



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월31일
 (11) 등록번호 10-1216579
 (24) 등록일자 2012년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B01D 53/14 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)
 B01D 53/78 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-7011037
 (22) 출원일자(국제) 2008년10월22일
 심사청구일자 2010년05월20일
 (85) 번역문제출일자 2010년05월20일
 (65) 공개번호 10-2010-0072359
 (43) 공개일자 2010년06월30일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2008/080703
 (87) 국제공개번호 WO 2009/055419
 국제공개일자 2009년04월30일
 (30) 우선권주장
 12/255,104 2008년10월21일 미국(US)
 60/981,742 2007년10월22일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100650556 B1*
 KR1020050070285 A*
 WO2006022885 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
알스툼 테크놀로지 리미티드
 스위스 5400 바덴 브라운 보베리 슈트라세 7
 (72) 발명자
갈 엘리
 미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 8번 파크우드 드
 라이프 10245
베드 오토 엠.
 노르웨이 엔-1369 스타벡 감레 드라멘스베이 18
 에이
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 15 항

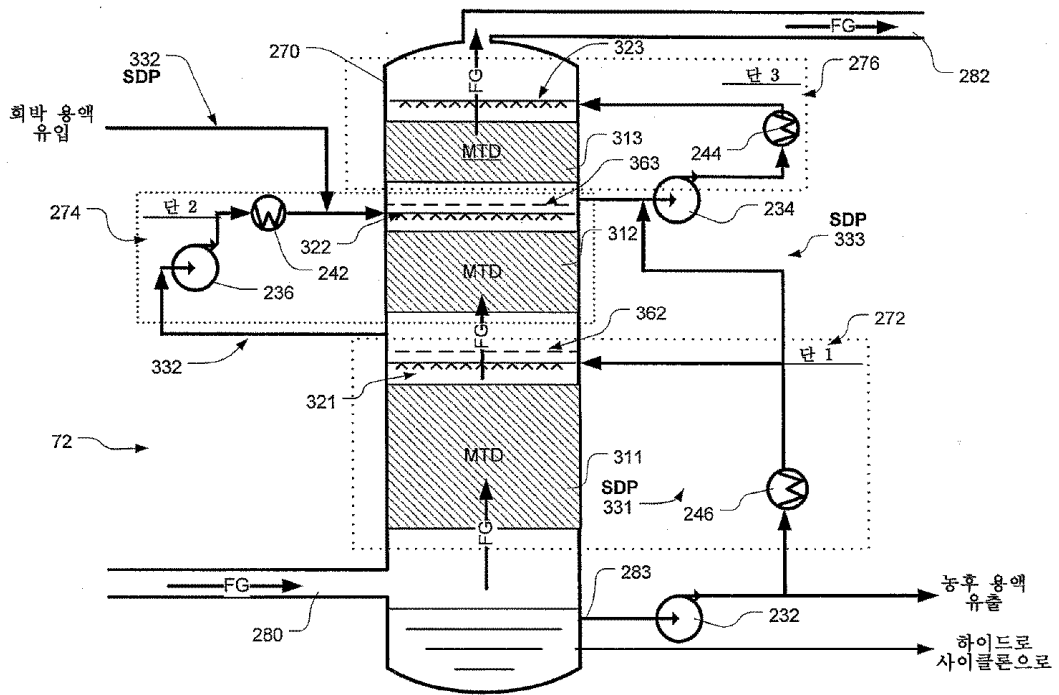
심사관 : 이근완

(54) 발명의 명칭 **다단 CO₂ 제거 시스템 및 연도 가스 스트림을 처리하기 위한 방법**

(57) 요약

다수의 흡수 단(272, 274, 276)이 제공되어 있는 암모니아 기반 CO₂ 포획 시스템 및 방법이 제공된다. 각각의 흡수 단(272, 274, 276)은 미리 정해진 온도(T)에서 이온 용액을 전달하고 이를 연도 가스 스트림(FG)과 접촉시킨다.

대표도



(72) 발명자

코작 프레드릭 제트.

미국 테네시 37923 녹스빌 메도우필드 드라이브 830

무라스킨 데이빗 제이.

미국 테네시 37922 녹스빌 버터너트 레인 12032

도파트카 유젠

미국 테네시 37932 녹스빌 오크 헤븐 로드 1164

라슬로 테니스 제이.

미국 테네시 37922 녹스빌 스태프우드 로드 1536

특허청구의 범위

청구항 1

연도 가스 스트림이 암모니아를 함유하는 이온 용액과 접촉하는 일련의 흡수 단을 사용하여 연도 가스 스트림으로부터 이산화탄소를 제거하는 방법으로서, 상기 일련의 흡수 단은 상기 연도 가스 스트림의 유동 방향에 대해 제 1 흡수 단 및 최종 흡수 단을 포함하는, 연도 가스 스트림으로부터 이산화탄소를 제거하는 방법에 있어서,

상기 일련의 흡수 단에서의 각각의 흡수 단은,

가스-액체 접촉 질량 전달 디바이스;

액체 분배 디바이스; 및

이온 용액의 공급물을 상기 액체 분배 디바이스로 전달하도록 구성되고, 열교환 디바이스를 포함하는 용액 전달 경로를 포함하고,

상기 일련의 흡수 단은 중간 흡수 단을 포함하고, 상기 제 1 흡수 단, 중간 흡수 단 및 최종 흡수 단을 위한 용액 전달 경로는 상이한 R값을 갖는 이온 용액을 상기 제 1 흡수 단, 중간 흡수 단 및 최종 흡수 단에 제공하도록 구성되며,

상기 제 1 흡수 단의 용액 전달 경로는 상기 제 1 흡수 단의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 제 1 흡수 단의 농후 용액 출구로부터 상기 제 1 흡수 단의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용액의 유동을 제공하고,

상기 최종 흡수 단의 용액 전달 경로는 상기 제 1 흡수 단의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 제 1 흡수 단의 농후 용액 출구로부터 상기 최종 흡수 단의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용액의 유동을 제공하고,

상기 중간 흡수 단의 용액 전달 경로는 희박 이온 용액의 소스와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 소스로부터 상기 중간 흡수 단의 액체 분배 디바이스로 희박 이온 용액의 유동을 제공하며,

상기 방법은 상기 제 1 흡수 단에 제공된 이온 용액이 상기 최종 흡수 단에 제공된 이온 용액보다 높은 온도 및 낮은 암모니아 대 CO₂ 몰비(R)를 갖도록 상기 일련의 흡수 단의 각각의 단에 제공된 이온 용액의 온도 및 암모니아 대 CO₂ 몰비(R)를 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 흡수 단에 제공된 이온 용액의 온도는 10℃ 내지 20℃이고, 상기 최종 흡수 단에 제공된 이온 용액의 온도는 0℃ 내지 10℃인 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 최종 흡수 단에 제공된 이온 용액의 R은 1.8 내지 2.0의 범위인 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 흡수 단에 제공된 이온 용액의 R은 1.4 내지 1.8의 범위인 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 흡수 단, 중간 흡수 단 및 최종 흡수 단의 각각에 제공된 이온 용액은 상이한 온도를 갖는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 제 1 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 온도는 10℃ 내지 20℃이고, 상기 최종 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 온도는 0℃ 내지 10℃이고, 상기 중간 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 온도는 10℃ 내지 20℃인 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 최종 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 R은 1.8 내지 2.0의 범위이고, 상기 제 1 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 R은 1.4 내지 1.8의 범위인 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 흡수 단계에 제공된 이온 용액의 온도 및 R은 상기 제 1 단의 암모니아 중탄산염 고체의 석출을 촉진하도록 선택되는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 흡수 단계에 암모니아 중탄산염 고체를 수집하는 단계; 및

상기 제 1 흡수 단계로부터 수집된 암모니아 중탄산염 고체를 제거하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

하이드로 사이클론 내에서 상기 이온 용액으로부터 제거된 암모니아 중탄산염 고체를 분리하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 일련의 흡수 단계는 단일 흡수 용기 내에 포함되는 방법.

청구항 13

연도 가스 스트림으로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템으로서,

상기 시스템은 상기 연도 가스 스트림의 유동 방향에 대해 제 1 흡수 단계 및 최종 흡수 단계를 포함하는 일련의 흡수 단계를 포함하고,

상기 일련의 흡수 단계에서의 각각의 흡수 단계,

가스-액체 접촉 질량 전달 디바이스;

액체 분배 디바이스; 및

이온 용액의 공급물을 상기 액체 분배 디바이스로 전달하도록 구성되고, 열교환 디바이스를 포함하는 용액 전달 경로를 포함하고,

상기 제 1 흡수 단계 및 최종 흡수 단계를 위한 용액 전달 경로는 상기 최종 흡수 단계에 제공된 이온 용액보다 낮은 암모니아 대 CO₂ 몰비(R)를 갖는 이온 용액을 제 1 흡수 단계에 제공하도록 구성되며,

상기 일련의 흡수 단계는 중간 흡수 단계를 포함하고, 상기 제 1 흡수 단계, 중간 흡수 단계 및 최종 흡수 단계를 위한 용액 전달 경로는 상이한 R값을 갖는 이온 용액을 상기 제 1 흡수 단계, 중간 흡수 단계 및 최종 흡수 단계에 제공하도록 구성되며,

상기 제 1 흡수 단계의 용액 전달 경로는 상기 제 1 흡수 단계의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 제 1 흡수 단계의 농후 용액 출구로부터 상기 제 1 흡수 단계의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용액의 유동을 제공하고,

상기 최종 흡수 단계의 용액 전달 경로는 상기 제 1 흡수 단계의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 제 1 흡수 단계의 농후 용액 출구로부터 상기 최종 흡수 단계의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용

액의 유동을 제공하고,

상기 중간 흡수 단의 용액 전달 경로는 회박 이온 용액의 소스와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 소스로부터 상기 중간 흡수 단의 액체 분배 디바이스로 회박 이온 용액의 유동을 제공하는 시스템.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

제 13 항에 있어서, 상기 중간 흡수 단의 용액 전달 경로는 또한 상기 중간 흡수 단의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 중간 흡수 단의 농후 용액 출구로부터 상기 중간 흡수 단의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용액의 유동을 제공하는 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 최종 흡수 단의 용액 전달 경로는 또한 상기 최종 흡수 단의 농후 용액 출구와 유체 연통하고, 이에 의해 상기 최종 흡수 단의 농후 용액 출구로부터 상기 최종 흡수 단의 열교환 디바이스 및 액체 분배 디바이스로 이온 용액의 유동을 제공하는 시스템.

청구항 20

제 13 항에 있어서, 상기 일련의 흡수 단은 단일 흡수 용기 내에 포함되는 시스템.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 이산화탄소 및 이산화황을 함유하는 프로세스 가스 스트림으로부터 이산화탄소(CO₂)를 제거하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 발명은 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하기 위한 냉각 암모니아 기반 연도 가스 처리 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 향상된 CO₂ 포획 효율을 위한 다단 CO₂ 흡수기 시스템을 포함한다.

[0002] 관련 출원(들)에 대한 상호 참조

[0003] 본 출원은 그 개시 내용이 본 명세서에 참조로서 완전히 포함되어 있는 2007년 10월 22일 출원된 발명의 명칭이 "냉각 암모니아 프로세스에서의 단계적 CO₂ 흡수"인 계류중인 미국 가출원 제 60/981,742호를 우선권 주장한다.

배경 기술

[0004] 발전소와 같은 연소 설비에서의 석탄, 석유, 토탄, 폐기물 등과 같은 연료의 연소시에, 다른 성분 중에서도 이산화탄소(CO₂)를 함유하는 연도 가스가 종종 칭하는 고온의 프로세스 가스와 같은 고온 프로세스 가스가 발생된다. 분위기로 이산화탄소를 방출하는 부정적인 환경적인 영향이 광범위하게 인식되고 있고, 전술된 연료의 연소시에 생성되는 고온의 프로세스 가스로부터 이산화탄소를 제거하기 위해 채택된 프로세스의 개발이 이루어지고 있다. 하나의 이러한 시스템 및 프로세스가 이미 개시되어 있고 연소후 연도 가스 스트림으로부터 이산화탄소(CO₂)의 제거를 위한 1단 냉각 암모니아 기반 시스템 및 방법에 관련된다. 이러한 시스템 및 프로세스는 그 개시 내용이 본 명세서에 참조로서 포함되어 있는 발명의 명칭이 "CO₂의 제거를 포함하는 연소 가스의 초세척(Ultra Cleaning of Combustion Gas Including the Removal of CO₂)"인 미국 특허 출원 공개 제 20080072762호 [발명자: 엘리 갈(Eli Gal)]에 제안되어 교시되어 있다.

[0005] 도 1a는 예를 들어 발전 설비의 증기 발생기 시스템에 사용된 보일러 시스템(26)의 연소 챔버에 의해 방출되는 연도 가스 스트림(FG)으로부터 다양한 오염물을 제거하는데 사용하기 위한 연도 가스 처리 시스템(15)을 일반적으로 도시하는 도면이다. 이 시스템은 먼지/미립자 물질(PM)을 제거하기 위한 먼지 제거 시스템(50), 스크러버

시스템(60)(습식 또는 건식 또는 이들의 조합) 및 CO₂ 제거 시스템(70)을 포함한다.

- [0006] CO₂ 제거 시스템(70)은 세척된 연도 가스 스트림을 배기 스택(90)으로 방출하기 전에 연도 가스 스트림(FG)으로부터 CO₂를 제거하도록 구성된다. 이는 또한 연도 가스 스트림(FG)으로부터 제거된 CO₂를 출력하도록 구성된다. CO₂ 제거 시스템(70)의 상세는 도 1b에 일반적으로 도시된다.
- [0007] 도 1b를 참조하면, CO₂ 제거 시스템(70)은 연도 가스 스트림(FG)으로부터 CO₂를 포획하기 위한 포획 시스템(72)과, 연도 가스 스트림(FG)으로부터 CO₂를 제거하는데 사용되는 이온 용액을 재생하기 위한 재생 시스템(74)을 포함한다. 포획 시스템(72)의 상세는 일반적으로 도 1c에 도시된다.
- [0008] 도 1c를 참조하면, CO₂ 포획 시스템(70)(도 1a)의 포획 시스템(72)이 일반적으로 도시된다. 이 시스템에서, 포획 시스템(72)은 1단 냉각 암모니아 기반 CO₂ 포획 시스템이다. CO₂ 제거를 위한 1단 냉각 암모니아 기반 시스템/방법에서, 이온 용액이 CO₂를 함유하는 연도 가스 스트림과 접촉하는 흡수기 용기가 제공된다. 이온 용액은 예를 들어 물과 암모늄 이온, 중탄산염 이온, 탄산염 이온 및/또는 카르바산염 이온으로 구성될 수 있다. 공지된 1단 CAP CO₂ 제거 시스템의 예가 도 1c의 도면에 일반적으로 도시되어 있다.
- [0009] 도 1c를 참조하면, 흡수기 용기(170)는 예를 들어 화석 연료 점화식 보일러(26)(도 1a 참조)의 연소 챔버로부터 기원하는 연도 가스 스트림(FG)을 수용하도록 구성된다. 이는 또한 재생 시스템(74)(도 1b 참조)으로부터 희박 이온 용액 공급물을 수용하도록 구성된다. 희박 이온 용액은 연도 가스 스트림(FG)이 연도 가스 입구(76)를 경유하여 흡수기 용기(170)에 의해 또한 수용되는 동안 액체 분배 시스템(122)을 경유하여 용기(170) 내로 도입된다.
- [0010] 이온 용액은 질량 전달을 위해 사용되고 흡수기 용기(170) 내에 그리고 연도 가스 스트림이 그 입구로부터 입구(76)를 경유하여 용기 출구(77)로 이동하는 경로 내에 배치된 가스-액체 접촉 디바이스(이하, 질량 전달 디바이스, MTD)를 경유하여 연도 가스 스트림과 접촉하게 된다. 가스-액체 접촉 디바이스(111)는 예를 들어 하나 이상의 일반적으로 공지된 구조화된 또는 랜덤 패킹 재료 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0011] 스프레이 헤드 시스템(121 및/또는 122)으로부터 스프레이된 이온 용액은 하향으로 질량 전달 디바이스(111) 상으로/내로 낙하한다. 이온 용액은 질량 전달 디바이스(111)를 통해 낙하하여 질량 전달 디바이스(111)를 통해 상향으로(이온 용액의 방향과 반대) 상승하는 연도 가스 스트림(FG)과 접촉하게 된다.
- [0012] 일단, 연도 가스 스트림과 접촉하면, 이온 용액은 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 흡수하도록 작용하여, 따라서 CO₂ "농후" 이온 용액(농후 용액)을 형성한다. 농후 이온 용액은 질량 전달 디바이스를 통해 계속 하향으로 이동하고, 이어서 흡수기 용기(170)의 저부(78)에서 수집된다. 농후 이온 용액은 이어서 재생기 시스템(74)(도 1b 참조)을 경유하여 재생되어 연도 가스 스트림으로부터 이온 용액에 의해 흡수된 CO₂를 배출한다. 다음, 이온 용액으로부터 배출된 CO₂는 저장 또는 다른 미리 정해진 용도/목적으로 출력될 수 있다. 일단 CO₂가 이온 용액으로부터 배출되면, 이온 용액은 "희박"한 것으로 일컬어진다. 희박 이온 용액은 이어서 재차 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 흡수할 준비가 되고, 액체 분배 시스템(122)으로 재차 지향될 수 있고 이에 의해 흡수기 용기(170) 내로 재차 도입된다.
- [0013] 이온 용액이 스프레이 헤드 시스템(122)을 경유하여 흡수기 용기(170) 내로 스프레이된 후에, 이는 질량 전달 디바이스(111) 상에 그를 통해 하향으로 낙하하고, 여기서 연도 가스 스트림(FG)과 접촉하게 된다. 연도 가스 스트림과 접촉시에, 이온 용액은 연도 가스 스트림 내에 함유될 수 있는 CO₂와 반응한다. 이 반응은 발열 반응이고, 이와 같이 흡수기 용기(170) 내의 열의 발생을 초래한다. 이 열은 이온 용액 내에 함유된 암모니아의 일부가 가스로 변화할 수 있게 한다. 다음에, 가스 암모니아는 액체 이온 용액과 함께 하향으로 이동하는 대신에, 연도 가스 스트림과 함께 그리고 연도 가스 스트림의 일부분으로서 흡수기 용기(170)를 통해 상향으로 이동하고, 최종적으로 흡수기 용기(170)의 출구(77)를 경유하여 탈출한다. 시스템으로부터의 이 암모니아의 손실(암모니아 슬립)은 이온 용액 내의 암모니아의 몰 농도를 감소시킨다. 암모니아의 몰 농도가 감소함에 따라, R값(NH₃ 대 CO₂ 몰비)도 감소한다. 이 R값의 감소는 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 포획하는 이온 용액의 효율성의 감소에 대응한다.

- [0014] 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하는 포획 시스템(72)의 효율성은 주로 1) 흡수기 용기(170) 내로 스프레이된 이온 용액의 온도(T), 2) 이온 용액 내에 함유된 CO₂에 대한 이온 용액 내에 함유된 암모니아의 몰비(R)에 의존한다.
- [0015] 시스템 CO₂ 포획 효율에 대한 R 및 T의 일반적인 영향이 일반적으로 도 1d에 도시된 그래프에 의해 도시된다. 암모니아 슬립의 상대적인 영향은 일반적으로 도 1e에 도시된 그래프에 의해 도시된다. 간략하게, R값이 낮을수록, 암모니아 기반 CO₂ 포획 시스템이 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하는데 덜 효율적이다.
- [0016] 시스템의 온도는 가열 및/또는 냉동 시스템을 경유하여 제어될 수 있다. 그러나, 암모니아 대 CO₂의 몰비(R)는 연도 가스 스트림 내에 함유된 CO₂를 제어하는 것이 가능하지 않기 때문에, 단지 이온 용액 내의 암모늄의 양을 제어함으로써 제어될 수 있다.
- [0017] 암모니아 슬립의 양을 최소화하기 위해, CO₂ 포획 시스템(72)은 바람직하게는 예를 들어 0°C 내지 최대 10°C의 온도인 낮은 온도(T)에서 작동하도록 구성된다. 이는 예를 들어 흡수기 용기 내로 도입된 이온 용액의 온도를 제어함으로써 성취될 수 있다. 예를 들어 1.4 내지 최대 1.8로 낮은 암모니아 대 CO₂ 몰비(R)를 갖는 이온 용액으로 작동하도록 또한 바람직하게 구성된다. 이는 흡수기 용기 내로 도입된 희박 용액의 양을 제어함으로써 성취될 수 있다.
- [0018] 예를 들어 0°C 내지 최대 10°C의 낮은 온도 및 예를 들어 1.4 내지 최대 1.6의 낮은 R값에서, 고체 암모늄 중탄산염 입자는 연도 가스 스트림과 접촉한 후에 이온 용액으로부터 석출될 것이다. 이들 고체는 그와 접촉하여 배치되는 이온 용액에 의해 연도 가스 스트림으로부터 제거되어 있는 높은 농도(대략 55 중량 %)의 CO₂를 함유한다. 따라서, 고체의 석출은 이들이 높은 농도의 CO₂를 함유하고 이온 용액으로부터 용이하게 분리되어 제거될 수 있기 때문에 바람직하다. 그러나, 이온 용액으로부터 고체가 석출되게 하는데 요구되는 낮은 온도를 성취하기 위해, 냉동 설비가 이용되어야 한다. 추가로, 낮은 R값에서 작동을 수용하기 위해, 흡수기 용기(170)의 체적/크기가 상당히 증가되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 더 큰 흡수기 용기 및 냉동 시스템, 뿐만 아니라 그 작동은 고비용이고, 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하는 것과 관련된 비용을 상당히 증가시킨다. 따라서, 1단 흡수기 시스템을 갖는 냉각 암모니아 기반 CO₂ 제거 시스템은 대형이고, 고가이고, 원하는 낮은 작동 온도를 유지하기 위해 높은 냉각 용량 냉동 시스템을 요구할 것이다. 따라서, 종래 다루어지지 않은 요구가 전술된 결점 및 단점을 처리하기 위해 당 기술 분야에 존재한다.
- [0020] 또한, 본 발명의 특징은 상세한 설명 및 청구범위로부터 명백해질 것이다.

과제의 해결 수단

- [0021] 본 발명의 실시예는 프로세스 가스 스트림으로부터 이산화탄소(CO₂)를 포획하기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 간략하게 설명하면, 구조적으로, 시스템의 일 실시예는 무엇보다도 연도 가스 스트림(FG) 및 이온 용액을 수용하고 연도 가스 스트림과 접촉하여 이온 용액을 배치하기 위한 다수의 흡수 단을 갖는 흡수기 용기를 포함하도록 구현될 수 있다.
- [0022] 일 실시예에서, 제 1 흡수 단, 제 2 흡수 단 및 제 3 흡수 단을 포함하는 흡수기 용기가 제공된다. 다른 실시예에서, 제 1 흡수 단을 포함하는 제 1 흡수기 용기가 제공되고, 제 2 흡수 단을 포함하는 제 2 흡수기 용기가 제공되고, 제 3 흡수 단을 포함하는 제 3 흡수기 용기가 제공된다.
- [0023] 본 발명의 실시예는 또한 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하기 위한 방법을 제공하는 것으로서 고려될 수도 있다. 이와 관련하여, 이러한 방법의 일 실시예는 무엇보다도 이하의 단계, 즉 제 1 이온 용액 유동을 연도 가스 스트림과 접촉시켜 연도 가스 스트림으로부터 CO₂의 제 1 부분을 제거하는 단계와, 제 2 이온 용액 유동을 연도 가스 스트림과 접촉시켜 연도 가스 스트림으로부터 CO₂의 제 2 부분을 제거하는 단계와, 제 3 이온 용액

유동을 연도 가스 스트림과 접촉시켜 연도 가스 스트림으로부터 CO₂의 제 3 부분을 제거하는 단계와, 이온 용액 으로부터의 암모니아 슬립을 최소화하기 위해 제 3 이온 용액 유동을 생각하는 단계에 의해 넓게 요약될 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 시스템, 방법, 특징 및 장점은 이하의 도면 및 상세한 설명의 검토시에 당 기술 분야의 숙련자들에게 명백하거나 명백해질 것이다. 모든 이러한 추가의 시스템, 방법, 특징 및 장점은 본 명세서 내에 포함되고, 본 발명의 범주 내에 있고, 첨부된 청구범위에 의해 보호되는 것으로 의도된다.

[0025] 본 발명의 다수의 양태는 이하의 도면을 참조하여 더 양호하게 이해될 수 있다. 도면의 구성 요소는 반드시 축적대로 도시된 것은 아니고, 대신에 본 발명의 원리를 명확하게 도시하기 위해 강조되어 있다. 더욱이, 도면에서, 유사한 도면 부호는 다수의 도면 전체에 걸쳐 대응 부분을 나타내고 있다. 본 발명이 이제 첨부 도면을 참조하여 더 상세히 설명될 것이다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따르면, 향상된 CO₂ 포획 효율을 갖는 프로세스 가스 스트림으로부터 이산화탄소(CO₂)를 제거하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1a는 CO₂ 제거 시스템(70)을 포함하는 연도 가스 처리 시스템(15)을 일반적으로 도시하는 도면.
- 도 1b는 포획 시스템(72) 및 재생 시스템(74)을 포함하는 CO₂ 제거 시스템의 부가의 상세를 일반적으로 도시하는 도면.
- 도 1c는 포획 시스템(72)의 상세를 일반적으로 도시하는 도면.
- 도 1d는 CO₂ 시스템 포획 효율에 대한 R 및 T의 영향을 일반적으로 도시하는 그래프.
- 도 1e는 CO₂ 포획 시스템의 암모니아 슬립에 대한 R 및 T의 영향을 일반적으로 도시하는 그래프.
- 도 2a는 다단 흡수기 시스템을 포함하는 포획 시스템(72)의 실시예를 일반적으로 도시하는 도면.
- 도 2b는 다단 흡수기 시스템을 포함하는 포획 시스템(72)의 다른 실시예를 일반적으로 도시하는 도면.
- 도 2c는 다수의 개별 흡수기 용기가 각각의 흡수 단계 전용되어 있는 다단 흡수기 시스템을 포함하는 포획 시스템(72)의 다른 실시예를 일반적으로 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 CO₂를 함유하는 프로세스 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하기 위한 냉각 암모니아 기반 CO₂ 제거 시스템에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 발명은 연도 가스 스트림으로부터 CO₂의 제거를 위한 암모니아 기반 시스템에 관한 것으로서, 이 시스템은 이산화탄소를 함유하는 연도 가스 스트림과 이온 용액을 접촉시키도록 구성된 다단 CO₂ 흡수기 시스템을 포함한다.

[0029] 본 발명의 일 실시예는 일반적으로 도 2a에 도시된다. 이 실시예에서, 3개의 흡수 단을 포함하는 포획 시스템(72)이 제공된다. 그러나, 본 발명의 범주 또는 사상으로부터 벗어나지 않고 포획 시스템(72) 내에 더 많거나 더 적은 흡수 단을 포함하는 것이 가능하다.

[0030] 도 2a를 참조하면, 단일의 흡수기 용기(270)가 제공된다. 흡수기 용기(270)는 용기(270)의 저부 부근에 배치된 입구(280)를 경유하여 연도 가스 스트림(FG)을 수용하고 연도 가스 스트림(FG)이 상향으로 흡수기 용기(270)를 통해 통과하여 용기(270)의 상부 부근에 배치된 출구(282)를 경유하여 빠져나갈 수 있게 하도록 구성된다.

[0031] 흡수기 용기(270)(도 2a 또는 도 2b 참조)로 진입하는 연도 가스 스트림(FG)은 일반적으로 1 퍼센트 미만의 수분 및 낮은 농도의 SO₂, SO₃, HCl과 일반적으로 CO₂ 포획 시스템으로부터 상류측의 공기 오염 제어 시스템(미도시)을 경유하여 제거되는 미립자 물질(PM)을 포함할 것이다. 예를 들어, 연도 가스 스트림은 일반적으로 50

ppmv 미만의 SO₂, 5 ppmv 미만의 SO₃, 1 ppmv 미만의 HCl 및/또는 100 mg/nm³ 미만의 PM을 포함할 것이다.

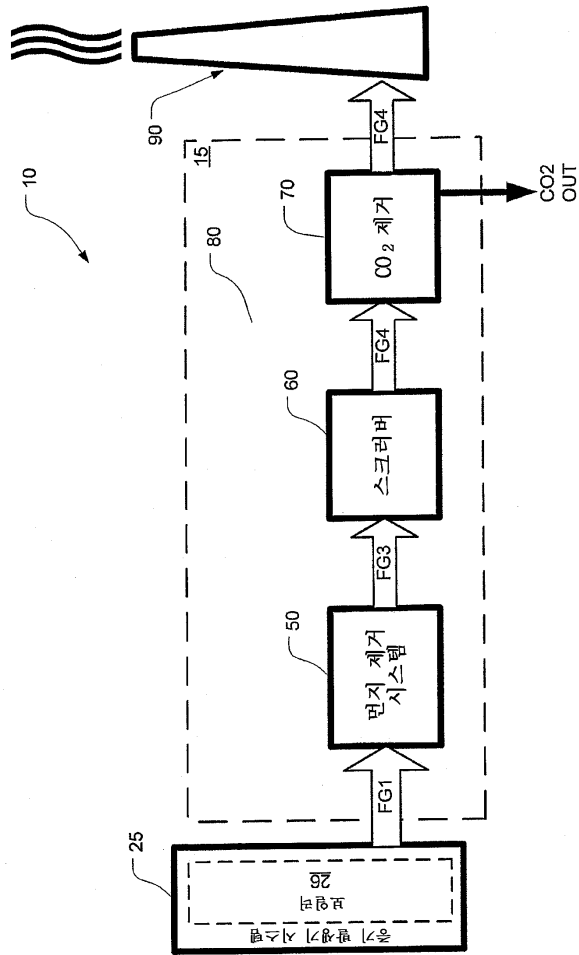
- [0032] 흡수기 용기(270)는 이온 용액을 사용하여 연도 가스 스트림 내에 포함될 수 있는 CO₂를 흡수하도록 구성된다. 바람직한 실시예에서, 이온 용액은 예를 들어 물과 암모니아 이온, 중탄산염 이온, 탄산염 이온 및/또는 카르바산염 이온으로 구성될 수 있다.
- [0033] 각각의 흡수 단(272, 274, 276)은 하나 이상의 단일 가스-액체 질량 전달 디바이스(MTD)(311, 312, 313), 액체 분배 디바이스(321, 322, 323) 및 용액 전달 경로(SDP)(331, 332, 333)를 포함하도록 구성된다.
- [0034] 각각의 질량 전달 디바이스(311, 312, 313)는 연도 가스가 예를 들어 CO₂가 흡수되어 있는 암모니아 이온, 탄산염 이온, 암모늄 중탄산염 및/또는 카르바산염의 용해되고 현탁된 혼합물을 함유하는 이온 용액의 흐름에 반대하여 흡수기 용기(270)를 통해 상향으로 유동할 때 연도 가스 스트림(FG)과 이온 용액을 접촉시키도록 구성된다. 질량 전달 디바이스(MTD)(311, 312, 313)는 예를 들어 구조화된 또는 랜덤 패킹 재료일 수 있다.
- [0035] 액체 분배 디바이스(들)(321, 322, 323)는 흡수기 용기(270) 내로 이온 용액을 도입하도록 구성된다. 각각의 액체 분배 디바이스는 예를 들어 하나 이상의 스프레이 헤드 노즐 및/또는 천공부, 구멍 및/또는 슬롯 또는 이들의 조합을 갖는 도관으로서 구성될 수 있다.
- [0036] 각각의 SDP(331, 332, 333)는 액체 분배 디바이스(각각, 312, 322, 323)를 경유하여 각각의 흡수 단에 이온 용액의 유동(이온 용액 유동)을 전달하도록 구성된다. 각각의 SDP는 바람직하게는 예를 들어 SDP를 통해 펌핑된 이온 용액을 냉각시키기 위한 열교환기 디바이스와 같은 하나 이상의 냉각 시스템을 포함할 것이다. 제어 시스템(미도시)은 또한 바람직하게는 이온 용액의 유동을 제어하고 미리 정해진 레벨에서 또는 미리 정해진 온도 범위 내에서 이온 용액 온도를 유지하기 위해 제공된다. 제어 시스템은 또한 미리 정해진 값 이내 또는 미리 정해진 값의 범위 이내가 되도록 암모니아 대 CO₂ 몰비(R)를 제어하기 위해 제공될 수 있다. 도 2a를 참조하면, 흡수 단(272)은 펌프(232) 및 열교환기(246)를 경유하여 액체 분배 디바이스(265)와 농후 용액 출구(283)를 접속시키는 도관/파이프로 구성되는 SDP(331)를 포함한다. 흡수 단(274)은 재생 시스템(74)(도 1b 참조)으로부터 열교환기(242)를 경유하여 액체 분배 디바이스(264)에 희박 이온 용액을 유도하는 도관/파이프로 구성되는 SDP(332)를 포함한다. 흡수 단(276)은 펌프(232), 열교환기(246), 펌프(234) 및 열교환기(244)를 경유하여 액체 분배 디바이스(263)와 농후 용액 출구(283)를 접속시키는 도관/파이프로 구성되는 SDP(333)를 포함한다.
- [0037] 흡수 단(272)은 흡수기 용기(270)의 저부 부근에 수집되어 그로부터 재순환되는 SDP(333) 이온 용액을 경유하여 수용된 희박 이온 용액을 연도 가스 스트림과 접촉시키도록 구성된다. 이 이온 용액은 흡수기 용기(270)의 저부로부터 펌프(232)를 경유하여 액체 분배 디바이스(321)로 펌핑되고, 이 액체 분배 디바이스는 이온 용액을 하향으로 질량 전달 디바이스(311) 상으로 스프레이한다. 이 방식으로, 연도 가스 스트림(FG)은 액체 분배 디바이스(321)로부터 스프레이된 이온 용액과 접촉하게 된다. 흡수 단(272)에서의 이온 용액의 온도는 바람직하게는 10°C 내지 20°C 또는 그 이상의 범위가 되도록 제어된다. 흡수 단(272)에서 FG로부터 포획된 CO₂는 암모늄 중탄산염의 석출을 갖는 이온 용액을 형성한다. 이온 용액이 연도 가스 스트림(FG)과 접촉하게 된 후에, 이는 CO₂ 농후(농후 용액)가 된다. 이 CO₂ 농후 용액은 흡수 단(272)으로부터 재생기 시스템(74)(도 1b 참조)으로 배출된다.
- [0038] 흡수 단(274)은 높은 레벨의 CO₂ 포획 효율에서 작동하도록 구성된다. 일 실시예에서, 흡수 단(274)은 연도 가스 스트림(FG) 내에 함유될 수 있는 CO₂의 50 내지 90%를 포획하도록 구성된다. 여기서, 재생기(74)(미도시)로부터의 희박 CO₂ 용액이 액체 분배 디바이스(332)를 경유하여 MTD(312) 상에 스프레이된다. 흡수 단(276)으로부터의 CO₂ 농후 용액이 또한 MTD(312) 상으로 하향으로 유동하고, 여기서 스프레이 시스템(322)을 경유하여 스프레이된 CO₂ 희박 용액과 혼합되는데, 이들 모두는 흡수기 용기(270)를 통해 상향으로 유동할 때 연도 가스 스트림(FG)과 접촉한다.
- [0039] 흡수 단(274)으로부터 흡수 용기(270) 내에서 상향으로 상승하는 연도 가스는 낮은 농도의 CO₂(예를 들어, FG 입구에서 10% 이하의 농도) 및 비교적 높은 농도의 NH₃(예를 들어, 5000 ppm 내지 최대 10000 ppm)를 함유한다. 흡수 단(274)으로부터의 연도 가스 내의 높은 농도의 암모니아(암모니아 슬립)는 흡수 단(274) 내의 이온 용액의 높은 R의 결과이다(도 1e 참조). 흡수 단(274) 내에서 증발되어 있는 암모니아의 큰 부분은 흡수 단(276)을

경유하여 이온 용액 내로 재차 재포획되는데, 이 흡수 단은 바람직하게는 낮은 R값 및 낮은 온도에서 작동한다.

- [0040] 흡수 단(276)에서, 낮은 R(예를 들어, 1.8 미만) 및 낮은 온도(예를 들어, 10°C 미만, 바람직하게는 약 5°C)를 갖는 비교적 작은 이온 용액의 유동이 액체 분배 디바이스(323)를 경유하여 MTD(313) 상에 스프레이되고, 여기서 MTD(313)를 통해 상향으로 유동함에 따라 연도 가스 스트림(FG)과 접촉된다. 흡수 단(276)을 경유하여 포획된 암모니아는 흡수기 단(274)의 패킹 재료(312)의 상부로 하향으로 유동한다.
- [0041] 흡수기 용기(270)는 용기(270)의 저부에 수집된 이온 용액의 하이드로 사이클론(미도시)으로의 순환을 제공하도록 구성될 수 있다. 하이드로 사이클론(미도시)은 연도 가스 스트림과 접촉된 후에 이온 용액 내에 형성되어 있는 고체를 분리하여 제거하는데 사용될 수 있다.
- [0042] 흡수 단(272, 274, 276)의 각각은 CO₂ 흡수 프로세스의 특정 단계를 수행하도록 구성된다. 예를 들어, 단(272)은 연도 가스 내에 함유된 CO₂의 일부가 포획되는 프로세스의 단계 1을 수행하도록 구성된다. 단(274)은 연도 가스 내에 함유된 CO₂의 추가의 부분이 포획되는 프로세스의 단계 2를 수행하도록 구성된다. 단(276)은 프로세스의 단계 3을 수행하도록 구성된다. 단계 3에서, 연도 가스 내에 함유된 CO₂의 추가의 부분이 포획된다.
- [0043] 바람직한 실시예에서, 입구(280)에 진입할 때 연도 가스 스트림(FG) 내에 함유된 CO₂의 40% 내지 90%는 단계 1 내지 3을 받게 된 후 및 출구(282)를 나오기 전에 연도 가스 스트림으로부터 제거될 것이다. 각각의 단계는 미리 결정된 순서로 수행되거나 수행되지 않을 수 있다.
- [0044] CO₂ 흡수 프로세스의 단계 1에서, 연도 가스 스트림 내에 함유된 CO₂의 부분은 연도 가스 스트림과 이온 용액을 접촉시키는 것에 의해 제거된다. 단계 1 중의 이온 용액의 온도는 CO₂ 흡수 프로세스의 단계 2 또는 단계 3에서 이온 용액의 온도보다 높도록 제어된다. 예를 들어, 단계 1에서, 이온 용액의 온도는 10°C 내지 20°C로 제어된다. 단계 1에서의 이온 용액의 R은 예를 들어 1.4 내지 1.8로 낮다.
- [0045] 단계 1 중에, 높은 농도의 CO₂를 함유하는 암모니아 중탄산염의 고체가 이온 용액으로부터 석출되도록 허용된다. 이들 고체는 이어서 이온 용액으로부터 분리되어 예를 들어 하이드로 사이클론(미도시)을 경유하여 제거된다. 일단 고체가 이온 용액으로부터 제거되면, 이온 용액은 CO₂ 내에서 더 희박하게 되고(즉, CO₂를 덜 함유함), 연도 가스 스트림으로부터 더 많은 CO₂를 포획하는데 사용될 수 있다.
- [0046] 단계 2에서의 이온 용액의 온도는 예를 들어 0°C 내지 10°C의 범위로 단계 1에서보다 낮고, 이온 용액의 R값은 예를 들어 1.8 내지 2.0으로 단계 1에서보다 높다. 단계 2에서의 이온 용액은 매우 반응성이고, 연도 가스의 CO₂ 함량의 상당한 부분을 포획할 수 있다. 그러나, 단계 2에서의 반응성 이온 용액은 비교적 높은 암모니아 증기압을 갖고, 이는 CO₂ 흡수 프로세스의 상부 단(276)(단계 3)으로 유동하는 연도 가스 내의 비교적 높은 암모니아 농도를 초래한다.
- [0047] 단계 3 중에, 가스 암모니아의 손실은 이온 용액으로부터 암모니아의 증기압을 낮추고 따라서 단계 3의 가스 상태에서의 암모니아 농도를 감소시키기 위해 이온 용액의 온도(T) 및 R을 제어함으로써 최소화된다. 암모니아 증기압을 감소시키고 대부분의 암모니아를 액체 이온 용액의 부분으로서 유지함으로써, 시스템으로부터의 암모니아 손실이 최소화될 것이다. 이 암모니아 슬립의 감소는 NH₃ 대 CO₂ 몰비(R)를 더 높은 레벨, 예를 들어 1.8 내지 2.0으로 유지하는 것을 돕는다. 그 결과, 연도 가스 스트림으로부터 CO₂를 제거하는 시스템의 효율성이 보존되거나 다르게는 열화되지 않는다. 단계 3에서의 이온 용액의 온도는 예를 들어 0°C 내지 10°C가 되도록 제어된다.
- [0048] 도 2b에 도시된 흡수기는 본 발명의 다른 실시예를 일반적으로 도시하는 것이다. 이 실시예는 도 2a에 도시된 것과 유사하고, 3개의 CO₂ 흡수 단을 포함한다. 이 실시예에서, 흡수 단(274, 276)은 흡통(362 및/또는 363) 위에 위치한 MTD로부터 그리고 MTD를 통해 하향으로 유동하는 용액의 적어도 일부를 수집하도록 구성된 보유 흡통(362, 363)을 각각 포함한다. 더 구체적으로는, 흡통(362)은 흡수 단(274)의 MTD(312), 뿐만 아니라 흡수 단(276)의 MTD(313)로부터 하향으로 유동하는 용액의 적어도 일부를 수집한다. 수집된 용액은 이어서 적어도 부분적으로는 흡통(362)으로부터 펌프(236)를 경유하여 액체 분배 디바이스(322)로 펌핑되고(재순환됨), 여기서 재생기(74)(도 1c)로부터의 희박 이온 용액과 함께 흡수 단(274)의 MTD(312) 상에 재차 스프레이된다.
- [0049] 유사하게, 흡통(363)이 흡수 단(276)의 MTD(313)로부터/MTD(313)를 통해 하향으로 이동하는 용액의 적어도 일부

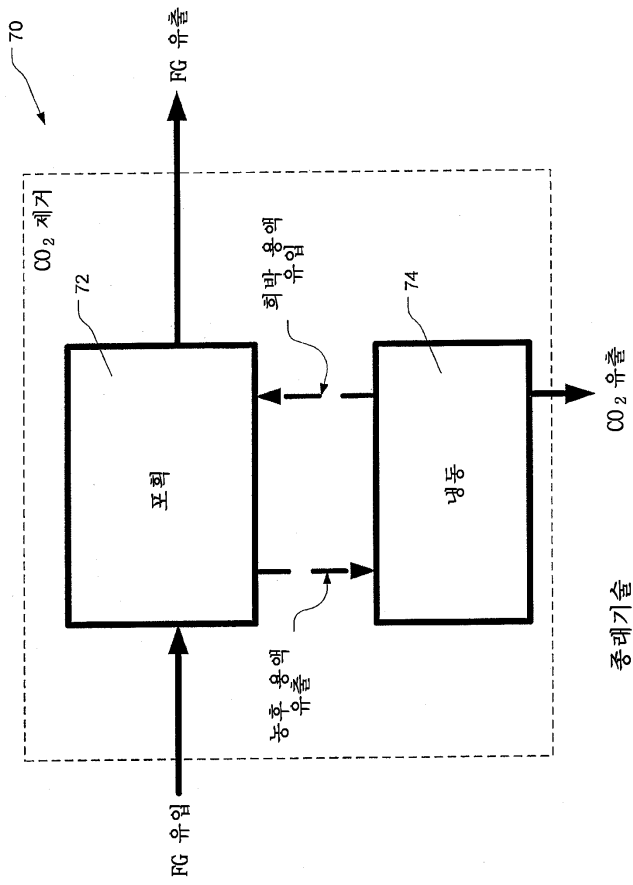
도면

도면1a

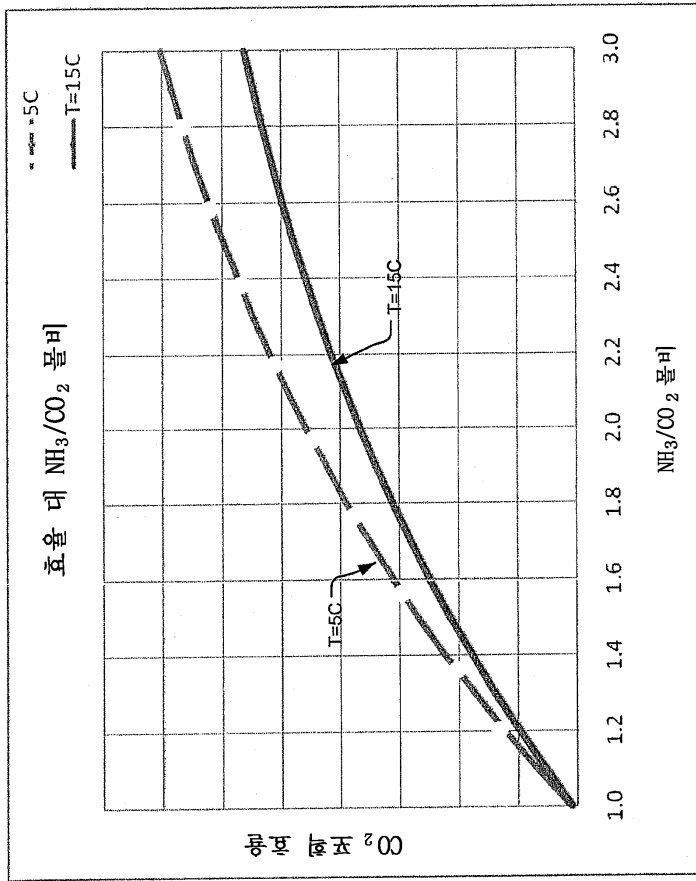


중대기술

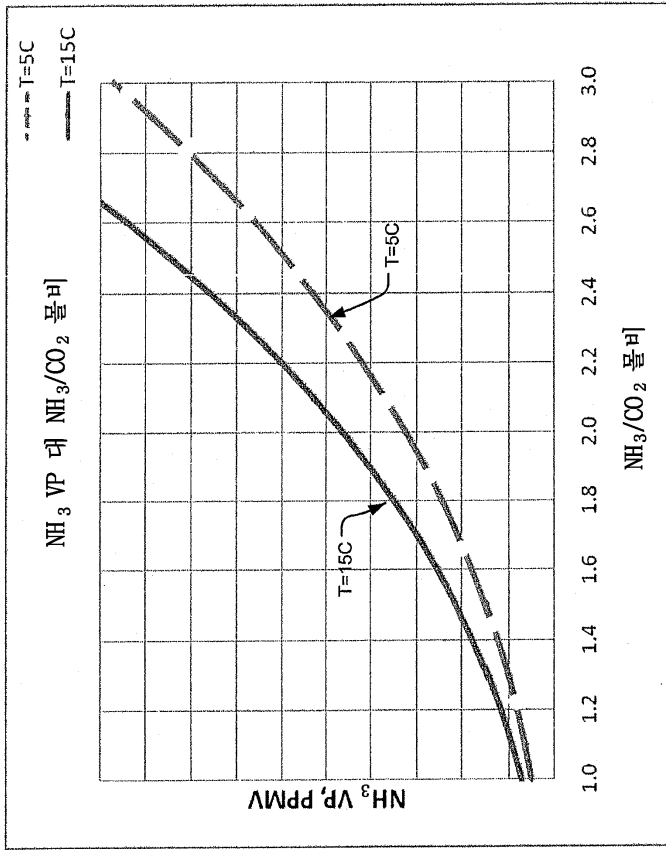
도면1b



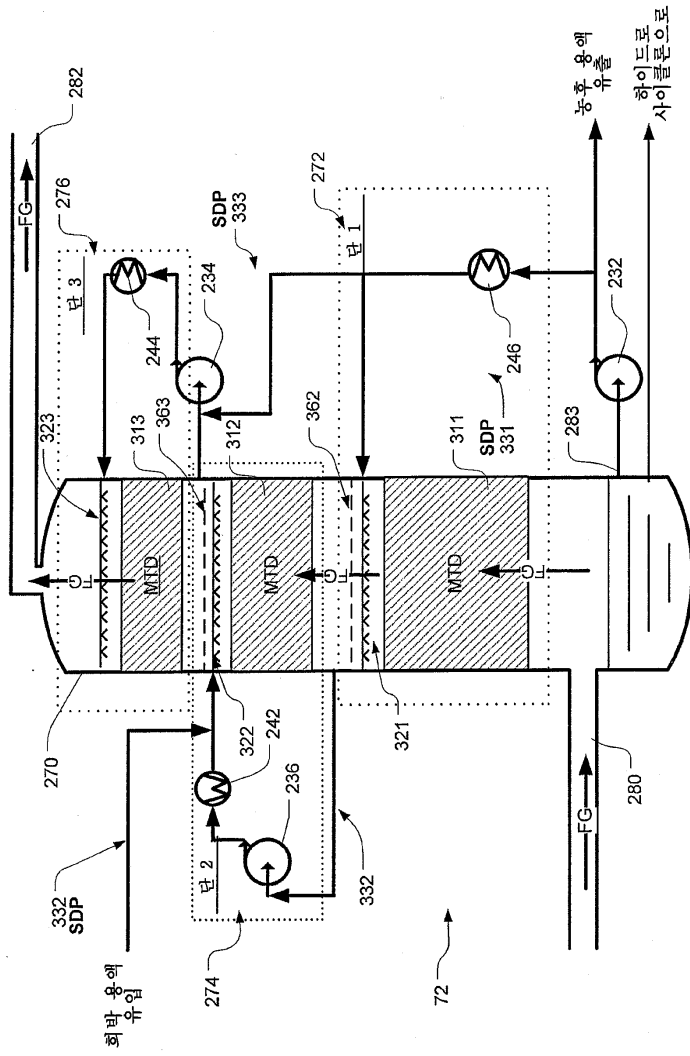
도면1d



도면1e



도면2b



도면2c

