



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0052337

(43) 공개일자 2024년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F01K 25/10 (2006.01) *B01D 53/02* (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F01K 25/103 (2013.01)

B01D 53/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0132260

(22) 출원일자 2022년10월14일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

강용태

서울시 강남구 영동대로 22 디에이치자이개포 804동 1003호

이재원

서울시 동대문구 왕산로 52, 신설동역대우아이빌 101동 607호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

최훈식

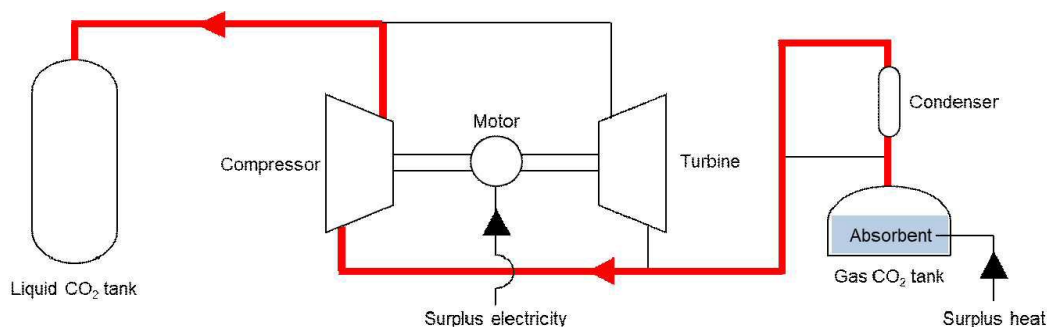
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 열 및 전기 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리 시스템

(57) 요약

흡착제 또는 흡수제를 포함하여 이산화탄소 기체의 부피를 줄이고, 열 에너지 및 전기 에너지를 저장하고 사용할 수 있는 이산화탄소 배터리 시스템.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B01D 53/1475 (2013.01)
B01D 2257/504 (2013.01)
Y02E 60/10 (2020.08)

(72) 발명자

김성곤

서울특별시 동작구 남부순환로255바길 4, 401호

최형원

경기도 부천시 조마루로 278 그린타운 우성2차아파트 1326동 505호

박세준

서울특별시 성북구 고려대로27길 24-4, 303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711119436
과제번호	2020R1A5A1018153
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	선도연구센터 공학분야
연구과제명	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.07.01 ~ 2027.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345324054
과제번호	2020R1A6A3A01095950
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	건물 내 밀폐 공간의 이산화탄소 저감을 위한 나노흡수/흡착제 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.09.01 ~ 2023.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

흡착체 또는 흡수체를 포함하여 이산화탄소 기체의 부피를 줄이고, 열 에너지 및 전기 에너지를 저장하고 사용할 수 있는 이산화탄소 배터리 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 잉여 에너지원(전기, 열)을 저장하고, 저장된 에너지를 필요로 할 때 이용할 수 있는 에너지 저장 장치로 이를 위해 이산화탄소를 작동유체로 한 에너지 배터리 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 화석연료의 사용으로 이산화탄소의 발생은 지구온난화의 위기를 증가시키고 있다. 신재생에너지인 태양, 풍력, 조력 등은 저탄소에너지원으로 각광 받고 있으나, 에너지원의 공급의 시간적 한계로 불균형한 공급이 이루어지고 있다. 예를 들어 신재생에너지원 중 가장 많이 사용되는 태양에너지는 낮에만 사용가능하며, 날씨에 따라서는 낮에도 이용이 불가능하다. 화석 연료 기반 발전 시스템에 비해서 신재생에너지 시스템은 에너지 생산성도 낮아 이러한 불균형은 더욱 단점으로 작용하여, 이를 위한 에너지 저장 시스템을 필요로 한다.

[0004] 에너지의 저장 방식으로는 리튬이온배터리, 압축공기저장, 양수발전, 플라이 휠, 상변화물질 등이 있으며, 전기 또는 열에너지를 적절한 형태로 저장한다. 각 방식 마다 장단점이 있으며, 설치 환경에 따라서 적용되고 있기에 무엇이 우위인지를 판단하기엔 적절치 않다. 그러나 열과 전기에너지를 동시에 저장하는 시스템은 없으며, 에너지 저장 효율과 밀도를 증가시키기 위한 기술 성숙도의 증가는 영구적 과제이다.

선행기술문헌

특허문헌

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명에서 다루고자 하는 방식은 이산화탄소 배터리이다. 유사 시스템으로 공기 압축 배터리로 잉여 전기가 생성 중 일 때는 압축기를 통해서 공기를 압축 또는 액화하여 공기를 고압 상태로 저장하는 것이 있다. 전기가 필요 할 때, 저장된 고압 공기를 터빈에 배출하여 전기가 생성되는 원리이다. 이산화탄소 배터리는 공기 대신 이산화탄소를 이용한 것으로 공기를 이용할 때 보다 고압 액화상태로 만들기가 용이하다(이산화탄소는 상온에서 가압시 액화가 가능하나 공기는 -190°C 로 냉각해야 액화됨). 종래 시스템은 전기에너지 만 저장하는 시스템이며, 큰 부피를 차지하는 문제점을 지닌다. 공기를 이용한 경우에는 대기의 공기를 이용하기 때문에 액화 후의 저장 용기만 필요로 하는데, 액화된 가스는 부피가 매우 작아 전체 시스템 부피에 고려되지 않는 수준이다. 그러나 이산화탄소 배터리의 경우는 액화 후의 저장 용기 뿐만 아니라 터빈으로 배출 후 상압의 가스상태의 이산화탄소도 저장할 용기가 추가로 필요로 한다.

[0008] -액체 이산화탄소 밀도: 700.95 kg/m^3 (70 bar, 25°C)

[0009] -기체 이산화탄소 밀도: 1.78 kg/m^3 (1 bar, 25°C)

[0010] 이산화탄소의 액화/기화 상태 각각 밀도가 약 393.8 배 차이가 나며, 만약 액체 이산화탄소를 저장하는 용기가 1 m^3 이면 기체 이산화탄소 저장 용기는 무려 393.8 m^3 을 필요로 한다. 현재 상용되는 시스템은 공간적으로 풍부한 지역에만 적용한 것으로 판단되고 있으며, 공간이 협소한 도시나 건물 내에 이용하기에는 기체 이산화탄소 저장 용기의 부피가 매우 크기 때문에 공간적 한계를 지니고 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 흡착제 또는 흡수제를 포함하여 이산화탄소 기체의 부피를 줄이고, 열 에너지 및 전기 에너지를 저장하고 사용할 수 있는 이산화탄소 배터리 시스템을 포함한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 주요 효과는 다음과 같다.

[0015] 우선, 전기와 열에너지를 동시에 저장하여 높은 에너지 저장 밀도를 가질 수 있다. 그 다음으로 열에너지를 바로 활용할 수 있어 난방 부문에 소비되는 전기에너지를 절약가능하여, 그 만큼 저장된 전기에너지의 활용도가 높다. 또한 기체 이산화탄소 저장 용기의 부피가 감소되어 시스템 적용처가 다양해진다. 마지막으로 한 업체에서 모듈화하여 납품할 수도 있지만, 종래의 이산화탄소 배터리의 개발 업체에서 강조하는 점으로 주요 장비인 압축기, 터빈은 이미 존재하는 상용품이기 때문에 현지에서 대용가능한 제품으로 변경이 용이하다. 본 발명에서 이산화탄소 흡수제 또는 흡착제 저장이 추가되지만 마찬가지로 하기 때문에 활용이 쉽다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 기존 이산화탄소 배터리의 전기 에너지 저장 모드이다.

도 2는 기존 이산화탄소 배터리의 전기 에너지 사용 모드이다.

도 3은 이산화탄소 흡수제 적용 이산화탄소 배터리의 전기/열 에너지 저장 모드이다.

도 4는 이산화탄소 흡수제 적용 이산화탄소 배터리의 전기/열 에너지 사용 모드이다.

도 5는 이산화탄소 흡착제 적용 이산화탄소 배터리의 전기/열 에너지 저장 모드이다.

도 6은 이산화탄소 흡착제 적용 이산화탄소 배터리의 전기/열 에너지 사용 모드이다.

도 7은 흡수제/흡착제에 따른 열 에너지 저장 밀도이다.

도 8은 흡수제/흡착제에 따른 Gas CO₂ tank 크기를 나타낸다.

도 9는 흡수제/흡착제에 따른 총 에너지 저장 밀도와 Gas CO₂ tank의 3D 크기 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 종래의 이산화탄소 배터리 시스템에 이산화탄소 흡착제 또는 흡수제 저장 용기를 복합하여 열과 전기 에너지를 동시에 저장 할 수 있는 시스템을 제안하고, 이산화탄소의 흡착제 저장 용기를 포함할 경우 핵심 기술이 되는 흡착 물질의 제조 방법에 관한 것이다.

[실시예]

[0021] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 이산화탄소 배터리는 종래의 Gas CO₂ tank 내부에 이산화탄소를 흡수 또는 흡착할 수 있는 흡수제 또는 흡착제가 담겨있는 형태이다. 흡수제와 흡착제는 서로 액체와 고체의 상태이기 때문에 적용시 차이가 발생하여 분리하여 설명한다.

- [0023] 이산화탄소의 흡수제로는 물리적 흡수제와 화학적 흡수제가 있으나, 물리적 흡수제는 고압에서 유리하며, 이산화탄소가 흡수될 때 열의 생성이 낮아 본 발명을 위한 물질로 적합하지 않다. 화학적 흡수제는 아민계열인 모노에탄올아민 (MEA; monoethanolamine, 2-aminoethanol), 디에탄올아민 (DEA; diethanolamine, 2,2'-iminodiethanol), 트리에탄올아민 (TEA; triethanolamine, 2,2,'2''-nitrilotriethanol), N-메틸디에탄올아민 (MDEA; N-methyldiethanolamine) 등을 이용할 수 있다. 일반적으로 이 흡수제들은 흡수탑형태에서 순환하면서 사용되는데, 고점도이기 때문에 수용액으로 20-30% 수준으로 혼합하여 사용하기 때문에 이산화탄소 흡수 성능이 그만큼 낮아지지만, 본 발명에서는 순환하지 않고 정지되어 있는 상태에서 이산화탄소를 흡수하면서 저장되기 때문에 100% 상태의 흡수제로 이용할 수 있다. 하지만 이산화탄소 흡수제를 이산화탄소 배터리에 이용하면, 추가 장치가 필요로 한다. 흡수제가 액체이기 때문에 압축기로 흡수제의 유입을 방지해야하기 때문에 Gas CO₂ tank의 상단부로 배관 연결이 되어야 하며, 압축기 가동시 Gas CO₂ tank의 압력이 낮아지기 때문에 흡수제가 기화될 수 있다. Gas CO₂ tank 상단부에 냉각기를 이용하여 흡수제를 응축시키는 장치가 필요하다. 그 장치로는 리비히 냉각기를 통해 상온의 냉각수와 열교환하거나, Fin을 배관 주위에 부착하여 공랭식으로 냉각할 수 있다. 비록 부품이 추가되지만 두 방식 모두 기존 배관라인에 적용되기 때문에 부피 증가가 거의 없다.
- [0025] 이산화탄소의 흡착제로는 흡수제와 마찬가지로 물리적 흡착제와 화학적 흡착제가 있으며, 이 경우에는 모두 이용이 가능하지만, 물리적 흡착제의 경우에는 이산화탄소 포집 성능이 낮아서 부피 감소 이점을 볼 수 없어 추천되지 않는다(도 8, 9 참조). 고체의 흡착제이기 때문에 압축기 가동에 따른 유입 우려가 없으며, 종래의 이산화탄소 배터리에 Gas CO₂ tank만 교체하면 적용할 수 있다. 그 대신 화학적 흡착제를 제조할 필요가 있다. 흡착제로는 물리적 흡착제를 지지체로 이용하여 흡수제에 이용한 아민계를 표면에 개질화하는 것을 특징으로 한다. 지지체로는 MOF(metal-organic framework), COF(covalent organic framework), 다공성 실리카 (mesoporous silica), CNTs(carbon nanotubes) 등의 다공 크기가 4 내지 10nm 인 것을 특징으로 한다. Gas CO₂ tank의 부피 감소 1/2 정도의 이점을 얻기 위해서는 흡착제의 CO₂ 흡착능력이 1.26 mmol/g 이상이 나와야 한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 기본 시스템이 되는 기존 이산화탄소 배터리의 전기 에너지 저장 모드를 나타낸 것이다. 잉여 전기가 생성 중 일 때는 압축기를 가동하여, Gas CO₂ tank에 있는 상압의 이산화탄소 가스를 Liquid CO₂ tank로 이송시킨다. 이 때 상온 25℃ 기준으로 70 bar까지 가압하면 이산화탄소는 액화된다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 기본 시스템이 되는 기존 이산화탄소 배터리의 전기 에너지 방출 모드를 나타낸 것이다. 고압 상태로 저장된 액체 이산화탄소가 터빈으로 공급될 때 기화되어 고압의 이산화탄소로 이송되어 터빈에서는 발전이 되어 전기를 사용할 수 있게 된다. 터빈을 지난 이산화탄소는 압력이 상압 수준으로 Gas CO₂ tank에 저장된다.
- [0029] 도 3은 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리이며, 이산화탄소 흡수제 적용 타입으로 전기/열 에너지 저장 모드를 나타낸다. Gas CO₂ tank가 비어있지 않고, 흡수제로 채워져 있으며, 저장 모드의 시작은 흡수제에 CO₂가 혼합되어 있는 상태이다. 잉여 열에 의해서 흡수제와 이산화탄소가 분리되며, 분리된 CO₂는 기존 이산화탄소 배터리와 동일하게 잉여 전기를 통해 압축기를 가동하여, Gas CO₂ tank에 있는 상압의 이산화탄소 가스를 Liquid CO₂ tank로 이송시킨다. 이 때 상온 25℃ 기준으로 70 bar까지 가압하면 이산화탄소는 액화된다. 이산화탄소 흡수제 적용 타입의 이산화탄소 배터리의 경우 압축기 흡입부 압력 저하로 인한 흡수제의 기화가 발생하며, 이를 다시 응축기를 통해 기화된 흡수제를 액화시켜 회수하는 구간이 추가된다.
- [0030] 도 4는 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리이며, 이산화탄소 흡수제 적용 타입으로 전기/열 에너지 사용 모드를 나타낸다. 기존 이산화탄소 배터리와 동일하게 고압 상태로 저장된 액체 이산화탄소가 터빈으로 공급될 때 기화되어 고압의 이산화탄소로 이송되어 터빈에서는 발전이 되어 전기를 사용할 수 있게 된다. 터빈을 지난 이산화탄소는 Gas CO₂ tank 내부에 있는 흡수제로 혼합되며, 이 때 반응열이 생성되고, 이 열을 사용할 수 있게 된다.
- [0031] 도 5는 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리이며, 이산화탄소 흡착제 적용 타입으로 전기/열 에너지 저장 모드를 나타낸다. Gas CO₂ tank가 비어있지 않고, 흡착제로 채워져 있으며, 저장 모드의 시작은 흡수제에 CO₂가 혼합되어 있는 상태이다. 잉여 열에 의해서 흡수제와 이산화탄소가 분리되며, 분리된 CO₂는 기존 이산화탄소 배터리와 동일하게 잉여 전기를 통해 압축기를 가동하여, Gas CO₂ tank에 있는 상압의 이산화탄소

가스를 Liquid CO₂ tank로 이송시킨다. 이 때 상온 25℃ 기준으로 70 bar까지 가압하면 이산화탄소는 액화된다.

[0032] 도 6은 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리이며, 이산화탄소 흡착제 적용 타입으로 전기/열 에너지 사용 모드를 나타낸다. 기존 이산화탄소 배터리와 동일하게 고압 상태로 저장된 액체 이산화탄소가 터빈으로 공급될 때 기화되어 고압의 이산화탄소로 이송되어 터빈에서는 발전이 되어 전기를 사용할 수 있게 된다. 터빈을 지난 이산화탄소는 Gas CO₂ tank 내부에 있는 흡착제로 혼합되며, 이 때 반응열이 생성되고, 이 열을 사용할 수 있게 된다.

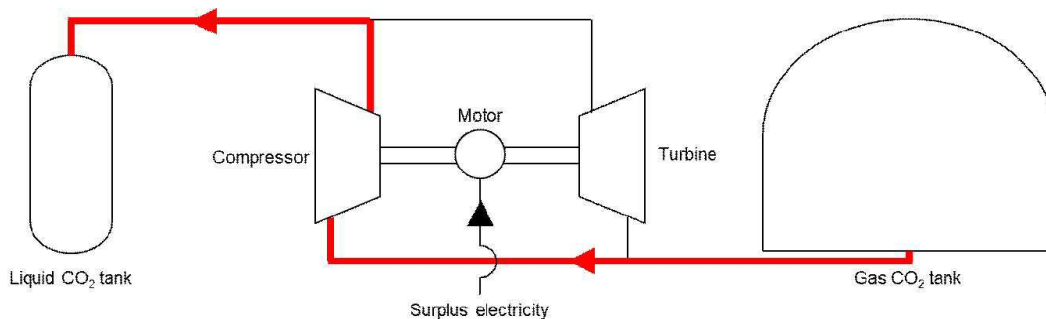
[0033] 도 7은 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리에 이산화탄소 흡착제 또는 흡수제를 적용하였을 때 얻을 수 있는 열 에너지 저장 밀도를 나타낸다. MEA는 대표적인 이산화탄소 화학적 흡수제, SBA-15는 대표적인 물리적 흡수제, Amine/SBA-15는 화학적 흡착제로 쓰이기 위해 SBA-15에 아민 화학 물질을 개질화 한 것이다. 물리적 흡수제는 상압에서 이산화탄소 포집시 반응열이 낮아 본 발명에 적합하지 않아 고려되지 않았다. MEA, SBA-15, Amine/SBA-15 각각 이산화탄소 포집시 반응열이 84, 37.8, 78.2 kJ/mol_{CO2}이며, 이를 액체 이산화탄소 밀도 (700.95 kg/m³ @70 bar, 25 °C)를 기준으로 열 에너지 저장 밀도의 단위 kWh_{th}/m³_{CO2}로 환산하면, 371.6, 167.2, 346.0 kWh_{th}/m³_{CO2}의 열 에너지 저장밀도를 나타낸다.

[0034] 도 8은 본 발명인 전기/열 에너지 동시 저장 이산화탄소 배터리에 이산화탄소 흡착제 또는 흡수제를 적용하였을 때 Gas CO₂ tank의 크기를 나타낸다. 동일한 이산화탄소의 양을 저장하였을 대의 부피를 나타내며, 흡수나 흡착 시스템이 없을 인 종래의 시스템(Base)은 561.8 m³/ton_{CO2}이며, MEA, SBA-15, Amine/SBA-15를 적용할 경우 각각 2.5, 567.7, 183.0 m³/ton_{CO2}을 나타낸다. MEA 흡수제를 이용하는 경우 부피 감소 효과가 매우 크며, Base 대비 0.0045 수준으로 크기를 줄 일 수 있으며, Amine/SBA-15 흡착제를 이용하는 경우 0.326 수준으로 줄일 수 있다. 그러나 SBA-15와 같이 물리적 흡착제를 이용하면, 부피 이점이 거의 없다. MEA 흡수제의 경우에는 도 3,4 와 같이 MEA의 기화로 인한 압축기 유입을 막기 위해 condenser가 추가되지만, 배관에 포함되는 장치이기 때문에 condenser로 인한 부피는 무시할 수 있다.

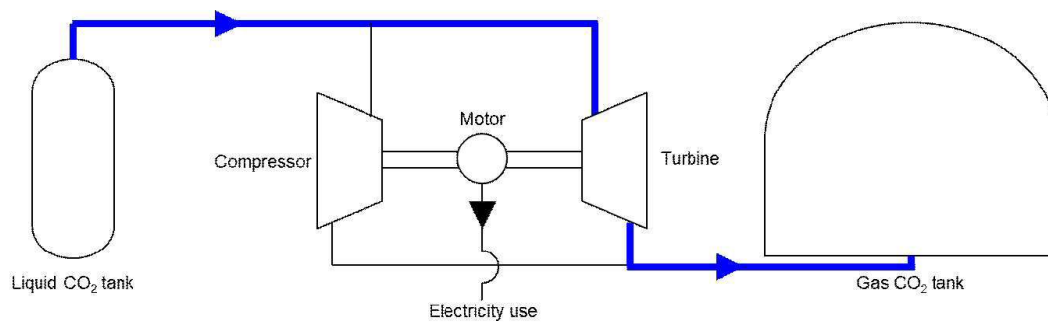
[0035] 도 9는 전기/열을 합친 전체 에너지 저장 밀도와 Gas CO₂ tank를 3D의 원통형 크기로 묘사하였을 때의 형상 비교이다. 이산화탄소 흡수 (MEA) 타입을 적용할 경우 Base 대비 6.57배, 이산화탄소 흡착 (Amine/SBA-15) 타입을 적용할 경우 6.19 배의 총 에너지 저장 밀도의 증가가 가능하며, 이산화탄소 흡수 타입의 경우 엄청난 크기 감소효과를 볼 수 있다.

도면

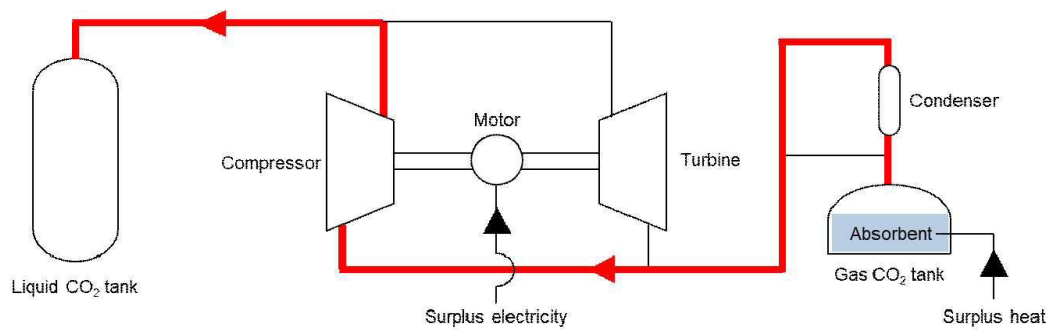
도면1



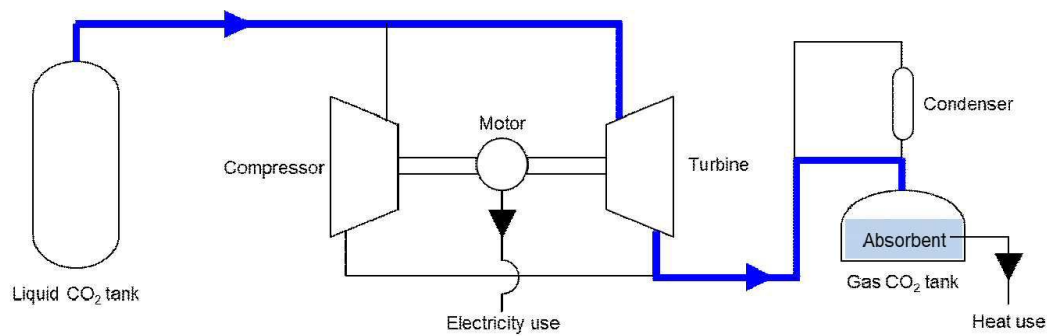
도면2



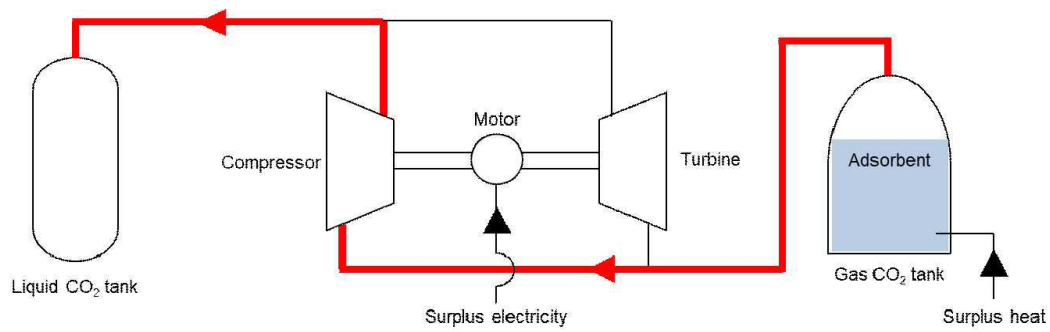
도면3



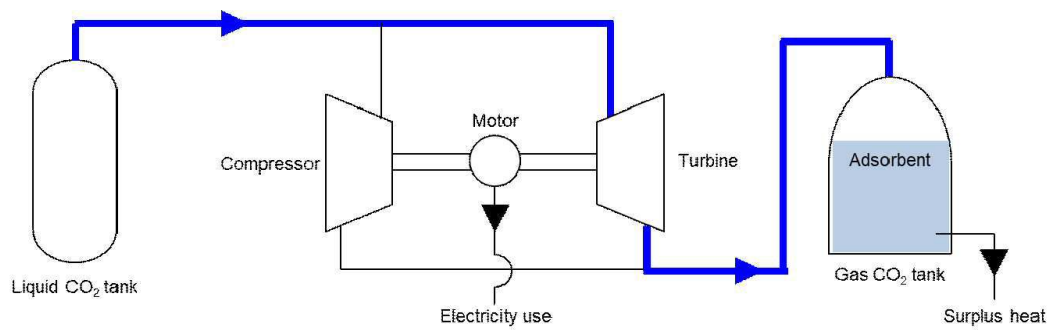
도면4



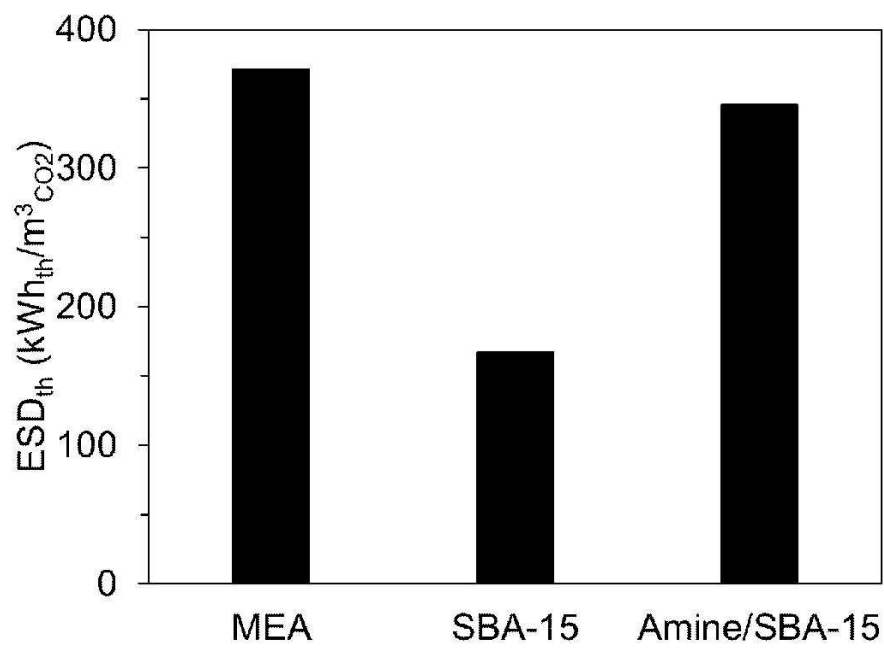
도면5



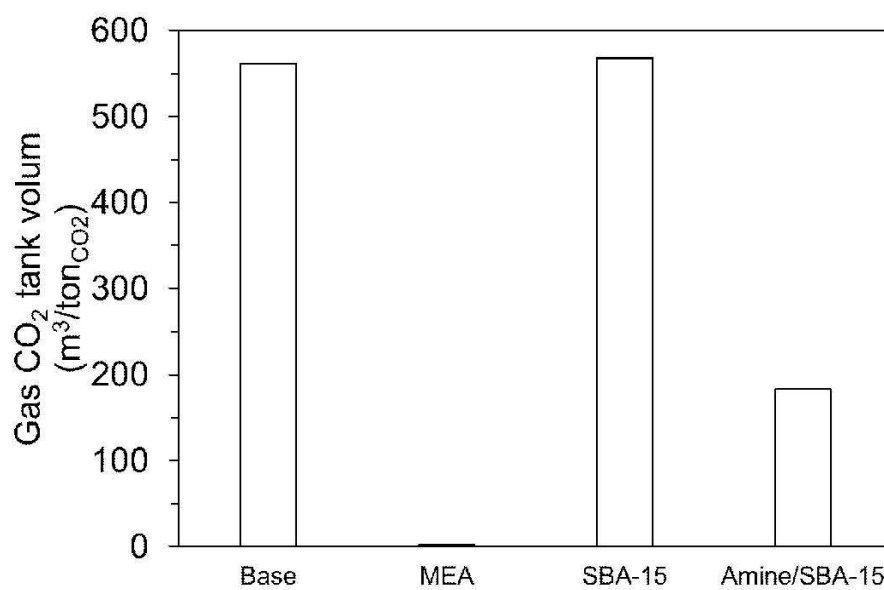
도면6



도면7



도면8



도면9

