



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월05일  
(11) 등록번호 10-1565746  
(24) 등록일자 2015년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 11/04 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)  
C02F 1/52 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0054570

(22) 출원일자 2014년05월08일

심사청구일자 2014년05월08일

(56) 선행기술조사문헌

KR101351464 B1

KR101139398 B1

조미선 외 6명, 대한환경공학회지, 2001.10, Vol. 23, No.10, pp.1741-1747 : UASB를 이용한 판지 공정수 처리 및 제지품질 향상

KR1020110091954 A

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)

(72) 발명자

방준환

대전광역시 유성구 구죽로 16 (송강동, 한마을아파트) 112동 1005호

채수천

서울특별시 송파구 송파대로32길 15 (가락동, 가락금호아파트) 101동 1306호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이동재

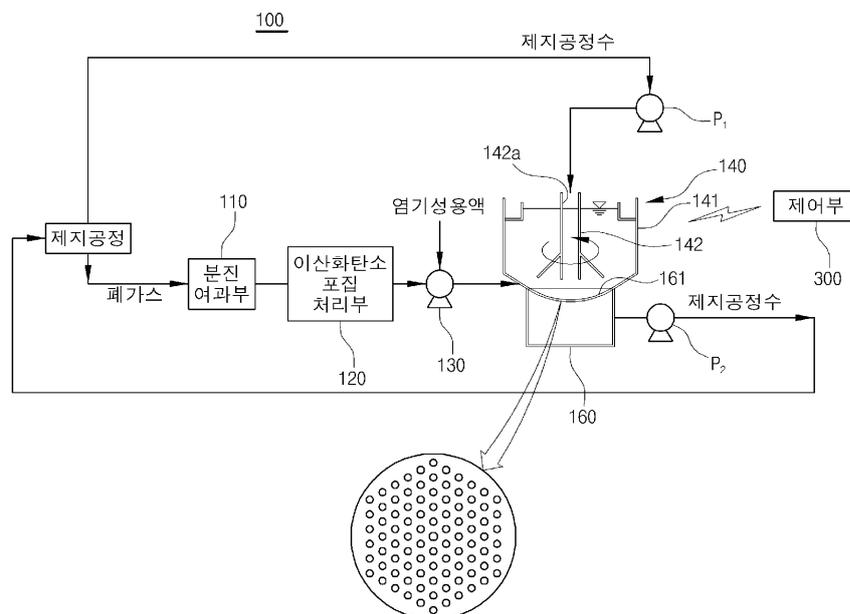
(54) 발명의 명칭 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 탄산염광물 추출 방법

(57) 요약

제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 이를 이용한 탄산염광물 추출 방법을 개시한다. 상기 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템은 제지공정에서 발생된 폐가스를 제공받아 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(110); 상기 분진 여과부(110)에

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



서 상기 미세먼지가 제거된 폐가스를 제공받아, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집 처리부(120); 염기성 용액 및 포집된 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130); 상기 이산화탄소 마이크로 버블 및 칼슘이온이 함유된 제지 공정수를 제공받아 상기 제지 공정수 내의 칼슘이온 및 마그네슘 이온과 탄산화반응을 통해 탄산염광물을 생성하는 탄산염광물 반응조(140); 상기 제지 공정수 내의 상기 탄산염광물이 침전되는 탄산염광물 침전조(160); 및 상기 분진 여과부(110), 이산화탄소 포집 처리부(120), 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130) 및 탄산염광물 반응조(140)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

(72) 발명자

**전치완**

대전 서구 도안북로 125, 108동1005호(도안동, 예미지아파트)

**송경선**

대전광역시 서구 둔산로 133 (둔산동) 현대아이텔 1107호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2010-018

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 주요사업-기관고유임무형

연구과제명 산업부산물을 이용한 CO2 저감 및 자원실용화 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.01.01 ~ 2014.12.31

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

제지공정에서 발생된 폐가스를 제공받아 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(110);

상기 분진 여과부(110)에서 상기 미세먼지가 제거된 폐가스를 제공받아, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집 처리부(120);

염기성 용액 및 포집된 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130);

상기 이산화탄소 마이크로 버블 및 칼슘이온이 함유된 제지 공정수를 제공받아 상기 제지 공정수 내의 칼슘이온 및 마그네슘 이온과 탄산화반응을 통해 탄산염광물을 생성하는 탄산염광물 반응조(140);

상기 제지 공정수 내의 상기 탄산염광물이 침전되는 탄산염광물 침전조(160); 및

상기 분진 여과부(110), 이산화탄소 포집 처리부(120), 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130) 및 탄산염광물 반응조(140)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 분진 여과부(110)는,

사이클론 집진장치(111)와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(112)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(113)로 구성되어, 순차적으로 상기 폐가스의 미세먼지를 필터링하는 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 이산화탄소 포집 처리부(120)는,

복수 개의 가스 채널들(CH1 ~ CHn) 각각에 위치한 포집밸브(Vn)의 제어를 통해 폐가스를 상기 복수 개의 가스 채널들 중 적어도 하나 이상의 가스 채널에 선택적으로 분배하는 다채널 밸브포트(121);

상기 다채널 밸브포트(121)로부터 제공된 상기 폐가스 내의 불순물 기체를 제거한 후, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부(122); 및

상기 이산화탄소 포집부(122)에서 포집된 이산화탄소를 기체 상태로 저장하는 이산화탄소 저장부(123);를 포함하는 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 4**

제3항에 있어서,

상기 다채널 밸브포트(121)는,

상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어되는 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출

되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 5**

제1항에 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 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 탄산염광물 반응조(140)는,

상부가 개구되며, 외부로부터 상기 제지 공정수 및 이산화탄소 마이크로 버블을 공급받는 하우징(141); 및

상기 하우징(141)의 중앙에 위치하되, 상기 하우징(141)의 바닥면과 이격된 상태로 위치하고, 내부에 구비된 중공관(142a)을 통해 상기 제지 공정수를 상기 하우징 내로 공급하며, 상기 제지 공정수와 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 교반시키는 교반기(142);를 포함하는 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 탄산염광물 침전조(160)는,

상기 교반기(142)를 통해 상기 제지 공정수를 급속교반 및 완속교반을 반복적으로 실시하여, 탄산염광물이 침전되는 공간인 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 교반기(142)는 중공관(142a) 내에 일정한 제지 공정수를 공급하는 정량 주입펌프(P1)와 연결되는 것을 특징으로 하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템.

**청구항 9**

청구항 제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항에 기재된 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법에 있어서,

제지공정에서 발생된 폐가스 내의 미세먼지를 분진 여과시키는 분진 여과단계(S110);

상기 분진 여과단계(S110)에서 미세먼지가 제거된 폐가스 내의 이산화탄소를 이산화탄소 포집 처리부(120)에서 포집하는 이산화탄소 포집 처리단계(S120);

이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130)에서 염기성 용액 및 포집된 상기 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S130);

상기 탄산염광물 반응조(140) 내에 제지 공정수를 수용한 후, 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공하여 탄산화반응이 일어나도록 유도하는 탄산화 반응단계(S140); 및

상기 탄산화 반응단계(S140)를 통해 생성된 탄산염광물을 회수하는 탄산염광물 회수단계(S150);를 포함하는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법.

**청구항 10**

제9항에 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 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 이산화탄소 저감 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 탄산염광물 추출 방법 에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 제지산업 분야의 특징 중의 하나가 용수 소비량이 많다는 것이며, 현재 종이 생산량 증가와 더불어 용수의 사용량 및 폐수의 배출량 역시 증가하고 있는 추세에 있다. 제지공정으로부터 배출되는 폐수량이 많음에도 불구하고 그 오염물질의 농도가 낮으므로 제지폐수 방류에 대한 법적인 제제가 미미한 것이 현실이다.

[0003] 그러나, 갈수록 심화되는 용수 부족 및 용수가격의 인상과 함께 폐수의 화학적 산소 요구량 기준강화조치 등은 모든 종이 생산 설비의 폐수 배출량을 현저히 절감시키도록 유도하는 직접적인 요인이 되고 있다.

[0004] 이에 제지공정의 용수 재활용율을 높여 용수 사용량 및 폐수 방류량을 저감하는 노력이 그 어느 때보다 절실히 요구되고 있으며, 실제로 선진 제지공업국에서는 제지 공정수를 100% 재활용하는 무방류 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0005] 제지 공정수의 폐쇄화를 통하여 무방류 시스템이 확립되었을 때에 얻을 수 있는 장점으로는 첫째, 폐수 배출로 비롯되는 환경오염을 줄일 수 있고 둘째, 공정수를 절약할 수 있으며 셋째, 시스템 내에 투입된 에너지를 절약하면서 각종 제지용 첨가제와 주원료인 섬유유출을 방지할 수 있다는 점 등을 들 수 있다.

[0006] 또한, 폐수를 방류치 않으면서 용수 사용량을 줄일 수 있다면 고지의 수급이 용이한 대도시 주변으로 생산 시설을 위치시켜 재생지를 생산함으로써 주원료 수급에 소요되는 물류 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

[0007] 그러나, 폐수를 배출치 않는 공정수의 폐쇄화를 수행함에 있어서는 용수 내의 오염물질 축적으로 인한 각종 문제점이 야기된다.

[0008] 즉, 공정수의 부유물질(suspended solid)이 축적되면, 초지기의 탈수 속도가 저하되고 오염물질이 증가하며 와이어나 펠트 등의 초조용구가 오염된다.

[0009] 따라서, 초조용구의 수명이 단축되고 초지기의 마모가 심화되며 스케일 발생과 아울러 동일한 수준의 종이 물성을 유지하기 위해서 첨가되는 제지용 고분자 첨가제의 첨가수준을 높여야만 한다.

[0010] 그러나, 부유물질 이외에 용존물질(dissolved solid)의 함량이 증가되면 초지기의 부식이 일어나며 계내 거품과 함께 피치, 각종 침전물이 형성되고 슬라임과 박테리아가 증가하면서 악취가 발생하는 문제점이 있다.

[0011] 이러한 공정수 폐쇄화에 따른 문제점을 극복하고 장점을 더욱 발전시키기 위해서는 무엇보다도 공정수 처리 시

시스템의 개선 및 최적화가 선행되어야 한다.

- [0012] 일반적으로 제지공정의 수처리는 세 단계로 구분할 수 있다.
- [0013] 먼저 폐수 내의 부유물질을 제거하는 1차 처리 단계, 화학적·생물학적 처리를 통해 상기한 1차 처리 단계에서 제거할 수 없는 유기 용존물질 등을 분해하는 2차 처리 단계, 이와 더불어 최근에는 폐수 무방류화를 위한 부가적인 처리로서 2차 처리 단계 후에도 제거되지 못하는 이물질에 대한 3차 처리 단계가 도입되고 있으며 다양한 원리에 기초를 둔 수처리 개선 기술이 현장에 속속 응용되고 있는 실정이다[Water Use Reduction in the Pulp and Paper Industry1994 52].
- [0014] 현재 제지 공정수의 무방류 시스템은 용수의 폐쇄화시 운전조건과 제품의 품질에 영향이 적은 골판지 원지의 제조에 주로 시도되고 있으며, 실제로 완전히 폐쇄화된 공정이 선진 제지산업국에 이미 적용된 바 있다[Pulp and Paper Europe(7) 8 (1997)].
- [0015] 전술한 바와 같은 부유물질과 유기 용존물질의 처리에 대한 집중적인 연구를 바탕으로 공정수의 재활용율을 높이고, 나아가 완전 폐쇄화를 통한 제지 공정의 무방류화를 이루고자 하는 시도가 지속되고 있으나, 유기물이 아닌 무기 용존물질의 처리법에 대한 연구는 아직까지 초기 단계에 머무르고 있다.
- [0016] 부유물질이나 유기 용존물질은 부상부유나 침전처리로 여과하고 생화학적으로 분해함에 따라 제어할 수 있으나, 각종금속이온으로 구성되는 무기 용존물질은 현재까지는 금속이온 봉쇄제(Chelating Agent)를 이용하는 방법 이외에 적합한 처리법이 개발되지 못하였다.
- [0017] 그러나, 금속이온 봉쇄제 역시, 일정 시간이 지나면 그 활성이 소실되므로 무기이온을 영원히 봉쇄하지 못하는 문제점이 있기 때문에 완전히 폐쇄화된 무방류 시스템의 무기 용존물질을 제어하기에는 부적합하다.
- [0018] 일반적으로 무기 용존물질은 주로 주원료와 청수를 통해서 공정수에 유입된다.
- [0019] 특히, 저급의 혼합고지를 주원료로하는 골판지 원지 생산공정의 경우, 코팅안료나 충전제로서 포함된 탄산칼슘이 고지와 함께 다량 유입되기에 공정수의 칼슘이온의 축적이 심각한 실정이다.
- [0020] 제지 공정수에 축적되는 무기 용존물질은 그 화학적 특성에 따라 이온의 크기가 크고 전하밀도가 낮은 Ti, Si, Fe, Al 등과, 크기가 작고 전하밀도가 높아 쉽게 수화되는 Na, Ca, Mg, K 등으로 크게 구분할 수 있다.
- [0021] 크기가 큰 무기 용존물질은 비교적 셀룰로오스 섬유와의 친화력이 우수하여 초지시 종이와 함께 배출되므로 비록 공정수의 재활용율이 높아지더라도 심하게 축적되지 않으나, 크기가 작은 무기 용존물질은 공정수를 100% 재활용함에 따라 전혀 재활용하지 않을 때보다 160배 이상 공정수에 축적되는 문제점이 있다[Tappi Journal60(12) 117 (1977)].
- [0022] 특히, 무기 용존물질의 절반 이상을 차지하는 칼슘이온은 각종 스케일과 지방산 칼슘염을 형성하여 초조용구를 오염시키고, 보류와 탈수축진 및 지력증강을 목적으로 투입된 제지용 고분자 첨가제와 경쟁적으로 셀룰로오스 섬유 표면에 흡착하면서 첨가제의 효율을 저하시키는 주원인이 되고 있다[Nordic Pulp Paper Res. J.(2), 258 (1993)][Appita Journal.51 (4), 292 (1998)].
- [0023] 칼슘 스케일 및 지방산 칼슘염으로 인한 제지설비의 오염은 공정수의 재활용율이 높아질수록 심각해져 제지공정의 모든 배관과 각종 정선설비, 펌프, 포밍 블레이드(Forming Blade), 감압 박스(Suction Box), 쿠우치 롤(Couch Roll) 및 기타 감압 롤(Suction Roll) 등의 초조설비와 포밍 패브릭(Forming Fabric), 프레스 펠트 등의 초조용구에 이르기까지 다양하게 발생되고 있다. 오염된 설비 및 용구를 보수하거나 교체하기 위해서는 막대한 시설 유지비가 필요할 뿐만 아니라 이에 소요되는 다운타임(Down Time)으로 인해 갈수록 광폭화 및 고속화되고 있는 최신 초지기의 생산성은 현저히 저하될 수 밖에 없다.
- [0024] 예컨대, 미국의 골판지 원지 업체가 전술한 다운타임으로 생산성이 저하됨에 따라 매년 1억 5천 6백만 달러의 손실을 입고 있다는 보고가 있다[Progress in Paper Recycling, 6, 11, 70(1996)].
- [0025] 또한, 칼슘 농도가 높은 지표에 기존의 저 전하밀도 고분자 첨가제를 투입한 경우, 첨가제의 보류가 저조함에 따라 그 효능이 급격히 저하되는 문제점이 있기에 첨가제의 첨가수준을 높이거나 또는 보다 고 전하밀도의 양이온성 고분자 전해질을 적용해야 하는 제한이 있다.
- [0026] 특히, 무방류 시스템 하에서 과량으로 첨가된 약품이 종이에 보류되지 못한 채 공정수에 잔존하게 되면 폐쇄화된 공정수의 오염이 더욱 조장되는 악순환을 겪게 된다.

[0027] 따라서, 제지 제조공정의 공정수 재활용율을 높여 무방류 시스템을 구축하기 위해서는 기존의 부유물질 및 유기 용존물질의 처리기술을 보완하는 무기 용존물질, 특히 칼슘 농도의 제어기술 확립이 필수적이며, 이러한 처리 기술을 실제로 제지 제조 공정에 적용시키려는 노력이 그 어느 때보다 절실히 요구되고 있는 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0028] (특허문헌 0001) 대한민국 특허공개번호 10-2000-0038542호(발명의 명칭: 재활용되는 제지공정의 칼슘농도 조절 방법)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0029] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 제지 공정에서 사용되는 제지 공정수 재활용에 따른 문제점, 예컨대, 제지공정의 모든 배관과 각종 정선설비, 펌프, 포밍 블레이드(Forming Blade), 감압 박스(Suction Box), 쿠우치 롤(Couch Roll) 및 기타 감압 롤(Suction Roll) 등의 초조설비와 포밍 패브릭(Forming Fabric), 프레스 펠트 등의 초조용구에 칼슘 스케일 및 지방산 칼슘염으로 인한 제지설비의 오염을 해결할 수 있는 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 탄산염광물 추출 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0030] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템은 제지공정에서 발생된 폐가스를 제공받아 미세먼지를 제거하는 분진 여과부(110); 상기 분진 여과부(110)에서 상기 미세먼지가 제거된 폐가스를 제공받아, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부(120); 염기성 용액 및 포집된 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130); 상기 이산화탄소 마이크로 버블 및 칼슘이온이 함유된 제지 공정수를 제공받아 상기 제지 공정수 내의 칼슘이온 및 마그네슘 이온과 탄산화반응을 통해 탄산염광물을 생성하는 탄산염광물 반응조(140); 상기 제지 공정수 내의 상기 탄산염광물이 침전되는 탄산염광물 침전조(160); 및 상기 분진 여과부(110), 이산화탄소 포집부(120), 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130) 및 탄산염광물 반응조(140)의 구동을 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

[0031] 상기 분진 여과부(110)는 사이클론 집진장치(111)와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(112)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(113)로 구성되어, 순차적으로 상기 폐가스의 미세먼지를 필터링하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 상기 이산화탄소 포집 처리부(120)는 복수 개의 가스 채널들(CH1 ~ CHn) 각각에 위치한 포집밸브(Vn)의 제어를 통해 상기 폐가스를 상기 복수 개의 가스 채널들 중 적어도 하나 이상의 가스 채널에 선택적으로 분배하는 다채널 밸브포트(121); 상기 다채널 밸브포트(121)로부터 제공된 상기 폐가스 내의 불순물 기체를 제거한 후, 이산화탄소를 포집하는 이산화탄소 포집부(122); 및 상기 이산화탄소 포집부(122)에서 포집된 이산화탄소를 기체 상태로 저장하는 이산화탄소 저장부(123);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 상기 다채널 밸브포트(121)는 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어되는 것을 특징으로 한다.

- [0034] 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.
- [0035] 상기 탄산염광물 반응조(140)는 상부가 개구되며, 외부로부터 상기 제지 공정수 및 이산화탄소 마이크로 버블을 공급받는 하우징(141); 및 상기 하우징(141)의 중앙에 위치하되, 상기 하우징(141)의 바닥면과 이격된 상태로 위치하고, 내부에 구비된 중공관(142a)을 통해 상기 제지 공정수를 상기 하우징 내로 공급하며, 상기 제지 공정수와 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 교반시키는 교반기(142)를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 상기 탄산염광물 침전조(160)는 상기 교반기(142)를 통해 상기 제지 공정수를 급속교반 및 완속교반을 반복적으로 실시하여, 탄산염광물을 침전시키는 공간인 것을 특징으로 한다.
- [0037] 상기 교반기(142)는 상기 중공관(142a) 내에 일정한 제지 공정수를 공급하는 정량 주입펌프(P1)와 연결되는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 청구항 제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항에 기재된 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법은 제지공정에서 발생된 폐가스 내의 미세먼지를 분진 여과시키는 분진 여과단계(S110); 상기 분진 여과단계(S110)에서 미세먼지가 제거된 폐가스 내의 이산화탄소를 이산화탄소 포집 처리부(120)에서 포집하는 이산화탄소 포집 처리단계(S120); 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130)에서 염기성 용액 및 포집된 상기 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S130); 상기 탄산염광물 반응조(140) 내에 제지 공정수를 수용한 후, 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 제공하여 탄산화반응이 일어나도록 유도하는 탄산화 반응단계(S140); 및 상기 탄산화 반응단계(S140)를 통해 생성된 탄산염광물을 회수하는 탄산염광물 회수단계(S150);를 포함한다.
- [0039] 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.

**발명의 효과**

- [0040] 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 탄산염광물 추출 방법에 따르면 제지공정에서 배출되는 폐가스 내의 이산화탄소를 저감시킬 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0041] 또한, 제지 공정수 내에 이산화탄소 마이크로버블을 주입시킴으로써 제지 공정수 내의 칼슘이온을 제거할 수 있어 제지공정의 모든 배관과 각종 정선설비, 펌프, 포밍 블레이드(Forming Blade), 감압 박스(Suction Box), 쿠우치 롤(Couch Roll) 및 기타 감압 롤(Suction Roll) 등의 초조설비와 포밍 패브릭(Forming Fabric), 프레스 펠트 등의 초조용구에 칼슘 스케일 및 지방산 칼슘염으로 인한 제지설비의 오염을 해소할 수 있다는 이점을 갖는다.
- [0042] 또한, 탄산염광물 추출 시에, 마이크로 버블을 이용하므로 산기 장치(air diffuser, AD)를 이용한 기포보다 반응속도를 최대 240%까지 빠르게 진행시킬 수 있으며, 탄산염광물 반응조 내에 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**

- [0043] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 분진 여과부의 블록도이다.

도 3은 도 1에 도시된 이산화탄소 포집 처리부를 보다 상세하게 나타낸 블록도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0044] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0045] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0046] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0047] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0048] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템 및 추출 방법을 보다 상세하게 설명하도록 한다.
- [0049] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 나타낸 블록도이다.
- [0050] 도 2는 도 1에 도시된 분진 여과부의 블록도이다.
- [0051] 도 3은 도 1에 도시된 이산화탄소 포집 처리부를 보다 상세하게 나타낸 블록도이다.
- [0052] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템(100)은 분진 여과부(110), 이산화탄소 포집 처리부(120), 이산화탄소 마이크로버블 생성부(130), 탄산염광물 반응조(140), 탄산염광물 침전조(160) 및 제어부(300)를 포함한다.
- [0053] 상기 분진 여과부(110)는 제지공정에서 발생된 폐가스를 제공받아 미세먼지를 제거하는 기능을 수행하며, 보다 구체적으로, 상기 분진 여과부(110)는 사이클론 집진장치(111)와 탄소직물로 이루어진 이온발생기를 통과하여 미세입자를 하전시켜 제거하는 전기집진장치(112)와 필터를 통과시켜 미세입자를 제거하는 여과포 집진장치(113)로 구성되어, 순차적으로 상기 폐가스의 미세먼지를 필터링한다.
- [0054] 상기 이산화탄소 포집 처리부(120)는 상기 분진 여과부(110)에서 상기 미세먼지가 제거된 폐가스를 제공받아, 이산화탄소를 포집 및 저장하는 기능을 수행한다.
- [0055] 보다 구체적으로, 상기 이산화탄소 포집 처리부(120)는 다채널 밸브포트(121), 이산화탄소 포집부(122) 및 이산

화탄소 저장부(123)를 포함한다.

[0056] 상기 다채널 밸브포트(121)는 복수 개의 가스 채널들(CH1 ~ CHn) 각각에 위치한 포집밸브(Vn)의 제어를 통해 상기 폐가스를 상기 복수 개의 가스 채널들 중 적어도 하나 이상의 가스 채널에 선택적으로 분배하는 기능을 수행한다.

[0057] 여기서, 상기 포집밸브(Vn)는 상기 제어부(300)의 제어신호에 따라 전자식 또는 기계식으로 제어될 수 있으며, 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 있다.

[0058] 상기 이산화탄소 포집부(122)는 상기 다채널 밸브포트(121)로부터 제공된 상기 폐가스 내의 불순물 기체를 제거한 후, 이산화탄소를 포집하는 기능을 수행한다.

[0059] 상기 이산화탄소 저장부(123)는 상기 이산화탄소 포집부(122)에서 포집된 이산화탄소를 기체 상태로 저장하는 기능을 수행한다.

[0060] 상기 이산화탄소 마이크로버블 생성부(130)는 염기성 용액 및 포집된 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 기능을 수행한다.

[0061] 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.

[0062] 여기서, 이산화탄소 마이크로버블은 탄산염광물화 반응속도 증가를 위하여 수행하는 것으로, 탄산염광물화 반응속도 증가를 위해서는 탄산염광물화 원료물질( 칼슘 및 이산화탄소)의 물질전달 속도 증가가 필요하다.

[0063] 예를 들어, 정상상태에서, 어떠한 방향(z)으로 A 물질이 확산되는 농도( $J_{Az}$ , mol/m<sup>2</sup>·s)는, 이동매질 B에서의 물질 A의 물질전달계수(DAB, m<sup>2</sup>/s), 확산 방향으로의 길이 변화(dz, m)에 대한 물질 A의 농도변화(dCA, mol/m<sup>3</sup>), 물질 A의 농도 감소를 의미하는 (-1)을 곱하여 계산(Fick's first law of diffusion)한다(아래의 식 1 참조)

[0064] [식 1]

$$J_{AZ} = - D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

[0065]

[0066] 식 1의 탄산염광물화 적용시 조절 가능 항목은 농도변화가 유일, 즉 탄산염광물화 원료물질(칼슘과 이산화탄소)의 농도가 증가하면 탄산염광물화 반응속도가 증가하는 것을 알 수 있다.

[0067] 이산화탄소 농도 증가 방법으로는 헨리 법칙에 의한 가압, 온도 하강, 밀폐 시설 이용(이산화탄소 용해도, 1,449 mg/L(=0.033 mole/L) at SATP) 등이 있을 수 있으나, 이러한 것들은 많은 에너지 소모가 발생된다는 문제점이 있고, 수용액 온도 하강은 칼슘 용해도의 감소를 유발시키게 된다.

[0068] 이에 본 발명에서는 기포의 표면장력이 증가하면 수용액상에서 기포가 안정적으로 유지되는 것을 착안하여, 기포의 크기를 감소시킨 마이크로버블 이산화탄소를 생성하여 탄산화반응에 적용하였다.

[0069] [식 2]

$$\sigma = \left( \frac{\partial G}{\partial A} \right)_{T,p}$$

[0070]

[0071] 식 2를 참조하면, 표면장력( $\sigma$ )은 기포의 자유에너지(G)에 비례하며 면적(A)에 반비례함을 알 수 있다.

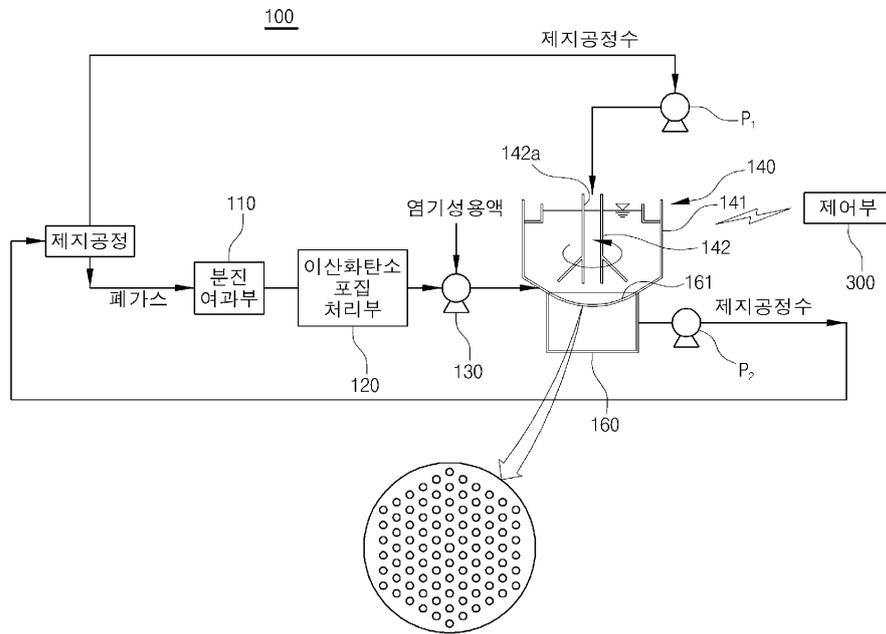
[0072] 즉, 이산화탄소 기포 크기 감소는 기포의 표면장력을 증가시켜, 이산화탄소의 농도의 증가를 유발시킬 수 있다. 또한, 작은 크기의 기포는 큰 기포에 비하여 표면장력이 크기 때문에 이산화탄소 농도를 효과적으로 증가시킬 수 있으며, 결과적으로, 탄산염광물화 속도를 증가시킬 수 있다.

- [0073] 다음으로, 상기 탄산염광물 반응조(140)는 상기 이산화탄소 마이크로 버블 및 칼슘이온이 함유된 제지 공정수를 제공받아 상기 제지 공정수 내의 칼슘이온 및 마그네슘 이온과의 탄산화반응을 수행하는 기능을 수행한다.
- [0074] 상기 탄산염광물 반응조(140)는 상부가 개구되며, 외부로부터 상기 제지 공정수 및 이산화탄소 마이크로 버블을 공급받는 하우징(141) 및 상기 하우징(141)의 중앙에 위치하되, 상기 하우징(141)의 바닥면과 이격된 상태로 위치하고, 내부에 구비된 중공관(142a)을 통해 상기 제지 공정수를 상기 하우징(141) 내로 공급하며, 상기 제지 공정수와 상기 이산화탄소 마이크로 버블을 교반시키는 교반기(142)가 구비될 수 있다.
- [0075] 여기서, 상기 교반기(142)는 상기 제지 공정수를 급속교반 및 완속교반을 반복적으로 실시하여, 제지 공정수와 이산화탄소 마이크로버블의 탄산화반응을 가속화시켜주기 위한 유닛일 수 있다.
- [0076] 상기 교반기(142)는 상기 중공관(142a) 내에 일정한 제지 공정수를 공급하는 정량 주입펌프(P1)와 연결되어, 상기 정량 주입펌프(P1)는 제어부(300)의 제어신호에 따라 제지 공정수의 재활용되는 양에 따라 상기 중공관(142a) 내에 유입되는 제지 공정수의 유입 속도를 조절한다.
- [0077] 이때, 상기 탄산염광물 반응조(140) 내에는 탄산염광물이 생성되며, 생성된 탄산염광물은 하기에 기재된 침전조 내에 침전된다.
- [0078] 또한, 상기 탄산염광물 반응조(140) 내에는 탄산화 반응 과정에서 반응완료시점을 산도, 전도도 또는 온도를 통하여 확인할 수 있도록 산도센서(미도시), 전도도 측정센서(미도시) 및 온도 측정센서(미도시)를 구비할 수 있으며, 상기 산도센서의 산도 측정값은 탄산화 반응의 반응률이 99% 이상이 되도록 설정될 수 있다.
- [0079] 상기 탄산염광물 침전조(160)는 상기 탄산염광물 반응조(140) 하부와 연결되며, 상부에는 제지 공정수 내에서 생성된 탄산염광물의 침전이 용이하도록 기울기를 갖는 오목한 형태의 침전 분리판(161)이 구비될 수 있다.
- [0080] 상기 침전 분리판(161)은 개폐가 가능한 복수 개의 미세홀이 형성될 수 있다. 따라서, 탄산화반응 중에는 미세홀은 닫혀진 상태여서, 탄산염광물은 침전 분리판에 적층되고, 탄산화반응이 종료되면, 미세홀은 개구되어 적층된 탄산염광물 및 제지 공정수는 미세홀을 통과하여 상기 탄산염광물 침전조 내로 유입된다.
- [0081] 또한, 상기 탄산염광물 침전조(160)는 외측에 유량배출펌프(P2)와 연결되며, 상기 유량배출펌프(P2)는 침전 반응이 종료된 후, 상기 탄산염광물 침전조(160)로 유입된 제지 공정수를 제지 공정으로 재순환시키는 기능을 수행한다.
- [0082] 상기 제어부(300)는 상기 분진 여과부(110), 이산화탄소 포집 처리부(120), 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130) 및 탄산염광물 반응조(140)의 구동을 제어하는 기능을 수행한다.
- [0083] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0084] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 제지공정 중에 배출되는 이산화탄소와 제지 공정수를 활용한 탄산염광물 추출 시스템을 이용한 탄산염광물 추출 방법(S100)은 분진 여과단계(S110), 이산화탄소 포집단계(S120), 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S130), 탄산화 반응단계(S140) 및 탄산염광물 회수단계(S150)를 포함한다.
- [0085] 상기 분진 여과단계(S110)는 제지공정에서 발생된 폐가스 내의 미세먼지를 분진 여과시키는 단계일 수 있다.
- [0086] 상기 이산화탄소 포집 처리단계(S120)는 상기 분진 여과단계(S110)에서 미세먼지가 제거된 폐가스 내의 이산화탄소를 이산화탄소 포집 처리부(120)에서 포집하는 단계일 수 있다.
- [0087] 상기 이산화탄소 마이크로 버블 생성단계(S130)는 이산화탄소 마이크로 버블 생성부(130)에서 염기성 용액 및 포집된 상기 이산화탄소를 공급받아 이산화탄소 마이크로 버블을 생성하는 단계일 수 있다.

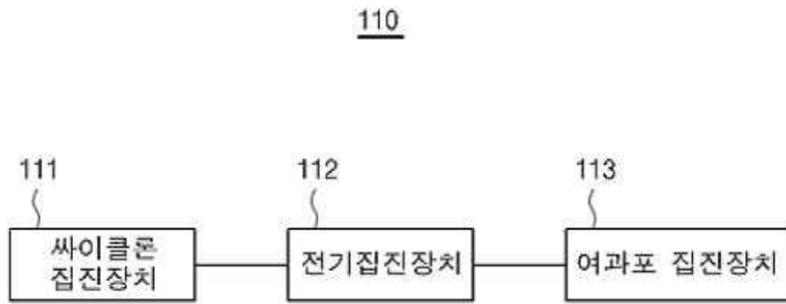


도면

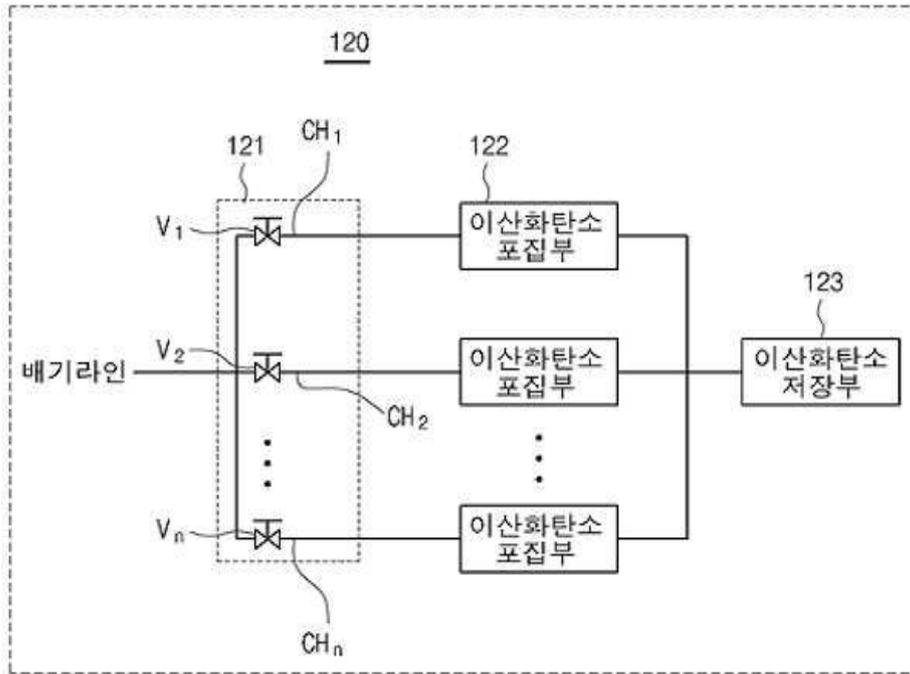
도면1



도면2



도면3



도면4

