



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월27일
 (11) 등록번호 10-1801481
 (24) 등록일자 2017년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/62 (2006.01) *C01B 32/50* (2017.01)
 (52) CPC특허분류
B01D 53/62 (2013.01)
C01B 32/50 (2017.08)
 (21) 출원번호 10-2016-0105544
 (22) 출원일자 2016년08월19일
 심사청구일자 2016년08월19일
 (56) 선행기술조사문헌
 CN102507871 A*
 JP2003322296 A*
 JP2012162606 A*
 KR101637117 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한밭대학교 산학협력단
 대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
 (72) 발명자
 윤린
 베네딕트 프라
 (74) 대리인
 특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 류시웅

(54) 발명의 명칭 **이산화탄소 이송 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은, 이산화탄소 발생원에서 발생된 이산화탄소를 포집하고, 포집된 상기 이산화탄소를 냉각시켜 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 생성하는 단계; 상기 단계에서 생성된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 이산화탄소 저장소로 이송하는 단계; 를 포함하는 이산화탄소 이송 방법을 제공한다.

본 발명은, 이산화탄소를 포집한 후 하이드레이트 슬러리를 생성한 후, 이를 이송한 후 해리시켜 저장소에 저장하도록 하여 이송에 필요한 에너지가 감소될 수 있다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

B01D 2257/504 (2013.01)

C01B 2210/0009 (2013.01)

Y02C 10/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711031132

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 한국연구재단 중견연구자지원사업

연구과제명 하이드레이트를 이용한 장거리 관내 CO2 수송기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2015.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

지구 온난화의 방지를 위해 이산화탄소 발생원에서 발생된 이산화탄소를 이산화탄소 저장소에 저장하기 위해 초입계 상태에서 상기 이산화탄소를 상기 이산화탄소 발생원에서 상기 이산화탄소 저장소로 이송하는 방법으로서, 상기 이산화탄소 발생원에서 발생된 상기 이산화탄소를 포집하고, 포집된 상기 이산화탄소를 냉각시켜 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 생성하는 단계;

상기 단계에서 생성된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 최소 온도를 6℃ 로 유지하고, 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리 내 이산화탄소 하이드레이트(hydrate)의 질량비율은 최대 45%인 상태에서 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 상기 이산화탄소 저장소로 이송하는 단계; 및

이송된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 온도를 승온하여 상기 이산화탄소와 유체로 해리시킨 후, 해리된 상기 이산화탄소를 압축하여 상기 이산화탄소 저장소에 저장하는 단계를 포함하는 이산화탄소 이송 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하이드레이트 슬러리 생성 단계는,

포집된 상기 이산화탄소를 유체에 포화상태로 용해시키는 단계와,

상기 유체를 임계 온도 이하로 냉각시키는 단계와,

상기 유체에 대하여 0.01~0.1 wt의 Caflon CP/PE 62, 0.01~0.1 wt의 Tween 80, 1.5 wt의 Rhamnolipid 또는 0.1~5 wt의 Methanol을 포함하는 뭉침 방지제를 투입하는 단계를 포함하는 이산화탄소 이송 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

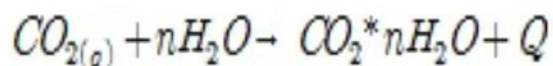
상기 유체는 물(H₂O)를 포함하는 이산화탄소 이송 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 생성은 다음의 [수학식 1]에 의해 표현되는 이산화탄소 이송 방법.

[수학식 1]



청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이송 단계는,

상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력은 50 ~ 70 bar인 이산화탄소 이송 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 이송 단계는,

상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력이 30 bar 이하로 저하되면 압력을 더 인가하는 단계를 더 포함하는 이산화탄소 이송 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 승온은 상기 유체 주입에 의해 수행되는 이산화탄소 이송 방법.

청구항 10

지구 온난화의 방지를 위해 이산화탄소 발생원에서 발생한 이산화탄소를 상기 이산화탄소 저장소에 저장하기 위해, 초임계 상태에서 상기 이산화탄소를 상기 이산화탄소 발생원에서 상기 이산화탄소 저장소로 이송하는 장치로서,

상기 이산화탄소를 포집하고, 포집된 상기 이산화탄소를 냉각시켜 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 생성하여 저장하는 슬러리 생성부;

상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 상기 이산화탄소 저장소로 이송하는 슬러리 이송부;

이송된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 온도를 승온시켜 상기 이산화탄소와 물(H₂O)를 포함하는 유체로 해리시킨 후, 해리된 상기 이산화탄소를 압축하여 상기 이산화탄소 저장소에 저장하는 이산화탄소 저장부를 포함하고,

상기 슬러리 이송부는,

직경 300mm 이상이며 지중 2~3미터 깊이로 매립되어, 상기 슬러리 생성부에서 상기 이산화탄소 저장소로 연결되고 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 최소 온도를 6℃ 로 유지하고, 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리 내 이산화탄소 하이드레이트의 질량비율은 최대 45%인 상태에서 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 이송하는 슬러리 이송 배관과,

상기 슬러리 이송 배관을 통한 슬러리 이송을 위해 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리에 압력을 인가하는 이송 펌프와,

상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 유량을 측정하는 유량계와, 상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 질량분율을 측정하는 밀도계와, 상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력을 측정하는 압력계를 포함하는 모니터링 수단과,

상기 압력계를 이용하여 측정된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력이 30 bar 이하이면 상기 슬러리에 압력을 추가로 인가하는 부스팅 펌프를 포함하는 이산화탄소 이송 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에 있어서,
 상기 슬러리 생성부는,
 상기 이산화탄소 발생원에서 발생된 상기 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부와,
 상기 이산화탄소 포집부에 의해 포집된 상기 이산화탄소가 상기 유체에 포화상태로 용해되도록 하는 이산화탄소 용해부와,
 상기 이산화탄소가 포화된 상기 유체가 흐르는 제1 관과, 상기 제1관이 중심축 상에 배치되고, 외부에서 냉각수를 공급받아 상기 제1 관내의 상기 유체를 냉각시키는 제2 관을 포함하는 슬러리 생성관과,
 상기 슬러리 생성관으로 상기 유체에 대하여 0.01~0.1 wt의 Caflon CP/PE 62, 0.01~0.1 wt의 Tween 80, 1.5 wt의 Rhamnolipid 및 0.1~5wt의 Methanol을 포함하는 몽킴 방지제를 공급하는 몽킴 방지제 공급부와,
 상기 제2 관으로 상기 냉각수를 공급하는 칠러를 포함하는 이산화탄소 이송 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제10항에 있어서,
 상기 슬러리 저장부는,
 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리가 이송되는 슬러리관과, 상기 슬러리관이 중심축 상에 배치되고, 상기 슬러리관의 외주를 따라 흐르는 가온수에 의해 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리가 기상의 이산화탄소와 물로 해리되도록 하는 가온관을 포함하는 해리관과,
 상기 해리관에서 해리된 상기 이산화탄소를 저장하는 이산화탄소 분리부와,
 상기 이산화탄소 저장부의 상기 이산화탄소를 압축한 후, 상기 저장소로 주입하는 이산화탄소 압축부를 포함하는 이산화탄소 이송 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이산화탄소 이송 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기상의 이산화탄소를 이산화탄소 하이드레이트 슬러리로 생성하고, 이를 이송한 후 해리시켜 이산화탄소 저장소로 저장하는 이산화탄소 이송 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 해로운 이산화탄소 가스의 주 발생원은 대형 화석연료 발전소들이며, 흑탄을 연료로 사용하는 경우에 이들이 생산하는 전기의 메가와트(MegaWatt)-시간(MWh) 당 가스 1톤에 대하여 약 0.8톤의 이산화탄소를 평균적으로 발생시킨다.

[0003] 이산화탄소 흡수원(sink)은 자연적으로 존재한다. 바다는 대표적인 이산화탄소 흡수원이다. 그리고, 식물들은 효과적인 형태의 이산화탄소 흡수원으로서, 탄소를 바이오매스 내로 통합함으로써 탄소를 대기중으로부터 제거하기 위해 광합성을 이용한다. 그런데, 이렇게 자연적으로 발생하는 흡수원들은 화력 발전소 등에서 발생하는 방대한 양의 이산화탄소를 효과적으로 저장할 수가 없다.

[0004] 발생된 이산화탄소는 지구 온난화를 발생시키는 원인을 제공하므로, 이를 최소화하기 위하여, 이산화탄소를 포

집한 후, 이를 소정의 저장소로 이송시켜 보관하는 방법이 개시되었다.

[0005] 대량의 이산화탄소를 이송하기 위해서는 포집된 기체상태(vapor phase)의 이산화탄소를 압축하여 초임계상태(supercritical state)로 전환하여야 한다. 기체상태로 대량의 이산화탄소를 이송하기 위해서는 매우 큰 용적의 수송시스템을 필요로 하는 반면, 액체와 기체의 구별이 없어져서 액체와 같은 밀도에 기체와 같은 점성을 지니는 초임계상태에서는 밀도의 증가로 인해 동일 질량 이송 시 상대적으로 적은 용적의 수송 시스템으로도 이송이 가능해지기 때문이다. 이산화탄소는 30.1℃의 온도와 73.8 bar의 압력 상태에서 초임계 상태로 들어간다.

[0006] 그러나, 이산화탄소의 이송 시 이산화탄소를 초임계 상태에서 이송하기 위해서는 많은 에너지를 필요로 하는 문제점이 있다.

[0007] 본 발명에 대한 선행기술로는 공개특허 2009-125109호와 등록특허 10-1009352호를 예시할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 지구 온난화의 방지를 위해 이산화탄소 발생원에서 발생한 이산화탄소를 포집한 후 하이드레이트 슬러리를 생성하고, 이를 이송한 후 해리시켜 이산화탄소 저장소에 저장하고, 초임계 상태에서 이산화탄소를 이송에 필요한 에너지가 감소되는 이산화탄소 이송 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 이산화탄소 발생원에서 발생된 이산화탄소를 포집하고, 포집된 상기 이산화탄소를 냉각시켜 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 생성하는 단계; 상기 단계에서 생성된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 이산화탄소 저장소로 이송하는 단계; 를 포함하는 이산화탄소 이송 방법을 제공한다.

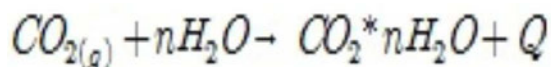
[0010] 이송된 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 해리시켜 상기 이산화탄소 저장소에 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 하이드레이트 슬러리 생성 단계는, 포집된 상기 이산화탄소를 유체에 포화상태로 용해시키는 단계와, 상기 유체를 임계 온도 이하로 냉각시키는 단계와, 상기 유체에 대하여 뭉침 방지제를 투입하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 유체는 물(H₂O)를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 생성은 다음의 [수학식 1]에 의해 표현될 수 있다.

[0014] [수학식 1]



[0015] 상기 이송 단계는, 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력은 50 ~ 70 bar 일 수 있다.

[0017] 상기 이송 단계는, 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 이송 압력이 저하되면 압력을 더 증가하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 저장하는 단계는, 이송된 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 온도를 승온하여 이산화탄소와 유체로 해리시키는 단계와, 해리된 상기 이산화탄소를 압축한 후 상기 이산화탄소 저장소에 주입하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리의 승온은 상기 유체 주입에 의해 수행될 수 있다.

[0020] 또한, 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 이산화탄소를 포집하고, 포집된 상기 이산화탄소를 냉각시켜 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 생성하여 저장하는 슬러리 생성부; 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 이산화탄소 저장소로 이송하는 슬러리 이송부; 를 포함하는 이산화탄소 이송 장치를 제공한다.

[0021] 이송된 상기 슬러리에서 상기 이산화탄소를 해리시켜 상기 이산화탄소 저장소에 저장하는 이산화탄소 저장부를

더 포함할 수 있다.

[0022] 상기 슬러리 생성부는, 이산화탄소 발생원에서 발생된 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부와, 상기 이산화탄소 포집부에 의해 포집된 상기 이산화탄소가 유체에 포화상태로 용해되도록 하는 이산화탄소 용해부와, 이산화탄소가 포화된 유체가 흐르는 제1 관과, 상기 제1관이 중심축 상에 배치되고, 외부에서 냉각수를 공급받아 상기 제1 관내의 상기 유체를 냉각시키는 제2 관을 포함하는 슬러리 생성관과, 상기 슬러리 생성관으로 뭉침 방지제를 공급하는 뭉침 방지제 공급부와, 상기 제2 관으로 상기 냉각수를 공급하는 칠러를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 슬러리 이송부는, 슬러리 이송 배관과, 상기 슬러리 이송 배관을 통한 슬러리 이송을 위해 상기 슬러리에 압력을 인가하는 이송 펌프와, 상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 슬러리의 유량을 측정하는 유량계와, 상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 슬러리의 질량분율을 측정하는 밀도계와, 상기 슬러리 이송 배관에 연결되어 이송되는 상기 슬러리의 이송 압력을 측정하는 압력계를 포함하는 모니터링 수단과, 상기 압력계를 이용하여 측정된 상기 슬러리의 이송 압력이 일정 이하이면 상기 슬러리에 압력을 추가로 인가하는 부스팅 펌프를 포함할 수 있다

[0024] 상기 부스팅 펌프는, 상기 슬러리 이송 배관 내의 상기 이송 압력이 30 bar 이하로 저하되면 동작할 수 있다

[0025] 상기 슬러리 저장부는, 상기 이산화탄소 하이드레이트 슬러리가 이송되는 슬러리관과, 상기 슬러리관이 중심축 상에 배치되고, 상기 제1 슬러리관의 외주를 따라 흐르는 가운데수에 의해 상기 슬러리가 기상의 이산화탄소와 물로 해리되도록 하는 가운데관과, 상기 해리관에서 해리된 상기 이산화탄소를 저장하는 이산화탄소 분리부와, 상기 이산화탄소 저장부의 상기 이산화탄소를 압축한 후, 상기 저장소로 주입하는 이산화탄소 압축부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 상기와 같은 본 발명은, 온난화 방지를 위하여 이산화탄소를 포집한 후 하이드레이트 슬러리를 생성한 후, 이를 낮은 압력 상태에서 이송한 후 해리시켜 이산화탄소 저장소에 저장하도록 하여 이송에 필요한 에너지가 감소될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 방법의 구성을 나타내는 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 방법의 구성을 나타내는 흐름도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 방법은 슬러리 생성 단계(ST110), 슬러리 이송 단계(ST120), 저장 단계(ST130)를 포함한다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0032] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 이송 장치(1)는 슬러리 생성부(100), 슬러리 이송부(200), 이산화탄소 저장부(300)를 포함한다.

[0033] 도 1과 도 2를 함께 참조하여, 본 발명을 설명하기로 한다.

[0034] 하이드레이트 슬러리 생성 단계(ST110)는 포집된 이산화탄소를 하이드레이트 슬러리(Hydrate slurry)로 생성하는 단계이다.

[0035] 하이드레이트 슬러리의 생성은 슬러리 생성부(100)에 의해 이루어진다.

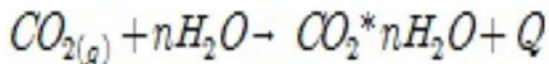
[0036] 슬러리 생성부(100)는 이산화탄소 포집부(110), 이산화탄소 용해부(120), 칠러(130), 슬러리 생성관(140), 슬러리 저장 탱크(150), 뭉침 방지제 공급부(160)를 포함한다.

[0037] 이산화탄소 포집부(110)는 화력 발전소와 같이 이산화탄소를 대량으로 발생시키는 이산화탄소 발생원에서 배출되는 이산화탄소를 포집한다. 이산화탄소 포집부(110)는 포집된 이산화탄소를 후술하는 이산화탄소 용해부(12

0)로 바로 공급할 수 있고, 포집량이 일정량에 도달할 때까지 소정의 저장수단에 보관한 후 공급할 수도 있다.

- [0038] 이산화탄소의 포집은 널리 알려진 공지의 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0039] 이산화탄소 용해부(120)는 소정의 크기를 갖고 내부에 공간을 제공한다. 이산화탄소 용해부(120)의 내부에서는 포집된 이산화탄소가 유체에 용해되도록 한다. 이때, 유체는 물(H₂O)을 포함한다. 여기서, 이산화탄소는 포화상태에 도달할때까지 유체에 용해되는 것이 바람직하다. 이산화탄소 용해부(120)는 이산화탄소의 용해가 용이하게 이루어지도록 소정의 온도와 압력 상태를 유지할 수 있다.
- [0040] 이산화탄소가 용해된 유체는 후술하는 슬러리 생성관(140)으로 공급된다.
- [0041] 슬러리 생성관(140)은 이산화탄소가 용해된 유체가 흐르는 제1관(142)과, 제1관(142)이 중심축 상에 배치되고 냉각수가 제1 관(142) 주위로 흐르는 제2 관(144)을 포함한다.
- [0042] 제1 관(142)은 소정의 직경과 길이를 갖는 관으로서, 내부에서 이산화탄소가 용해된 유체를 공급받아 슬러리를 생성한다. 제2 관(144)은 소정의 직경과 길이를 갖는 관으로서, 내부 중심축상에는 제1 관(142)이 배치된다. 그리고, 제2 관(144)의 외부에서 냉각수를 공급받아 제1 관(142) 외주를 따라 냉각수가 흐르도록 하여, 제1 관(142) 내의 유체가 냉각되어 이산화탄소 하이드레이트 슬러리가 생성되도록 한다.
- [0043] 여기서, 이산화탄소-하이드레이트 슬러리의 생성은 다음의 [수학식 1]에 의해 표현될 수 있다.

수학식 1



- [0044]
- [0045] 상기한 [수학식 1]을 살펴보면, 슬러리 생성 시, 소정의 열이 발생하는 발열반응이 이루어짐을 알 수 있고, 따라서, 슬러리 생성을 지속하기 위해서는 냉각수의 공급이 계속적으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0046] 칠러(chiller)(130)는 제2 관(144)으로 공급되는 냉각수를 생성한다. 여기서, 칠러(130)는 암모니아, 프레온 등의 용매를 사용하여 저온으로 유체를 냉각하는 냉각기이다. 칠러(130)는 널리 알려진 공지의 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0047] 칠러(130)는 냉각수를 계속적으로 제2 관(144)으로 공급하고, 제2 관(144)으로 공급된 냉각수에 의해 제1 관(142)내의 유체는 온도가 계속 저하되어 해당 압력조건에서 하이드레이트 생성임계온도 이하가 된다. 제1 관(142) 내가 하이드레이트 생성임계 온도 이하의 조건이 되면, 제1 관(142) 내부에는 이산화탄소-하이드레이트 슬러리가 생성된다. 사용된 냉각수는 외부로 배출되거나 칠러(130)로 재순환될 수 있다.
- [0048] 상기한 [수학식 1]에서 이산화탄소 1몰(mole)당 발생 열량(Q) = 66.8 kJ/mol이므로 이산화탄소 1kg이 모두 하이드레이트로 생성되는 것으로 가정하면 열량(Q) = 1518 kJ/kg이 된다. 이산화탄소의 처리유량을 n kg/s라고 할 때 필요한 칠러(130)의 용량은 Q * n [kW]로 산출 할 수 있다.
- [0049] 제1 관(142) 내부에서 생성된 이산화탄소-하이드레이트 슬러리는 슬러리 저장 탱크(150)로 저장되는 것이 바람직하다. 여기서, 이산화탄소-하이드레이트 슬러리 생성 시, 생성된 슬러리의 뭉침을 방지하여 슬러리의 균일한 생성이 이루어지도록 하고, 후술하는 이송 단계에서의 용이한 이송을 위해 뭉침 방지제 공급부(160)는 제1 관(142) 내로 뭉침 방지제를 일정량 공급하는 것이 바람직하다.
- [0050] 여기서, 제1 관(142)으로 공급되는 뭉침 방지제의 종류와 양은 다음의 [표 1]에 기재되어 있는 바와 같다.

표 1

뭉침 방지제	형태	주입량
Caflon CP/PE 62	Block copolymer	0.01~0.1 wt %
Tween 80	Nonionic surfactant	0.01~0.1 wt %
Rhamnolipid	Biosurfactant	1.5 wt %
Methanol	cosurfactant	0.1~5wt %

- [0053] 슬러리 이송 단계(ST120)는 생성된 이산화탄소 하이드레이트 슬러리를 이산화탄소 저장소(1)까지 이송하는 단계이다. 여기서, 이산화탄소 저장소(1)는 사용자가 필요로 하는 위치에 소정의 크기로 건설된다. 이산화탄소 저장소(1)는 5~12도의 온도가 유지되며 이산화탄소를 안정적으로 저장할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 이산화탄소 저장소(1)는 널리 알려진 공지의 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0054] 슬러리 이송 단계(ST120)는 슬러리 이송부(200)에 의해 수행될 수 있다.
- [0055] 슬러리 이송부(200)는 이송 펌프(210), 슬러리 이송 배관(220), 모니터링 수단(230), 부스팅 펌프(240)를 포함한다.
- [0056] 이송 펌프(210)는 슬러리 저장 탱크(150)에 저장되어 있는 슬러리에 50 ~ 70 bar의 이송 압력을 인가하여, 후술하는 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송될 수 있도록 한다.
- [0057] 슬러리 이송 배관(220)은 소정의 길이를 갖고 직경 300mm 이상의 관으로서, 지중 2~3미터 깊이로 매립된다. 슬러리 이송 배관(220)은 슬러리 생성부(100)에서 이산화탄소 저장소(1)까지 배치된다. 슬러리 이송 배관(220)의 길이는 사용자의 필요에 따라 수십 미터에서 수백 km까지 다양하게 설정될 수 있다.
- [0058] 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송되는 슬러리의 유량은 5000 ~ 25000 kg/min 인 것이 바람직하다. 또한, 슬러리 이송 배관(220) 내에서 이송되는 슬러리는 최소 온도는 6℃ 를 유지하고, 슬러리 내 CO₂-하이드레이트(hydrate)의 질량비율은 최대 45%인 것이 바람직하다.
- [0059] 모니터링 수단(230)은 슬러리 이송 배관(220) 상에 배치되어, 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송되는 슬러리의 유량, 밀도, 압력을 측정하고 측정값에 해당하는 신호를 출력하여, 사용자가 배관을 통해 이송되는 슬러리의 이송 상태를 모니터링할 수 있도록 한다.
- [0060] 모니터링 수단(230)은 슬러리 이송 배관(220) 상에 배치되는 유량계(232), 밀도계(234), 압력계(236)를 포함할 수 있다. 유량계(232), 밀도계(234), 압력계(236)는 사용자의 필요에 따라 슬러리 이송 배관(220)을 따라 적어도 하나 이상의 개수로 배치될 수 있다.
- [0061] 부스팅 펌프(240)는 슬러리 이송 배관(220) 상에 배치되어, 압력계(236)의 측정 결과, 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송되는 슬러리의 이송 압력이 일정 이하로 저하되면 슬러리에 대하여 소정의 압력을 인가하여 슬러리가 원활히 이송될 수 있도록 한다.
- [0062] 부스팅 펌프(240)는 슬러리 이송 배관(220)에 일정 간격으로 배치되어 압력계(236)에 의해 측정된 슬러리의 이송 압력이 저하되면 이송되는 슬러리에 대하여 추가로 압력을 인가하여, 슬러리의 이송을 용이하게 한다. 여기서, 부스팅 펌프(240)는 슬러리의 이송 압력이 30 bar 이하로 저하되면 동작하여 슬러리에 압력을 인가할 수 있다.
- [0063] 저장 단계(ST130)는 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송된 이산화탄소 하이드레이트 슬러리에서 이산화탄소를 분리한 후, 이를 이산화탄소 저장소에 저장한다.
- [0064] 저장 단계(ST130)는 이산화탄소 저장부(300)에 의해 수행된다.
- [0065] 이산화탄소 저장부(300)는 해리관(310), 이산화탄소 분리부(320), 이산화탄소 압축부(330)를 포함한다.
- [0066] 해리관(310)은 슬러리 이송 배관(220)을 통해 이송된 슬러리가 통과하는 슬러리관(312)과, 슬러리관(312)이 중심축 상에 배치되고, 외부에서 공급되는 가온수가 슬러리관(312)의 외주를 따라 흐르며 슬러리관(312) 내부의 슬러리에 대하여 열을 가하는 가온관(314)을 포함한다.
- [0067] 여기서, 가온수는 외부에서 공급되는 상온의 물을 포함할 수 있다. 이때, 이산화탄소 저장소가 해안에 위치한다면 가온수로써는 해수를 이용할 수 있다. 가온관(314)으로 유입되는 가온수는 소정의 펌프에 의해 소정의 공급 압력을 갖고, 소정량으로 유입된다. 가온수는 사용 후 가온관(314) 외부로 배출된다.
- [0068] 가온수에 의해 온도가 상승된 이산화탄소 하이드레이트 슬러리는 기상의 이산화탄소와 유체로 분리된 후, 후술하는 이산화탄소 분리부(320)로 공급된다.
- [0069] 이산화탄소 분리부(320)는 해리관(310)에서 분리된 이산화탄소와 유체(물을 포함함)가 함께 유입된다.
- [0070] 이산화탄소는 기상 상태이고, 유체는 액상 상태로서, 이산화탄소 분리부(320) 내에서 분리된 상태로 유지된다. 여기서, 유체는 이산화탄소 분리부(320) 외부로 방출한다.

[0071] 이산화탄소 압축부(330)는 이산화탄소 분리부(320)의 이산화탄소를 일정 정도로 압축한 후, 이산화탄소 저장소(1)에 주입하여 이산화탄소의 저장이 이루어지도록 한다.

[0072] 상기와 같이 구성된 본 발명과 종래 기술을 비교하기로 한다.

[0073] 이산화탄소를 소정의 저장소에 저장하기 위해 이송하는 경우, 이산화탄소를 고밀도의 초임계상태로 이송하는 기존의 기술((A))과 본 발명(B)을 비교하였다.

[0074] 여기서, 이산화탄소 포집장소와 이산화탄소 저장소의 거리가 500km로써, 이에 대응하여 슬러리 이송 배관(220)의 길이는 500km이고, 부스팅 펌프(240)는 슬러리 이송 배관(220) 상에 100 km간격으로 4개가 배치되는 것으로 상정한다.

표 2

	A	B
최대 이송 압력(MPa)	15	8
최소 이송 압력(Mpa)	7.38	3
부스팅 펌프 간격(km)	100	100
부스팅 펌프 수(500 km)	4	4
1일 최대 이송량(ton)	5000	5000
밀도	860	960

[0077] [표 2]를 참조하면, 종래의 기술(A)은 이산화탄소 이송 시, 본 발명(B)에 의한 이산화탄소 이송시보다 높은 압력 상태를 유지해야하고, 이송되는 이산화탄소의 밀도는 보다 낮음을 알 수 있다.

표 3

	A	B
이송 초기 동력 요구량(kW)	22045.3	635
부스팅 펌프 당 동력 요구량(kW)	795.7	233.1
부스팅 펌프 전체 동력(kW)	3182.9	932.4
이송에 필요한 전체 동력(kW)	25228.1	1595
제공되는 동력(20% Excess)(kW)	30273.7	1880.8

[0081] [표 3]을 참조하면, 슬러리 이송 배관(220)을 통해 슬러리를 이송할 때 필요로 하는 동력은 종래의 기술(A) 보다 본 발명(B)에서 보다 적게 소요됨을 알 수 있다. 따라서, 실제 사용되는 동력보다 일정량(20%)의 여유분을 감안하여도 장치 전체에 제공되는 동력은 종래의 기술(A) 보다 본 발명(B)에서 보다 적게 소요된다.

[0082] 본 발명은, 이산화탄소를 포집한 후 하이드레이트 슬러리를 생성한 후, 이를 이송한 후 해리시켜 저장소에 저장하도록 하여 이송에 필요한 에너지가 감소될 수 있다.

[0083] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0084] 1: 이산화탄소 이송 장치
- 100: 슬러리 생성부
- 200: 슬러리 이송부
- 300: 이산화탄소 저장부

도면

도면1

도면2

