



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년12월22일  
 (11) 등록번호 10-1474540  
 (24) 등록일자 2014년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 FOIN 3/00 (2006.01) FOIN 3/02 (2006.01)  
 FOIN 3/08 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0013533  
 (22) 출원일자 2014년02월06일  
 심사청구일자 2014년02월06일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101351464 B1

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
 방준환  
 대전광역시 유성구 구죽로 16 (송강동, 한마을아파트) 112동 1005호  
 이현복  
 대전광역시 유성구 배울2로 6 (관평동, 한화꿈에그린) 109동 604호  
 채수천  
 서울특별시 송파구 송파대로32길 15 (가락동, 가락금호아파트) 101동 1306호  
 (74) 대리인  
 김정수

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 황수환

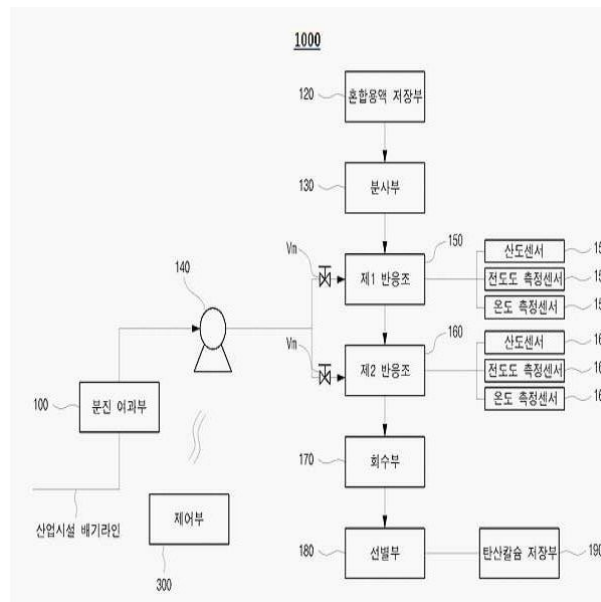
(54) 발명의 명칭 **산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법**

**(57) 요약**

산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법을 개시한다.

산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템은 산업시설에서 배출되는 배기가스(뒷면에 계속)

**대표도**



내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(100); 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 저장하는 혼합용액 저장부(120); 상기 혼합용액을 제공받아 고속으로 분사시키는 분사부(130); 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스를 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(140); 상기 분사부(130)에서 분사된 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 1차 탄산화 반응시키는 제1 반응조(150); 상기 제1 반응조(150)에서 상기 이산화탄소 마이크로 버블과 반응한 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 2차 탄산화 반응시키는 제2 반응조(160); 상기 제2 반응조(160)에서 2차 탄산화 반응된 혼합용액 내에 생성된 탄산칼슘과 혼합용액을 분리하는 회수부(170); 상기 회수부(170)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(180); 및 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 저장부(190)를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	GP2010-018
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	산업기술연구회
연구사업명	주요사업-기관고유임무형
연구과제명	산업부산물을 이용한 CO2 저감 및 자원실용화 기술개발
기여율	1/1
주관기관	한국지질자원연구원
연구기간	2010.01.01 ~ 2014.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(100);  
 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 저장하는 혼합용액 저장부(120);  
 상기 혼합용액을 제공받아 고속으로 분사시키는 분사부(130);  
 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스를 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(140);  
 상기 분사부(130)에서 분사된 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 1차 탄산화 반응시키는 제1 반응조(150);  
 상기 제1 반응조(150)에서 상기 1차 탄산화 반응한 상기 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 2차 탄산화 반응시키는 제2 반응조(160);  
 상기 제2 반응조(160)에서 2차 탄산화 반응된 혼합용액 내에 생성된 탄산칼슘과 혼합용액을 분리하는 회수부(170);  
 상기 회수부(170)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(180);  
 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장부(190); 및  
 상기 분진 여과부(100), 상기 분사부(130), 상기 마이크로버블 발생부(140), 상기 제1 반응조(150), 상기 제2 반응조(160), 상기 회수부(170), 상기 선별부(180)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

**청구항 2**

산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(200);  
 상기 미세먼지가 제거된 배기가스로부터 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집처리부(210);  
 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스를 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(220);  
 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 저장하며, 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 공급받아 탄산화 반응이 일어나는 탄산화 반응 부(230);  
 상기 탄산화 반응부(230)에서 탄산화 반응된 혼합용액 내에 생성된 탄산칼슘과 혼합용액을 분리하는 회수부(240);  
 상기 회수부(240)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(250);  
 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 저장부(260); 및  
 상기 분진 여과부(200), 이산화탄소 포집처리부(210), 마이크로 버블 발생부(220), 탄산화 반응부(230), 회수부(240)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

**청구항 3**

산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(400);  
 염기성 용액이 저장된 염기성 용액 저장부(435);

칼슘이온이 함유된 현탁액을 저장한 현탁액 저장부(436);  
상기 현탁액을 제공받아 고속으로 분사시키는 분사부(430);  
상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스 및 염기성 용액을 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(420);  
상기 분사부(430)에서 분사된 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 1차 탄산화 반응시키는 제1 반응조(450);  
상기 제1 반응조(450)에서 상기 1차 탄산화 반응한 상기 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 2차 탄산화 반응시키는 제2 반응조(460);  
상기 제2 반응조(460)에서 2차 탄산화 반응된 현탁액 내에 생성된 탄산칼슘과 현탁액을 분리하는 회수부(470);  
상기 회수부(470)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(480);  
크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장부(490); 및  
상기 분진 여과부(400), 상기 분사부(430), 상기 마이크로버블 발생부(440), 상기 제1 반응조(450), 상기 제2 반응조(460), 상기 회수부(470), 상기 선별부(480)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,  
상기 분진 여과부(100, 200, 400)는,  
사이클론 집진장치와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치로 구성되어, 순차적으로 상기 배기가스의 미세먼지를 필터링하는 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,  
상기 이산화탄소 포집처리부(210)는  
복수 개의 가스 채널들 각각에 위치한 포집밸브(Vn)의 제어를 통해 상기 배기가스를 상기 복수 개의 가스 채널들 중 적어도 하나 이상의 가스 채널에 선택적으로 분배하는 다채널 밸브포트(211); 및  
상기 다채널 밸브포트(211)로부터 제공된 상기 배기가스 내의 불순물 기체를 제거한 후, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부(212)를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,  
상기 포집밸브(Vn)는,  
상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어되는 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,  
 상기 현탁액은,

칼슘이온을 포함하는 화합물의 농도가 현탁액 1 리터에 대해 0.05 ~ 0.5M이며, 전해질을 더 포함하며, 상기 전해질은 염화나트륨(NaCl)인 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

**청구항 8**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,  
 상기 염기성 용액은,

수산화나트륨(NaOH), 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>), 수산화칼륨(KOH), 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH) 및 수산화리튬(LiOH)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템.

**청구항 9**

청구항 제1항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법에 있어서,

분진 여과부(100)를 이용하여 산업시설의 배기라인으로부터 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 배기가스 분진 여과단계(S110);

S110에서 미세먼지가 여과된 배기가스를 제공받아, 마이크로 버블 발생부(140)에서 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계(S120);

혼합용액 저장부(120)에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 분사부(130)에서 제1 반응조(150)로 분사시키는 혼합용액 분사단계(S130);

제1 반응조(150)에서 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액 및 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 1차 탄산화 반응을 수행하는 1차 탄산화 반응 수행단계(S140);

제2 반응조(160) 내에 상기 제1 반응조(150)에서 상기 1차 탄산화 반응된 혼합용액 및 마이크로 버블 발생부(140)에서 제공하는 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 2차 탄산화 반응을 수행하는 2차 탄산화 반응 수행단계(S150);

회수부(170)에서 상기 제2 반응조(160) 내에서 2차 탄산화 반응으로 생성된 탄산칼슘을 회수하는 탄산칼슘 회수 단계(S160);

탄산칼슘 회수단계(S160)에서 회수된 탄산칼슘을 선별부(180)에서 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별 단계(S170); 및

크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S180)를 포함하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법.

**청구항 10**

청구항 제2항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법에 있어서,

분진 여과부(200)에서 산업시설 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 배기가스 분진 여과단계(S210);

이산화탄소 포집처리부(210)를 이용하여 S210에서 미세먼지가 제거된 배기가스로부터 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집단계(S220);

상기 이산화탄소 포집단계(S220)에서 포집된 이산화탄소를 이용하여 마이크로 버블 발생부(220)에서 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 상기 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S230);

탄산화 반응부(230) 내에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액에 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 주입시켜 탄산화 반응이 일어나도록 수행하는 탄산화 반응 수행단계(S240);

탄산화 반응을 통해 생성된 탄산칼슘을 혼합용액과 분리시켜 회수하는 탄산칼슘 회수단계(S250);

회수된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별단계(S260); 및

크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S270)를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법.

**청구항 11**

청구항 제3항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법에 있어서,

분진 여과부(400)를 이용하여 산업시설의 배기라인으로부터 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 배기가스 분진 여과단계(S410);

상기 S410에서 미세먼지가 여과된 배기가스 및 염기성 용액을 마이크로 버블 발생부(420)에서 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계(S420);

칼슘이온이 함유된 현탁액을 분사부(430)에서 제1 반응조(450)로 분사시키는 혼합용액 분사단계(S430);

제1 반응조(450)에서 칼슘이온이 함유된 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 1차 탄산화 반응을 수행하는 1차 탄산화 반응 수행단계(S440);

상기 제1 반응조(450)에서 상기 1차 탄산화 반응된 현탁액 및 마이크로 버블 발생부(420)에서 제공된 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제2 반응조(460)가 제공받아, 2차 탄산화 반응을 수행하는 2차 탄산화 반응 수행단계(S450);

회수부(470)에서 2차 탄산화 반응으로 생성된 탄산칼슘을 회수하는 탄산칼슘 회수단계(S460);

회수된 탄산칼슘을 선별부(480)에서 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별 단계(S470); 및

크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S480)를 포함하는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 이산화탄소 저감 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근, 이산화탄소(CO2)가 우리의 생존에 대한 중요한 위협이라는 사실을 인식함에 따라 CO2 발생량을 억제시키거나 별도로 분리해서 저장(carbon capture and

[0003] storage, CCS)하여야 하는 격리의 대상으로 취급되어 왔다.

[0004] 이에 따라 CO2를 적게 배출하는 제품 공정, 생산공정과 연소 시스템 등의 CO2 발생을 줄이기 위한 연소 시스템, 기술 개발, 발생된 CO2를 포집 및 저장시키기 위한 기술 개발이 활발하게 집중적으로 진행되어왔다. 이와 관련하여 현재 가장 유망한 기술로 평가되는 CO2를 지중에 저장시키는 방법이 있고, 대규모의 처리가 가능하여 현재로서는 매력적인 방법 중의 하나이다.

[0005] 최근에는 CO2를 유용한 자원으로 보는 인식의 전환이 이루어짐에 따라 CO2의 포집과 활용(Carbon Capture and Utilization, CCU)에 대한 연구가 활발하게 진행되기 시작하였다. CCU는 CCS와 병행하여 이용함으로써 CO2를 저

감시할 수 있는 방법이다. CO<sub>2</sub>는 식품 및 재료 산업 등에 많이 이용되는 원료임에도 불구하고 배출된 CO<sub>2</sub>를 저감시키는 기술과는 별개로 취급되어 이용 대상으로서의 관심을 받지 못하였다.

- [0006] CCU의 기술로 연구되는 분야는 바이오 연료의 생산 및 탄산염 광물화, 고분자
- [0007] 물질 및 연료로의 전환 등이 있다. 이 중 일부 기술은 멀지 않은 시기에 상용화가 가능할 것으로 보인다. 탄산염 광물화는 CCU의 기술 중 비교적 가까운 장래에 당장
- [0008] 에 실용화가 기대되는 비교적 단순한 방법이다.
- [0009] 이 방법은 오랜 시간 상용화가 되어 잘 알려진 탄산염 침전 반응을 이용하는 것으로 Ca<sup>2+</sup> 등의 양이온이 존재하는 수용액에 CO<sub>2</sub>를 주입하여 탄산이온을 생성시키고 탄산염을 침전물로 회수하는 반응이다.
- [0010] 따라서 이 방법은 CaO 현탁액에 CO<sub>2</sub>를 주입시켜 CaCO<sub>3</sub>를 침전시키는 침강성 탄산칼슘(Precipitated calcium carbonate, PCC)의 제조 방법과 크게 다르지 않다. 그러나 PCC는 CaCO<sub>3</sub>의 침전만을 목적으로 하기 때문에 값싼 원료인 CO<sub>2</sub>의 이용 효율을 높이는 것이 목적이 아니다.
- [0011] 한편 PCC에서 사용하는 침전 반응조는 상온·상압의 조건에서 기체 상태의 CO<sub>2</sub>를 이용하기 때문에, CO<sub>2</sub>의 이용 효율 저하가 필연적으로 발생한다. 이러한 CO<sub>2</sub>를 자원으로 활용하는 CCU의 한 방법으로 이용하기 위해서는 침전 반응조에 주입된 CO<sub>2</sub>의 대부분을 침전물로 고정시켜야 한다. 이때 CO<sub>2</sub> 이용 효율을 높이기 위하여 저온 및 고압의 조건을 이용하게 되면 배출된 CO<sub>2</sub>를 저감시키는 목적을 달성할 수 없다.
- [0012] 또한, 상온·상압을 사용하는 PCC 공정에서 CO<sub>2</sub>의 용해도는 낮아지기 때문에 CO<sub>2</sub>가 CaCO<sub>3</sub>로 전환되는 반응속도가 저하한다. 이러한 문제로 인하여 PCC가 CO<sub>2</sub>를 저감하기 위한 용도로 활용되지 못하고 있다.
- [0013] 또한 CO<sub>2</sub>를 자원으로 활용하기 위해서는 CO<sub>2</sub>가 경제적으로 이윤을 낼 수 있어야 한다.
- [0014] 탄소배출권 거래 시장은 세계 경제의 상황에 따라 매우 민감하게 반응하기 때문에, 이로부터의 안정적인 수익을 얻기는 어렵다. 게다가 최근 2000년대 말부터 시작된 세계 금융 위기로 인하여 탄소배출권 시장의 기능이 마비되었다. 따라서 경제성 확보를 위하여 CO<sub>2</sub>를 활용하여 경제적 가치가 높은 침전물을 생성시키는 공정의 개발방법이 수익성 확보의 관건이 될 것으로 판단된다.
- [0015] 이와 관련된 선행문헌으로는 대한민국 공개특허공보 제10-1139398호(2012.04.27. 공고)에 개시되어 있는 "고수율로 신속하게 탄산칼슘의 침전을 유도하는 이산화탄소 마이크로 버블 이용 탄산칼슘의 제조공정"이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0016] (특허문헌 0001) 대한민국 특허등록번호 제10-1036553호(등록일자 2011년 05월 17일, "이산화탄소 마이크로 버블을 이용한 탄산염의 제조방법")

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0017] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 산업시설에서 배출되는 배기가스 내의 이산화탄소를 제거한 후, 제거된 이산화탄소를 이용하여 고품질의 탄산칼슘을 제공할 수 있는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법을 제공하는 데 있다.
- [0018] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 탄산칼슘 제조 시, 마이크로 버블 장치를 이용하여 탄산화 반응을 향상시킬 수 있는 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법을 제공하는 데 있다.
- [0019] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한하지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)는 이하의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0020] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템은 산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(100); 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 저장하는 혼합용액 저장부(120); 상기 혼합용액을 제공받아 고속으로 분사시키는 분사부(130); 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스를 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(140); 상기 분사부(130)에서 분사된 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 1차 탄산화 반응시키는 제1 반응조(150); 상기 제1 반응조(150)에서 상기 1차 탄산화 반응한 상기 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 2차 탄산화 반응시키는 제2 반응조(160); 상기 제2 반응조(160)에서 2차 탄산화 반응된 혼합용액 내에 생성된 탄산칼슘과 혼합용액을 분리하는 회수부(170); 상기 회수부(170)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(180); 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장부(190); 및 상기 분진 여과부(100), 상기 분사부(130), 상기 마이크로버블 발생부(140), 상기 제1 반응조(150), 상기 제2 반응조(160), 상기 회수부(170), 상기 선별부(180)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

[0021] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템은 산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(200); 상기 미세먼지가 제거된 배기가스로부터 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집처리부(210); 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스를 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(220); 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 저장하며, 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 공급받아 탄산화 반응이 일어나는 탄산화 반응부(230); 상기 탄산화 반응부(230)에서 탄산화 반응된 혼합용액 내에 생성된 탄산칼슘과 혼합용액을 분리하는 회수부(240); 상기 회수부(240)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(250); 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 저장부(260); 및 상기 분진 여과부(200), 이산화탄소 포집처리부(210), 마이크로 버블 발생부(220), 탄산화 반응부(230), 회수부(240)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

[0022] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템은 산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(400); 염기성 용액이 저장된 염기성 용액 저장부(435); 칼슘이온이 함유된 현탁액을 저장한 현탁액 저장부(436); 상기 현탁액을 제공받아 고속으로 분사시키는 분사부(430); 상기 미세먼지가 제거된 상기 배기가스 및 염기성 용액을 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 마이크로 버블 발생부(420); 상기 분사부(430)에서 분사된 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 1차 탄산화 반응시키는 제1 반응조(450); 상기 제1 반응조(450)에서 상기 1차 탄산화 반응한 상기 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 2차 탄산화 반응시키는 제2 반응조(460); 상기 제2 반응조(460)에서 2차 탄산화 반응된 현탁액 내에 생성된 탄산칼슘과 현탁액을 분리하는 회수부(470); 상기 회수부(470)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 선별부(480); 크기 별로 선별된 상기 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장부(490); 및 상기 분진 여과부(400), 상기 분사부(430), 상기 마이크로버블 발생부(440), 상기 제1 반응조(450), 상기 제2 반응조(460), 상기 회수부(470), 상기 선별부(480)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

[0023] 상기 분진 여과부(100, 200, 400)는 사이클론 집진장치와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치로 구성되어, 순차적으로 상기 배기가스의 미세먼지를 필터링하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 이산화탄소 포집처리부(210)는 복수 개의 가스 채널들 각각에 위치한 포집밸브(Vn)의 제어를 통해 상기 배기가스를 상기 복수 개의 가스 채널들 중 적어도 하나 이상의 가스 채널에 선택적으로 분배하는 다채널 밸브포트(211); 및 상기 다채널 밸브포트(211)로부터 제공된 상기 배기가스 내의 불순물 기체를 제거한 후, 이산화탄



소를 포집하는 이산화탄소 포집부(212)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 포집밸브(Vn)는 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 현탁액은 칼슘이온을 포함하는 화합물의 농도가 현탁액 1 리터에 대해 0.05 ~ 0.5M이며, 전해질을 더 포함하며, 상기 전해질은 염화나트륨(NaCl)인 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 염기성 용액은 수산화나트륨(NaOH), 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>), 수산화칼륨(KOH), 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH) 및 수산화리튬(LiOH)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 과제를 해결하기 위한 청구항 제1항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법은 분진 여과부(100)를 이용하여 산업시설의 배기라인으로부터 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 배기가스 분진 여과단계(S110); S110에서 미세먼지가 여과된 배기가스를 제공받아, 마이크로 버블 발생부(140)에서 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계(S120); 혼합용액 저장부(120)에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 분사부(130)에서 제1 반응조(150)로 분사시키는 혼합용액 분사단계(S130); 제1 반응조(150)에서 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액 및 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 1차 탄산화 반응을 수행하는 1차 탄산화 반응수행단계(S140); 제2 반응조(160) 내에 상기 제1 반응조(150)에서 상기 1차 탄산화 반응된 혼합용액 및 마이크로 버블 발생부(140)에서 제공하는 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 2차 탄산화 반응을 수행하는 2차 탄산화 반응수행단계(S150); 회수부(170)에서 상기 제2 반응조(160) 내에서 2차 탄산화 반응으로 생성된 탄산칼슘을 회수하는 탄산칼슘 회수단계(S160); 탄산칼슘 회수단계(S160)에서 회수된 탄산칼슘을 선별부(180)에서 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별 단계(S170); 및 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S180)를 포함한다.

[0029] 상기 과제를 해결하기 위한 청구항 제2항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법은 분진 여과부(200)에서 산업시설 배기가스 내의 미세먼지를 제거하는 배기가스 분진 여과단계(S210); 이산화탄소 포집처리부(210)를 이용하여 S210에서 미세먼지가 제거된 배기가스로부터 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집단계(S220); 상기 이산화탄소 포집단계(S220)에서 포집된 이산화탄소를 이용하여 마이크로 버블 발생부(220)에서 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 상기 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S230); 탄산화 반응부(230) 내에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액에 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 주입시켜 탄산화 반응이 일어나도록 수행하는 탄산화 반응수행단계(S240); 탄산화 반응을 통해 생성된 탄산칼슘을 혼합용액과 분리시켜 회수하는 탄산칼슘 회수단계(S250); 회수된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별단계(S260); 및 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S270)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 과제를 해결하기 위한 청구항 제3항에 기재된 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법은 분진 여과부(400)를 이용하여 산업시설의 배기라인으로부터 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 배기가스 분진 여과단계(S410); S410에서 미세먼지가 여과된 배기가스 및 염기성 용액을 마이크로 버블 발생부(420)에서 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계(S420); 칼슘이온이 함유된 현탁액을 분사부(430)에서 제1 반응조(450)로 분사시키는 현탁액 분사단계(S430); 제1 반응조(450)에서 칼슘이온이 함유된 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 1차 탄산화 반응을 수행하는 1차 탄산화 반응수행단계(S440); 제2 반응조(460) 내에 상기 제1 반응조(450)에서 상기 1차 탄산화 반응된 현탁액 및 마이크로 버블 발생부(420)에서 제공하는 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 2차 탄산화 반응을 수행하는 2차 탄산화 반응수행단계(S450); 회수부(470)에서 상기 제2 반응조(460) 내에서 2차 탄산화 반응으로 생성된 탄산칼슘을 회수하는 탄산칼슘 회수단계(S460); 탄산칼슘 회수단계(S460)에서 회수된

탄산칼슘을 선별부(480)에서 크기 별로 선별하는 탄산칼슘 선별 단계(S470); 및 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 탄산칼슘 저장단계(S480)를 포함한다.

**발명의 효과**

- [0031] 본 발명의 제1 실시 예 내지 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법에 따르면, 산업시설 배기라인에서 배출되는 배기가스 내의 이산화탄소를 저감시킬 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0032] 또한, 산업시설의 배기가스에서 포집된 이산화탄소를 이용하여 식품, 제지용 및 도로 포장재 등에 사용되는 탄산칼슘을 제조할 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0033] 또한, 본 발명에서는 탄산칼슘 제조 시에, 마이크로 버블을 이용하므로 산기 장치(air diffuser, AD)를 이용한 기포보다 반응속도를 최대 240%까지 빠르게 진행시킬 수 있으며, 각 반응조에 따라 CO<sub>2</sub>의 CaCO<sub>3</sub>로의 전환율을 단계별로 설정함으로써, CO<sub>2</sub>의 전환율을 최대로 증가시켜 CaCO<sub>3</sub> 생성량을 최대로 증가시킬 수 있는 이점을 갖는다.

**도면의 간단한 설명**

- [0034] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 나타낸 블록도이다.  
 도 2는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 나타낸 블록도이다.  
 도 3은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 나타낸 블록도이다.  
 도 4a는 도 1에 도시된 분진 여과부의 블록도이다.  
 도 4b는 도 2에 도시된 분진 여과부의 블록도이다.  
 도 4c는 도 3에 도시된 분진 여과부의 블록도이다.  
 도 5는 도 2에 도시된 이산화탄소 포집처리부를 보다 상세하게 나타낸 블록도이다.  
 도 6은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.  
 도 7은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.  
 도 8은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0035] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시 예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.
- [0036] 오히려, 여기서 소개되는 실시 예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당 업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어
- [0037] 서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

- [0038] 본 명세서에서 기술하는 실시 예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0039] 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시 예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 식각 영역은 라운드시거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다.
- [0040] 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시 예들은 그것의 상보적인 실시 예들도 포함한다.
- [0041] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.
- [0042] 아래의 특정 실시 예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다.
- [0043] 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.
- [0044] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 내의 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법을 보다 상세하게 설명하도록 한다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 나타낸 블록도이다.
- [0046] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템(1000)은 산업시설에서 발생하는 배기가스 내의 이산화탄소를 이용하여 탄산칼슘을 제조하는 시스템으로서, 그 구성으로는 분진 여과부(100), 혼합용액 저장부(120), 분사부(130), 마이크로 버블 발생부(140), 제1 반응조(150), 제2 반응조(160), 회수부(170), 선별부(180) 및 탄산칼슘 저장부(190) 및 제어부(300)를 포함한다.
- [0047] 상기 분진 여과부(100)는 산업시설의 배기라인에 구비되어, 산업시설에서 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 기능을 수행하며, 이와 같은 기능을 수행하기 위하여 도 4a에 도시된 사이클론 집진장치(101)와 탄소 직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(102)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(103)를 포함한다.
- [0048] 상기 혼합용액 저장부(120)는 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액이 저장된 공간일 수 있다.
- [0049] 상기 현탁액은 칼슘이온을 포함하는 화합물의 농도가 현탁액 1 리터에 대해 0.05 ~ 0.5M일 수 있으며, 또한, 상기 현탁액은 전해질을 더 포함할 수 있다.
- [0050] 상기 칼슘이온을 포함하는 화합물은 Ca(OH)<sub>2</sub> 및 CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O로 이루어진 군으
- [0051] 로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다. 상기 전해질은 염화나트륨(NaCl)일 수 있다.

- [0052] 상기 염기성 용액은 수산화나트륨(NaOH), 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>), 수산화칼륨(KOH), 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH) 및 수산화리튬(LiOH)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종일 수 있다.
- [0053] 상기 마이크로 버블 발생부(140)는 분진 여과부(100)에서 미세먼지가 여과된 배기가스 및 물을 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성한 후, 제1 반응조(150) 및 제2 반응조(160) 각각에 제공하는 기능을 수행한다.
- [0054] 참고로, 일반적인 마이크로 버블(microbubble, MB)은 직경이 약 50 마이크론 이하의 크기를 가지는 수용액 상에 존재하는 기포를 의미하며, 이 기포를 발생시키는 장치가 마이크로 버블 발생장치(Microbubble generator, MBG)이다.
- [0055] 상기 분사부(130)는 혼합용액 저장부(120) 내에 저장된 혼합용액을 제1 반응조(150) 내로 분사시키는 기능을 수행한다.
- [0056] 상기 제1 반응조(150)는 상기 분사부(130)에서 분사된 혼합용액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블이 1차 탄산화 반응되는 공간일 수 있다.
- [0057] 상기 제2 반응조(160)는 상기 제1 반응조(150) 내에서 이산화탄소 마이크로 버블과 반응한 혼합용액이 다시 이산화탄소 마이크로 버블과 2차 탄산화 반응되는 공간일 수 있다.
- [0058] 다음으로, 상기 제1 반응조(150)는 1차 탄산화 반응 과정에서 반응완료시점을 산도, 전도도 및 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도센서(151), 전도도 측정센서(152) 및 온도 측정센서(153)를 구비할 수 있다.
- [0059] 또한, 상기 제1 반응조(150)와 상기 마이크로 버블 발생부(140) 사이에는 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(V<sub>m</sub>)가 구비될 수 있다. 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(V<sub>m</sub>)는 상기 제1 반응조(150) 내로 주입되는 이산화탄소 마이크로 버블의 유입량을 조절하는 기능을 수행한다.
- [0060] 상기 제2 반응조(160)는 2차 탄산화 반응 과정에서 반응완료시점을 산도, 전도도 또는 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도센서(161), 전도도 측정센서(162) 및 온도 측정센서(163)를 구비할 수 있으며, 상기 산도센서(161)의 산도 측정값은 2차 탄산화 반응의 반응률이 99% 이상이 되도록 설정될 수 있다.
- [0061] 상기 제2 반응조(160)는 상기 제1 반응조(150)와 마찬가지로, 상기 마이크로 버블 발생부(140)에서 공급되는 이산화탄소 마이크로 버블의 유입량을 조절할 수 있는 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(V<sub>m</sub>)가 구비될 수 있다.
- [0062] 여기서, 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(V<sub>m</sub>)는 게이트 밸브(gate valve), 글로브 밸브(globe valve), 제어 밸브(control valve), 체크 밸브(check valve), 버터플라이 밸브(butterfly valve), 볼 밸브(ball valve), 다이어프램(diaphragm valve) 밸브 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 유입량을 제어한다.
- [0063] 상기 회수부(170)는 제1 반응조(150) 및 제2 반응조(160) 각각에서 탄산화 반응되어 생성된 탄산칼슘을 회수하는 기능을 수행한다.
- [0064] 상기 선별부(180)는 상기 회수부(170)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 기능을 수행한다.
- [0065] 상기 탄산칼슘 저장부(190)는 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 기능을 수행한다.
- [0066] 도 2는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템(1000)을 나타낸 블록도이다.

- [0067] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 이산화탄소 저감 시스템(1000)은 분진여과부(200), 이산화탄소 포집처리부(210), 탄산화 반응부(230), 마이크로 버블 발생부(220), 회수부(240), 선별부(250) 및 탄산칼슘 저장부(260) 및 제어부(300)를 포함한다.
- [0068] 상기 분진 여과부(200)는 산업시설의 배기라인에 구비되어, 산업시설에서 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 기능을 수행하며, 이와 같은 기능을 수행하기 위하여 도 4b에 도시된 사이클론 집진장치(201)와 탄소 직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(202)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(203)를 포함한다.
- [0069] 도 5를 참조하면, 상기 이산화탄소 포집처리부(210)는 상기 다채널 밸브포트(211)로부터 제공된 상기 배기가스 내에서 이산화탄소를 포집하는 기능을 수행한다.
- [0070] 보다 구체적으로, 상기 이산화탄소 포집처리부(210)는 다채널 밸브포트(211), 이산화탄소 포집부(212)를 포함한다.
- [0071] 상기 다채널 밸브포트(211)는 산업시설의 배기라인과 연결된 복수 개의 포집밸브들(V1, V2, ... Vn)이 채널 형태로 구성되도록 배열된다. 또한, 각 채널에는 가스 감지센서(211a)가 구비되며, 가스 감지센서(211a)는 각 채널로 유입되는 배기가스의 인입량 및 인입여부를 감지하는 기능을 수행한다.
- [0072] 이때, 제어부(300)는 가스 감지센서(211a)에서 감지된 신호에 따라 각 채널(CH1, CH2, ... CHn)로 유입되는 배기가스의 인입량을 제어하기 위하여 상기 밸브(V1, V2, ... Vn)의 구동을 제어한다.
- [0073] 여기서, 상기 포집밸브(Vn)는 게이트 밸브(gate valve), 글로브 밸브(globe valve), 제어 밸브(control valve), 체크 밸브(check valve), 버터플라이 밸브(butterfly valve), 볼 밸브(ball valve), 다이어프램(diaphragm valve) 밸브 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 포집밸브(Vn)는 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어될 수 있다.
- [0074] 또한, 상기 이산화탄소 포집처리부(210)는 각 채널 별로 구비된 이산화탄소 포집부(212)에서 포집된 이산화탄소를 기체 또는 액체 상태로 저장할 수 있는 이산화탄소 저장부를 더 포함할 수도 있다.
- [0075] 상기 탄산화 반응부(230)는 내부에 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액이 저장되며, 마이크로 버블 발생부(220)에서 발생된 이산화탄소 마이크로 버블과 혼합용액이 탄산화 반응되는 공간일 수 있다.
- [0076] 상기 현탁액은 칼슘이온을 포함하는 화합물의 농도가 현탁액 1 리터에 대해 0.05 ~ 0.5M일 수 있으며, 또한, 상기 현탁액은 전해질을 더 포함할 수 있다. 상기 칼슘이온을 포함하는 화합물은 Ca(OH)<sub>2</sub> 및 CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다. 상기 전해질은 염화나트륨(NaCl)일 수 있다. 상기 염기성 용액은 수산화나트륨(NaOH), 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>), 수산화칼륨(KOH), 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH) 및 수산화리튬(LiOH)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종일 수 있다.
- [0077] 상기 마이크로 버블 발생부(220)는 이산화탄소 포집처리부(210)에서 포집된 이산화탄소를 이용하여 이산화탄소 마이크로 버블을 생성한 후, 상기 탄산화 반응부(230) 내에 공급하는 기능을 수행한다.
- [0078] 여기서, 마이크로 버블 발생부(220)와 상기 탄산화 반응부(230) 사이에는 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)이 구비될 수 있으며, 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)는 상기 탄산화 반응부(230) 내로 주입되는 이산화탄소 마이크로 버블의 유입량을 조절하는 기능을 수행한다.
- [0079] 또한, 상기 탄산화 반응부(230) 내에는 이산화탄소 마이크로 버블과 혼합용액의 탄산화 반응 시 반응완료시점을 산도, 전도도 및 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도 센서(231), 전도도 측정센서(232) 및 온도 측정센서(233)가 구비될 수 있다.
- [0080] 여기서, 산도 센서(231)의 산도 측정값은 탄산화 반응의 반응률이 99% 이상이 되도록 설정한다.
- [0081] 여기서, 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)는 게이트 밸브(gate valve), 글로브 밸브(globe valve),

제어 밸브(control valve), 체크 밸브(check valve), 버터플라이 밸브(butterfly valve), 볼 밸브(ball valve), 다이어프램(diaphragm valve) 밸브 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 유입량을 제어한다.

- [0082] 상기 회수부(240)는 탄산화 반응되어 생성된 탄산칼슘을 회수하는 기능을 수행한다.
- [0083] 상기 선별부(250)는 상기 회수부(240)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 기능을 수행한다.
- [0084] 상기 탄산칼슘 저장부(260)는 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 기능을 수행한다.
- [0085] 도 3은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 나타낸 블록도이다.
- [0086] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템(1000)은 산업시설에서 발생하는 배기가스 내의 이산화탄소를 이용하여 탄산칼슘을 제조하는 시스템으로서, 그 구성으로는 분진 여과부(400), 염기성 용액 저장부(435), 현탁액 저장부(436), 분사부(430), 마이크로 버블 발생부(420), 제1 반응조(450), 제2 반응조(460), 회수부(470), 선별부(480) 및 탄산칼슘 저장부(490) 및 제어부(300)를 포함한다.
- [0087] 상기 분진 여과부(400)는 산업시설의 배기라인에 구비되어, 산업시설에서 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 기능을 수행하며, 이와 같은 기능을 수행하기 위하여 도 4c에 도시된 사이클론 집진장치(401)와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(402)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(403)를 포함한다.
- [0088] 상기 염기성용액 저장부(435)는 염기성 용액을 저장하는 공간일 수 있으며, 상기 염기성 용액은 수산화나트륨(NaOH), 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>), 수산화칼륨(KOH), 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH) 및 수산화리튬(LiOH)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종일 수 있다.
- [0089] 상기 현탁액 저장부(436)는 칼슘이온을 포함하는 현탁액을 저장하는 공간으로서, 상기 현탁액은 칼슘이온을 포함하는 화합물의 농도가 현탁액 1 리터에 대해 0.05 ~ 0.5M일 수 있으며, 또한, 전해질을 더 포함할 수 있다.
- [0090] 또한, 상기 칼슘이온을 포함하는 화합물은 Ca(OH)<sub>2</sub> 및 CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다. 상기 전해질은 염화나트륨(NaCl)일 수 있다.
- [0091] 상기 마이크로 버블 발생부(420)는 분진 여과부(400)에서 미세먼지가 여과된 배기가스 및 염기성 용액을 제공받아, 이산화탄소 마이크로 버블을 생성한 후, 제1 반응조(450) 및 제2 반응조(460) 각각에 제공하는 기능을 수행한다.
- [0092] 참고로, 일반적인 마이크로 버블(microbubble, MB)은 직경이 약 50 마이크론 이하의 크기를 가지는 수용액 상에 존재하는 기포를 의미하며, 이 기포를 발생시키는 장치가 마이크로 버블 발생장치(Microbubble generator, MBG)이다.
- [0093] 상기 분사부(430)는 현탁액 저장부(436) 내에 저장된 현탁액을 제1 반응조(450) 내로 분사시키는 기능을 수행한다.
- [0094] 상기 제1 반응조(450)는 상기 분사부(430)에서 분사된 현탁액과 상기 이산화탄소 마이크로 버블이 1차 탄산화 반응되는 공간일 수 있다.
- [0095] 상기 제2 반응조(460)는 상기 제1 반응조(450) 내에서 1차 탄산화 반응된 현탁액과 재 주입된 이산화탄소 마이크로 버블이 2차 탄산화 반응되는 공간일 수 있다.

- [0096] 다음으로, 상기 제1 반응조(450)는 1차 탄산화 반응 과정에서 반응완료시점을 산도, 전도도 및 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도센서(451), 전도도 측정센서(452) 및 온도 측정센서(453)를 구비할 수 있다.
- [0097] 또한, 상기 제1 반응조(450)와 상기 마이크로 버블 발생부(440) 사이에는 이산화탄소 마이크로버블 공급밸브(Vm)가 구비될 수 있다. 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)는 상기 제1 반응조(450) 내로 주입되는 이산화탄소 마이크로 버블의 유입량을 조절하는 기능을 수행한다.
- [0098] 상기 제2 반응조(460)는 2차 탄산화 반응 과정에서 반응완료시점을 산도, 전도도 또는 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도센서(461), 전도도 측정센서(462) 및 온도 측정센서(463)를 구비할 수 있으며, 상기 산도센서(461)의 산도 측정값은 2차 탄산화 반응의 반응물이 99% 이상이 되도록 설정될 수 있다.
- [0099] 상기 제2 반응조(460)는 상기 제1 반응조(450)와 마찬가지로, 상기 마이크로 버블 발생부(440)에서 공급되는 이산화탄소 마이크로 버블의 유입량을 조절할 수 있는 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)가 구비될 수 있다.
- [0100] 여기서, 상기 이산화탄소 마이크로 버블 공급밸브(Vm)는 게이트 밸브(gate valve), 글로브 밸브(globe valve), 제어 밸브(control valve), 체크 밸브(check valve), 버터플라이 밸브(butterfly valve), 볼 밸브(ball valve), 다이어프램(diaphragm valve) 밸브 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 유입량을 제어한다.
- [0101] 상기 회수부(470)는 제1 반응조(450) 및 제2 반응조(460) 각각에서 탄산화 반응되어 생성된 탄산칼슘을 회수하는 기능을 수행한다.
- [0102] 상기 선별부(480)는 상기 회수부(470)에서 제공된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 기능을 수행한다.
- [0103] 상기 탄산칼슘 저장부(490)는 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 기능을 수행한다.
- [0104] 도 6은 제1 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0105] 도 1 및 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법(S100)은 배기가스 분진 여과단계(S110), 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S120), 혼합용액 분사단계(S130), 1차 탄산화 반응 수행단계(S140), 2차 탄산화 반응 수행단계(S150), 탄산칼슘 회수단계(S160), 탄산칼슘 선별단계(S170) 및 탄산칼슘 저장단계(S180)를 포함한다.
- [0106] 보다 구체적으로, 상기 배기가스 분진 여과단계(S110)는 산업시설 배기라인을 통해 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 분진 여과부(100)를 통해 제거하는 단계일 수 있다.
- [0107] 상기 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S120)는 미세먼지가 제거된 배기가스를 마이크로 버블 발생부(140)에서 제공받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0108] 상기 혼합용액 분사단계(S130)는 혼합용액 저장부(120)에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액을 분사부를 통해 제1 반응조로 분사시키는 단계일 수 있다.
- [0109] 상기 1차 탄산화 반응 수행단계(S140)는 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액이 혼합된 혼합용액 및 이산화탄소 마이크로 버블을 제1 반응조(150)에서 제공받아 1차 탄산화 반응을 수행하는 단계일 수 있다.
- [0110] 상기 2차 탄산화 반응 수행단계(S150)는 제2 반응조(160) 내에서 1차 탄산화 반응된 혼합용액을 공급받은 후, 이산화탄소 마이크로 버블을 다시 주입하여 2차 탄산화 반응이 일어나도록 수행하는 단계일 수 있다.
- [0111] 상기 회수단계(S160)는 상기 제2 반응조(160)로부터 혼합용액을 제공받아, 2차 탄산화 반응을 통해 생성된 탄산칼슘을 상기 혼합용액과 분리시켜 회수하는 단계일 수 있다.

- [0112] 상기 선별단계(S170)는 회수된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 단계일 수 있다.
- [0113] 상기 탄산칼슘 저장단계(S180)는 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 단계일 수 있다.
- [0114] 도 7은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0115] 도 2 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법(S200)은 배기가스 분진 여과단계(S210), 이산화탄소 포집 단계(S220), 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S230), 탄산화 반응 수행단계(S240), 탄산칼슘 회수단계(S250), 탄산칼슘 선별단계(S260) 및 탄산칼슘 저장단계(S270)를 포함한다.
- [0116] 보다 구체적으로, 상기 배기가스 분진 여과단계(S210)는 산업시설 배기라인에서 배출되는 배기가스 내의 미세먼 지를 분진 여과부(200)를 통해 제거하는 단계일 수 있다.
- [0117] 상기 이산화탄소 포집단계(S220)는 이산화탄소 포집처리부(210)를 이용하여 상기 배기가스 분진 여과단계(S210)에서 미세먼지가 제거된 배기가스로부터 이산화탄소를 포집하는 단계일 수 있다.
- [0118] 상기 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S230)는 상기 이산화탄소 포집단계(S220)에서 포집된 이산화탄소를 이 용하여 마이크로 버블 발생부(220)에서 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0119] 상기 탄산화 반응 수행단계(S240)는 탄산화 반응부(230) 내에 저장된 칼슘이온이 함유된 현탁액과 염기성 용액 이 혼합된 혼합용액에 이산화탄소 마이크로 버블을 주입시켜 탄산화 반응이 일어나도록 수행하는 단계일 수 있 다.
- [0120] 상기 탄산칼슘 회수단계(S250)는 탄산화 반응을 통해 생성된 탄산칼슘을 혼합용액과 분리시켜 회수하는 단계일 수 있다.
- [0121] 상기 탄산칼슘 선별단계(S260)는 회수된 탄산칼슘을 크기 별로 선별하는 단계일 수 있다.
- [0122] 상기 탄산칼슘 저장단계(S270)는 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 단계일 수 있다.
- [0123] 도 8은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시 스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0124] 도 3 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템을 이용한 탄산칼슘 제조방법(S400)은 배기가스 분진 여과단계(S410), 이산화탄소 마이 크로 버블 생성단계(S420), 현탁액 분사단계(S430), 1차 탄산화 반응 수행단계(S440), 2차 탄산화 반응 수행단 계(S450), 탄산칼슘 회수단계(S460), 탄산칼슘 선별단계(S470) 및 탄산칼슘 저장단계(S480)를 포함한다.
- [0125] 배기가스 분진 여과단계(S410)는 분진 여과부(400)를 이용하여 산업시설의 배기라인으로부터 배출되는 배기가스 내의 미세먼지를 여과하는 단계일 수 있다.
- [0126] 이산화탄소 마이크로버블 생성단계(S420)은 S410에서 미세먼지가 여과된 배기가스 및 염기성 용액을 마이크로 버블 발생부(420)에서 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0127] 현탁액 분사단계(S430)은 칼슘이온이 함유된 현탁액을 분사부(430)에서 제1 반응조(450)로 분사시키는 단계일 수 있다.
- [0128] 상기 1차 탄산화 반응 수행단계(S440)는 제1 반응조(450)에서 칼슘이온이 함유된 현탁액과 상기 이산화탄소 마 이크로 버블을 제공받아, 1차 탄산화 반응을 수행하는 단계일 수 있다.
- [0129] 상기 2차 탄산화 반응 수행단계(S450)는 제2 반응조(460) 내에 상기 제1 반응조(450)에서 상기 1차 탄산화 반응 된 현탁액 및 마이크로 버블 발생부(420)에서 공급되는 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공받아, 2차 탄산화 반응을 수행하는 단계일 수 있다.
- [0130] 상기 탄산칼슘 회수단계(S460)는 회수부(470)에서 상기 제2 반응조(460) 내에서 2차 탄산화 반응으로 생성된 탄 산칼슘을 회수하는 단계일 수 있다.



- [0131] 탄산칼슘 선별 단계(S470)은 탄산칼슘 회수단계(S460)에서 회수된 탄산칼슘을 선별부(480)에서 크기 별로 선별하는 단계일 수 있다.
- [0132] 탄산칼슘 저장단계(S480)은 크기 별로 선별된 탄산칼슘을 저장하는 단계일 수 있다.
- [0133] 따라서, 본 발명의 제1 내지 제3 실시 예에 따른 산업시설 배기가스 중 이산화탄소를 저감시키기 위한 이산화탄소 저감 시스템 및 이를 이용한 탄산칼슘 제조방법은 산업시설에서 배출되는 배기가스 내의 이산화탄소를 저감시킬 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0134] 또한, 산업시설의 배기가스에서 포집된 이산화탄소를 이용하여 식품, 제지용 및 도로 포장재 등에 사용되는 탄산칼슘을 제조할 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0135] 또한, 본 발명에서는 탄산칼슘 제조 시에, 마이크로 버블을 이용하므로 산기 장치(air diffuser, AD)를 이용한 기포보다 반응속도를 최대 240%까지 빠르게 진행시킬 수 있으며, 각 반응조에 따라 CO<sub>2</sub>의 CaCO<sub>3</sub>로의 전환율을 단계별로 설정함으로써, CO<sub>2</sub>의 전환율을 최대로 증가시켜 CaCO<sub>3</sub> 생성량을 최대로 증가시킬 수 있는 이점을 갖는다.
- [0136] 한편, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특성의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해 되어져서는 안될 것이다.

**부호의 설명**

[0137]

제1 실시 예

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 100: 분진 여과부       | 101: 사이클론 집진장치     |
| 102: 전기집진장치       | 103: 여과포 집진장치      |
| 120: 혼합용액 저장부     | 130: 분사부           |
| 140: 마이크로 버블 발생부  | 150: 제1 반응조        |
| 151, 161: 산도센서    | 152, 162: 전도도 측정센서 |
| 153, 163: 온도 측정센서 | 160: 제2 반응조        |
| 170: 회수부          | 180: 선별부           |
| 190: 탄산칼슘 저장부     | 300: 제어부           |

제2 실시 예

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 200: 분진 여과부       | 201: 사이클론 집진장치   |
| 202: 전기집진장치       | 203: 여과포 집진장치    |
| 210: 이산화탄소 포집 처리부 | 220: 마이크로 버블 발생부 |
| 230: 탄산화 반응부      | 231: 산도센서        |
| 232: 전도도 측정센서     | 233: 온도 측정센서     |
| 240: 회수부          | 250: 선별부         |
| 260: 탄산칼슘 저장부     | 300: 제어부         |

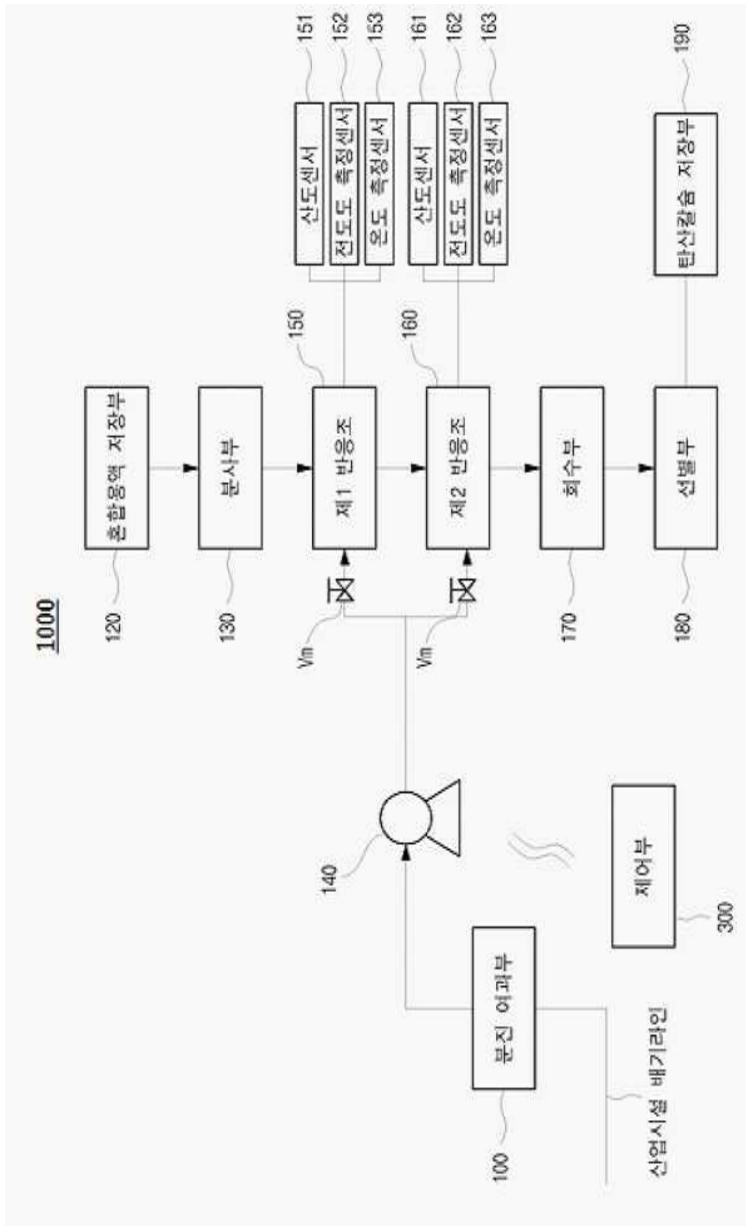
제3 실시 예

- |             |                |
|-------------|----------------|
| 400: 분진 여과부 | 401: 사이클론 집진장치 |
|-------------|----------------|

402: 전기집진장치	403: 여과포 집진장치
435: 염기성 용액 저장부	436: 현탁액 저장부
430: 분사부	
420: 마이크로 버블 발생부	450: 제1 반응조
451, 461: 산도센서	452, 462: 전도도 측정센서
453, 163: 온도 측정센서	460: 제2 반응조
470: 회수부	480: 선별부
490: 탄산칼슘 저장부	300: 제어부
V1 ~ Vn: 포집벨브	
Vm: 이산화탄소 마이크로 버블 공급벨브	

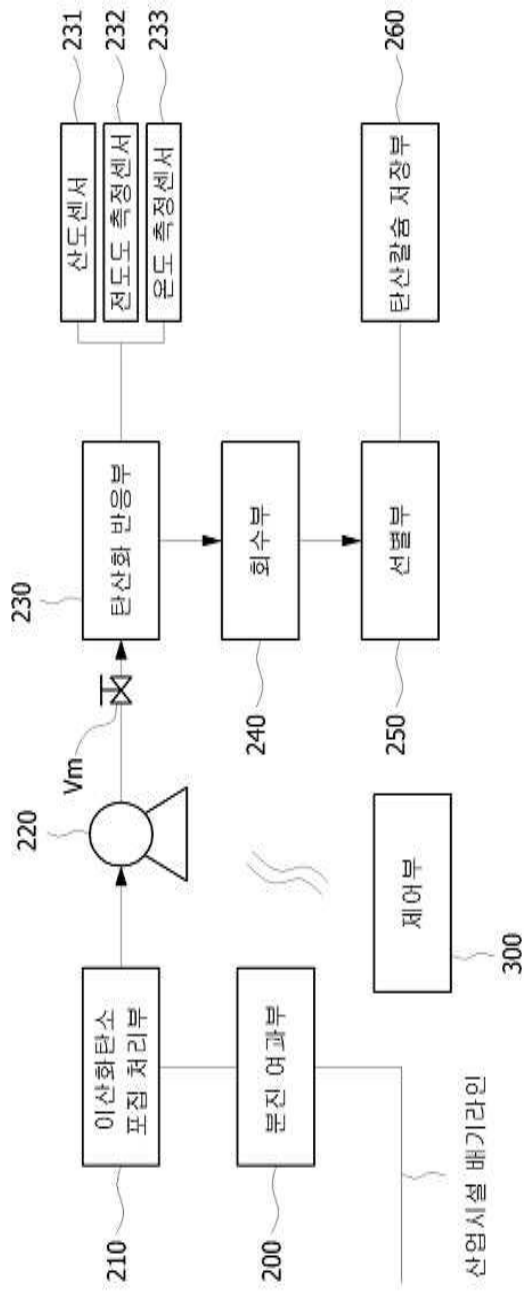
도면

도면1

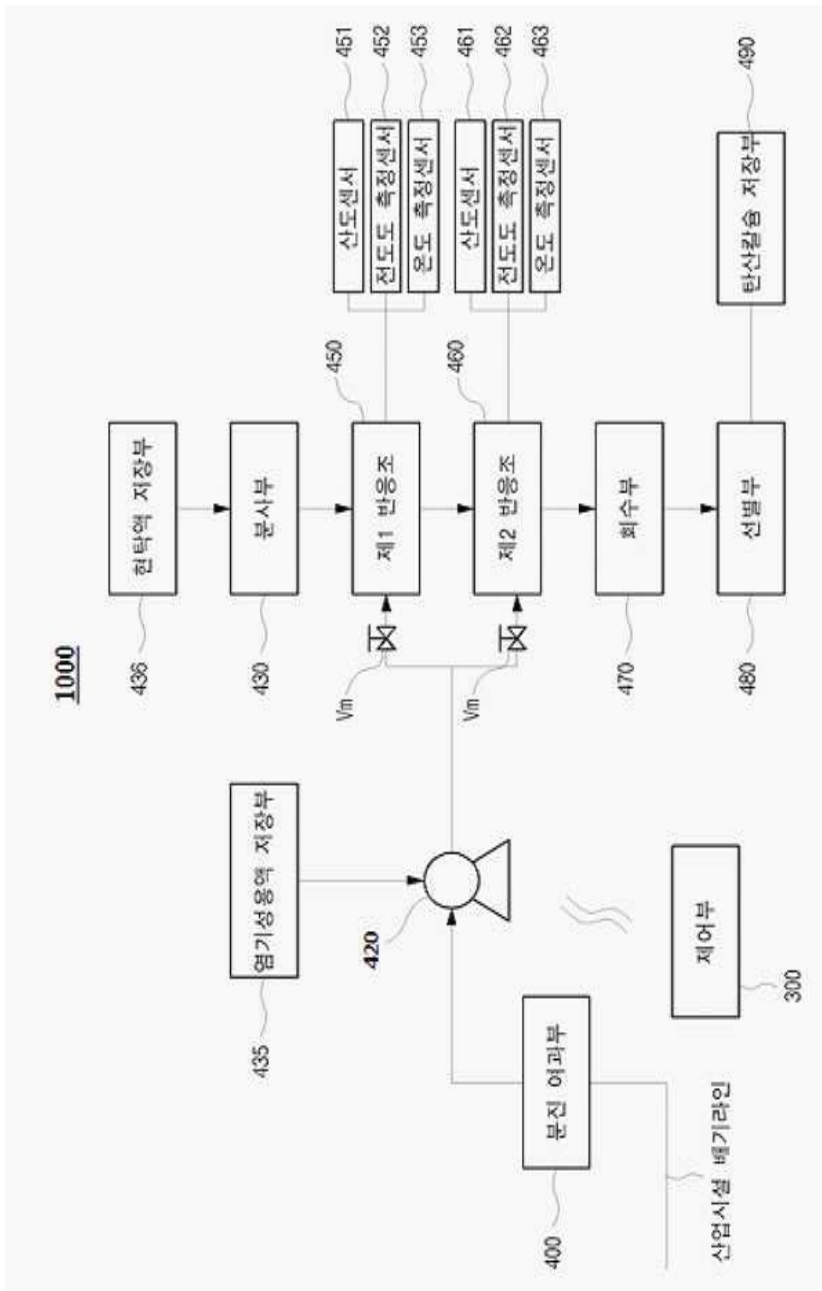


도면2

1000



도면3



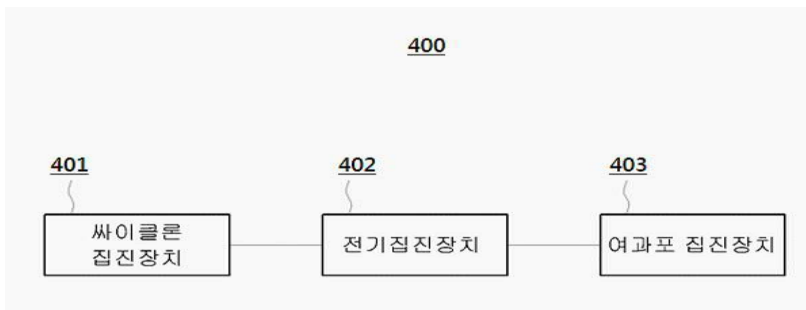
도면4a



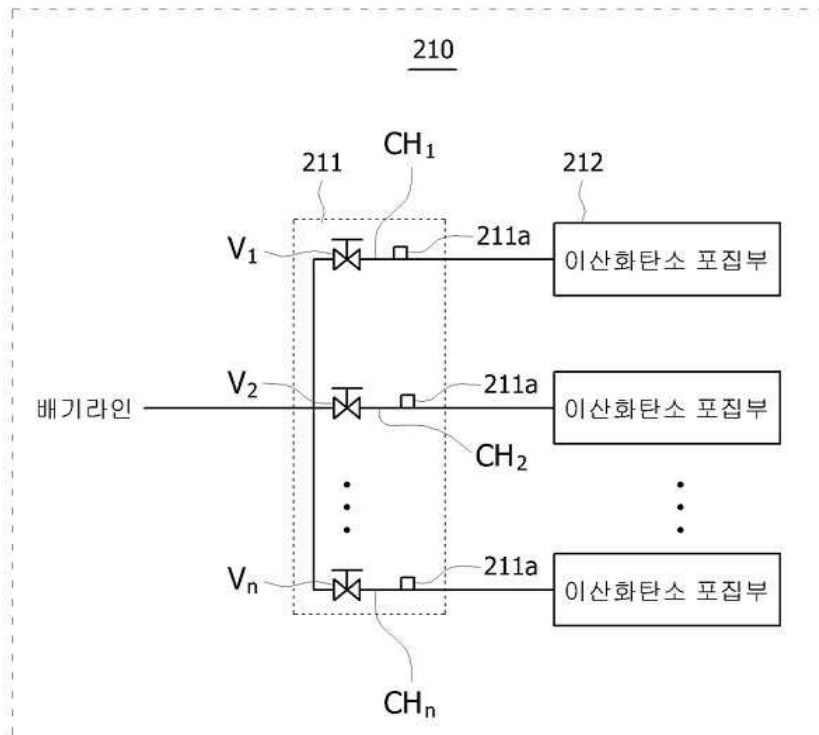
도면4b



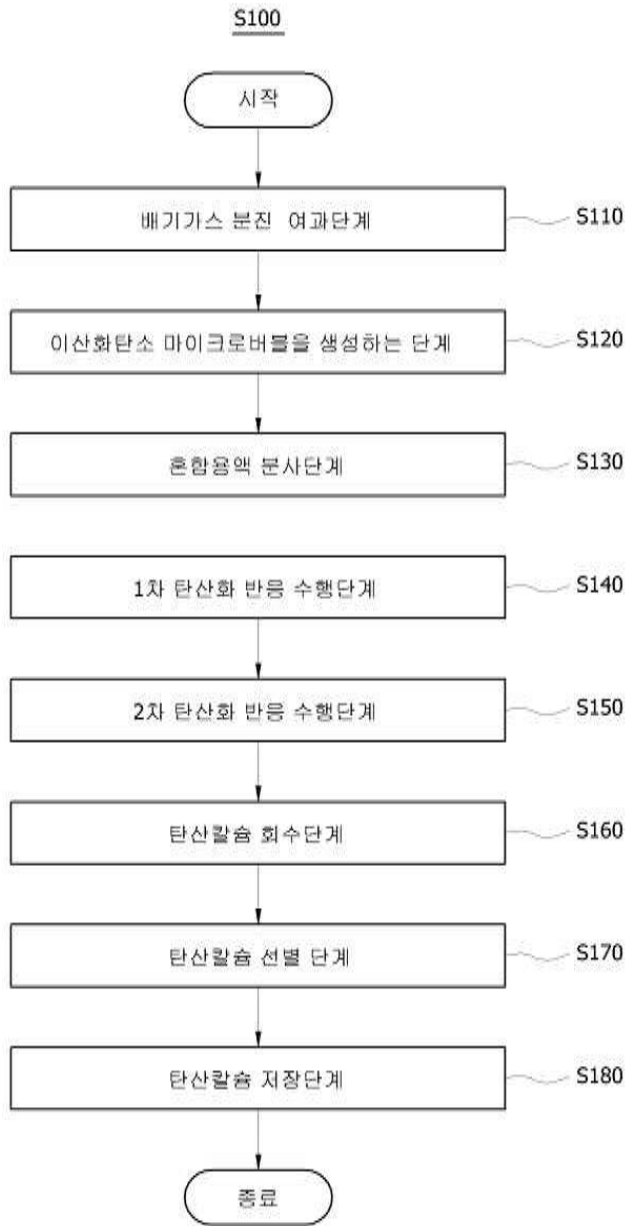
도면4c



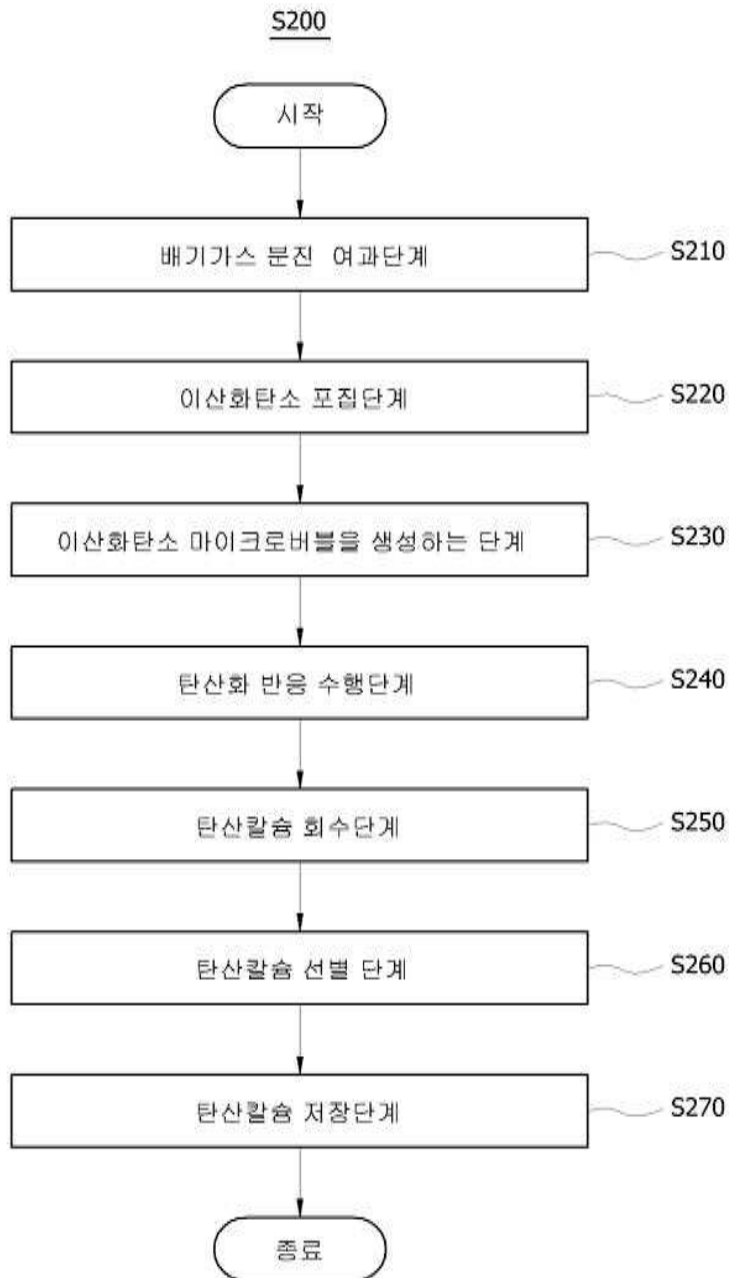
도면5



도면6



도면7





도면8

