



등록특허 10-2116552



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월02일
(11) 등록번호 10-2116552
(24) 등록일자 2020년05월22일

(51) 국제특허분류 (Int. Cl.)
C02F 11/04 (2006.01) *B01D 53/22* (2006.01)
C02F 1/36 (2006.01) *C02F 3/28* (2006.01)

(52) CPC특허분류
C02F 11/04 (2013.01)
B01D 53/22 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0118146

(22) 출원일자 2018년 10월 04일
심사청구일자 2018년 10월 04일

(65) 공개번호 10-2020-0038666

(43) 공개일자 2020년 04월 14일

(56) 선행기술조사문현

JP2002066519 A*

KR100676312 B1*

KR101100321 B1*

KR101472883 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자
주식회사 디에이치

충청남도 논산시 성동면 간접면지로5길 75-10
(72) 반면기

(72) **글·방사**
구자옥
대전광역시 유성구 은구비남로 34, 807동 2202호
(노은동, 열매마을8단지)

최창수
대전광역시 유성구 진잠로42번길 30, 101동 703
호(원내동, 한아름아파트)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
기림특허법인

전체 청구항 수 : 총 4 항

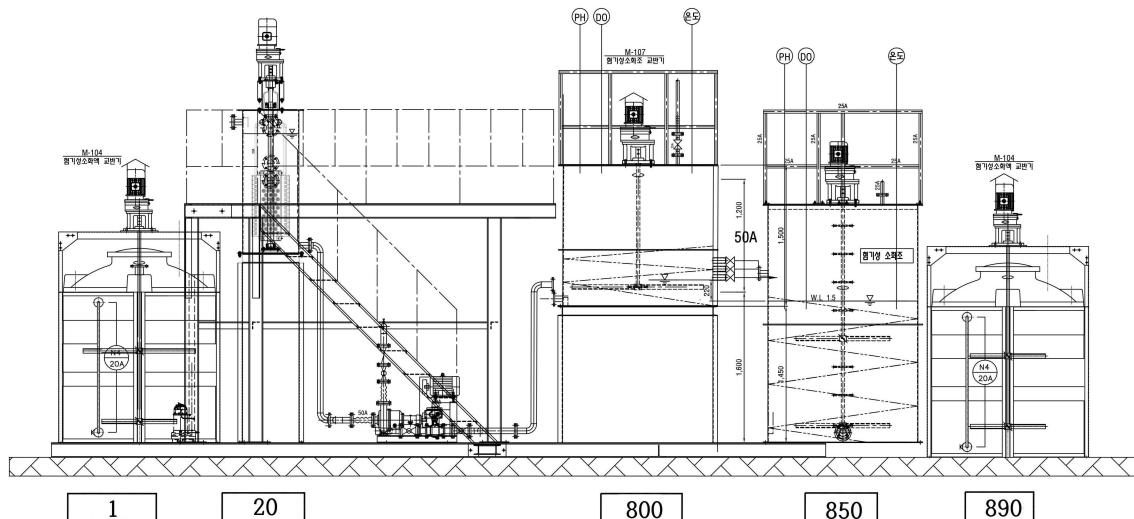
심사관 : 이동재

(54) 발명의 명칭 유기성 폐기물 처리 장치 및 이를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 혼기성 소화 운전 방법

(57) 요약

본 발명은 유기성 폐기물 처리 장치 및 이를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 혼기성 소화 운전 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 음식물 쓰레기 및 하수 슬러지 등 유기성 폐기물을 초음파 처리한 후 일련의 혼기성 소화공정 및 가스 정제 공정을 거침으로써 유기성 폐기물을 효율적으로 처리함과 동시에 메탄을 고순도로 정제하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 혼기성 소화조의 병용 운전에 의해 유기성 폐기물의 소화효율이 향상되고, 슬러지 폐기물을 효율적으로 미분화하여 최소화할 수 있으며 양질의 바이오가스의 생산량이 증대되도록 할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류

C02F 1/36 (2013.01)

C02F 3/2866 (2013.01)

(72) 발명자

조경민

대전광역시 중구 보문산로 31 한밭가든아파트
103-802

길태형

대전광역시 유성구 상대동로2번길 67-9, 304호

명세서

청구범위

청구항 1

운반된 유기성 폐기물을 저장조(1)에 저장하는 단계;

저장조(1)로부터 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 초음파 처리조(20)에서 분해하는 단계;

초음파 처리조(20)에서 분해된 농축 슬러지를 공급받아 고온 혼기성 소화조(800)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계;

고온 혼기성 소화조(800)로부터 처리된 처리수를 공급받아 중온 혼기성 소화조(850)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계; 및

고온 혼기성 소화조(800) 및 중온 혼기성 소화조(850)에서 발생된 바이오가스를 공급받아 멤브레인 정제부(900)에서 정제하는 단계;를 포함하고,

상기 초음파 처리조는

슬러지 저장조에 연결되어 슬러지가 내부로 유입되도록 구비되어, 지지프레임에 의해 상기 슬러지 저장조보다 높게 설치된 몸체;

상기 몸체의 내부에 회전가능하게 구비되어 상기 몸체 내부의 슬러지가 교반 또는 교반 정지되도록 하며, 서로 상이한 이중주파수 초음파가 상기 몸체의 내부에서 상호 교차되게 상기 몸체 내부의 슬러지로 전달되도록 하여 상기 몸체 내부의 슬러지를 상호 교차 조사되는 이중주파수의 초음파 진동으로 가용화시키는 이중주파수 초음파 교반유닛;

상기 이중주파수 초음파 교반유닛에 연결되어 상기 이중주파수 초음파 교반유닛을 회전시키는 회전 구동력을 제공하는 교반 구동부; 및

상기 이중주파수 초음파 교반유닛과 상기 교반 구동부의 사이에 구비되어 상기 교반 구동부에서 제공하는 회전 구동력을 상기 이중주파수 초음파 교반유닛으로 전달하도록 중심프레임을 갖는 교반 전동부;를 포함하며,

이중주파수 초음파 교반유닛(200)은,

중심프레임(410)을 사이에 두고 중심프레임(410)으로부터 이격되며 상호 배향되게 구비된 한 쌍의 제1 진동 카세트(210)와, 중심프레임(410)을 기준으로 제1진동 카세트(210)에 대하여 교차되게 구비되며 중심프레임(410)을 사이에 두고 중심프레임(410)으로부터 이격되며 상호 배향되게 구비된 한 쌍의 제2 진동 카세트(220)와, 제1 진동 카세트(210)의 전면에 설치되어 25~30 kHz의 초음파 주파수 진동을 발생시키는 복수의 제1 초음파 진동자(211)와, 제2 진동 카세트(220)의 전면에 설치되어 35~45 kHz의 초음파 주파수 진동을 발생시키는 복수의 제2 초음파 진동자(221)를 포함하고,

중심프레임(410)에서 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)에 에워싸인 부분의 외주면에 방사상으로 돌출 구비된 복수의 교반날개(417)에는 복수의 제3 초음파 진동자(419)들이 어느 일 면으로 설치되며,

제3 초음파 진동자(419)들을 통해 조사되는 초음파 진동의 주파수는 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221) 중 어느 하나에서 조사되는 초음파 진동의 주파수와 다른 주파수가 되는 것을 특징으로 하는,

유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 혼기성 소화 운전 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

운전시 교반 속도는 고온 협기성 소화조는 50rpm이고, 중온 협기성 소화조는 30rpm이며, 처리 온도는 고온 협기성 소화조는 55°C~60°C이고, 중온 협기성 소화조는 35°C~37°C이며, 운전 시간은 고온 협기성 소화조는 3일이고, 중온 협기성 소화조는 17일인 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 유기성 폐기물 처리 장치는

유기성 폐기물을 저장하는 저장조(1);

저장조(1)의 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 분해하는 초음파 처리조(20);

초음파 처리조(20)에서 분해된 농축 슬러지를 공급받아 유기성 폐기물을 소화시키고 바이오가스와 처리수를 추출하는 고온 협기성 소화조(800);

고온 협기성 소화조(800)으로부터 처리된 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 소화시키고 바이오가스와 처리수를 추출하는 중온 협기성 소화조(850); 및

고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 가스를 공급받아 바이오가스를 정제하기 위한 맴브레인 정제부(900);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 저장조(1)는

유기성 폐기물을 저장하는 공간으로서 슬러지가 유입되어 내부에 채워지는 몸체와 몸체의 내부에 복수 개의 교반날개가 구비된 교반축과 몸체의 상부에 설치되는 교반모터를 포함하여 구성되어 슬러지를 활성화시키는 교반기 및 초음파 처리조에 슬러지를 공급하는 유입펌프를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법.

청구항 5

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 유기성 폐기물 처리 장치 및 이를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 음식물 쓰레기 및 하수 슬러지 등 유기성 폐기물을 초음파 처리한 후 일련의 협기성 소화공정 및 가스 정제 공정을 거침으로써 유기성 폐기물을 효율적으로 처리함과 동시에 메탄을 고순도로 정제하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

일반적으로, 하수 슬러지, 가축분뇨, 음식물 류 폐기물 및 유기성 도시 고형 폐기물과 같은 유기성 폐기물은 고농도 오염물질을 포함하고 있어 수질의 주된 오염원으로 지목받고 있고, 유기성 폐기물을 처리하는 방법으로 해양투기, 소각, 직매립을 이용해 왔으나, 2012년 폐기물 관리법에 의거 직매립이 금지되었고, 2012년 1월 이후 런던협약 및 해양환경 관리법에 의해 유기성 폐기물의 해양투기가 전면 금지되어 이의 처리방안이 시급한 실정이다.

[0003]

또한 해양투기, 소각, 직매립 방법들은 에너지 비용이 높고 에너지 전환율이 낮은 편이며, 처리 비용이 50,000~80,000원/톤으로 과거 해양투기 비용인 40,000원/톤에 비해 1.25~2배가량 높다.

[0004]

따라서 기존의 방법을 개선할 수 있는 경제성 있는 대안이 요구되며, 협기성 소화를 통한 슬러지 감량화 및 바이오가스 생산은 친환경적 공정으로서 많은 관심을 가지고 있다. 하지만, 국내에 유기성 폐기물을 이용하여 에너지를 생산하는 협기성 소화조는 상당히 낮은 소화 효율을 보이고 있으며, 협기성 소화조의 율속 단계인 가수분

해가 쉽게 이루어지지 않는 점에 기인하는 것으로 보고되고 있다.

[0005] 또한 국내 협기성소화조의 대부분은 시설의 노후화 및 운영기술의 미숙과 25~30일 이상의 긴 제류시간이 소요되어 효과적인 운영이 되지 못하고 있으며 이러한 국내 협기성소화조 운영의 문제점을 개선하고자 2008년 말 연료화 규정 제정을 통해 에너지 자원화 사업 및 협기성 소화조 효율 개선 사업을 추진하였다. 협기성 소화조 효율 개선 사업으로 소화조 증설, 가온 및 교반기의 교체, 농축설비의 개선 등 다양한 방법이 도입되었으나 이러한 설비개선 방법으로는 설계 시 목표로 한 효율개선 수치에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

[0006] 협기성소화 방식은 단상(Single-stage) 소화와 이상(Two-stage) 소화 방식으로 나뉘며, 단상 소화 방식은 고온 소화방식과 중온 소화 방식으로 구분 할 수 있다. 고온소화방식은 온도에 의한 생물학적 가수분해 반응이 중온에 비하여 훨씬 빠르게 진행된다. 그러나 유기물 부하 및 소화조내의 환경 변화에 민감하며, 유출에 의해 휘발성 지방성분의 농도가 높고, 악취가 심하다는 단점을 가지고 있다. 이상 소화방식은 두 가지 다른 종류의 미생물군을 공간적으로 분리하여 증식시킨 후 유기물을 처리하는 방법이다.

[0007] 따라서, 이러한 점들이 개선되고 유기성 폐기물로부터 메탄을 고효율로 정제하기 위한 방법 및 장치가 시급히 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문현

특허문현

[0008] (특허문현 0001) 대한민국 등록특허 제10-0165169호(1998.09.16.)

(특허문현 0002) 대한민국 등록특허 제10-1191032호(2012.10.08)

(특허문현 0003) 대한민국 등록특허 제10-1227556호(2013.01.23)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명자들은 유기성 폐기물의 소화 효율을 높여서 슬러지 폐기물을 최소화함과 동시에 양질의 바이오가스를 생산하기 위한 장치 및 방법을 개발하기 위하여 예의 연구한 결과 후술하는 바와 같이 유기성 폐기물을 저장할 수 있는 저장조(1), 초음파처리조(20), 고온 협기성 소화조(800), 중온 협기성 소화조(850), 협기성 소화액 저장조(890) 및 멤브레인 정제부(900)를 포함하여 구성된 유기성 폐기물 처리 장치를 이용하여, 유기성 폐기물을 초음파 처리한 후 고온 협기성 소화 처리 및 중온 협기성 소화 처리를 하고 생성된 가스를 멤브레인 정제부(900)에서 가스 정제 공정을 거침으로써 유기성 폐기물을 효율적으로 처리함과 동시에 메탄을 고순도로 정제할 수 있음을 발견하고 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

과제의 해결 수단

[0010] 따라서, 본 발명의 목적은, 일면에 있어서 유기성 폐기물의 소화 효율을 높여서 슬러지 폐기물을 최소화함과 동시에 양질의 바이오가스를 생산하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

[0011] 위와 같은 본 발명의 목적은

[0012] 운반된 유기성 폐기물을 저장조(1)에 저장하는 단계;

[0013] 저장조(1)로부터 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 초음파 처리조(20)에서 분해하는 단계;

[0014] 초음파 처리조(20)에서 분해된 농축 슬러지를 공급받아 고온 협기성 소화조(800)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계;

[0015] 고온 협기성 소화조(800)로부터 처리된 처리수를 공급받아 중온 협기성 소화조(850)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계; 및

[0016] 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 바이오가스를 공급받아 멤브레인 정제부(900)에서 정제하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결

합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법에 의해 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화조의 병용 운전에 의해 유기성 폐기물의 소화 효율이 향상되고, 슬러지 폐기물을 효율적으로 미분화하여 쇄소화할 수 있으며 양질의 바이오가스의 생산량이 증대되도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 유기성 폐기물 처리 장치의 정면 설명도,
 도 2는 본 발명에 따른 유기성 폐기물 처리 장치의 평면 설명도,
 도 3은 전처리조 및 초음파 처리조의 정면 개략도,
 도 4는 초음파 처리조의 내부 구성을 측면에서 바라본 측면 구성도,
 도 5은 초음파 처리조의 내부 구성을 위에서 내려다본 평면 구성도,
 도 6은 초음파 처리조의 평면도,
 도 7은 초음파 처리조에 의한 이중주파수의 초음파 및 조사밀도에 따른 가용성 화학적 산소요구량(SCOD)의 변화를 나타낸 그라프도,
 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 처리조의 내부 구성을 위에서 내려다본 평면 구성도,
 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 초음파 처리조의 내부 구성을 위에서 내려다본 평면 구성도,
 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 초음파 처리조의 내부 구성을 측면에서 바라본 측면 구성도,
 도 11은 초음파 처리조의 제어 블록도이다.
 도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 고온 협기성 소화조를 나타낸 구성도,
 도 13은 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 멤브레인 정제부의 구성 및 흐름도,
 도 14는 멤브레인 모듈의 설명도,
 도 15는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 멤브레인 모듈의 구성도,
 16은 고온 협기성 소화조(a) 및 중온 협기성 소화조(b)에서 병용 운전한 슬러지의 성상을 나타내는 사진,
 도 17 내지 도 19는 각각 시험운전에 의한 바이오가스 생산량, 메탄 농도 및 휘발성 고상물의 처리 효율을 나타내는 그라프도,
 도 20은 병용 운전에 의한 소화 효율을 나타내는 그라프도,
 도 21은 메탄 생성 효율을 나타내는 그라프도,

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은, 일면에 있어서,

[0020] 운반된 유기성 폐기물을 저장조(1)에 저장하는 단계;

[0021] 저장조(1)로부터 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 초음파 처리조(20)에서 분해하는 단계;

[0022] 초음파 처리조(20)에서 분해된 농축 슬러지를 공급받아 고온 협기성 소화조(800)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계;

[0023] 고온 협기성 소화조(800)로부터 처리된 처리수를 공급받아 중온 협기성 소화조(850)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계; 및

[0024] 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 바이오가스를 공급받아 멤브레인 정제부(90)에서 정제하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결

합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법을 제공한다.

[0025] 본 발명은, 추가의 일면에 있어서,

[0026] 운전시 교반 속도는 고온 협기성 소화조는 50rpm이고, 중온 협기성 소화조는 30rpm이며, 처리 온도는 고온 협기성 소화조는 55°C이고, 중온 협기성 소화조는 35°C~37°C이며, 운전 시간은 고온 협기성 소화조는 3일이고, 중온 협기성 소화조는 17일인 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물을 처리 장치를 이용한 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전 방법을 제공한다.

[0027] 본 발명은 기존의 단상 협기성 소화조의 긴 체류시간과 낮은 소화효율을 향상시키는 것에 초점을 두고 유기성 폐기물을 기질, 특히 하수슬러지를 대상으로 초음파전처리가 결합된 고온-중온 병합 협기성 소화 운전함으로써 바이오가스를 생산하고, 생산된 가스를 정제하여 고순도의 메탄을 얻는 방법을 제공한다.

[0028] 본 발명에 따른 초음파 전처리가 결합된 고온-중온 협기성 소화 운전은 후술하는 바와 같은 유기성 폐기물 장치를 이용하는 것이 바람직하고, 개별 단계는

[0029] 운반된 유기성 폐기물을 저장조(1)에 저장하는 단계;

[0030] 저장조(1)로부터 유기성 폐기물을 공급받아 유기성 폐기물을 초음파 처리조(20)에서 분해하는 단계;

[0031] 초음파 처리조(20)에서 분해된 농축 슬러지를 공급받아 고온 협기성 소화조(800)에서 소화하여 바이오가스와 처리수를 추출하는 단계;

[0032] 고온 협기성 소화조(800)로부터 처리된 처리수를 공급받아 중온 협기성 소화조(850)에서 소화 처리하여 바이오가스와 처리수를 유출시키는 단계; 및

[0033] 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 처리수는 협기성 소화액 저장조에 저장하거나 후속 처리를 위하여 분리막조로 이송하고, 생성된 바이오가스는 멤브레인 정제부(900)로 이송하여 순도가 높게 정제하는 단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

[0034] 특히 운전시 교반 속도는 다양한 테스트 결과 고온 협기성 소화조는 50rpm이고, 중온 협기성 소화조는 30rpm이며, 처리 온도는 고온 협기성 소화조는 55°C~60°C이고, 중온 협기성 소화조는 35°C~37°C이며, 운전 시간은 고온 협기성 소화조는 3일이고, 중온 협기성 소화조는 17일인 것이 바람직한 것으로 확인되었다.

[0035] 본 발명에 사용되는 초음파 처리가 결합된 고온-중온 병합 협기성 소화 장치는 도 1에 나타낸 바와 같이, 크게 유기성 폐기물을 저장할 수 있는 저장조(Feed Tank, 1), 초음파처리조(20), 고온 협기성 소화조(800), 중온 협기성 소화조(850), 협기성 소화액 저장조(890), 협기성 소화액을 정제하기 위한 분리막조 및 멤브레인 정제부(900)을 포함하여 구성되는 것이 바람직할 수 있다. 또한 운전시 지속적인 모니터링을 위하여 습식 가스 유량계, pH, DO, 온도 센서 등을 구비한다.

[0036] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 사용되는 장치의 구성에 관련하여 보다 대해 상세히 설명한다.

[0037] 상기 저장조(1)는 유기성 폐기물을 저장하는 공간으로서 슬러지(10)가 유입되어 내부에 채워지는 몸체(11)와 몸체(11)의 내부에 복수 개의 교반날개(14)가 구비된 교반축(13)과 몸체의 상부에 설치되는 교반모터(12)를 포함하여 구성되어 슬러지를 활성화시키는 교반기 및 초음파 처리조에 슬러지를 공급하는 유입펌프(2)를 포함하여 구성되는 것으로서, 몸체(11)에 저장된 슬러지(10)를 교반기를 이용하여 교반시킴으로써 슬러지(10)가 고형화되는 것을 방지하고, 미생물에 의해 1차적으로 슬러지가 분해되게 한다.

[0038] 또한 저장조(1)는 유입펌프(2)를 외부 일측에 구비하여 이하에서 설명될 초음파 처리조(20)에 슬러지를 공급하고, 이때, 유입펌프(2)는 유입관(110)을 이용하여 초음파 처리조에 연결되어 슬러지를 공급하며, 저장조(1) 내부의 상층부에 있는 슬러지를 초음파 처리조에 공급하기 위해 순환관(미표시)이 더 구비된다.

[0039] 즉, 순환관은 저장조(1)의 내부에서 교반되는 슬러지의 상층부의 상태가 하부층 보다 액체의 상태를 대부분 유지하고 있어 초음파 처리조에서 보다 효율적으로 초음파 처리가 될 수 있는 효과를 실현하고, 전반적인 공정에서 슬러지의 분해가 효율적으로 이루어지도록 한다.

[0040] 아울러, 저장조(1)는 초음파 처리조(20)의 최대수위를 초과한 슬러지가 다시 저장조(1)로 유입될 수 있도록 회수관(130)과 연결되어 초음파 처리조에서 효율적으로 초음파 처리할 수 있는 슬러지의 양을 유지할 수 있도록 한다.

[0041] 초음파를 이용한 슬러지 처리조(20, 이하, "초음파 처리조" 또는 "초음파 전처리조"라 함)는, 도 3 내지 도 5에

도시된 바와 같이, 슬러지 저장조(1)에 연결되어 슬러지(10)가 내부로 유입되도록 구비되어 지지프레임(3)에 의해 슬러지 저장조(1)보다 높게 설치된 몸체(100)와, 몸체(100)의 내부에 회전가능하게 구비되어 몸체(100) 내부의 슬러지(10)가 교반 또는 교반 정지되도록 하며 서로 상이한 이중주파수 초음파가 몸체(100)의 내부에서 상호 교차되게 몸체(100) 내부의 슬러지(10)로 전달되도록 하여 몸체(100) 내부의 슬러지(10)를 상호 교차 조사되는 이중주파수의 초음파 진동으로 가용화시키는 이중주파수 초음파 교반유닛(200)과, 이중주파수 초음파 교반유닛(200)에 연결되어 이중주파수 초음파 교반유닛(200)을 회전시키는 회전 구동력을 제공하는 교반 구동부(300)와, 이중주파수 초음파 교반유닛(200) 및 교반 구동부(300)의 사이에 구비되어 교반 구동부(300)에서 제공하는 회전 구동력을 이중주파수 초음파 교반유닛(200)으로 전달하도록 중심프레임(410)을 갖는 교반 전동부(400)를 포함한다.

[0042] 이에 따라, 에너지 소모가 저감되는 협기성 소화 공정에서 수리학적 체류시간이 단축되도록 할 수 있고, 소화효율이 향상되도록 할 수 있으며 슬러지 폐기물이 최소화되도록 할 수 있다.

[0043] 상기와 연관하여, 슬러지의 초음파 처리 목적은 세포벽을 파괴하여 세포 구성 물질들의 가수분해를 촉진시켜 슬러지의 생분해성을 높이기 위한 것이다. 즉, 초음파 처리조는 처리과정 중 환경에 유해한 물질을 발생시키지 않는 장점이 있고, 초음파 처리조의 용량 변화에 따라 유동적으로 초음파 처리조의 특성에 따라 초음파 진동자를 탄력적으로 추가 및 변경이 용이하고, 초음파 처리조 내부에 초음파 진동자가 설치되어 액상 내에 위치하기 때문에 소음이 적으며, 슬러지를 교반 및 회전시켜 초음파 진동자의 주위로 유도하기 때문에 초음파를 골고루 효율적으로 슬러지에 조사할 수 있는 장점이 있다.

[0044] 몸체(100)는, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 슬러지 저장조(1)에서 슬러지(10)가 유입되어 내부에 채워지도록 슬러지 저장조(1)에 연결되게 구비된 것으로서, 슬러지(10)가 유입되는 유입관(110)과 가용화된 농축슬러지를 배출시키는 배출관(120) 및 슬러지(10)가 최대수위를 초과하였을 때 슬러지(10)를 슬러지 저장조(1)로 회수시키는 회수관(130)을 포함하여 구성되고, 유입관(110)과 회수관(130)은 슬러지 저장조(1)에 연결되어 있고, 배출관(120)은 소화조(미도시)에 연결되어 슬러지(10)가 이동된다.

[0045] 이때, 몸체(100)는 지지프레임(3)에 의해 일정 높이에 위치되어 있고, 배출관(120)이 몸체(100)의 하부에 설치되어 농축된 농축슬러지가 자연스럽게 배출되거나 슬러지 저장조(1)로 회수될 수 있도록 한다.

[0046] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 몸체(100)의 유입관(110)이 연결된 부위의 내측에는 ‘ㄱ’ 자의 형상으로 절곡 형성되어 유입관(110)을 통해 유입되는 슬러지(10)가 몸체(100)의 내부로 유입될 때에 다른 부분으로 튀기게 되어 오염시키는 것을 방지하는 유입 가이드 브래킷(111)이 설치된 것이 바람직하다.

[0047] 또한, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 회수관(130)은 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 후술할 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)에 의해 효율적으로 초음파를 조사할 수 있는 높이에 설치되어 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)에 의해 결정되는 최대수위 이상으로 슬러지(10)가 유입되거나 슬러지(10)가 팽창될 경우 회수관(130)을 통해 슬러지(10)가 다시 슬러지 저장조(1)로 이동된다.

[0048] 아울러, 본 발명의 몸체(100)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 상부에 개폐가능한 커버(140)를 더 포함하여 구성되어 초음파 처리조의 내부 즉, 몸체(100)의 내부의 유지보수시 사용된다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 몸체(100)의 하부 외측에는 드레인밸브(150)가 구비되어 몸체(100) 내부의 유지보수시 내부의 슬러지(10)를 외부로 배출시킬 수 있도록 한다.

[0049] 한편, 도 5에 도시된 바와 같이, 슬러지 저장조(1)에는 내부에 저장된 슬러지(10)가 몸체(100)로 유입관(110)을 통해 공급될 수 있도록 슬러지 공급 펌프(2)가 구비되고, 도 4에 도시된 바와 같이, 몸체(100)에는 내부로 유입되는 슬러지(10)의 수위가 최대수위를 초과하였는지 또는 몸체(100)의 내부에서 팽창되는 슬러지(10)의 수위가 최대수위를 초과하였는지의 여부를 감지할 수 있도록 최대수위센서(160)가 구비되며, 최대수위센서(160)를 통해 슬러지(10)의 수위가 최대수위를 초과한 것으로 후술할 제어부(700)가 판단하면 슬러지(10)가 회수관(130)을 통해 슬러지 저장조(1)로 다시 돌려보내 지도록 제어된다.

[0050] 본 발명에 따른 몸체(100)의 배출관(120)이 연결된 소화조는 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)가 순차적으로 연결된 것이 바람직하다.

[0051] 한편, 도 6에 도시된 바와 같이, 몸체(100)의 커버(140) 상부에는 교반 구동부(300)와 교반 전동부(400)의 후술할 교반 조절부(401)를 지지하도록 다수의 브래킷을 포함하는 설치 지지부(145)가 구비된 것이 바람직하다.

[0052] 이중주파수 초음파 교반유닛(200)은, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 중심프레임(410)을 사이에 두고 중심프

레임(410)으로부터 이격되며 상호 배향되게 구비된 한 쌍의 제1 진동 카세트(210)와, 중심프레임(410)을 기준으로 제1 진동 카세트(210)에 대하여 교차되게 구비되며 중심프레임(410)을 사이에 두고 중심프레임(410)으로부터 이격되며 상호 배향되게 구비된 한 쌍의 제2 진동 카세트(220)와, 제1 진동 카세트(210)의 전면에 설치되어 25~30 kHz의 초음파 주파수 진동을 발생시키는 복수의 제1 초음파 진동자(211)와, 제2 진동 카세트(220)의 전면에 설치되어 35~45 kHz의 초음파 주파수 진동을 발생시키는 복수의 제2 초음파 진동자(221)를 포함한다.

[0053] 이에 따라, 이중주파수의 초음파가 상호 교차 조사되도록 함으로써 초음파 전처리 과정 중에 이중주파수 초음파 진동이 이론 상이 아닌 실제 슬러지 처리장치에 적용될 때에 발생 되는 많은 문제점을 해결하여 실제로도 문제 없이 적용되고 이러한 이중주파수 초음파 진동을 통해 하수 슬러지를 보다 효과적으로 미분화시킬 수 있는 초음파를 이용한 슬러지 처리장치를 제공할 수 있다.

[0054] 즉, 종래에는 단일 주파수의 초음파를 이용해 슬러지를 처리할 때에 파형이 정지하고 있는 것과 같은 에너지 분포를 나타내는 현상인 정재파(standing wave)에 따른 문제들이 발생하기 때문에, 이를 해결하기 위하여 본 발명에 따른 이중주파수 초음파 교반유닛(200)에 의해 두 개 이상의 주파수를 갖는 초음파를 이용하여 슬러지가 효과적으로 분해 처리되도록 할 수 있다.

[0055] 또한, 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)가 중심프레임(410)의 외주면에 바로 부착 설치되지 않고 중심프레임(410)으로부터 오히려 이격되게 구비되도록 함으로써, 진동 카세트의 설치 위치나 개수 등이 제한됨이 없이 필요에 따라서는 더욱 많은 개수의 진동 카세트들이 추가로 설치될 수 있게 되어 슬러지의 가용화율이 더욱 높아지도록 할 수 있다.

[0056] 도 9는 초음파 처리조에 의한 이중주파수의 초음파 및 조사밀도에 따른 가용성 화학적 산소요구량(SCOD)의 변화를 나타낸 그래프로서, 본 발명에 따른 이중주파수 초음파 교반유닛(200)에 의해 발생되는 이중주파수 초음파의 음향밀도가 198 WL이면, 음파처리시간이 대략 1시간 정도 되었을 때에 가용성 화학적 산소요구량은 8000 mg/L 이상으로 높아지게 되어 슬러지의 가용화율이 크게 높아지는 것(대략 1시간 동안 92.1%까지 슬러지가 미분화됨)을 확인할 수 있다.

[0057] 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)는 수직으로 길게 구비된 박스의 형태로 마련되고, 복수의 제1 초음파 진동자(211)들은 제1 진동 카세트(210)의 전면을 통해 노출되게 배치되어 제1 진동 카세트(210)의 내부에서는 외부로부터 밀봉되게 설치되어 슬러지(10) 속에 제1 진동 카세트(210)가 잡길 때에 손상되지 않도록 설치되며, 복수의 제2 초음파 진동자(221)들은 제2 진동 카세트(220)의 전면을 통해 노출되게 배치되어 제2 진동 카세트(220)의 내부에서는 외부로부터 밀봉되게 설치되어 슬러지(10) 속에 제2 진동 카세트(220)가 잡길 때에 손상되지 않도록 설치된다.

[0058] 본 발명에 따른 이중주파수 초음파 교반유닛(200)은, 몸체(100) 내부로 유입되어 가용화되어야하는 슬러지(10)의 성분과 유입량 등에 따라서, 교반 구동부(300)의 회전 구동에 의해 몸체(100) 내부의 슬러지(10)를 교반하며 28 kHz와 40 kHz의 이중주파수 초음파 진동을 상호 교차되게 몸체(100) 내부의 슬러지(10)로 조사하거나 교반 구동부(300)의 회전 구동 정지에 의해 슬러지(10)의 교반이 정지된 상태에서 28 kHz와 40 kHz의 이중주파수 초음파 진동을 상호 교차되게 몸체(100) 내부의 슬러지(10)로 조사하여 슬러지(10)의 세포를 파괴한다.

[0059] 이때, 교반 구동부(300)와 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)는 제어부(700)에 의해 작동이 제어된다.

[0060] 이에 따라, 교반이 정지된 상태에서도 상호 교차 조사되는 이중주파수 초음파 진동에 의해 몸체(100) 내부의 슬러지(10) 내부로 골고루 초음파 진동이 전달되어 상호 교차되는 이중주파수의 초음파 진동으로 중첩 및 상승효과가 발생되어 초음파가 닿지 않는 사구역의 발생 없이 슬러지(10)의 가용화가 충분히 효과적으로 이루어질 수 있으나, 교반 구동부(300)의 구동에 의해 중심프레임(410)이 회전되면 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)가 설치된 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)가 회전되어 몸체(100) 내부의 슬러지(10)가 뒤섞이도록 슬러지(10)를 교반하며 슬러지(10)의 내부로 더욱 골고루 균일하게 가용화가 이루어지도록 할 수 있다.

[0061] 한편, 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)는 장치의 내부 즉, 몸체(100)의 내부에 채워진 슬러지(10)의 액상 내에 설치되어 있기 때문에 외벽에 부착설치되어 초음파를 조사하는 것보다 소음이 적고, 초음파 처리조의 용량 즉, 몸체(100)의 크기가 증대되어도 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)의 크기와 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)에 설치되는 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)의 개수를 증가시켜 탄력적으로 설계가 용이한 효과를 실현케 한다.

- [0062] 본 발명에 따른 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 진동 출력은 대략 9400~ 9800W 정도인 것이 바람직하다.
- [0063] 이에 따라, 몸체(100)의 내부로 유입되는 슬러지(10)의 가용화가 최적화되어 수행되도록 하면서 에너지의 소모 효율도 최적화되도록 할 수 있다.
- [0064] 교반 구동부(300)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 몸체(100)의 상부에 설치된 설치 지지부(145)에 의해 지지 되는 교반 조절부(401)의 상부에 설치된 모터를 포함한다.
- [0065] 교반 전동부(400)는, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 교반 구동부(300) 및 중심프레임(410) 사이에 구비되어 회전속도를 조절하도록 감속기어 등으로 구성된 교반 조절부(401)와, 교반 조절부(401)를 통해 교반 구동부(300)에 연결되어 교반 시 대략 10 rpm 정도의 속도로 회전되는 중심프레임(410)과, 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220) 각각의 상부와 중심프레임(410)에 고정되게 연결되도록 한 쌍에 대해 다른 한 쌍이 교차되게 배치된 두 쌍의 카세트 배선 교반프레임(420)을 포함한다.
- [0066] 이에 따라, 제어부(700)의 제어에 의해 교반 구동부(300)가 작동되어 중심프레임(410)이 회전됨에 따라 카세트 배선 교반프레임(420)이 회전됨으로써, 카세트 배선 교반프레임(420)에 고정 연결된 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)가 몸체(100)의 내부에서 슬러지(10)를 교반하도록 회전될 수 있다.
- [0067] 도 4에 도시된 바와 같이, 중심프레임(410)에는 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)의 상부와 하부가 중심프레임(410)에 고정되게 결합되도록 하는 한 쌍의 카세트 결합 플레이트(411)가 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220)의 상부와 하부에 대응된 위치에 각각 구비되고, 몸체(100)의 커버(140) 상측에는 중심프레임(410)의 회전을 지지하는 상부 베어링부(413)가 구비되어며, 몸체(100)의 내측 바닥과 중심프레임(410)의 하부 사이에는 하부 베어링부(415)가 구비되어 중심프레임(410)의 회전을 중심프레임(410)의 하부에서 안정되게 지지한다.
- [0068] 카세트 배선 교반프레임(420)의 내부에는, 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)에 각각 연결되는 전선(421)이 외부로부터 밀봉되게 배선된다.
- [0069] 이에 따라, 카세트 배선 교반프레임(420)이 슬러지(10)에 잠길 때에 카세트 배선 교반프레임(420)의 내부로 슬러지(10)가 새어 들어오는 것을 방지함으로써, 전선(421)이 슬러지(10)에 의해 전기적으로 손상되는 것을 방지할 수 있다.
- [0070] 한편, 본 발명에 따른 교반 전동부(400)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 초음파 진동자(211)와 제2 초음파 진동자(221)에 연결된 전선(421)이 중심프레임(410)의 회전에 의해 꼬이는 것을 방지하도록 중심프레임(410)에서 카세트 배선 교반프레임(420)의 상부에 설치되는 슬립링(430)을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0071] 또한, 본 발명에 따른 초음파를 이용한 슬러지 처리장치는, 도 6 및 도 11에 도시된 바와 같이, 전선(421)에 의해 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)에 연결되어 초음파의 진동 주파수와 출력을 조절하는 초음파 진동부(500)를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0072] 이에 따라, 제어부(700)가 초음파 진동부(500)를 제어하여 서로 상이한 이중주파수의 초음파 진동을 각각 발생시키는 제1 초음파 진동자(211)와 제2 초음파 진동자(221)를 전체 또는 개별적으로 제어할 수 있다.
- [0073] 한편, 본 발명의 다른 실시예로서, 도 8에 도시된 바와 같이, 중심프레임(410)에서 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)에 에워싸인 부분의 외주면에는 방사상으로 복수의 교반날개(417)가 돌출 구비되도록 할 수 있다.
- [0074] 이에 따라, 중심프레임(410)이 회전됨에 따라 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)에 의해 둘러싸인 내측의 슬러지(10)가 교반날개(417)들에 의해 교반 되도록 함과 동시에 슬러지(10)에 와류가 형성되도록 하여 슬러지(10)의 가용화가 더욱 촉진되도록 할 수 있다.
- [0075] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 도 9에 도시된 바와 같이, 중심프레임(410)에서 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)에 에워싸인 부분의 외주면에 방사상으로 돌출 구비된 복수의 교반날개(417)에는 복수의 제3 초음파 진동자(419)들이 어느 일면으로 설치될 수 있다.
- [0076] 이때, 제3 초음파 진동자(419)들을 통해 조사되는 초음파 진동의 주파수는 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221) 중 어느 하나에서 조사되는 초음파 진동의 주파수와 일치되도록 할 수도 있고, 그렇지 않으면 그 밖에 다른 주파수가 되도록 할 수도 있다.

- [0077] 이에 따라, 중심프레임(410)이 회전되면 제1 진동 카세트(210)와 제2 진동 카세트(220)에 의해 둘러싸인 내측의 슬러지(10)가 교반 되도록 함과 동시에 제3 초음파 진동자(419)에서 조사되는 초음파 진동에 의해 슬러지(10)의 미분화, 세포의 분해 및 슬러지(10)의 가용화가 더욱 활성화되도록 할 수 있다.
- [0078] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 초음파 처리조는, 도 10 및 도 11에 도시된 바와 같이, 이중주파수 초음파 교반유닛(200)의 제1 진동 카세트(210) 및 제2 진동 카세트(220) 중 적어도 어느 하나에 수직으로 설치되어 일정한 높이마다 센싱 접점이 마련된 레벨센서(600)와, 레벨센서(600)에서 감지된 결과에 기초하여 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)들이 아래에서부터 위로 순차적으로 작동되도록 초음파 진동부(500)를 제어하는 제어부(700)와, 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)에서 조사되어야 할 초음파 진동의 주파수, 출력, 작동 시간 등에 대한 정보를 미리 입력받는 입력부(710)와, 입력부(710)에서 입력받은 정보를 저장하는 저장부(720)를 더 포함할 수 있다.
- [0079] 이에 따라, 몸체(100)의 내부로 유입되어 채워지는 슬러지(10)의 수위에 따라 제1 초음파 진동자(211) 및 제2 초음파 진동자(221)들이 아래에서부터 차례대로 작동되도록 제어부(700)가 초음파 진동부(500)를 제어함으로써, 전기를 비롯한 에너지의 소모량이 효과적으로 절감되도록 할 수 있다.
- [0080] 한편, 도 10에 도시된 바와 같이, 초음파 처리조(20)의 몸체(100)의 내측에는 전기 가열 방식으로 작동되는 히팅부(170)가 구비될 수 있다.
- [0081] 이에 따라, 제어부(700)가 히팅부(170)를 제어하여 몸체(100)의 내부로 유입되어 채워지는 슬러지(10)를 일정한 온도로 유지시켜 슬러지(10)의 가용화가 더욱 용이하게 수행되도록 할 수 있다. 물론, 제어부(700)는 표시부를 포함할 수 있고, 장치의 전체적인 동작을 제어함은 자명하다.
- [0082] 이에, 본 발명에 따르면, 운전 온도가 대략 55 ~ 60 °C 정도로 유지되어야 하는 고온 혼기성 소화조 및 운전 온도가 대략 35 ~ 37 °C 정도로 유지되어야 하는 중온 혼기성 소화조의 병합 사용을 통해 양질의 바이오가스의 생산량이 더욱 증대되도록 할 수 있고, 소화조의 성능도 더욱 향상되도록 할 수 있는 초음파 처리조를 제공할 수 있다.
- [0083] 본 발명의 고온 혼기성 소화조(800)는 초음파 처리조(20)에서 분해된 슬러지(10) 중 분해되어 농축된 농축슬러지(10-1)를 공급받아 소화시켜 메탄가스와 처리수를 추출하는 것으로서, 원통형으로써 전체 용량 1m³(유효용량 0.45m³)을 가질 수 있으며, 슬러지의 원활한 혼합을 위하여 베플을 부착하고 (임펠러) 교반기를 사용할 수 있다.
- [0084] 고온 혼기성 소화조(800)는 초음파 처리조(20)의 유기성 폐기물이 유입되어 내부에 채워지는 몸체(801)와 몸체(801)의 내부에 복수 개의 교반날개(803)가 구비된 교반축(802)과 몸체(901)의 상부에 설치되는 교반모터(904)를 포함하여 구성되어 유기성 폐기물을 생분해시키는 교반기와 몸체(801)의 외부면 소정부위에 내부의 유기성 폐기물을 채취할 수 있는 시료채취구(805) 및 몸체(801)의 내부에 pH측정기(806), 용존산소량 측정기(807), 온도센서(808) 및 온도 유지수단을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0085] 이때, 농축슬러지(10-1)에서 이산화탄소도 같이 발생하게 되는데, 이때 발생하는 이산화탄소와 메탄가스를 바이오가스라 한다.
- [0086] 본 발명의 혼기성 소화조(800)는 최대수위(809)를 유지하도록 전처리단계인 초음파 처리조(20)에서 공급되는 농축슬러지(10-1)의 양을 조절하여 최대수위(809) 상부로 자연스럽게 바이오가스가 배출될 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0087] 이때, 자연스럽게 배출되는 바이오가스를 포집할 수 있도록 가스포집기(810)가 연결되고, 가스포집기(810)에 바이오가스가 포화상태로 포집되면 바이오가스를 맴브레인 정제부(900)에 공급할 수 있도록 관로로 연결되어 후속 정제처리된다.
- [0088] 아울러, 고온 혼기성 소화조(800)의 외부면 소정부위에는 몸체(801) 내부의 농축슬러지(10-1)를 채취할 수 있는 시료채취구(805)가 구비되어 고온 혼기성 소화조(800) 내부의 농축슬러지(10-1)의 상태를 확인가능하고, 몸체(801)의 내부에 pH측정기(806), 용존산소량 측정기(807), 온도센서(808) 및 온도 유지수단(811)이 설치되어 농축슬러지(10-1)의 pH와 용존산소량 및 온도가 측정가능하며, 이를 이용해 고온 혼기성 소화조(800)의 가동 시간 및 교반 속도를 조절할 수 있는 데이터를 제공받을 수 있다.
- [0089] 뿐만 아니라, 온도센서(808)와 온도 유지수단(811)을 이용하여 고온 혼기성 소화조(800)의 내부온도를 55°C~60°C를 유지할 수 있도록 함으로써, 고온 혼기성 소화조(800) 내부의 농축슬러지(10-1)가 효율적으로 분해될 수

있도록 한다. 이때, 온도 유지수단(811)은 Mineral insulation 히팅케이블 즉, 전기를 이용한 열선과 온수 순화식 배관 및 열판 중 어느 하나 이상이 고온 협기성 소화조(800) 외주면에 권취 및 설치되어 고온 협기성 소화조(800)의 내부온도를 유지시키는 것이 바람직하고, 온도 유지수단(811)의 열손실을 방지하기 위해 온도 유지수단(811)이 권취 및 설치된 고온 협기성 소화조(800)의 외주면에 단열재(미도시)를 더 포함하여 구성되는 것이 가장 바람직하다.

- [0090] 아울러, 온도 유지수단(811)의 열손실을 방지하고, 제조비용을 절감하기 위해 고온 협기성 소화조(800)의 몸체(810) 내부 즉, 단면에 온도 유지수단(811)이 매립 설치되어도 무방하다.
- [0091] 상기와 연관하여, 고온 협기성 소화조(800)는 유지보수시 몸체(801) 내부의 농축슬러지(10-1)를 중온 협기성 소화조(850)로 방출하기 위한 배출관(812)이 몸체(801)의 하부 외주면 소정부위에 연결 설치될 수 있다.
- [0092] 중온 협기성 소화조(850)는 고온 협기성 소화조(800)에서 분해된 슬러지 중 농축 슬러지(10-1)를 공급받아 공급 받아 메탄가스와 처리수를 추출하는 것으로서 전체 용량 5m³(유효용량 3m³)를 가질 수 있으며, 마찬가지로 슬러지의 원활한 혼합을 위하여 베플을 부착하고 (임펠러) 교반기를 사용할 수 있다.
- [0093] 중온 협기성 소화조(850)는 내부온도를 33°C~37°C를 유지하는 것 외에는 기본적으로 상기한 바의 고온 협기성 소화조(800)와 유사한 구조를 가질 수 있다.
- [0094] 상기 중온 협기성 소화조(850)에서 배출된 처리수는 협기성 소화액 저장조(890)로 이송되어 고체 및 액체를 분리한 후 처리되고, 상기 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 처리수를 공급받아 보관하거나 고체 및 액체를 분리하게 된다.
- [0095] 또한, 멤브레인 정제부(900)에서는 고온 협기성 소화조(800) 및 중온 협기성 소화조(850)에서 발생된 바이오가스를 공급받아 발생된 바이오가스를 정제 처리하게 된다.
- [0096] 도 13은 본 발명의 일 실시형태에 따른 멤브레인 정제부(900)의 구성 및 흐름도이고, 도 14는 멤브레인 모듈의 설명도이며, 도 15는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 멤브레인 정제부의 구성도이다.
- [0097] 고온 및 중온 협기성 소화조(800, 850)에서 발생된 바이오가스는 송풍기(901)를 통해 이송된 후 냉각기(902)에서 냉각된 후, 탈황탑(03)을 통과하여 바이오가스 내 함유되어 있는 황성분이 제거된다.
- [0098] 이어서, 황성분이 제거된 가스는 후속 메탄 정제 공정을 거치게 되는데, 먼저 유입되는 복합 가스는 압축기(904)에서 압축된 후 압축으로 인해 상승된 바이오가스의 온도를 낮추기 위해 냉각기(905)에서 냉각시킨다. 그 후 불순물 제거 과정을 거치게 되는데, 일례를 들면, 일련의 필터, 즉 미스트 필터(906), 오일 필터(907), 탄소 상(908), 먼지 필터(909)를 순차적으로 통과하여 물순물을 제거할 수 있다. 불순물이 제거된 가스는 건조기(910)로 이송되어 냉각기의 응축으로 발생된 수분을 제거하고, 실록산 제거탑(911)을 순차적으로 거친 후 멤브레인 모듈(920)을 통과하게 하여 메탄이 정제분리될 수 있도록 한다.
- [0099] 이후, 멤브레인 모듈(920)을 통해 정제된 메탄은 저장부(930)에 저장되어 필요한 연료 등의 용도로 사용될 수 있다.
- [0100] 한편, 멤브레인 모듈을 통과한 CO₂ 풍부 가스를 함유하는 복합 기체는 별도의 정제 시설을 경유하거나 송풍기(901) 유입구로 회수된다.
- [0101] 상기 멤브레인 모듈(920)은 압축가스가 유입되는 유입구와 생성 가스의 유출구를 구비하는 원통형상으로 구비하되, 내부에는 이산화탄소 등의 복합 가스는 통과하되 메탄은 통과하지 못하게 하는 복수의 가는 관 형태의 폴리이미드 중공 섬유(예, 우베 고산 가부시키가이샤 제품 등을 바람직하게 사용할 수 있음)가 유입구에 연결되어 폴리이미드 중공섬유의 공극 외부로 복합 가스가 압력에 의해 유출되는 한편, 공극을 투과하지 못한 메탄 가스는 중공 섬유의 관 내부를 통해 수집된다.
- [0102] 한편, 본 발명의 다른 실시 형태에 의하면 도 15에 나타낸 바와 같이, 상기한 바와 같은 멤브레인 모듈을 복수 개 연결하여 생성되는 메탄 가스의 순도를 더 높이는 것이 바람직할 수 있다.
- [0103] **실시예 1. 바이오가스 발생량 및 운전 특성**
- [0104] 도 1에 나타낸 바와 같은 유기성 폐기물 처리 장치를 이용하여 운전하여 각각의 협기성 소화조의 바이오가스 발생량을 도 17 및 도 18에 나타내었다.
- [0105] 초기 운전 시작 후 고온 협기성 소화조의 바이오가스 발생량은 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 운전

22일부터 급속히 감소되었고, 25일 이후로 유지됨을 확인하였다. 이에 고온혐기성 소화조 상부 투시창을 열어 확인한 결과 도 16(a)와 같이 부상된 슬러지와 결합된 스컴 층을 확인하였다.

[0106] 이러한 현상은 고온혐기성 소화조의 짧은 체류시간, 높은 유기물부하, 하수 슬러지의 지방성분, 소화조의 환경 변화 등으로 발생된 것으로 사료된다.

[0107] 또한 중온 혐기성 소화조의 상부를 개방하여 확인한 결과 고온 소화조와 다르게 스컴 발생은 전혀 일어나지 않았으며(도 15(b)), 바이오가스 발생량은 초기운전부터 지속적으로 상승하는 결과를 보였으며, 바이오가스 발생량에 따른 메탄 농도는 고온 평균 31.4%, 중온 62.4%로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 하수슬러지를 이용한 고온-중온 병합 혐기성 소화 운전은 각각의 단상 혐기성 소화조에 발생 할 수 있는 문제들을 보완 완충할 수 있는 장점이 있다.

0108] 실시예 2: 유기물 제거 특성

[0109] 각 처리 단계 별로 유입 하수슬러지, 고온 혐기성 소화조, 중온 혐기성 소화조의 경시적 VS와 COD변화를 조사하였다. 유입 하수슬러지의 COD와 VS는 다소 큰 농도 변화가 있었다. 그러나 혐기성 소화 결과를 나타내는 표 1에서 보여지는 것과 같이 고온 혐기성 소화를 거친 유출수의 COD 제거율은 평균 25.1% VS 제거율은 평균 39.8%, 중온 혐기성 소화조에서는 각각 21.2%, 18.9%를 나타내었다.

표 1

구분	VS 제거(%)	COD 제거(%)	혐기성 소화 효율(%)	pH
고온 소화조	39.8	25.1	35.4	6.9
중온 소화조	18.9	21.2	20.3	7.4
합계	58.7	46.3	55.7	-

[0111] 유입 하수슬러지의 농도는 다소 큰 차이를 보였음에도 불구하고 고온-중온 유출수의 VS 농도는 큰 농도변화 없이 안정적으로 유지됨을 확인하였다. 또한 바이오가스 발생량과 비례적인 제거율을 보였으며, 혐기성 소화조의 안정성의 지표중의 하나인 pH 변화를 살펴보면 고온 혐기소화조에서는 평균 6.9, 중온 혐기소화조에서는 7.4로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 고온 혐기성 소화조에의 pH가 다소 낮게 유지된 것은 HRT 3일로 짧기 때문에 하수슬러지의 가수분해 와 산 발효 정도만이 이루어진 것으로 사료된다. 그러나 고온-중온 병합 혐기성 소화 장치의 실질적인 현장 적용을 위해서는 소화효율 평가가 반드시 선행되어야만 한다.

[0112] 혐기성 소화 성능의 평가 지표는 식(1)과 같은 식에 의해서 나타내며, 도 17에 보는 바와 같이 고온-중온 혐기성 소화의 소화효율을 계산한 결과 평균 약 55.7%의 소화효율을 보였다.

$$\text{Anaerobic digestion efficiency} = (1 - \frac{FS_1 \times VS_2}{VS_1 \times FS_2}) \times 100 \quad (1)$$

[0114] 여기서, FS_1 = 유입슬러지의 무기성분 (%), VS_1 = 유입슬러지의 유기성분 (%), FS_2 = 소화슬러지의 무기성분 (%), VS_2 = 소화슬러지의 유기성분 (%)

[0115] 이상적인 운전 조건은 다음의 표 2에 나타낸 바와 같이 유기성 폐기물을 초음파 전처리한 후 수리학적 체류 시간을 고온 혐기성 소화조 3일, 중온 혐기성 소화조 17일, 총 20일로 연속 운전하는 것이 바람직할 수 있다.

표 2

구분	반응기 용적(m^3)	온도(°C)	HRT(day)
고온 소화조	1 m^3 (0.45 m^3)	55	3
중온 소화조	5 m^3 (3 m^3)	37	17

[0117] 상기에 의해 설명되고 첨부된 도면에서 그 기술적인 면이 기술되었으나, 본 발명의 기술적인 사상은 그 설명을 위한 것이고, 그 제한을 두는 것은 아니며 본 발명의 기술분야에서 통상의 기술적인 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적인 사상을 이하 후술 될 특허청구범위에 기재된 기술영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

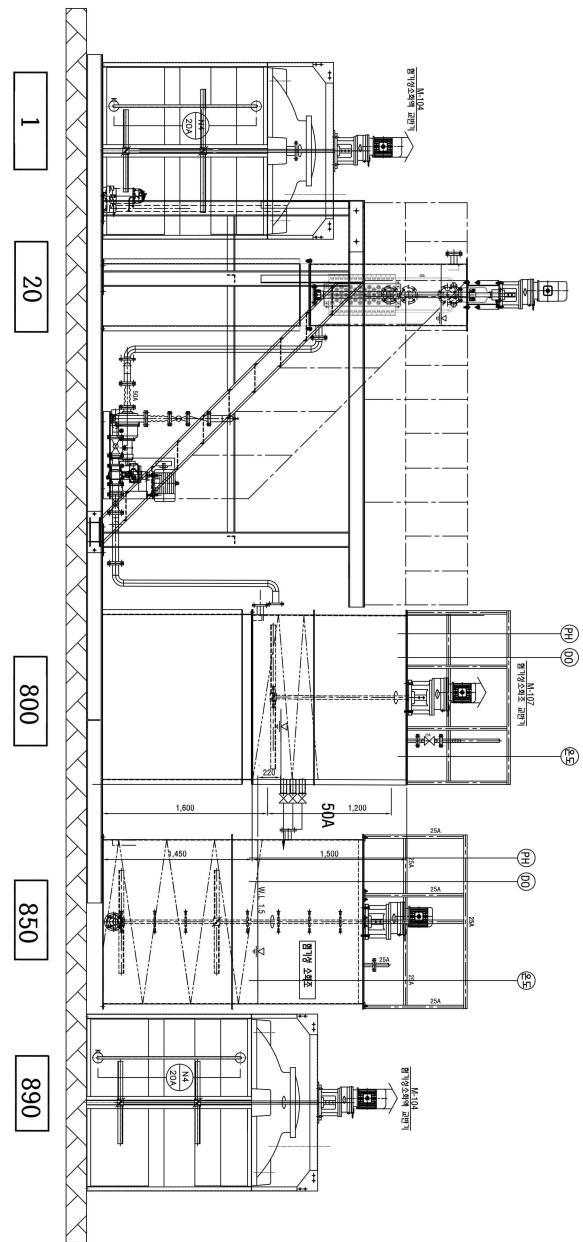
부호의 설명

[0118]

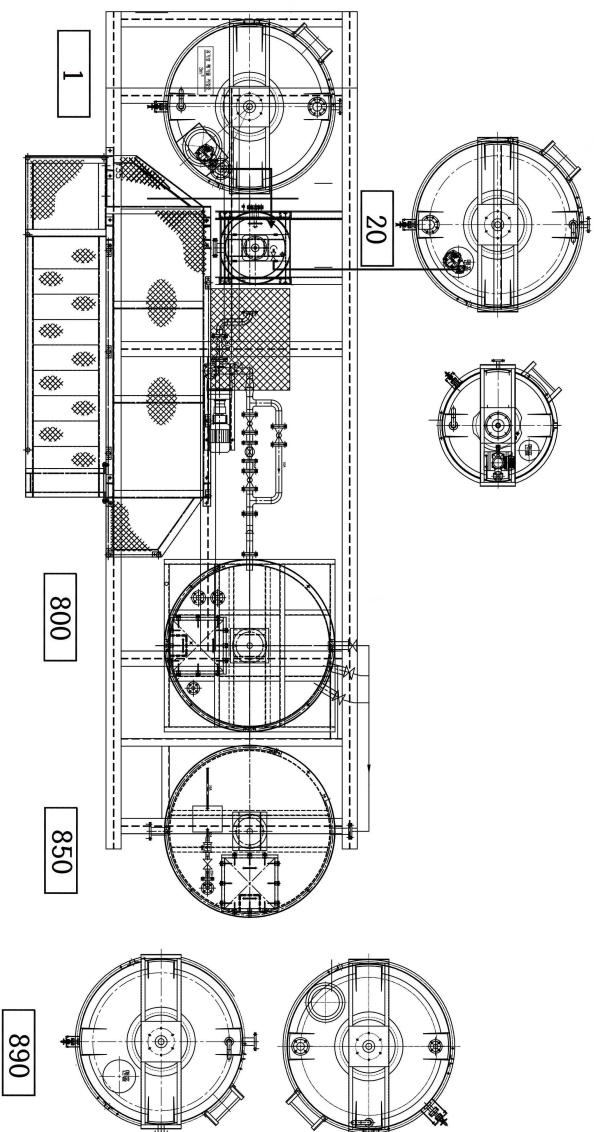
1: 저장조	20: 초음파 처리조
100 : 몸체	200 : 이중주파수 초음파 교반유닛
210 : 제1 진동 카세트	211 : 제1 초음파 진동자
220 : 제2 진동 카세트	221 : 제2 초음파 진동자
300 : 교반 구동부	400 : 교반 전동부
410 : 중심프레임	420 : 카세트 배선 교반프레임
421 : 전선	500 : 초음파 진동부
700: 제어부	
800: 고온 협기성 소화조	
850: 저온 협기성 소화조	
890: 협기성 소화액 저장조	
900: 멤브레인 정제부	

도면

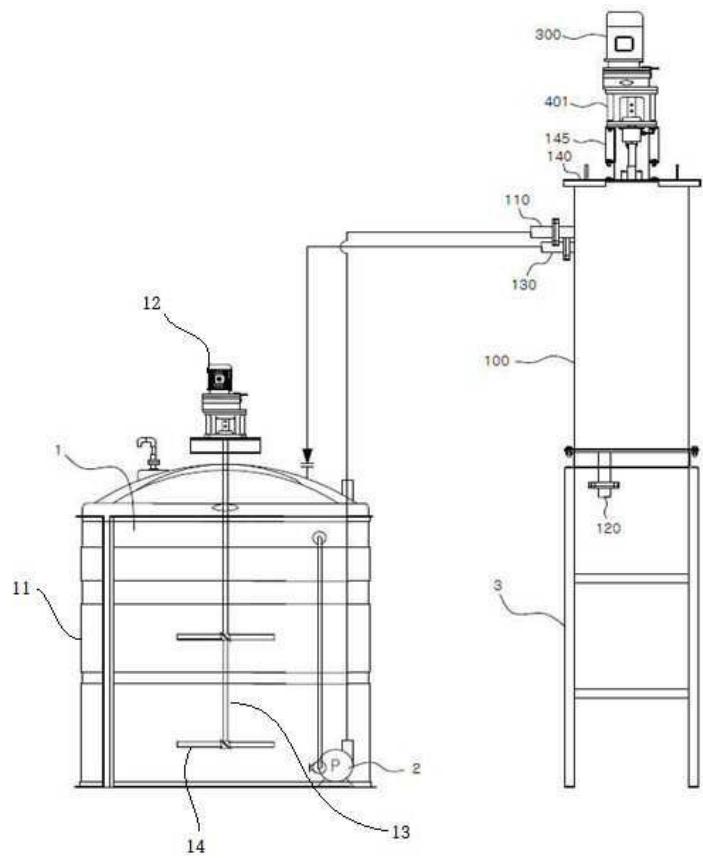
도면1



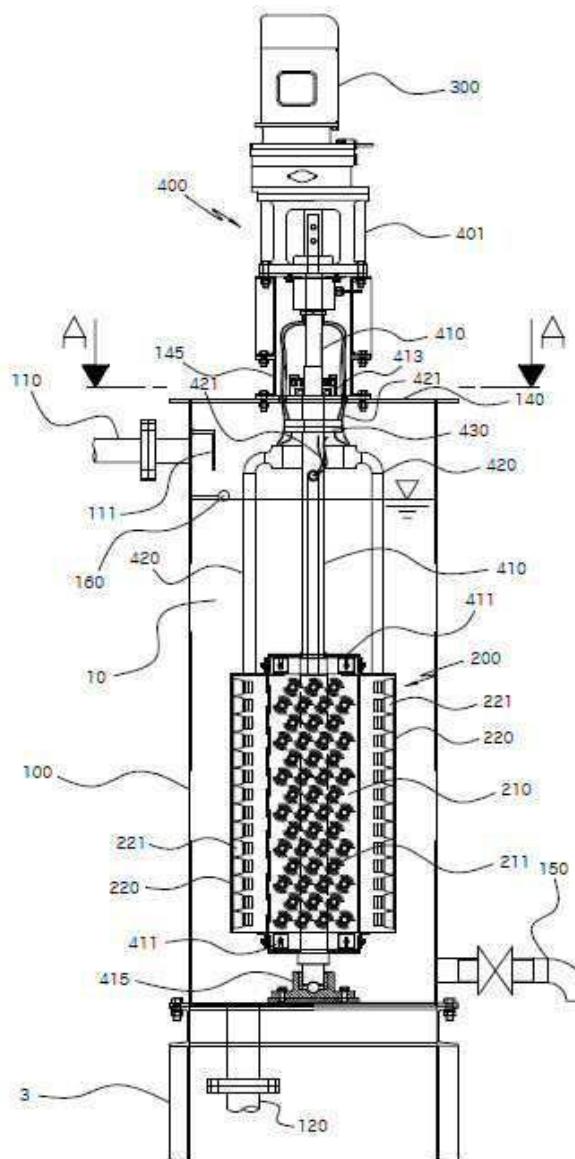
도면2



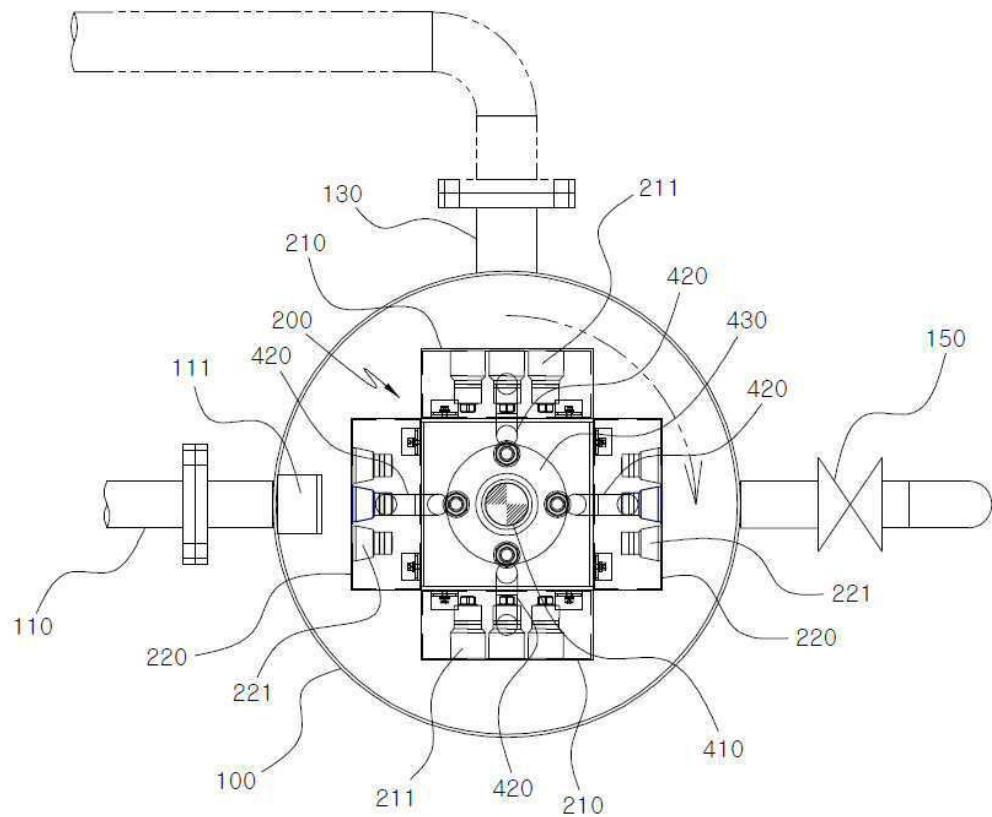
도면3



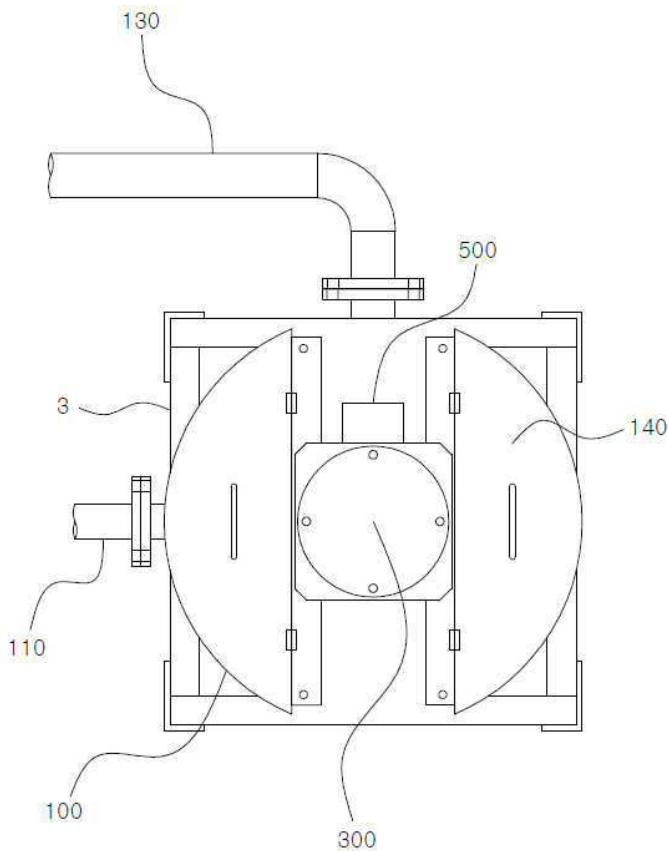
도면4



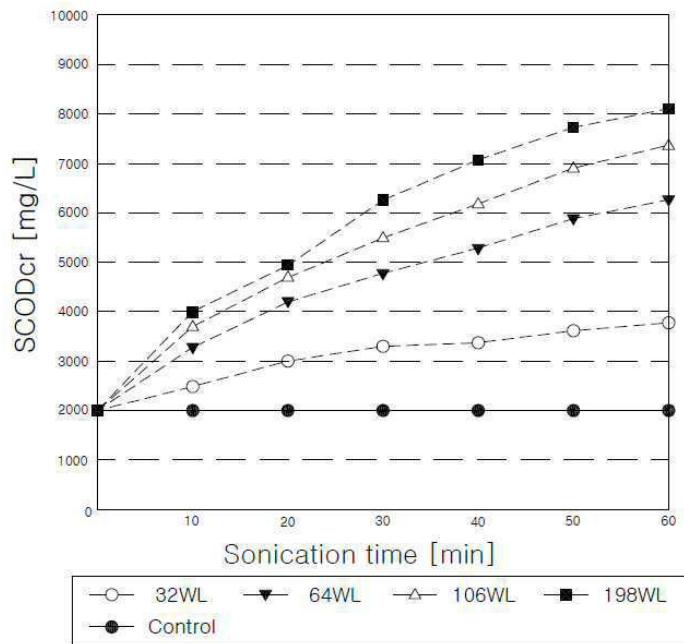
도면5



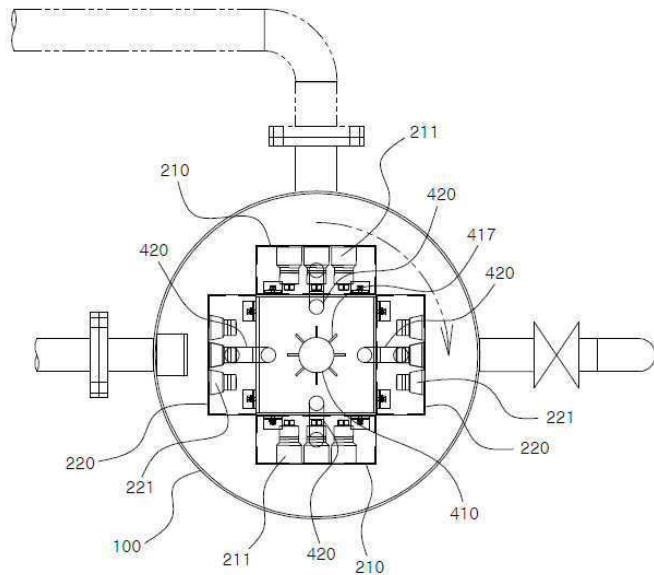
도면6



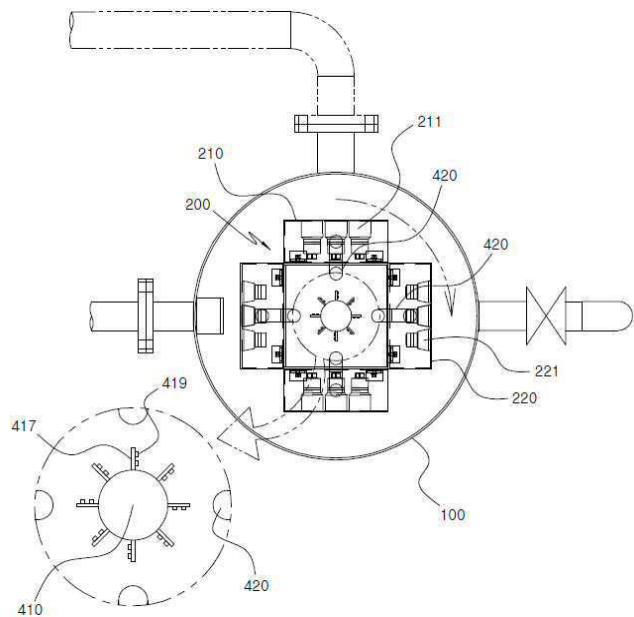
도면7



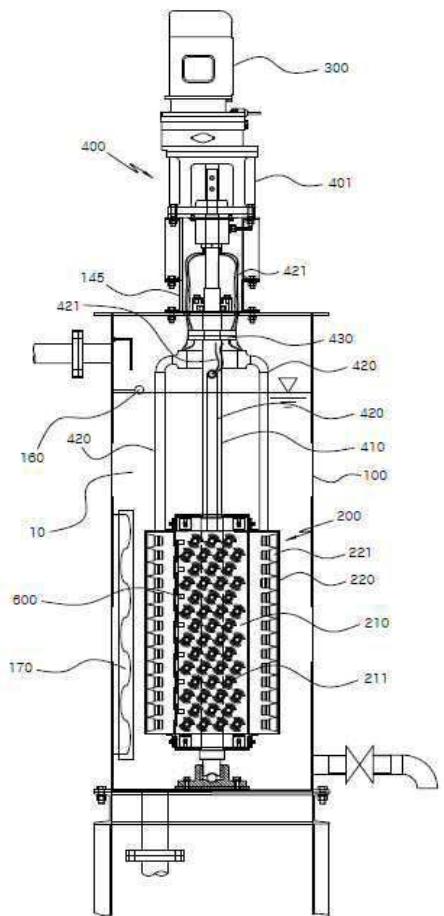
도면8



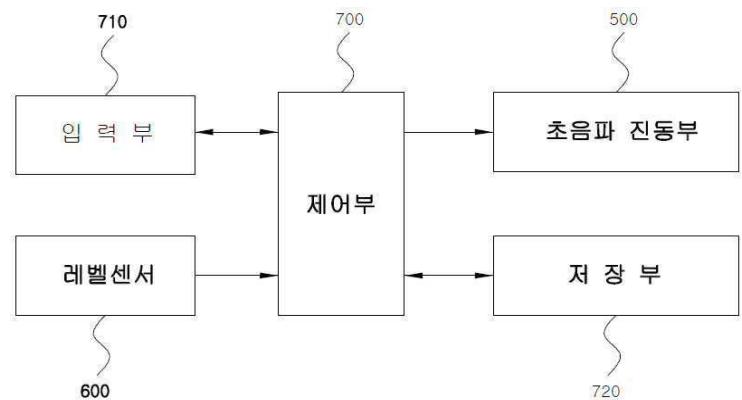
도면9



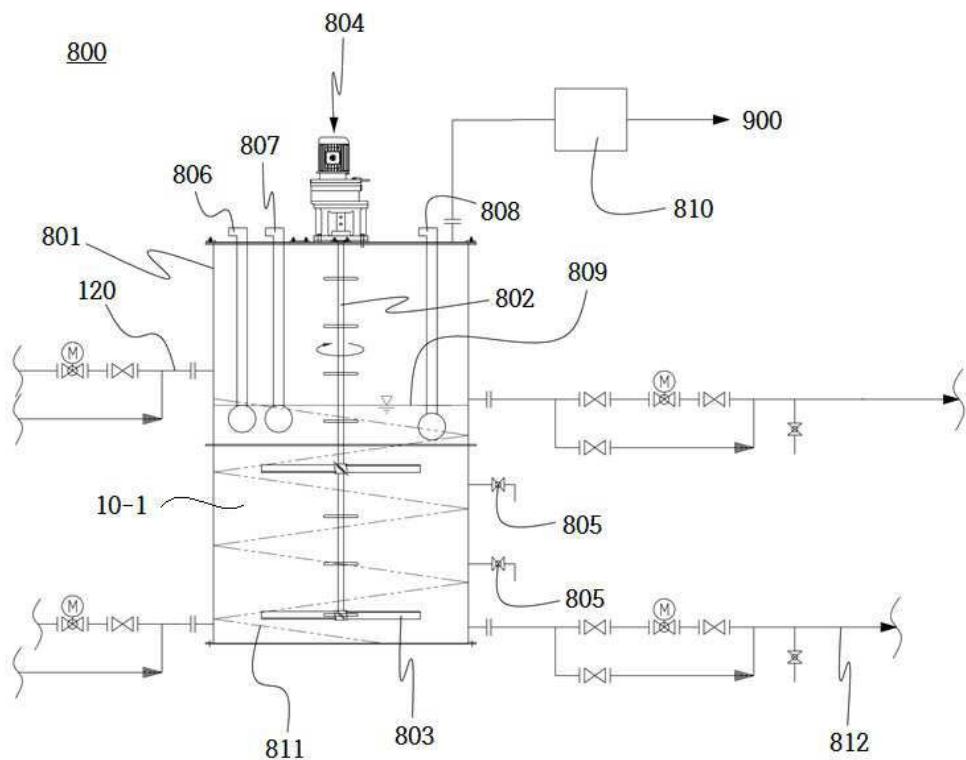
도면10



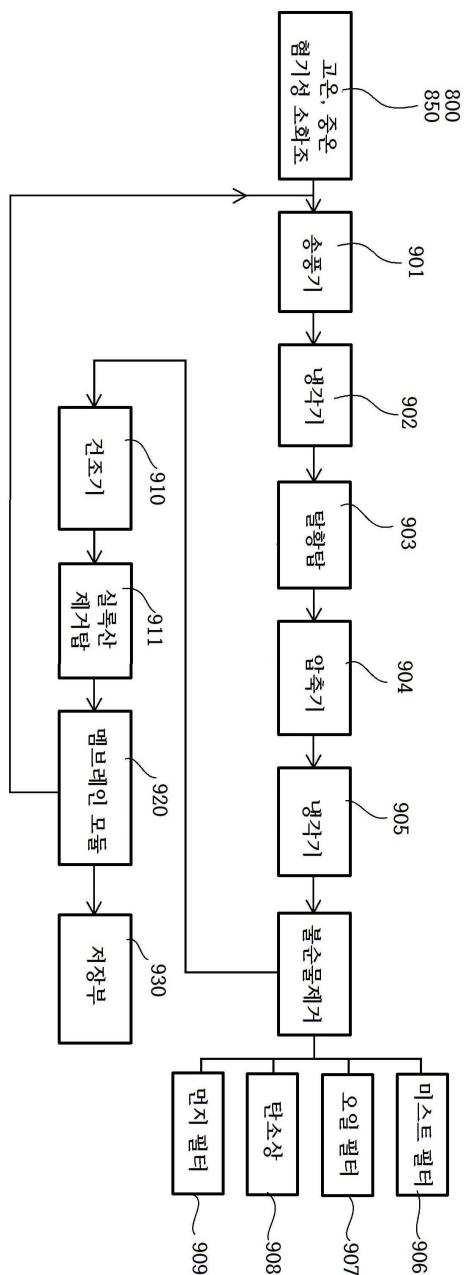
도면11



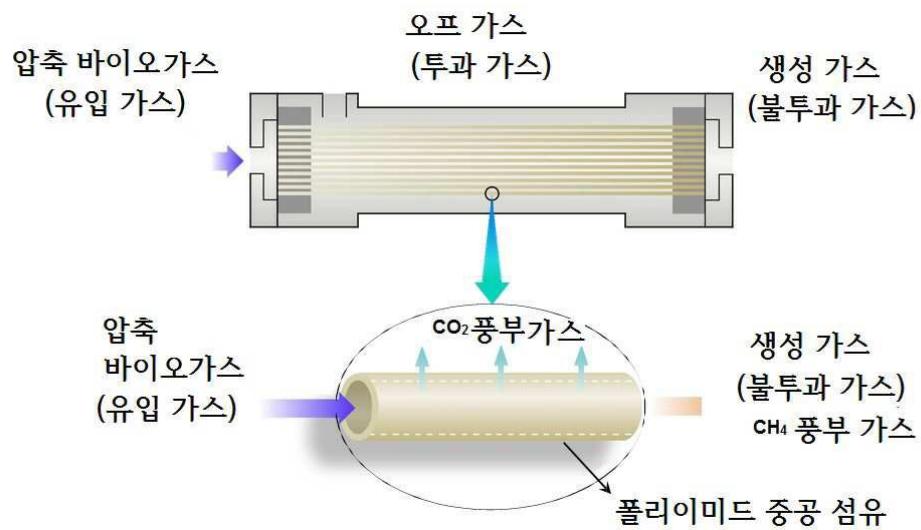
도면12



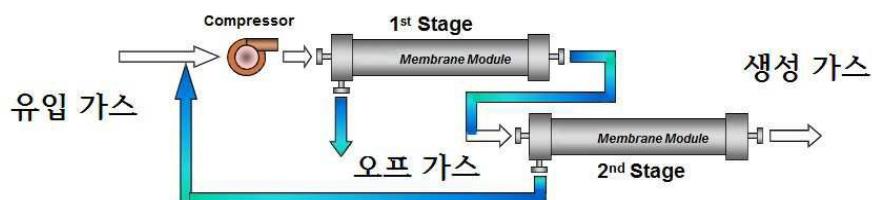
도면13



도면14



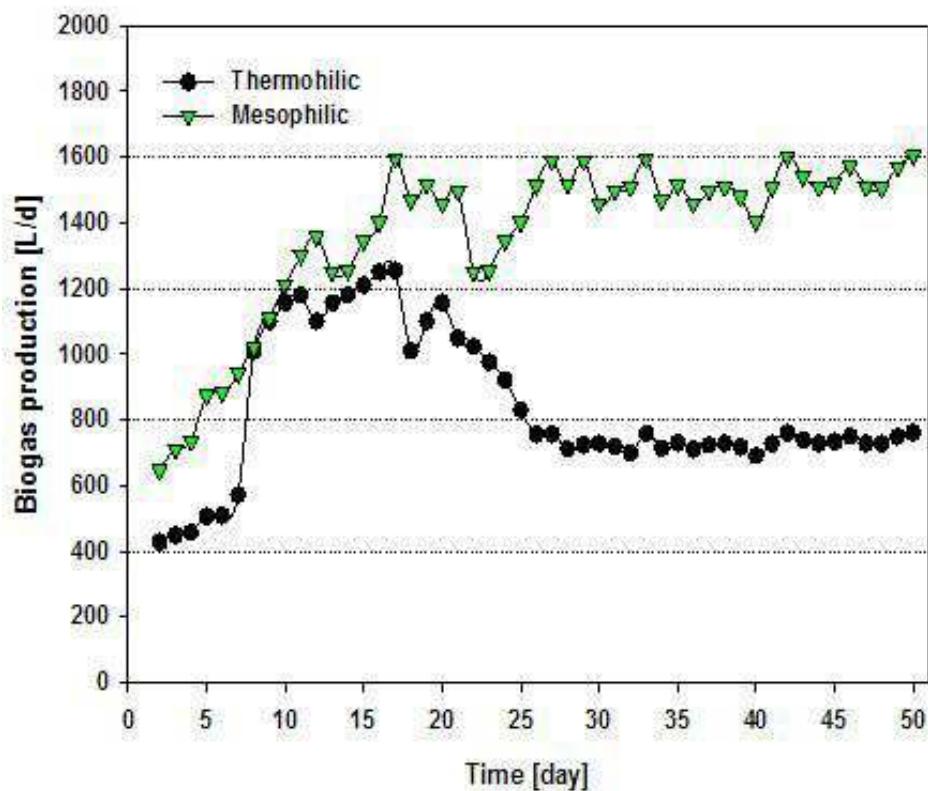
도면15



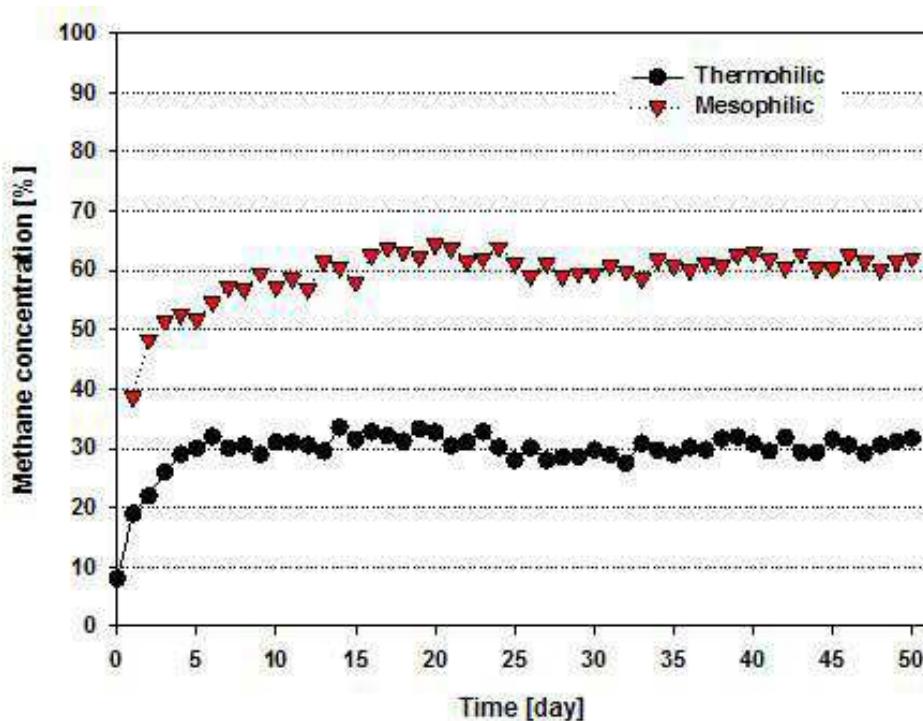
도면16



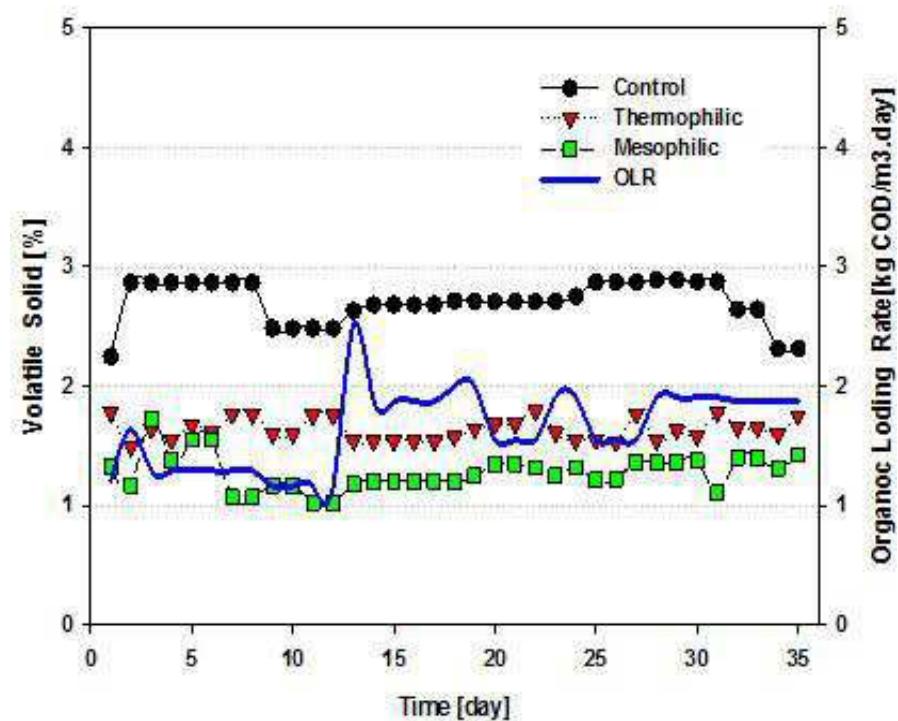
도면17



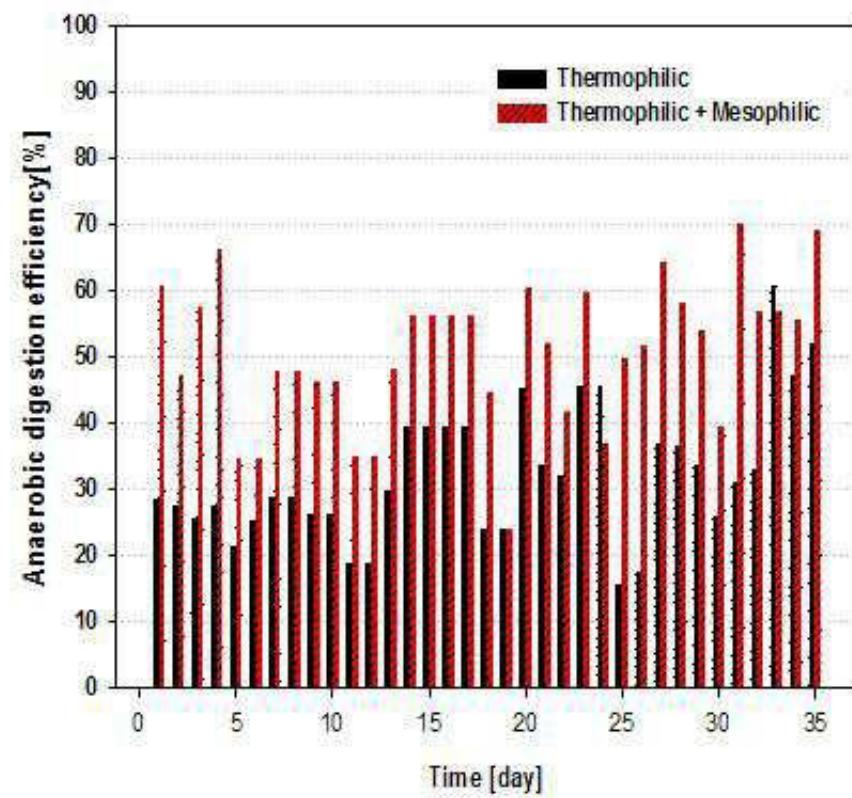
도면18



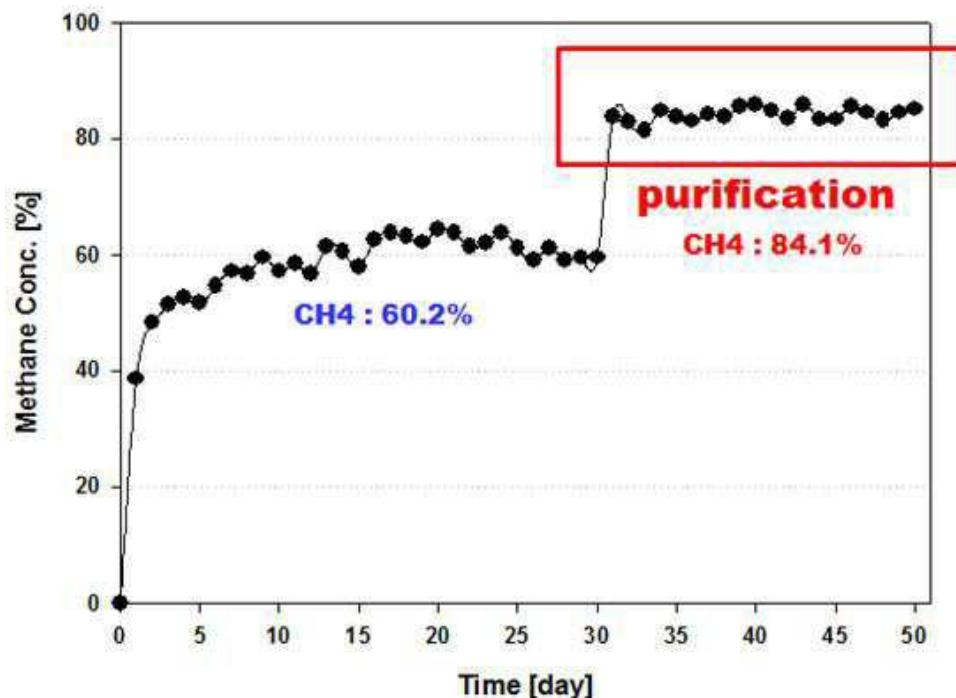
도면19



도면20



도면21



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2의 3번째 행

【변경전】

고온 협기성 소화조는 55°C~60°C이고

【변경후】

고온 협기성 소화조는 55°C~60°C이고