의 유기 화합물의 예는, 1,1-다이옥시도페릴로[1,12-BCD]싸이오펜-3,4,9,10-테트라카복실산, 페릴렌테트라카복실산, 예를 들어 페릴렌-3,4,9,10-테트라카복실산 또는 (페릴렌-1,12-셀론)-3,4,9,10-테트라-카복실산, 1,2,3,4-부탄테트라카복실산 또는 메조-1,2,4-테트라카복실산, 데칸-2,4,6,8-테트라카복실산, 1,4,7,10,13,16-헥사옥사사이클로옥타데칸-2,3,11,12-테트라카복실산, 1,2,4,5-벤젠텐트라이카복실산, 1,2,11,12-도데칸테트라카복실산, 1,2,5,6-헥산테트라카복실산, 1,2,7,8-옥탄테트라카복실산, 1,4,5,8-나프탈렌테트라카복실산, 1,2,9,10-데칸테트라카복실산, 벤조페논테트라카복실산, 3,3',4,4'-벤조페논테트라카복실산, 테트라하이드로-퓨란테트라카복실산 또는 사이클로펜탄테트라카복실산, 예를 들어 사이클로펜탄-1,2,3,4-테트라카복실산펜탄이다.

[0059] 또한, 2 자리 이상의 유기 화합물은 보다 바람직하게는 상기 예에 언급된 테트라카복실산 중 하나이다.

[0060] 배위 결합이 고리 헤테로원자를 통해 형성되는 2 자리 이상의 유기 화합물로서 바람직한 헤테로사이클은 하기의 치환 또는 비치환된 고리 시스템이다:



[0061]

[0062]

선택적으로 1, 2, 3, 4 개 또는 그 이상의 고리를 가질 수 있는, 하나 이상의 일 치환된 방향족 다이카복실산, 트라이카복실산 또는 테트라카복실산을 사용하는 것이 매우 특히 바람직하며, 각각의 고리는 하나 이상의 헤테로원자를 포함할 수 있고, 2 개 이상의 고리는 동일하거나 상이한 헤테로원자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 1-고리 다이카복실산, 1-고리 트라이카복실산, 1-고리 테트라카복실산, 2-고리 다이카복실산, 2-고리 트라이카복실산, 2-고리 테트라카복실산, 3-고리 다이카복실산, 3-고리 테트라카복실산, 4-고리 다이카복실산, 4-고리 트라이카복실산 및/또는 4-고리 테트라카복실산이 바람직하다. 적합한 헤테로원자는 예를 들어 N, O, S, B, P이고 바람직한 헤테로원자는 N, S 및/또는 O이다. 본원에서 적합한 치환기는 특히 -OH, 나이트로 기, 아미노기 또는 알킬 또는 알콕시 기이다.

[0063]

특히 바람직한 2 자리 이상의 유기 화합물은 이미다졸레이트, 예를 들어 2-메틸이미다졸레이트, 아세틸렌다이카복실산(ADC), 캄페디아카복실산, 푸마르산, 숙신산, 프탈산, 아이소프탈산, 테레프탈산(BDC), 아미노테레프탈산, 트라이에틸렌다이아민(TEDA), 메틸글라이신다이아세트산(MGDA), 나프탈렌다이카복실산(NDC), 바이페닐다이카복실산, 예를 들어 4,4'-바이-페닐다이카복실산(BPDC), 피라진다이카복실산, 예를 들어 2,5-피라진다이카복실산, 바이페리딘다이카복실산, 예를 들어 2,2'-바이페리딘다이카복실산, 예를 들어 2,2'-바이페리딘-5,5'-다이카복실산, 벤젠트라이카복실산, 예를 들어 1,2,3-, 1,2,4-벤젠트라이카복실산 또는 1,3,5-벤젠트라이카복실산(BTC), 벤젠테트라카복실산, 아다만탄테트라카복실산(ATC), 아다만탄다이벤조에이트(ADB), 벤젠틴라이벤조에이트(BTB), 메탄테트라아세토아세테이트(MTB), 아다만탄테트라벤조에이트 또는 다이하이드록시테레프탈산, 예를 들어 2,5-다이하이드록시테레프탈산(DHBDC), 테트라하이드로페レン-2,7-다이카복실산(HPDC), 바이페닐테트라카복실산(BPTC), 1,3-비스(4-페리딜)프로판(BPP)이다.

[0064]

특히 2-메틸이미다졸, 2-에틸이미다졸, 프탈산, 아이소프탈산, 테레프탈산, 2,6-나프탈렌다이카복실산, 1,4-나프탈렌다이카복실산, 1,5-나프탈렌다이카복실산, 1,2,3-벤젠트라이카복실산, 1,2,4-벤젠트라이카복실산, 1,3,5-벤젠트라이카복실산, 1,2,4,5-벤젠테트라카복실산, 아미노BDC, TEDA, 푸마르산, 바이페닐다이카복실레이트, 1,5- 및 2,6-나프탈렌다이카복실산, 3차-부틸아이소프탈산, 다이하이드록시벤조산, BTB, HPDC, BPTC, BPP, 푸마르산이 매우 특히 바람직하다.

[0065]

이들 2 자리 이상의 유기 화합물 외에도, 금속-유기 골격구조는 다이카복실산, 트라이카복실산 또는 테트라카복실산으로부터 유도되지 않는 하나 이상의 단일 자리 리간드 및/또는 하나 이상의 2 자리 이상의 리간드를 포함할 수 있다.

[0066]

본 발명의 목적을 위해, 용어 "유도된"은 하나 이상의, 2 자리 이상의 유기 화합물이 부분적으로 또는 완전히

탈양자화된 형태로 존재한다는 것을 의미한다. 또한, 용어 "유도된"은 하나 이상의 2 자리 이상의 유기 화합물이 추가 치환체를 가질 수 있음을 의미한다. 따라서, 다이카복실산 또는 폴리카복실산은 카복실산 작용기뿐만 아니라 아미노, 하이드록실, 메톡시, 할로겐 또는 메틸기와 같은 하나 이상의 독립적인 치환체를 가질 수 있다. 추가 치환체가 존재하지 않는 것이 바람직하다. 본 발명의 목적을 위해, 용어 "유도된"은 또한 카복실산 작용기가 황 유사체로서 존재할 수 있음을 의미한다. 황 유사체는  $-C(=O)SH$  및 이의 토토머 및  $C(S)SH$ 이다.

[0067] 보다 더 바람직하게는, 하나 이상의, 2 자리 이상의 유기 화합물은 푸마르산(FUM), 테레프탈산(BDC), 벤젠 트라이카복실레이트(BTC, 트리메스산으로도 공지됨), 2-메틸이미다졸 및 벤젠 트라이벤조에이트(BTB)로 이루어진 군으로부터 선택되고/되거나 하나 이상의 금속 이온은 Mg, Zr, Zn, Cu 및 Al(보다 바람직하게는 Zn, Cu 및 Al)로 이루어진 금속의 군으로부터 선택되는 이온이다.

[0068] 두 가지 옵션을 조합하는 용어 "및/또는"은 제 1 옵션 또는 제 2 옵션 또는 제 1 및 제 2 옵션 둘 모두를 의미한다.

[0069] 적합한 금속-유기 골격구조 물질의 예는 구리-1,3,5-BTC, 알루미늄, 푸마레이트, 아연 벤젠 트라이벤조에이트, 아연 2-메틸이미다졸레이트이다.

[0070] 금속-유기 골격구조의 기공 크기는 적합한 유기 리간드 및/또는 링커(linker)로도 불리는 2 자리 화합물을 선택하여 조절할 수 있다. 일반적으로, 링커가 클수록 기공 크기가 크다. 호스트의 부재 하, 및 200 °C 이상의 온도에서 금속-유기 골격구조에 의해 여전히 지지되는 임의의 기공 크기가 상정될 수 있다. 0.2 nm 내지 30 nm 범위의 기공 크기가 바람직하고, 0.3 nm 내지 3 nm 범위의 기공 크기가 특히 바람직하다.

[0071] 금속-유기 골격구조는 기공, 특히 미세 기공 또는 중간 기공을 포함한다. 미세 기공은 2 nm 이하의 직경을 갖는 기공으로 정의되고, 중간 기공은 2 내지 50 nm의 범위의 직경으로 정의된다(Pure & Appl. Chem. 57 (1985) 603-619). 미세 기공 및/또는 중간 기공의 존재는 DIN 66134:1998-2와 부합되게 77 켈빈에서 질소에 대한 금속-유기 골격구조의 흡수 용량을 결정하는 수학 측정에 의해 확인할 수 있다.

[0072] WO-A 2003/102000은 금속-유기 골격구조 분말의, 압력 저항이 2 내지 100 N 범위인 펠렛과 같은 성형체로의 전환을 일반적인 용어로 기술한다. 실시예에서, 압력 저항이 10 N인 펠렛이 편심 프레스에 의해 제조되었다.

[0073] 성형체를 형성하는 몇몇 경로가 존재하는데, 그 중에는 분체 물질 단독으로 또는 결합제 및/또는 다른 구성 요소와 조합하여, 예를 들어 펠렛화하여 성형체 내에 몰딩하는 것이 있다. 본 발명의 문맥에서, 용어 "몰딩"은 당업자에게 공지된 임의의 공정을 지칭하고, 이에 의해 다공성 물질, 즉 임의의 분말, 분말 물질, 결정자의 집합체 등은 의도된 용도 조건 하에서 안정한 성형체로 형성될 수 있다.

[0074] 성형체로 몰딩하는 단계는 필수적이지만 다음 단계는 선택적이다. 상기 몰딩은 혼합 단계가 선행될 수 있다. 상기 몰딩은 예를 들어 용매, 결합제 또는 다른 추가 물질을 첨가하여 페이스트-상 덩어리 또는 다공성 물질을 함유하는 유체를 제조하는 단계가 선행될 수 있다. 몰딩은 피니싱 단계, 특히 건조 단계를 수반할 수 있다.

[0075] 몰딩, 성형 또는 형성 단계는 분말, 혼탁액 또는 페이스트-상 덩어리의 응집을 탈성하기 위해 당업자에게 공지된 임의의 방법에 의해 달성될 수 있다. 이러한 방법은 예를 들어 문헌 [Ullmann's Enzylopädie der Technischen Chemie, 4th Edition, Vol. 2, p. 313 et seq., 1972]에 기술되어 있으며, 이의 각각의 내용은 본원에 참조로 포함된다.

[0076] 일반적으로 하기 주 경로가 있다: 브리켓팅(briquetting) 또는 정제화(즉 결합제 및/또는 다른 첨가제가 있거나 없는 분말 물질의 기계적 가압), 과립화(펠렛화)(즉 습윤 분말 물질의 회전 운동에 의한 압축(compacting)) 및 소결(즉 압축될 물질에 열 처리를 가함). 후자는 유기 물질의 제한된 온도 안정성으로 인해 본 발명에 따른 물질에 제한된다.

[0077] 구체적으로는, 본 발명의 몰딩 단계는 바람직하게는 하기 군으로부터 선택된 하나 이상의 방법을 사용하여 수행된다: 피스톤 프레스에 의한 브리켓팅, 롤러 프레스에 의한 브리켓팅, 결합제가 없는 브리켓팅, 결합제가 있는 브리켓팅, 펠렛화, 배합, 용융, 압출, 공-압출, 스피닝, 중착, 발포, 분무, 건조, 코팅, 과립화, 특히 플라스틱의 공정 내에서 공지된 임의의 방법에 따른 분무 과립화 또는 과립화, 또는 전술한 방법 중 2 가지 이상의 임의의 조합. 브리켓팅 및/또는 펠렛화가 특히 바람직하다.

[0078] 다공성 물질을 포함하는 혼합물은 집중 믹서, 회전 플레이트, 정립기 및 당업자에게 공지된 임의의 다른 장치에서 제조될 수 있다. 바람직한 믹서는 집중 믹서, 회전 플레이트, 볼 포머(ball former) 및 정립기로 이루어진

군으로부터 선택된다.

[0079] 물딩은 고온, 예를 들면 실온 내지 300 °C의 범위, 및/또는 초대기압, 예를 들어 대기압 내지 수백 bar의 범위, 및/또는 보호 가스 대기, 예를 들어, 하나 이상의 희가스, 질소, 바람직하게는 45 % 미만의 상대 습도를 갖는 건조한 공기 또는 이들의 둘 이상의 혼합물의 존재 하에 실행될 수 있다. 상기 성형체는 예를 들어 엑센터 프레스(excenter press)에서 형성될 수 있다. 압축 힘은 바람직하게는 1 kN 내지 3000 kN, 보다 바람직하게는 1 kN 내지 300 kN, 가장 바람직하게는 10 kN 내지 150 kN이다. 보다 높은 힘의 경우, 성형체의 투과성이 불필요하게 감소되고, 보다 작은 힘의 경우 안정된 성형체가 수득되지 않는다. 성형체가 작을수록 적용되는 힘을 보다 높게 선택할 수 있다.

[0080] 바람직하게는, 성형체는 100 bar 내지 1000 bar, 보다 바람직하게는 400 bar 내지 600 bar 범위의 가압 압력으로 제조된다. 적용되는 가압은 압축을 위한 상부 편치를 포함할 수 있거나 상부 편치 및 하부 편치를 갖는 양측면으로부터 압축될 수 있다. 또한, 가압은 다공성 고체의 손상을 피하기 위해 진공 하에서 수행될 수 있다.

[0081] 물딩 단계는 결합제, 윤활제 및/또는 응집될 물질을 안정화시키는 다른 첨가 물질의 존재 하에 수행될 수 있다. 하나 이상의 선택적인 결합제로서, 함께 물딩될 입자들 사이의 접착을 촉진시키기 위해 전문가에게 공지된 임의의 물질이 사용될 수 있다. 결합제, 유기 점도-증진 화합물 및/또는 물질을 페이스트로 전환시키기 위한 액체가 분말 물질에 첨가될 수 있으며, 혼합물을 이어서 압축된다.

[0082] 적합하게는, 결합제, 윤활제 또는 첨가제는 예를 들어, WO 94/29408에 기술된 바와 같은 알루미늄 옥사이드 또는 알루미늄 옥사이드를 포함하는 결합제, 예를 들어 EP 0 592 050 A1에 기술된 바와 같은 실리콘 다이옥사이드 및 예를 들어 WO 94/13584에 기술된 바와 같은 알루미늄 옥사이드, 예를 들어 JP 03-037156 A에 기술된 바와 같은 점토 광물, 예를 들어 몬트모릴로나이트, 카올린, 벤토나이트, 할로사이트, 디카이트, 네크라이트 및 아노크사이트(anauxite), 예를 들어 EP 0 102 544 B1에 기술된 바와 같은 알록시실란, 예를 들어 테트라알록시실란, 예컨대 테트라에톡시실란, 테트라에폭시실란, 테트라부톡시실란, 또는 예를 들어 트라이메톡시실란, 트라이에톡시실란, 트라이프로폭시실란, 트라이부톡시실란, 알록시티타네이트, 예를 들어 테트라알록시티타네이트, 예컨대 테트라메톡시티타네이트, 테트라에톡시티타네이트, 테트라프로폭시티타네이트, 트라이부톡시티타네이트 또는 예를 들어 트라이알록시티타네이트, 예컨대 트라이메톡시티타네이트, 트라이부톡시티타네이트, 트라이프로폭시티타네이트, 트라이부톡시지르코네이트, 예컨대 테트라알록시지르코네이트, 예컨대 테트라메톡시지르코네이트, 예컨대 트라이알록시지르코네이트, 예컨대 트라이메톡시지르코네이트, 트라이에톡시지르코네이트, 트라이프로폭시지르코네이트, 트라이부톡시지르코네이트, 실리카 솔, 양쪽성 물질, 구리, 그래파이트, 아스코빌 팔미테이트, 확장된 천연 그래파이트(ENG), 실리콘 카바이드, 폴리사카라이드, 지방산, 아실 실리콘 수지, 금속-유기 골격구조(층 조성을 가짐), 또는 이들의 혼합물이다.

[0083] 적합한 결합제는 예를 들어 푸랄(Pural)® SB(산화 알루미늄), 루독스(Ludox)® AS 40(콜로이드성 실리카) 또는 실레스(Silres)® MSE100(메틸 및 메톡시 그룹 함유 폴리실록산)과 같은 상품명 하에 시판 중이다.

[0084] 바람직한 결합제, 윤활제 또는 첨가제는 그래파이트, 스테아르 산, 마그네슘 스테아레이트, 구리 소판, 실리콘 카바이드, 확장된 천연 그래파이트(ENG), 아스 코르빌 팔미테이트, 예를 들어 주소플라스्ट(Zusoplast) PS1로서 상업적으로 입수 가능한 폴리사카라이드, 예를 들어 푸랄 SB로서 상업적으로 입수 가능한 알루미늄 옥사이드 또는 이들의 혼합물이다.

[0085] 바람직한 실시양태에서, 성형체는 무기 산화물, 점토, 콘크리트 및 그래파이트로부터 선택되는 결합제 및/또는 윤활제를 1 중량% 이상 포함한다. 바람직하게는, 성형체는 결합제 및/또는 윤활제를 10 중량% 미만으로 포함하고, 가장 바람직하게는, 성형체는 결합제 및/또는 윤활제를 1.5 중량% 내지 5 중량%, 가장 바람직하게는 2.5 중량% 내지 3.5 중량%로 포함한다. 대안적으로는, 결합제 또는 윤활제를 사용하지 않는다.

[0086] 사용될 수 있는 추가의 첨가제는 특히 아민 또는 아민 유도체, 예컨대 테트라알킬암모늄 화합물 또는 아미노 알코올 및 카보네이트-포함 화합물, 예를 들어 칼슘 카보네이트이다. 이러한 추가의 첨가제는 예를 들어 EP 0 389 041 A1, EP 0 200 260 A1 또는 WO 95/19222에 기술되어있다. 또한, 기공-형성제, 예를 들어 유기 중합체, 바람직하게는 메틸셀룰로스, 폴리에틸렌 옥사이드 또는 이들의 혼합물을 첨가할 수 있다. 바람직하게는, 성형체는 추가의 첨가제 1 중량% 내지 50 중량%, 보다 바람직하게는 3 중량% 내지 20 중량%를 포함한다. 대안적으로

로, 추가의 첨가제를 사용하지 않는다.

[0087] 추가 바람직한 실시양태에서, 저장 용기에 저장된 가스는 천연 가스, 세일 가스, 도시 가스, 메탄, 에탄, 수소, 프로판, 프로펜, 에틸렌, 이산화탄소 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된다. 특히 바람직한 실시양태에서, 저장된 가스는 70 부피% 초과의 정도로 에탄 및/또는 수소를 포함한다.

[0088] 다공성 고체에 의해 저장 가능한 추가의 가스는 아세틸렌, 질소 산화물, 산소, 황 산화물, 할로겐, 할로겐화 탄화수소, NF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, 암모니아, 황화수소, 암모니아, 포름알데히드, 희가스, 특히 헬륨, 네온, 아르곤, 크립톤 및 크세논이다.

[0089] 본 발명의 목적을 위해, 용어 "가스"는 단순화를 위해 사용되지만, 가스 혼합물 또한 포함한다. 상기 가스는 또한 소량의 액체를 포함할 수 있다.

[0090] 바람직한 실시양태에서, 저장 용기는 차량에 장착된다. 용어 "차량"은 자동차, 트럭, 선박, 항공기, 오토바이, 3륜차 등을 비한정적으로 포함한다.

[0091] 본 발명은 또한 본 발명에 따른 저장 용기에 사용하기 위한 성형체에 관한 것이다. 성형체는 다공성 고체이며, 상기 성형체는 개구부를 포함하고, 상기 개구부는 성형체의 제 1 단부로부터 성형체의 대향하는 제 2 단부까지 확장되고, 상기 성형체는 일체형으로 형성되고 상기 성형체의 최단 신장은 10 cm 내지 100 cm 범위이고, 상기 성형체의 최장 신장은 20 cm 내지 300 cm 범위이다. 더욱이, 본 발명은 가스를 저장하기 위한 성형체의 용도에 관한 것이다. 가스를 저장하는 공정은 저장 용기 내로 가스를 공급하고, 본 발명에 따른 성형체와 가스를 접촉 시킨 후, 성형체에 의해 가스를 흡수 또는 흡착하는 단계를 포함할 수 있다.

[0092] 일반적으로, 성형체에 의한 가스 저장에 대한 공정은 예를 들어 WO-A 2005/003622, WO-A 2003/064030, WO-A 2005/049484, WO-A 2006/089908 및 DE-A 10 2005 012 087에 보다 자세히 기술되어 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0093] 본 발명은 첨부된 도면에 의해 보다 상세히 기술된다:

도 1은 본 발명에 따른 성형체를 갖는 저장 용기를 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 성형체의 획-단면도를 도시한다.

도 3은 본 발명에 따른 저장 용기의 종-단면도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0094] 도 1은 내부에 배열된 성형체(3)를 갖는 본 발명에 따른 저장 용기(1)를 도시한다. 저장 용기(1) 및 성형체(3)는 모두 원통형이다. 저장 용기(1)의 내부 부피(13)의 85 % 이상은 성형체(3)에 의해 점유된다. 저장 용기(1)의 벽(5)의 섹션(7)에는 입구(9)가 제공된다. 가스는 입구(9)를 통해 저장 용기(1)로 유입될 수 있고, 성형체(3)의 개구부(19)를 통해 중심 축(11)에 평행하게 추가로 유동할 수 있다.

[0095] 배향을 제시하기 위해, 저장 용기(1)와 관련하여 2 개의 방향이 정의된다. 축 방향(17)은 중심 축(11)에 평행하고, 반경 방향(41)은 중심 축(11)에 대하여 임의의 직각 방향이다. 반경 방향(41)은 제 1 단부(21)의 표면 및 제 1 단부에 대향하는 성형체(3)의 제 2 단부(23)의 표면에 평행하다. 여기서, 반경 방향(41)은 또한 벽(5)의 섹션(7)에 평행하다.

[0096] 개구부(19)는 제 1 단부(21)와 제 2 단부(23)를 연결한다. 개구부(19)와는 별개로, 성형체(3)는 바람직하게는 개구부(19)와 중심 축(11)에 평행한 중공 채널(15)로부터 획단된다. 또한 상기 중공 채널(15)은 제 1 단부(21)부터 제 2 단부(23)까지 도달한다. 중공 채널(15)은 개구부(19)의 획-단면적(27)보다 작은 획-단면적(25)을 포함한다.

[0097] 저장 용기(1)의 벽(5)에서 입구(9)의 반대편을 향하는 성형체(3)의 종단면(45) 사이에, 제 1 공극 공간(43)이 제공된다.

[0098] 원통형 성형체(3)의 원통형 셀에 대응하는 주변 표면(39)은 만곡되어 벽(5)의 만곡부를 향한다. 저장 용기(1)의 주변 표면(39)과 벽(5) 사이에 제 2 공극 공간(37)이 제공된다. 결과적으로, 주변 표면(39)은 벽(5)에 직접 접촉하지 않는 큰 부분에 있다.

[0099] 도 2는 본 발명에 따른 성형체(3)의 횡-단면도를 도시한다. 성형체(3)는 중심 위치에 개구부(19)를 제공한다. 개구부(19) 이외에, 몇몇 중공 채널(15)이 제공된다. 중공 채널(15)은 성형체(3)의 횡-단면적에 걸쳐 균일하게 분포되고 중공 채널(15)은 서로 동일한 거리(33)로 배열된다. 또한, 3 개의 제 2 스페이서(49)가 저장 용기(1)의 벽(5)과 성형체(3)의 주변 표면(39) 사이에 제 2 공극 공간(37)을 생성하기 위해 성형체(3)의 주변 표면(39)의 위에 직접적으로 제공된다.

[0100] 도 3은 본 발명에 따른 저장 용기(1)의 종-단면도를 도시한다. 개구부(19)와 몇몇 중공 채널(15)에 의해 횡단되는 성형체(3)는 저장 용기(1) 내에 배열된다. 저장 용기(1)의 벽(5)의 섹션(7)은 입구(9)뿐만 아니라 출구(35)를 포함한다. 가스는 입구(9)를 통해 저장 용기(1)로 유입될 수 있고, 개구부(19)를 통해 입구(9)로부터 축 방향(17)을 향하는 성형체(3)의 종단면(45)을 향해 유동한다. 개구부(19)로부터 가스는 종단면(45) 상에 제공되는, 제 1 스페이서(47)에 의해 생성되는 제 1 공극 공간(43)으로 유입된다. 플로-스루가 확립되는 충전 공정의 경우, 가스는 중공 채널(15) 또는 성형체(3)의 주변 표면(39)에서의 제 2 공극 공간(37)을 통해 제 1 공극 공간(43)으로부터 출구(35)로 돌아올 수 있다. 예를 들어 성형체(3)의 다공성 물질 상의 가스의 흡착에 의한, 저장 용기(1)에서 생성된 전술한 가스 유동 열에 의하여 중심으로부터 저장 용기(1)의 벽(5)으로 및 출구(34)를 통해 저장 용기(1)의 밖으로 전달될 수 있다.

#### [0101] 비교예

[0102] 원통형 저장 용기는 입구 및 인접한 출구를 구비한다. 원통형 저장 용기의 최장 신장(길이라고도 함)은 1.5 m이고 내경은 0.5 m이다. 결과적으로, 저장 용기의 총 내부 부피는 0.29 m<sup>3</sup>이다. 저장 용기에는 원통형의 성형체가 배열된다. 상기 성형체는 MOF 물질 Z377로 만들어지며 밀도는 500 g/L이다. 성형체의 최장 신장은 1.495 m이고, 성형체의 외부 반경은 0.25 m이다. 성형체와 저장 용기 벽 사이의 거리는 0.5 cm이고, 이는 입구와 출구에 대향하는 저장 용기의 측면에서 제공된다.

[0103] 저장 용기는 20 분 이내에 최대 저장 압력 250 bar의 천연 가스로 충전된다. 충전 공정 동안 플로-스루 방식이 설정되고, 이는 WO 2014/057416에서 자세히 기술된다. 압력은 5 분 이내에 주변 압력에서 80 bar까지 상승시킨다. 그 후, 80 bar의 압력을 10 분 동안 일정하게 유지시키고, 플로-스루 방식이 설정되어 가스를 입구를 통해 저장 용기 내로 유도하고 출구를 통해 저장 용기의 밖으로 동시에 배출시킨다. 그 후, 압력을 5 분 이내에 250 bar로 추가 상승시킨다.

[0104] 결과적인 저장 용량은 수치 시뮬레이션에 의해 결정되었다. MOF 물질 1 리터당 130 g의 기체가 상기 저장 용기에 저장 가능하다.

#### [0105] 실시예 1

[0106] 비교예에 기술된 저장 용기가 적용된다. 비교예와는 달리, 성형체는 중심 축을 따라 3 cm의 반경을 갖는 개구부를 추가적으로 제공한다.

[0107] 저장 용기는 비교예에 기술된 바와 같이 충전된다. 이제 MOF 물질 1 리터당 200 g의 가스가 저장 용기에 저장 가능하다.

#### [0108] 실시예 2

[0109] 비교예에 기술된 저장 용기가 적용된다. 비교예와는 달리, 성형체는 중심 축을 따라 3 cm의 반경을 갖는 개구부를 추가적으로 제공하고, 성형체는 개구부와 평행하게, 중공 채널이라고도 지칭되는 약 700 개의 보어(bore)를 또한 제공한다. 각 채널은 2 mm의 직경을 가지고 채널은 서로 1 cm의 거리를 두고 성형체 상에 균일하게 분포된다.

[0110] 상기 성형체의 배열은 성형체가 없는 빈 부피가 0.01 m<sup>3</sup>이 되게 한다. 저장 용기의 총 내부 부피를 참조하면, 저장 용기의 97 부피%는 성형체에 의해 점유되고 3 부피%는 다공성 고체가 없다.

[0111] 저장 용기는 비교예에 기술된 바와 같이 충전된다. 이제, MOF 물질 1 리터당 270 g의 가스가 저장 용기에 저장 가능하다.

#### 부호의 설명

[0112] 1: 저장 용기

3: 성형체

5: 벽

7: 섹션

9: 입구

11: 중심 축

13: 내부 부피

15: 중공 채널

17: 축 방향

19: 개구부

21: 제 1 단부

23: 제 2 단부

25: 중공 채널의 횡-단면적

27: 개구부의 횡-단면적

31: 내경

33: 거리

35: 출구

37: 제 2 공극 공간

39: 주변 표면

41: 반경 방향

43: 제 1 공극 공간

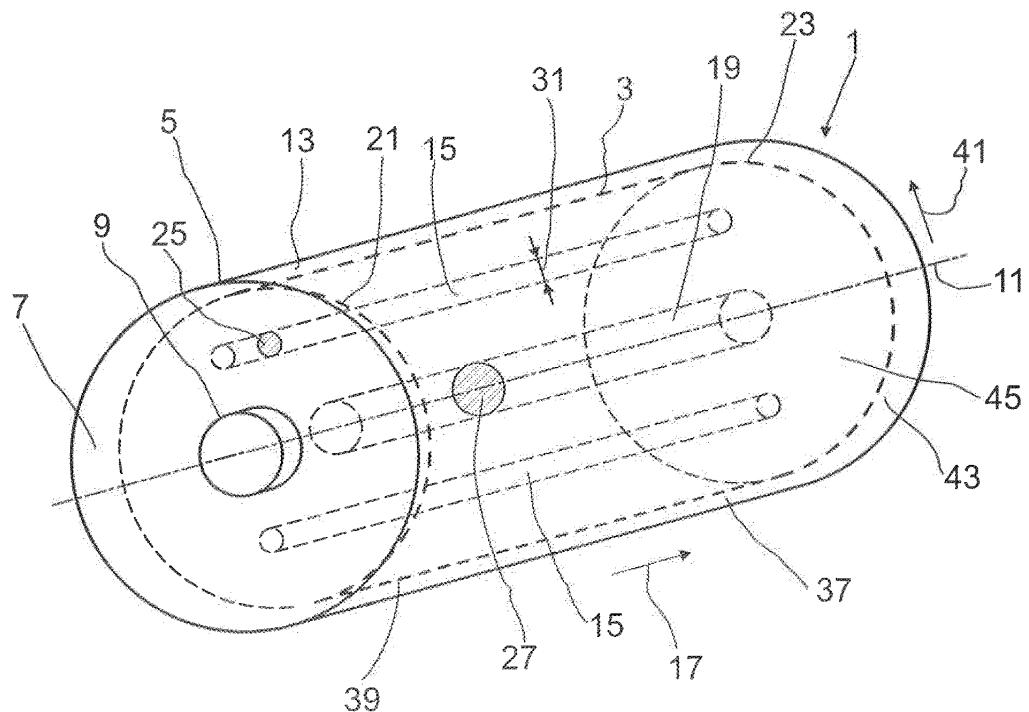
45: 종단면

47: 제 1 스페이서

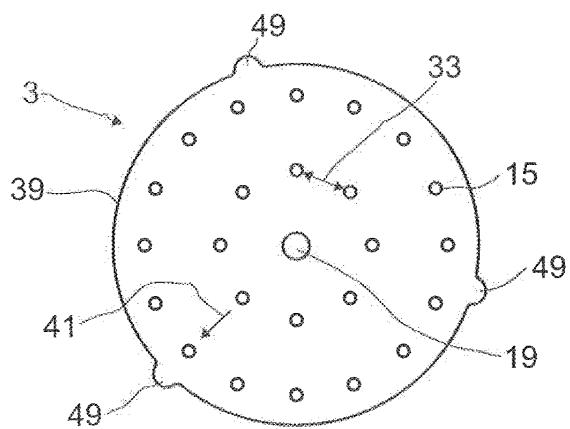
49: 제 2 스페이서

도면

도면1



도면2



도면3

