



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0101941  
(43) 공개일자 2022년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 53/1493 (2013.01)

B01D 53/1475 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0004040

(22) 출원일자 2021년01월12일

심사청구일자 2021년01월12일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

강용태

서울특별시 서초구 서운로 221, 101동 1004호 (래미안서초스위트아파트)

김성곤

서울특별시 동작구 남부순환로255바길 4, 401호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

백두진, 김정연, 권성현, 유광철, 강일신

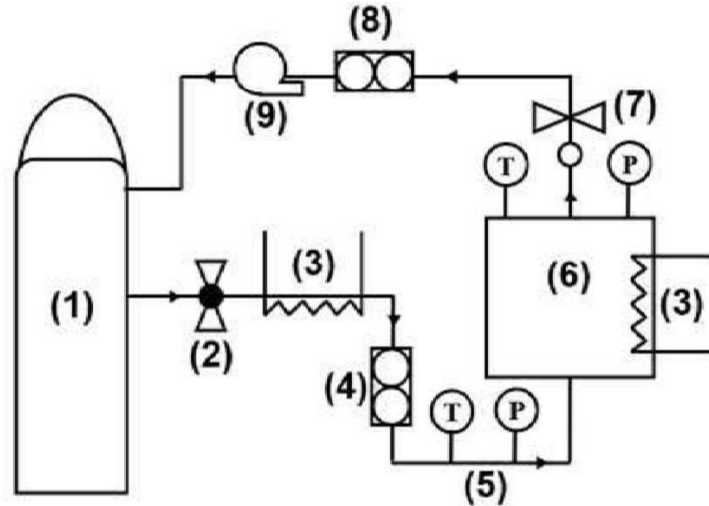
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제

(57) 요약

본 발명의 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제에 따르면, 이산화탄소 화학적 흡수제에 나노다공성물질이 분산되어 제조된 액상의 콜로이드물질;을 포함하고, 상기 콜로이드물질에 이산화탄소가 주입되면, 콜로이드물질에 이산화탄소가 포집되는 동시에 열에너지를 발생시키고, 이산화탄소가 포집된 상기 콜로이드물질에 일정온도의 열이 가해지면, 상기 콜로이드물질로부터 이산화탄소가 분리되고, 분리된 이산화탄소를 회수 및 재주입 가능한 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 2252/10 (2013.01)

B01D 2252/204 (2013.01)

B01D 2253/106 (2013.01)

B01D 2253/204 (2013.01)

(72) 발명자

**최형원**

경기도 부천시 조마루로 278, 1326동 505호

**이재원**

서울특별시 동대문구 왕산로 52, 101동 607호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1711119436

과제번호

2020R1A5A1018153

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

집단연구지원(R&D)

연구과제명

플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터

기 여 율

1/1

과제수행기관명

고려대학교

연구기간

2020.07.01 ~ 2021.05.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

이산화탄소 화학적 흡수제에 나노다공성물질이 분산되어 제조된 콜로이드물질;을 포함하고,

상기 콜로이드물질에 이산화탄소가 주입되면, 콜로이드물질에 이산화탄소가 포집되는 동시에 열에너지를 발생시키고,

이산화탄소가 포집된 상기 콜로이드물질에 일정온도의 열이 가해지면, 상기 콜로이드물질로부터 이산화탄소가 분리되고, 분리된 이산화탄소를 회수 및 재주입 가능한 것을 특징으로 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이산화탄소 화학적 흡수제는, MEA(monoethanolamine), DEA(diethanolamine), MDEA(methyl diethanolamine), AEEA(aminoethyl ethanoamine), AMP(2-amino-2-methyl-1-propanol), DETA(diethylenetriamine), PZ(piperazine), 수산화나트륨(NaOH) 또는 탄산칼륨( $K_2CO_3$ )이고, 수용액인 것을 특징으로 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노다공성물질은, MOF(metal-organic framework), COF(covalent organic framework) 또는 SBA-15(mesoporous silica)인 것을 특징으로 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 나노다공성물질은, 다공 크기가 4 내지 10nm 인 것을 특징으로 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 나노다공성물질은, 표면에 (3-Aminopropyl)trimethoxysilane, [3-(2-Aminoethylamino)propyl]trimethoxysilane, 3-[2-(2-Aminoethylamino)ethylamino]propyl-trimethoxysilane, polyetherimide(폴리에테르이미드) 또는 이들의 혼합형태를 합성한 것을 특징으로 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 콜로이드물질은, 상기 나노다공성물질이 5~7wt%가 되도록 분산된 것을 특징으로 하는 이산화탄소 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0003] 신재생에너지에 있어 태양에너지를 많이 활용하고 있다. 그러나, 태양에너지의 경우 낮에는 에너지 공급이 충분한 반면, 밤에는 에너지 공급이 이루어지지 않는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 에너지 저장방법을 활용하고 있다.

[0004] 종래의 열에너지 저장방법은, 첫째, 현열 저장방법이다. 현열 저장방법은 열에너지를 이용하여 주위보다 온도가 높은 상태를 만들고 외부로부터 단열하여 저장한다. 그리고 냉열을 이용할 경우 주위보다 온도가 낮은 상태로 저장한다. 또한, 잠열 저장방법은 특정 온도에서 상변화하는 현상을 이용하여 열에너지를 저장하는 것으로, 낮은 온도차(상변화 온도)로 구동될 수 있다. 또한, 화학반응을 이용하여 열에너지를 저장하는 방법도 있다.

[0005] 종래의 열에너지 저장방법에서도, 시간이 지남에 따라 에너지 손실이 지속적으로 발생하게 된다. 또한, 공지된 열에너지 저장물질에 따르면, 건물에 적용되는 열에너지 저장물질의 밀도는 300~700 kJ/kg 수준으로, 낮은 밀도를 갖고 있으며, 이에 따른 효율도 낮은 단점이 있다. 이러한 단점을 해소시킬 수 있는 열에너지 저장물질의 개발이 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1502238 (2015.03.06)  
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1612748 (2016.04.08)  
(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-1375645 (2013.12.20)  
(특허문헌 0004) 일본 공개특허 10-2011-177685 (2011.09.15)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 본 발명의 목적은, 고밀도 및 고효율 구동이 가능한 콜로이드 물질을 이용한 시스템을 구축함으로써, 건물 내에서 열에너지 생산을 할 수 있으며, 신재생에너지의 공급이 부족한 시간에 생산한 열에너지를 이용하여 건물의 냉난방, 난방수와 온수의 공급을 할 수 있도록 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제를 제공하기 위함이다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제에 따르면, 이산화탄소 화학적 흡수제에 나노다공성물질이 분산되어 제조된 액상의 콜로이드물질;을 포함하고, 상기 콜로이드물질에 이산화탄소가 주입되면, 콜로이드물질에 이산화탄소가 포집되는 동시에 열에너

지를 발생시키고, 이산화탄소가 포집된 상기 콜로이드물질에 일정온도의 열이 가해지면, 상기 콜로이드물질로부터 이산화탄소가 분리되고, 분리된 이산화탄소를 회수 및 재주입 가능한 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 이산화탄소 화학적 흡수제는, MEA(monoethanolamine), DEA(diethanolamine), MDEA(methyl diethanolamine), AEEA(aminoethyl ethanoamine), AMP(2-amino-2-methyl-1-propanol), DETA(diethylenetriamine), PZ(piperazine), 수산화나트륨(NaOH) 또는 탄산칼륨( $K_2CO_3$ )이고, 수용액인 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 나노다공성물질은, MOF(metal-organic framework), COF(covalent organic framework) 또는 SBA-15(mesoporous silica)인 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 나노다공성물질은, 다공 크기가 4 내지 10nm 인 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 나노다공성물질은, 표면에 (3-Aminopropyl)trimethoxysilane, [3-(2-Aminoethylamino)propyl]trimethoxysilane, 3-[2-(2-Aminoethylamino)ethylamino]propyl-trimethoxysilane, polyetherimide(폴리에테르이미드) 또는 이들의 혼합형태를 합성한 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 콜로이드물질은, 상기 나노다공성물질이 5~7wt%가 되도록 분산된 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0017] 이상 살펴본 바와 같은 본 발명의 효과는, 고밀도 및 고효율 구동이 가능한 콜로이드물질을 이용한 시스템을 구축함으로써, 건물 내에서 열에너지 생산을 할 수 있으며, 신재생에너지의 공급이 부족한 시간에 생산한 열에너지를 이용하여 건물의 냉난방, 난방수와 온수의 공급을 할 수 있도록 하는 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제의 열에너지를 발생을 실험한 실험장치를 나타낸 개략도이다.

도 2는 도 1의 실험장치를 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제의 온도변화를 나타낸 그래프이다.

도 3은 MEA, 3-APTES-SBA-15의 비열을 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제에 3-APTES-SBA-15의 중량비에 따른 이산화탄소 포집 중량비를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제에 3-APTES-SBA-15의 중량비에 따른 에너지저장밀도를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제와 공지된 또다른 물질과 비교분석한 도표이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0021] 이하, 본 발명의 실시예들에 의하여 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제를 설명한다.

[0022] 본 발명에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제는, 콜로이드물질을 포

함한다.

- [0023] 먼저, 콜로이드물질은 이산화탄소 화학적 흡수제에 나노다공성물질이 분산되어 제조된다. 이때, 콜로이드물질은 액상으로 이루어진다. 이때, 나노다공성물질의 분산 방법은 기계식 교반, 초음파 분쇄, 자력 교반을 이용할 수 있다.
- [0024] 여기서, 이산화탄소 화학적 흡수제는, MEA(monoethanolamine), DEA(diethanolamine), MDEA(methyl diethanolamine), AEEA(aminoethyl ethanoamine), AMP(2-amino-2-methyl-1-propanol), DETA(diethylenetriamine), PZ(piperazine), 수산화나트륨(NaOH) 또는 탄산칼륨( $K_2CO_3$ )이고, 수용액이 바람직하나, 이에 한정하지 않는다.
- [0025] 또한, 나노다공성물질은, MOF(metal-organic framework), COF(covalent organic framework) 또는 SBA-15(mesoporous silica)인 것이 바람직하나, 이에 한정하지 않는다.
- [0026] 여기서, 이산화탄소 화학적 흡수제는, 이산화탄소와 화학적 반응을 일으키며 열에너지를 발생시킨다.
- [0027] 이때, 나노다공성물질은, 화학적 흡수제와 화학반응을 일으키는 이산화탄소를 포집하게 되어, 열에너지 생산량을 증가 및 화학적 흡수제의 내부에서 열확산을 촉진시킴으로, 열에너지가 최대로 발생하게 할 수 있다.
- [0028] 여기서, 화학반응은, 나노다공성물질이 화학적 흡수제에 분산된 상태에서, 이산화탄소가 주입됨에 따라,  $R-NH_2$ 와  $CO_2$ 의 화학적 반응을 말한다.
- [0029] 또한, 나노다공성물질은, 다공 크기가 4 내지 10nm 인 것이 바람직하나 이에 한정하지 않는다. 나노다공성물질이 4 nm 미만인 경우에는 합성물질을 표면에 합성하기가 용이하지 않아 적절한 성능을 발생시킬 수 없다. 다공 크기가 10 nm 초과에서는 이산화탄소와 효율적인 반응을 할 수 있는 나노다공을 가지지 못한다.
- [0030] 이때, 나노다공성물질의 다공 크기가 4nm 미만에서는 이산화탄소의 포집력이 낮아지는 문제가 발생하고, 다공 크기가 10nm 초과에서는 이산화탄소의 포집력이 미미한 효과를 발생한다.
- [0031] 한편, 나노다공성물질은, 표면에 (3-Aminopropyl)trimethoxysilane, [3-(2-Aminoethylamino)propyl]trimethoxysilane, 3-[2-(2-Aminoethylamino)ethylamino]propyl-trimethoxysilane, polyetherimide(폴리에테르이미드) 또는 이들의 혼합형태의 합성물질을 표면에 합성할 수 있다.
- [0032] 이러한 물질을 나노다공성물질 표면에 합성하는 것은, 나노다공성물질의 성능을 극대화하기 위함이다. 특히, 다공크기가 평균적으로 5.68nm인 나노다공성물질의 표면에 상술한 합성물질을 합성했을 때, 효율이 높게 나온다.
- [0033] 또한, 콜로이드물질은, 이산화탄소 화학적 흡수제 93~95wt%이고, 나노다공성물질 5~7wt%이 것이 바람직하나, 이에 한정하지 않는다.
- [0034] 이때, 나노다공성물질이 5wt%미만인 경우에는, 이산화탄소의 포집력이 낮아지고, 7wt%초과인 경우에는 이산화탄소의 포집력 변화가 미미하다.
- [0035] 또한, 나노다공성물질이 3wt%인 경우, 열에너지의 발생온도가 최대 91.0℃이고, 6wt%인 경우 93.1℃이며, 9wt%인 경우 89.2℃가 된다.
- [0036] 이에 따라, 콜로이드물질은, 나노다공성물질 5~7wt%를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0037] 상술한, 본 발명의 실시예를 살펴보면, 콜로이드물질에 이산화탄소가 주입되면, 콜로이드물질에 이산화탄소가 포집되는 동시에 1차아민과 이산화탄소의 화학반응으로 열에너지를 발생된다. 이때, 화학반응에 따라 빠른 속도로 높은 온도의 열에너지를 발생시킬 수 있으며, 화학반응이 끝날 때까지 열에너지를 발생시킬 수 있다.
- [0038] 또한, 콜로이드물질에 이산화탄소를 직접 주입하지 않고, 건물 내에 있는 이산화탄소를 포집하여 열에너지를 발생시킬 수도 있다.
- [0039] 게다가, 이산화탄소가 포집된 콜로이드물질에 일정한 온도의 130℃ 열이 가해지면, 콜로이드물질로부터 이산화탄소가 분리되는 동시에 50~90℃의 열에너지가 발생된다. 여기서, 분리된 이산화탄소를 회수할 수 있으며, 회수된 이산화탄소를 충전한 후, 필요시에 콜로이드물질에 재주입 가능하다.
- [0041] 상술한 본 발명에 따른 이산화탄소로 유도되는 고밀도 열에너지 발생 가능한 이산화탄소 흡수제의 실험 및 그

실험결과에 대해서 설명한다.

- [0042] 먼저, 본 발명의 콜로이드물질은, 이산화탄소의 화학적 흡수제 MEA(monoethanolamine) 94wt%에 SBA-15의 표면에 3-[2-(2-Aminoethylamino)ethylamino]propyl-trimethoxysilane 이 합성된 3-APTES-SBA-15 6wt%를 분산시켜 제조하였다.
- [0043] 그리고 도 1과 같은 실험장치를 이용하여 실험하였다.
- [0044] 이산화탄소 탱크(1)에서 이산화탄소가 공급되고, 레귤레이터(2)와 항온조(3)를 이용하여 일정 압력(1bar), 일정 온도(25℃) 조건을 유지한 상태에서, 유량 컨트롤러(4)로 0.06g/s의 이산화탄소를 위에서 제조한 콜로이드물질이 채워진 반응기(6) 내부로 공급한다. 반응기(6) 내부에는 이산화탄소와 콜로이드물질이 반응하여 열에너지를 발생시키고, 이에 따른 온도변화를 측정하였다. 그리고 온도변화 측정이 끝나면, 반응기(6)를 가열하여 이산화탄소를 재생시키고, 밸브(7)를 열고 컴프레서(9)를 이용하여 재생된 이산화탄소를 이산화탄소 탱크(1)로 공급한다. 도 1에 표시된 부호 '5'는 온도 및 압력센서이고, '8'은 유량계이다.
- [0045] 여기서, 실험장치를 활용한 시스템이 구축되는 경우, 고효율, 고밀도 열에너지 저장을 통하여 건물(ex: 제로에너지빌딩)에 발생하는 잉여에너지를 능동적으로 처리하여, 종래의 문제점인 에너지의 시간적 격차를 해결할 수 있다. 예를 들어, 태양에너지는 낮시간 때에만 사용할 수 있고 밤에는 공백이 발생하는데, 낮시간의 잉여에너지로 본 발명의 콜로이드물질에 포집된 이산화탄소를 분리시키고, 에너지가 부족한 밤시간에 콜로이드물질에 이산화탄소를 주입하여 열에너지를 생산 및 저장할 수 있다. 또한, 본 발명의 이산화탄소 흡수제를 이용하여, 대규모 시설로 구축할 경우 열손실이 없는 계절 간 에너지 부하/생산 차이를 이용한 계간축열 에너지 저장방식으로 장기간 활용도 가능하다.
- [0046] 한편, 도 1을 통해 실험할 때, 반응기 온도변화를 도 2와 같이 확인할 수 있다. 시간이 지남에 따라 온도가 상승하여, 93.1℃까지 오른 후, 감소 하였다(도 2는 최고점까지만 데이터처리한 그래프임).
- [0047] 또한, 도 2는 콜로이드물질을 구성하는 성분의 비열을 온도에 따라 측정한 것이다. SUS 316L의 재질로 구성된 반응기가 흡수한 열에너지와, 콜로이드물질이 흡수한 열에너지는 비열데이터로부터 얻을 수 있다. 구체적으로, 열역학 제 1법칙을 이용하여 반응하기 전 시스템의 내부에너지와, 최고온도까지 도달하였을 때의 최종 내부에너지의 차이로 계산할 수 있다.
- [0048] 도 5는 상기 나열한 방법을 이용하여 얻은 열에너지 저장밀도로, 6 wt%의 3-APTES-SBA-15는 2187 kJ/kg의 열에너지 저장밀도를 가진다. 시스템 효율은 이산화탄소 주입에 따라 생산된 열에너지의 밀도를, 이산화탄소 재생에 필요한 에너지로 나눠 계산할 수 있다. 6 wt%의 3-APTES-SBA-15는 91.5%의 효율을 보여 상당히 높다.
- [0049] 도 4는 최고온도까지 도달하였을 때 포집된 이산화탄소의 양을 나타낸 그래프이다. 이산화탄소 포집량은 콜로이드물질의 조성비에 따라 큰 차이를 보이지 않으며, 이산화탄소 포집량은 재생에 필요한 에너지와 밀접하게 관련이 있다.
- [0050] 또한, 도 6을 참조하면, 이산화탄소와 기 공지된 물질의 반응, 본 발명의 콜로이드물질의 반응에 따른 charging과 discharging 및 저장밀도를 살펴보면, 본 발명의 콜로이드물질이 효율적임을 확인할 수 있다. 본 발명의 콜로이드물질보다 저장밀도가 높은 Zeolite 4A-CaCl2/H2O 는 charging 시 130℃로 본 발명과 같지만, discharging 시에는 25℃로 실용가능성이 적다고 볼 수 있다. 이때, discharging 시 50~90℃인 본 발명의 콜로이드물질이 더 실용성이 높다고 볼 수 있다.
- [0051] 본 발명의 콜로이드물질의 charging 온도는 이산화탄소 재생에 필요한 열원의 온도를 말하고, discharging 온도는 이산화탄소가 반응하여 발생하는 열에너지를 활용할 수 있는 온도를 말한다.
- [0052] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다. 더 불어, 상술하는 과정에서 기술된 구성의 작동순서는 반드시 시계열적인 순서대로 수행될 필요는 없으며, 각 구성 및 단계의 수행 순서가 바뀌어도 본 발명의 요지를 충족한다면 이러한 과정은 본 발명의 권리범위에 속할 수 있음은 물론이다.

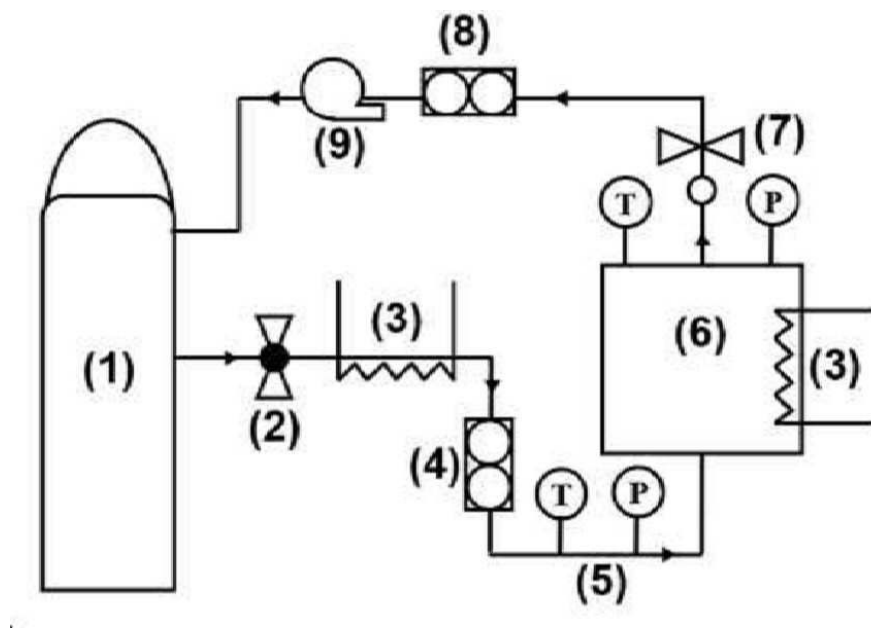
### 부호의 설명

[0054]

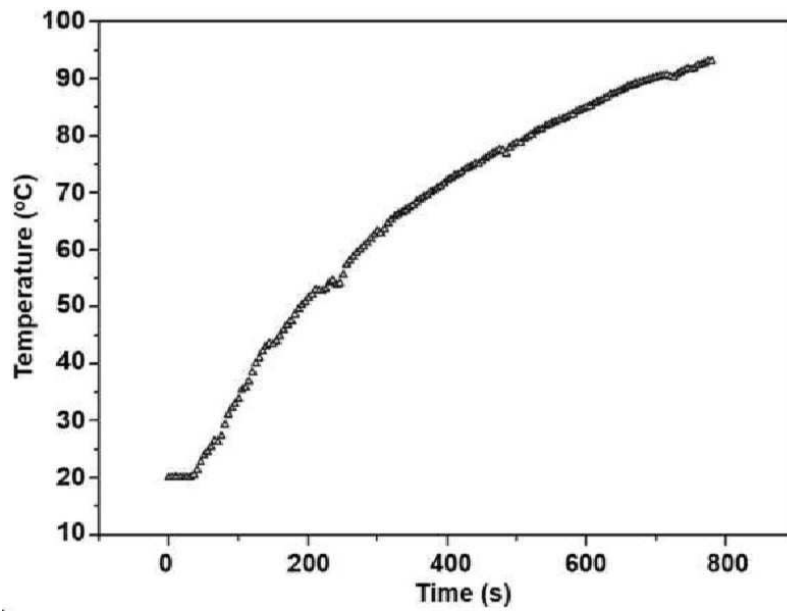
- 1: 이산화탄소 탱크 2: 레귤레이터  
3: 항온조 4: 유량 컨트롤러  
5: 온도 및 압력센서 6: 반응기  
7: 밸브 8: 유량계  
9: 컴프레서

### 도면

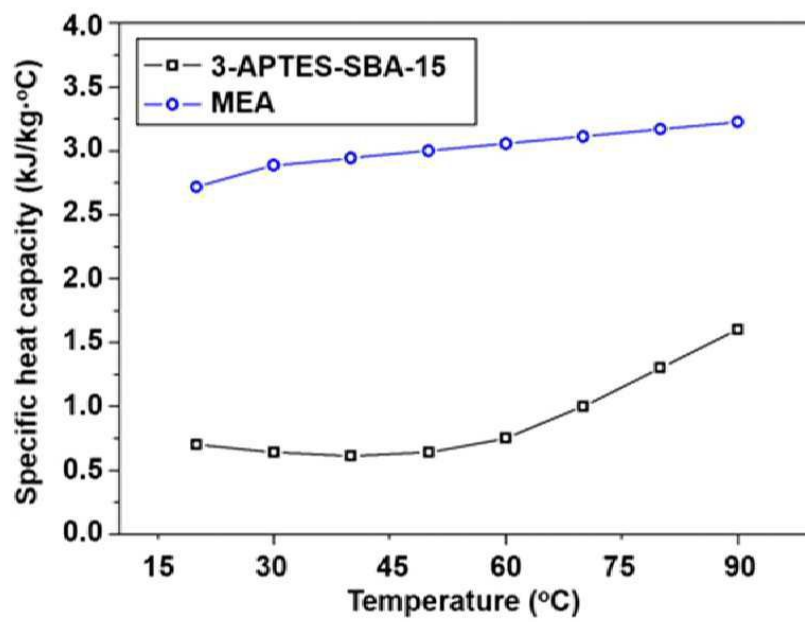
#### 도면1



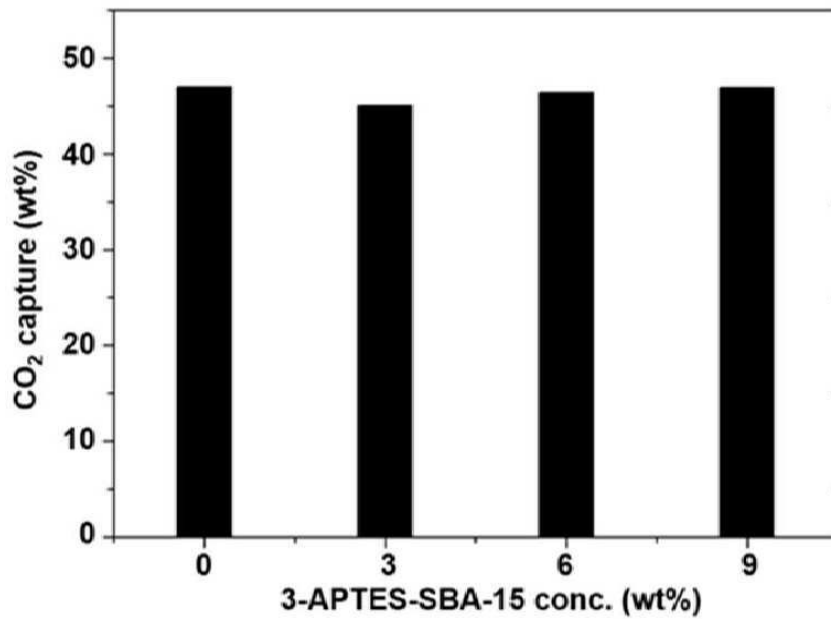
도면2



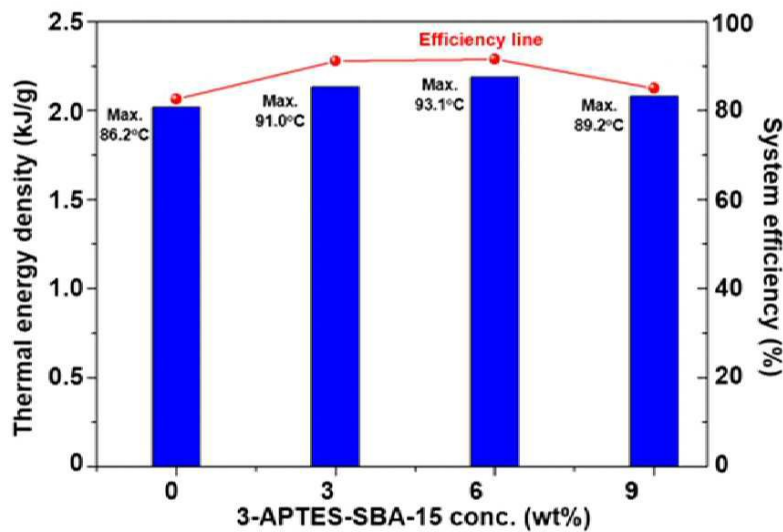
도면3



도면4



도면5



도면6

| Methods    | Density (kJ/kg)                                | Conditions | Reference                             |
|------------|------------------------------------------------|------------|---------------------------------------|
| PCM        | 3-APTES-SBA-15/MEA                             | 2187       | Charging: 130°C, Discharging: 50-90°C |
|            | SavE OM37 PCM                                  | 218        | Melting temperature: 35-40°C          |
|            | PCM RT44HC                                     | 250        | Melting temperature: 40-44°C          |
| Adsorption | Zeolite NaX/Air                                | 788        | Charging: 180°C, Discharging: 57°C    |
|            | Zeolite 13XBF/H <sub>2</sub> O                 | 399        | Charging: 150°C, Discharging: 75°C    |
| Absorption | LiCl salt/H <sub>2</sub> O                     | 737        | Charging: 87°C, Discharging: 30°C     |
| Composite  | SrBR <sub>2</sub> -ENG-H <sub>2</sub> O        | 1156       | Charging: 80°C, Discharging: 35°C     |
|            | Zeolite 4A-CaCl <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O | 3600       | Charging: 130°C, Discharging: 25°C    |