



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0080504
(43) 공개일자 2022년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 3/28 (2006.01) B02C 18/06 (2006.01)
C02F 11/04 (2006.01) C02F 11/10 (2006.01)
C02F 11/12 (2019.01) C02F 3/00 (2006.01)
C05F 17/50 (2020.01) C05F 3/06 (2006.01)
C05F 9/02 (2006.01) C02F 103/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 3/2893 (2013.01)
B02C 18/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0169684
(22) 출원일자 2020년12월07일
심사청구일자 2020년12월07일

(71) 출원인
태양그린 주식회사
충청남도 당진시 북문길 54-10 (읍내동)
(72) 발명자
정태규
충청남도 당진시 북문길 54-8 (읍내동)
정유태
충청남도 당진시 북문길 54-8 (읍내동)
황재춘
충청남도 당진시 남산공원길 71-62(읍내동) 남산
하이츠 C동 202호
(74) 대리인
특허법인 공간

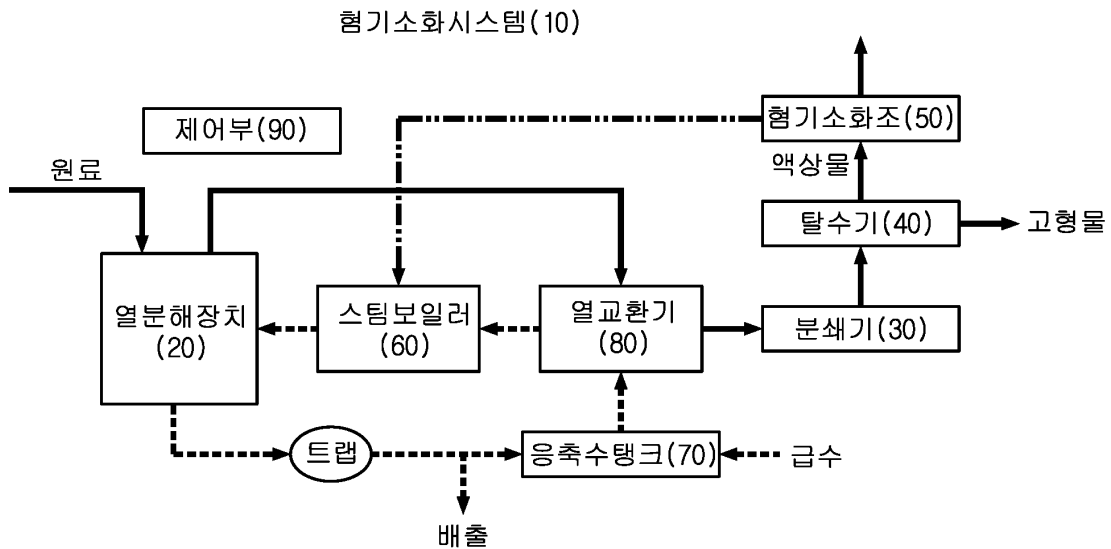
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화 시스템**

(57) 요약

본 발명은 고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템에 관한 것으로, 더 상세하게는 열분해반응조 내부에 가열관을 나선형태로 배관하고 배관된 내측공간에 교반기를 설치하여 혼합물에 대한 신속한 가열이 이루어지도록 하여 고온고압 환경에서의 세포막파괴에 의한 탈수성 향상과 고분자물질의 저분자의 수용성 아미노산으로 성상을 변화시켜 혐기성미생물에 의해 분해가 어려웠던 섬유질 성분을 다량 포함하는 우분 등에 대해 분해효율을 높일 수 있는 순환과 혼합교차 교반운전이 이루어지는 혐기소화시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- C02F 11/04 (2013.01)
- C02F 11/10 (2013.01)
- C02F 11/12 (2022.05)
- C02F 3/006 (2013.01)
- C05F 17/50 (2020.01)
- C05F 3/06 (2013.01)
- C05F 9/02 (2013.01)
- C02F 2103/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165269
과제번호	20194210100020
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	농어촌대상신재생에너지용·복합시스템개발및실증사업(R&D)
연구과제명	축산업 대상 재생에너지 융합시스템 개발 및 실증
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)더블유포
연구기간	2019.05.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템에 있어서,
 고농도 가축분뇨 원료를 유입받아 예열시켜 세포막과 단백질을 효소의 고분자고리를 끊어 저분자로 전환시키는 열분해장치(20)와;
 상기 열분해장치에서 배출되는 혼합액을 분쇄하는 분쇄기(30)와;
 상기 분쇄기에서 분쇄된 혼합액으로부터 고액분리가 이루어지는 탈수기(40)와;
 상기 탈수기에서 분리된 액상물을 저장하여 혐기성미생물로 혐기성소화가 이루어지게 하는 혐기소화조(50)와;
 혐기소화조에서 생산된 바이오가스로 구동되어 생성된 고온스팀을 열분해장치로 공급해 열교환에 의해 혼합액이 가열되게 하는 스팀보일러(60)와;
 열분해장치(20)에서 배출되어 분쇄기(30)로 공급되는 혼합액과, 응축수탱크(70)에서 스팀보일러(60)로 공급되는 응축수를 열교환시키는 열교환기(80)와;
 각종 흐름을 제어하는 제어부(90);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 열분해장치(20)는,
 공급받은 고농도 가축분뇨인 원료를 발전기 폐열을 이용하여 예열시키는 예열조(21)와;
 상기 예열조로부터 예열된 원료를 이송받아 고온고압에서 고분자 고리를 끊어 저분자로 변환하고, 세포막 파괴로 세포 내부수를 배출시키는 열분해가 이루어지게 하는 열분해반응조(22);로 이루어지는 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 예열조(21) 내부에는 나선형태로 감겨 발전기 폐열을 이송시키는 예열관(211)이 배관되고,
 상기 열분해반응조(22) 내부에는 나선형태로 감겨 스팀보일러 스팀을 이송시키는 가열관(221)이 배관되고,
 상기 예열관(211)과 가열관(221)의 내측공간에는 교반기(212,222)를 배치시켜 저장된 원료의 교반이 이루어지도록 하는 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 열분해반응조(22)는 내부 반응온도를 150~155℃로 설정하여 열분해가 이루어지게 한 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 혐기소화조(50)는, 측면 하부에 펌프장치(51)를 설치하여 저장된 액상물을 혼합하게 하되;

상기 펌프장치(51)는,

혐기소화조와 연통되어 액상물을 인출하는 흡입관(52)과;

상기 흡입관의 단부에 설치되어 액상물을 흡입하면서 흡입된 액상물에 포함된 고형물을 절단시키는 회전커팅날이 설치된 펌프(53)와;

상기 펌프를 통과한 액상물을 혐기소화조로 토출시키는 토출관(54)과;

상기 혐기소화조의 상부와 토출관의 중간지점을 연통시켜 혐기소화조 상부의 가스를 포집하여 토출관으로 공급하여 토출관으로 가스와 액상물을 함께 토출시키게 하는 가스공급관(55);을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 펌프장치(51)는 측면 하부에 2~4개를 등각으로 배치하고, 혐기소화조(50)의 중심에서 일측으로 편향되는 방향으로 토출하여 저장된 액상물의 혼합이 이루어지게 한 것을 특징으로 하는 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템에 관한 것으로, 더 상세하게는 열분해반응조 내부에 가열관을 나선형태로 배관하고 배관된 내측공간에 교반기를 설치하여 혼합물에 대한 신속한 가열이 이루어지도록 하여 고온고압 환경에서의 세포막파괴에 의한 탈수성 향상과 고분자물질의 저분자의 수용성 아미노산으로 성상을 변화시켜 혐기성미생물에 의해 분해가 어려웠던 섬유질 성분을 다량 포함하는 우분 등에 대해 분해효율을 높일 수 있는 순환과 혼합교차 교반운전이 이루어지는 혐기소화시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 가축분뇨는 질소, 인의 비료로 이용되기 전에 유기물질 또한 고농도로 함유하고 있어 이에 대한 안정화가 필요하며 적절한 조치가 취해지지 않을 경우 수계에 오염원으로 작용하여 하천오염의 주요인으로 지목되고 있다.

[0003] 2007년 "가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률"이 시행되면서 가축분뇨는 퇴, 액비 등의 자원으로 활용되어 농경지에 비료로 이용되어왔다. 그러나 우리나라의 제한된 농경지 사정과 계속 증가하는 가축사육두수에 따라 가축분뇨 자원의 비료 이외의 활용처에 대한 관심이 지속적으로 증대되고 있다.

[0004] 가축분뇨의 고농도 유기물질을 단순 처분이 아니라 에너지로 회수하는 방법이 개발되고 있는데 그 중심에 혐기성 소화를 통해 바이오가스 즉 메탄가스로 회수하여 연료나 발전에 사용하는 방법이 모색되어지고 있다.

[0005] 그러나 가축분뇨에 대한 바이오가스 기술은 대부분 돈분에 적용되어지고 있으며, 방대하게 배출되어지고 우분에 대해서는 바이오가스 기술집적이 거의 없다.

[0006] 상기 우분은 분뇨 자체에 상대적으로 함수율이 낮으며 생물학적 분해가 어려운 섬유질 성분이 많고 또한 우리나라의 전통적인 우사 관리방식이 깔짚 형태이어서 분뇨와 깔짚이 함께 배출되어 혐기성소화에 상당한 시간이 소요됨은 물론 탈수된 케이크에서도 수분함량이 높아 건조시간이 오래 소요되는 단점이 있다.

[0007] 한국등록특허 10-2029117호(2019.09.30.등록; 이하 '선행문헌1'이라 함)는 유기성 폐기물 처리용 열가수분해 혐기소화장치를 제시하였다. 상기 선행문헌1은 유기성폐기물을 열가수분해방식을 적용하여 처리하는 것이나, 폐열 보일러에서 생성된 스팀이나 반응기에서 회수된 폐열을 직접 유기성폐기물과 혼합하여 예열이 이루어지게 하기 때문에 각 반응기 내부의 혼합액의 함수율이 높아져 예열 및 가온시간이 오래 소요되어 처리효율이 낮아지는 단점이 있다.

[0008] 한국공개특허 제10-2020-0048220호(2020.05.08.공개; 이하 '선행문헌2'이라 함)은 유기성 폐기물의 열가수분해

혐기소화 시스템을 제시하였다. 상기 선행문헌2도 혐기소화 이전에 열가수분해 과정을 수행하여 바이오가스 발생량을 증가시키게 한 것이나, 선행문헌1과 마찬가지로 열가수분해과정에서 스팀을 직접 혼합하기 때문에 혼합액의 함수율이 높아져 예열 및 가온시간이 오래 소요되고 처리효율이 낮아지는 단점이 있다.

[0009] 따라서, 반응조를 신속하게 가온시켜 가수분해가 이루어지도록 하면서 열효율을 극대화시킬 수 있는 배관구조를 갖는 혐기소화시스템에 대한 필요성이 대두되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2029117호(2019.09.30.등록) : 유기성 폐기물 처리용 열가수분해 혐기소화장치

(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2020-0048220호(2020.05.08.공개) : 유기성 폐기물의 열가수분해 혐기소화시스템

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템은,

[0012] 분해가 어려운 우사 배출 분뇨와 깔집 혼합 우분의 혐기성 분해를 위해 전처리로 열분해를 수행하여 혐기성 소화가 이루어지도록 하고, 혐기성 소화에서 발생된 바이오가스로 열분해조로 스팀을 공급하는 스팀보일러를 구동하여 외부의 연료공급없이 자체적으로 열을 공급할 수 있는 시스템을 제공하는 것이다.

[0013] 특히 열분해반응조는 스팀을 이동시키는 나선형태의 가열관을 배관하고 그 내측공간에 교반기를 설치하여 저장된 혼합액으로의 열전달이 용이하게 이루어져 신속한 가열이 가능하게 하는 구조를 제공할 수 있다.

[0014] 또한, 소화조에는 커팅-그라인더펌프에 의한 교반과 가스혼합교반을 같이 수행하여 혼합율을 높여 혐기소화율을 높일 수 있는 시스템의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 과제를 해소하기 위한 본 발명의 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템은,

[0016] 고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템에 있어서, 고농도 가축분뇨 원료를 유입받아 가열시켜 세포막과 단백질효소의 고분자고리를 끊어 저분자로 전환시키는 열분해장치와; 상기 열분해장치에서 배출되는 혼합액을 분쇄하는 분쇄기와; 상기 분쇄기에서 분쇄된 혼합액으로부터 고액분리가 이루어지는 탈수기와; 상기 탈수기에서 분리된 액상물을 저장하여 혐기성미생물로 혐기성소화가 이루어지게 하는 혐기소화조와; 혐기소화조에서 생산된 바이오가스로 구동되어 생성된 고온스팀을 열분해장치로 공급해 열교환에 의해 혼합액이 가열되게 하는 스팀보일러와; 열분해장치에서 배출되어 분쇄기로 공급되는 혼합액과, 응축수탱크에서 스팀보일러로 공급되는 응축수를 열교환시키는 열교환기와; 각종 흐름을 제어하는 제어부;를 포함하여 구성될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 열분해장치는, 공급받은 고농도 가축분뇨인 원료를 발전기 폐열을 이용하여 예열시키는 예열조와; 상기 예열조로부터 예열된 원료를 이송받아 고온고압에서 고분자 고리를 끊어 저분자로 변환하고, 세포막 파괴로 세포 내부수를 배출시키는 열분해가 이루어지게 하는 열분해반응조;로 이루어질 수 있다.

[0018] 또한, 상기 예열조 내부에는 나선형태로 감겨 발전기 폐열을 이송시키는 예열관이 배관되고, 상기 열분해반응조 내부에는 나선형태로 감겨 스팀보일러 스팀을 이송시키는 가열관이 배관되고, 상기 예열관과 가열관의 내측공간에는 교반기를 배치시켜 저장된 원료의 교반이 이루어질 수 있다.

[0019] 또한, 상기 열분해반응조는 내부 반응온도를 150~155℃로 설정하여 열분해가 이루어지게 할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 혐기소화조는, 측면 하부에 펌프장치를 설치하여 저장된 액상물을 혼합하게 하되; 상기 펌프장치는, 혐기소화조와 연통되어 액상물을 인출하는 흡입관과; 상기 흡입관의 단부에 설치되어 액상물을 흡입하면서 흡입

된 액상물에 포함된 고형물을 절단시키는 회전커팅날이 설치된 펌프와; 상기 펌프를 통과한 액상물을 혐기소화조로 토출시키는 토출관과; 상기 혐기소화조의 상부와 토출관의 중간지점을 연통시켜 혐기소화조 상부의 가스를 포집하여 토출관으로 공급하여 토출관으로 가스와 액상물을 함께 토출시키게 하는 가스공급관;을 포함하여 구성된다.

[0021] 또한, 상기 펌프장치는 측면 하부에 2~4개를 등각으로 배치하고, 혐기소화조의 중심에서 일측으로 편향되는 방향으로 토출하여 저장된 액상물의 혼합이 이루어지게 할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 상기 해결수단에 의한 본 발명의 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템은,

[0023] 내부에 나선형태의 가열관을 배관하고 그 중심공간에 교반기를 설치하여 교반되는 혼합액이 가열관의 내측과 외측을 자유롭게 왕래하면서 접촉면적을 증가시켜 열교환에 의한 신속한 가열이 가능하게 할 수 있다.

[0024] 또한 혐기성소화조에는 커팅-그라인더펌프에 의한 교반시 가스혼합교반이 같이 수행되도록 함으로써 혼합율을 높여 혐기소화율을 높여 가연성가스인 메탄가스의 생산량을 증가시킬 수 있는 시스템의 제공이 가능하게 되었다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 혐기소화시스템을 도시한 개략도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 열분해반응조를 도시한 개략도.

도 3a와 도 3b는 본 발명에 따른 열분해반응조를 도시한 수직 및 수평 단면도.

도 4a는 본 발명에 따른 펌프장치가 설치된 혐기소화조를 도시한 수직단면도.

도 4b는 본 발명에 따른 펌프장치의 작동상태도.

도 5는 본 발명의 각 과정별로 가축분뇨 슬러지의 성장변화를 나타낸 사진.

도 6은 혐기소화조의 교반방법에 따른 메탄가스 유량을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에서 본 발명을 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0027] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되고 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0029] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 혐기소화시스템을 도시한 개략도이다.

[0030] 참조한 바와같이 본 발명에 따른 고농도유기물 처리를 위한 고효율 열분해반응조가 구비된 순환과 혼합교차교반운전 혐기소화시스템(10)은, 고농도 가축분뇨를 원료로서 공급받아 예열시키는 열분해장치(20)를 구비한다.

- [0031] 상기 열분해장치(20)는 공급받은 원료에 열을 가하여 세포막과 단백질효소의 고분자고리를 끊어 저분자로 전환시킨다. 즉, 원료를 가열시켜 고온(150℃)·고압(15kg/cm²)의 환경을 조성함으로써 물의 수소이온과 수산이온과 반응하여 고분자 고리를 끊어 저분자의 수용성 아미노산으로 성상을 변화시켜 혐기성 미생물이 난분해성 섬유질 셀룰로오스 등에 대한 소화율을 높일 수 있게 한 것이다.
- [0032] 또한 이 과정에서 세포막이 파괴되어 내부수를 배출시킬 수 있으므로 탈수성이 향상되어 감량화가 가능해지고 고체생성물의 발열량을 높일 수 있어 고형연료로서 사용이 가능하게 할 수 있다. 또한 고온처리에 의해 슬러지 내 병원균이 제거됨으로 열분해된 고형물은 퇴비로도 사용이 가능함으로 사용처를 확대시킬 수 있다.
- [0033] 상기 열분해장치(20)에서 열분된 혼합액은 분쇄기(30)로 공급되고, 3500~4500rpm으로 작동하는 분쇄기에서 잔류하는 고형물을 분쇄하여 고형물크기를 작게 한다.
- [0034] 분쇄기를 통과한 혼합액은 탈수기(40)로 공급되어 고액분리가 이루어진다. 상기 분리된 고형물은 건조를 통해서 고형비료 또는 고형연료로서 사용되도록 하고, 액상물은 혐기소화조(50)로 공급된다.
- [0035] 상기 혐기소화조(50)에서는 공급된 액상물을 저장하고 혐기성미생물에 의해 혐기성소화가 이루어지도록 하여 다량의 바이오가스를 생성하여 잔류물은 액상비료로 사용되도록 한다.
- [0036] 혐기소화조(50)에서 생성된 바이오가스는 스팀보일러(60)로 공급되어 연료로 사용되게 한다. 상기 스팀보일러(60)는 외부로부터 직접 급수가 이루어지게 하거나 응축수탱크(70)를 통해 수분공급이 이루어지게 할 수 있다.
- [0037] 스팀보일러(60)에서 생성된 스팀은 열분해장치(20)로 공급되어 원료와 열교환이 이루어지도록 하고, 열교환이 완료된 스팀은 응축수로 성상이 변화되어 응축수탱크(70)로 포집되고, 다시 스팀보일러를 통해 열분해장치로 공급되는 순환작용이 이루어진다.
- [0038] 상기 응축수탱크(70) 전후에는 과잉응축수를 배출시키기 위한 배출밸브가 형성될 수 있고, 부족한 수분을 공급하는 급수라인이 연결될 수 있다. 열분해장치와 응축수탱크 사이에는 U트랩 등 다양한 트랩(71)이 설치되어 응축수가 역류하는 것을 방지할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 열분해장치(20)에서 배출되어 분쇄기(30)로 공급되는 혼합액은 열교환기(80)를 통해서 응축수탱크(70)에서 스팀보일러(60)로 공급되는 응축수와 열교환이 이루어지게 하여 스팀보일러(60)로 공급되는 응축수의 온도를 높여 스팀생성에 소모되는 에너지소모량을 감소시킬 수 있다.
- [0040] 또한 상기 혐기소화시스템(10)에는 제어부(90)를 설치하여 각종 라인의 밸브를 단속하여 흐름을 제어하거나 온도나 압력 등을 제어하게 할 수 있다.
- [0041] 도 2와 도 3a 및 도 3b를 참조하여 본 발명의 열분해장치를 설명하면, 본 발명의 열분해장치(20)는 예열조(21)와, 열분해반응조(22)로 분리구성된다.
- [0042] 상기 예열조(21)는 공급받은 원료를 저장하여 예열시킨 다음 열분해반응조(22)로 이송시키는 것으로, 예열시키는 열원으로서 화력발전소나 간이 발전소 등의 발전기 폐열을 이용하여 예열이 이루어지도록 한다.
- [0043] 또한 상기 열분해반응조(22)는 상술한 바와같이 스팀보일러(60)에서 생성된 스팀을 제공받아 예열된 원료를 가열시켜 열분해가 이루어지도록 한다. 즉 공급받은 예열된 원료는 고온고압하에서 세포막과 단백질효소 등의 고분자고리를 끊어지게 하여 저분자로 변환시키고, 세포막을 파괴하여 세포 내부수를 배출시키는 열분해가 이루어지게 한다.
- [0044] 상기 예열조(21)와 열분해반응조(22)는 내부에는 내벽에 근접하여 나선형태로 감긴 예열관(211) 및 가열관(221)을 설치하여 발전기 폐열 및 스팀보일러의 스팀을 이송하게 한다. 즉, 예열조(21)의 내부에 나선 배관된 예열관(211)은 발전기 폐열을 공급받아 내부를 이동하도록 하고, 이동하는 과정에서 예열조(21)에 저장된 원료와의 열교환이 이루어져 원료를 예열시킨다. 이때 상기 원료와 예열관(211)으로 이송되는 폐열의 열교환을 촉진시키기 위해 상기 배관된 예열관(211)의 내측공간에는 교반기(212)를 배치하여 원료를 교반시키게 할 수 있다. 상기 예열조(21)는 발전기 폐열을 활용하는 것으로 기재하였으나 이에 한정하지 않고 스팀보일러에서 스팀을 공급받거나, 열분해반응조에서 배출되는 스팀을 공급받아 예열관을 통과시킨 다음 응축수로 이동되게 하는 방식으로 배관이 이루어지게 할 수 있다.
- [0045] 이와 마찬가지로 열분해반응조(22)에도 내벽에 근접하여 가열관(221)이 나선배관되고, 가열관의 중심공간에 교반기(222)를 설치하여 교반이 이루어지게 함으로써 저장된 원료 또는 혼합액과 가열관의 열교환량을 증가시켜

신속한 열교환이 가능하게 할 수 있다.

- [0046] 상기 예열관(211)과 가열관(221)은 예열조(21)와 열분해반응조(22) 내벽에 별도의 고정수단을 통해 내벽으로부터 일정거리 이격배치되게 함으로써 예열관 및 가열관 전체면적을 통한 열교환이 이루어지게 할 수 있다.
- [0047] 상기 열분해반응조(22)의 내부 반응온도는 150~155℃로 설정하여 열분해가 이루어지게 한다. 원료인 가축분노슬러지 및 고농도 가축분뇨는 150℃부터 슬러지의 플록과 세포벽 파괴에 의한 아미노산, 단백질, 핵산 등으로 구성된 EPS(Extracellular Polymeric Substances, 과세포질중합물질)의 배출에 의한 점성 증가로 탈수성능이 저하됨으로 탈수에 적합한 온도로는 150℃ 정도이다. 또한 상기 열분해반응조 내부의 반응온도는 승온시간과 감온시간을 부여하되 설정온도에서 30분 내외 예컨대 25~40분동안 반응시간을 유지하여 공급에너지 대비 효율성을 증가시키게 할 수 있다.
- [0048] 도 4a를 참조한 바와같이 상기 혐기소화조(50)에는 저장된 액상물을 혼합하기 위해 펌프장치(51)가 설치된다.
- [0049] 상기 펌프장치(51)는 다양한 펌프를 사용하여 액상물의 혼합이 이루어지게 할 수 있으며, 대표적으로는 내부에 회전커팅날에 의해 흡입력을 제공하는 커팅-그라인더 펌프를 사용하여 액상물을 흡입 및 토출하는 과정에서 액상물에 잔류하는 유기물 덩어리를 작게 분쇄하여 혐기성미생물과의 접촉을 증가시켜 가스생산효율을 증대시키게 할 수 있다.
- [0050] 상기 펌프장치(51)는, 혐기소화조 하부측에 연통설치하여 혐기소화조 내의 액상물을 인출하여 혐기소화조 외부로 이송시키는 흡입관(52)을 구비한다. 상기 흡입관에는 단속밸브를 설치하여 내부유로의 개폐가 이루어지게 할 수 있다.
- [0051] 또한 혐기소화조 외부에 위치하는 흡입관 단부에는 펌프(53)가 설치된다. 상기 펌프는 모터구동에 의해 회전하여 흡입력을 발생시키는 부분이며 본 발명에서는 회전커팅날에 의해 흡입력을 발생시키는 커팅-그라인더 펌프를 사용한다.
- [0052] 상기 펌프의 배출방향에는 토출관(54)의 일단이 연통된다. 상기 토출관은 혐기소화조로 나머지 단부가 연통되도록 설치되어 펌프에서 배출된 액상물을 혐기소화조 내부로 토출시켜 액상물의 혼합과 순환이 발생되게 할 수 있다. 상기 토출관에도 단속밸브를 설치하여 내부 유로를 단속할 수 있다.
- [0053] 또한 본 발명은 혐기소화조(50) 상부에 포집된 가스를 토출관(54)으로 공급하여 이송되는 액상물과 혼합하여 토출되도록 하는 가스공급관(55)이 더 설치된다. 상기 가스공급관(55)은 일단이 혐기소화조 상부와 연통되어 가스가 유입되도록하고, 다른 단부는 토출관(54)의 중간지점에 연통되어 혐기소화조 상부의 가스를 토출관으로 공급되게 한다.
- [0054] 여기서 토출관(54)은 직선으로 배관되어 액상물이 고압으로 직진하여 토출이 이루어지며, 상기 가스공급관(55)은 토출관에 수직으로 배관되어 토출관의 토출압력에 의해 가스가 토출관으로 흡입되어 같이 토출이 이루어진다. 이때 토출관(54)으로부터 가스공급관으로의 액상물 역류를 방지하기 위해 가스공급관(55)에는 체크밸브를 장착하거나, 가스공급관과 토출관의 유입부분 사이의 각도를 예각으로 형성할 수 있다.
- [0055] 이외에 상기 가스공급관에 펌프를 추가로 장착하여 가스를 고압으로 토출관에 공급하여 가스혼합량을 증가시킬 수 있다.
- [0056] 상기 혐기소화조(50)에 설치되는 펌프장치(51)는, 2~4개를 등각으로 배치할 수 있다.
- [0057] 도 4b는 3개의 펌프장치(51)를 등각으로 설치하여 혐기소화조(50) 내부 교반이 이루어지게 한 것이다. 상기 각 펌프장치의 토출방향은 혐기소화조의 중심에서 일측으로 편향시켜 혐기소화조 내의 액상물이 일측방향으로 회전하면서 교반이 이루어지게 할 수 있다.
- [0058] **1. 열분해장치의 열분해반응기의 최적 운전온도 산정**
- [0059] **1-1) 실험조건**
- [0060] 실험장치로는 본 발명의 도 1와 도 2가 적용된 혐기소화시스템을 적용하였다. 예컨대 예열조와 열분해반응조를 구비한 열분해장치를 구비하고, 예열조는 발전기의 폐열을 공급받아 예열되도록 하고, 열분해반응조는 스팀보일러에 의해 스팀을 공급하여 가열하였다. 스팀보일러로 공급되는 수분은 응축수탱크로부터 제공되며 공급이전에 열교환기를 통해서 열분해반응조에서 배출되는 혼합액과 열교환이 이루어지게 하였다. 혼합액은 분쇄기를 통과하여 탈수기로 공급되어 고액분리가 이루어지고, 분리된 액상물은 혐기소화조로 공급하여 혐기소화가 이루어지

도록 구성하였다.

[0061] 가축분뇨 슬러지 혼합액의 TS는 22%, 함수율은 78%였으며, 고농도 가축분뇨의 TS는 8%, 함수율은 92%였으며 40kg씩 채취하여 장치에 투입하였다.

[0062] 실험후 발생된 액상생성물 및 탈리액의 특성을 분석하기 위하여 수질오염공정시험기준에 따라 수질분석을 실시하였다.

[0063] 또한, 탈수과정 후 생성된 고체생성물의 화학적 조성을 분석하기 위해 Elemental Analyzer(Flash EA 1112 series)를 이용하여 원소분석을 진행하였다.

[0064] 또한, 연료로서의 가치를 평가하기 위해 KS E3709 규정에 근거하여 공업분석과 발열량을 측정하였다.

[0065] 또한, 환경 중 위해성을 평가하기 위하여 수질오염공정시험기준에 따라 중금속 함량을 분석하였다.

[0066] 열분해반응은 가축분뇨 및 슬러지의 탈수능력을 향상시켜 수분을 제거하는 감량화 목적 외에 열분해반응 후 발생하는 고체생성물의 발열량을 측정할 결과 고형연료로 이용할 수 있는 에너지화에 효과가 있다.

[0067] **1-2) 성분분석**

[0068] 고체생성물의 특성과 연료화 가능성을 평가하기 위해 탈수가 가능한 반응온도 150℃이상의 가축분뇨 슬러지 탈수케이크를 대상으로 삼성분 분석과 원소분석, 발열량 분석을 실시하였고, 그 결과를 [표1-1]과 [표1-2]에 나타내었다.

[0069] [표 1-1]은 가축분뇨 슬러지 탈수케이크의 분석이고, [표 1-2]는 가축분뇨 슬러지 탈수케이크의 원소분석 및 발열량 분석을 표시하였다.

[0070] [표 1-1]

Temp.	Moisture(%)	Combustible Component(%)	Ash(%)
150 ℃	47.8	22.8	29.4
200 ℃	49.2	21.4	29.4
210 ℃	48.8	21.4	29.8

[0071]

[0072] [표 1-2]

Temp.	Element Composition					Higher Heating Value(kcal/kg)	Lower Heating Value(kcal/kg)
	C(%)	H(%)	O(%)	N(%)	S(%)		
190 ℃	42.9	6.2	3.4	12.9	1.1	2,665	2,220
200 ℃	40.6	5.7	2.5	13.5	1.0	2,590	2,140
210 ℃	40.2	6.0	2.3	13.5	1.1	2,610	2,160

[0073]

[0074] 분석결과, 반응 온도별로 수분량과 회분량, 원소조성, 발열량에 큰 차이가 없었다. 수분은 47.8~49.2%로 50%이하를 나타냈으며, 가연분은 21.4~22.8%, 회분은 29.4~29.8%로 나타났다. 또한, 원소분석 결과 탄소(C)함량은 40%이상으로 다른 원소보다 높게 분석되었다. 회분함량이 비교적 높아 연료화 특성은 좋은 편은 아니지만, 반응 온도 150℃일 때의 고위발열량은 2,665kcal/kg, 저위발열량은 2,220kcal/kg으로 연료로서 충분히 가치가 있는 것으로 판단된다. 따라서, 고형분은 폐열을 활용해 건조 후 열분해 설비의 자체 열원으로 사용이 가능하며, 발전설비에 공급하는 등 활용 가치를 높일 수 있다.

[0075] 상기 실험결과 반응온도 150℃가 최적 운전온도인 것으로 판단되어, 고농도 가축분뇨를 운전온도 150도로 운전하여 발생한 탈수케이크의 삼성분 분석과 원소분석, 발열량 분석을 실시하였고, 그 결과를 [표 1-3]과 [표 1-4]로 나타냈다.

[0076] 하기 [표 1-3]은 고농도 가축분뇨 탈수케이크의 공업분석이고, [표 1-4]는 고농도 가축분뇨 원소분석 및 발열량 분석을 표시하였다.

[0077] [표 1-3]

Temp.	Moisture(%)	Combustible Component(%)	Ash(%)
190℃	48.8	21.4	29.8

[0078]

[0079] [표 1-4]

Temp.	Element Composition					Higher Heating	Lower Heating
	C(%)	H(%)	O(%)	N(%)	S(%)	Value(kcal/kg)	Value(kcal/kg)
150℃	46.5	7.1	13.6	2.3	0.7	2,610	2,160

[0080]

[0081] 참조한 바와같이 가축분뇨 슬러지 탈수케이크와 마찬가지로 함수율은 50%이하로 나타났고, 탄소함유량이 높게 나타났으며, 저위발열량이 2,160kcal/kg으로 건조 후 연료로서 활용가능성이 높은 것으로 나타났다.

[0082] **2. 양돈분뇨 및 우분 투입에 따른 최적 운전조건 산정**

[0083] **2-1) 실험방법**

[0084] 양돈분뇨 및 우분 투입조건에 따른 최적의 열분해 반응기 온도, 압력조건, 반응시간, 운전방안 및 반응물의 온도변화에 대해 실험하였다.

[0085] 가축분뇨 및 슬러지를 실험대상으로 하였으며, 가축분뇨 및 우분의 주성분은 단백질과 헤미셀룰로오스(hemicellulose)가 주성분이기 때문에 150℃이상에서 분해가 가능하고, 열분해 온도가 200℃이상일 경우에는 혐기성 소화 저해물질이 발생하여 메탄가스 발생이 저하되는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 운전온도를 130℃에서 200℃까지 변화를 주면서 실행하였다.

[0086] 운전압력은 설정 운전온도 증가에 따라 12.72 ~ 22.20kg/cm²까지 증가되었다. 이때 반응기 내부의 압력은 슬러지의 부피증가로 인해 해당 온도의 포화수증기압보다 좀 더 높은 수증기압이 형성되게 된다.

[0087] 운전에 총 소요된 시간은 승온시간 60분, 증기 투입시간 60분, 운전(반응)시간 30분, 감온○감압 시간 60분, 총 210분 실시하였다. 실험을 통해서 열분해 최적 운전시간은 30분으로 운전시간을 길게 하면 열가수분해 효율이 증가되기는 하지만, 반응 시간이 증가할수록 투입되는 에너지의 양 또한 증가되고, 30분 이상이 되면 효율 증가도 미미한 것으로 나타났다. 따라서 경제성을 고려하여 최적 운전시간인 30분간 운전을 진행하였다.

[0088] 실험 후 발생된 액상생성물 및 탈리액의 특성을 분석하기 위하여 수질오염공정시험기준에 따라 수질분석을 실시하였다.

[0089] **2-2) 실험결과**

[0090] 도 5는 가축분뇨 슬러지의 성장변화에 과정을 사진으로 나타내었다. 열분해과정을 통해서 다량의 수분이 분리됨을 확인할 수 있었다.

[0091] 가축분뇨 슬러지의 열가수분해 반응 후 생성된 액상생성물의 수질분석 결과, 운전(반응) 온도가 올라감에 따라 가용화율이 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. 가용화란 슬러지 내 미생물의 세포벽을 파괴하여 고상물질을 용존성 물질로 변화시키는 것으로 생분해성을 높여 혐기소화 시 바이오가스 발생률이 증가된다. 일반적으로 가용화 특성을 알아보는 대표적인 지표로서 사용되는 것이 SCOD_{Cr}, NH₄⁺-N과 SCOD_{Cr}/TCOD_{Cr} 비율의 증가를 들 수 있다.

[0092] 하기 [표 2-1]은 가축분뇨 슬러지 처리 반응온도에 따른 액상생성물의 특성을 나타내었다.

[0093] [표 2-1]

Temp.	TS (mg/L)	VS (mg/L)	SS (mg/L)	TCOD _{cr} (mg/L)	SCOD _{cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	VS/TS	SCOD/TCOD	NH ₄ ⁺ -N/T-N
130℃	125,331	85,119	97,950	139,800	66,000	9,550	2,500	0.68	0.47	0.26
140℃	153,486	102,810	95,300	221,400	74,000	9,300	2,920	0.67	0.33	0.31
150℃	151,443	100,782	105,400	235,900	78,600	9,500	3,200	0.67	0.33	0.34
180℃	166,151	111,823	60,050	222,600	74,800	7,650	3,400	0.69	0.34	0.44
200℃	187,442	135,484	72,650	253,800	85,800	8,400	3,720	0.72	0.34	0.44

[0094]

[0095] 본 실험에서는 반응온도가 증가함에 따라 표 2-1과 같이 SCOD_{cr}, NH₄⁺-N의 농도가 높아지는 것을 확인 할 수 있었으며, NH₄⁺-N/T-N의 비율도 증가하였는데 열분해 반응이 진행되면서 유기성 질소들이 암모니아성 질소로 변환된 것으로 사료된다.

[0096] 또한, 반응온도가 높아짐에 따라 TS와 TCOD_{cr}은 증가하고 SS가 감소하는 것을 확인 할 수 있었는데 이는 열분해 반응을 통해 고형물의 액상화가 진행되고 용존성 물질이 증가한 것으로 판단된다.

[0097] [표 2-2]는 고농도 가축분뇨 처리 반응온도에 따른 액상생성물 특성을 나타내었다.

[0098] [표 2-2]

Temp.	TS (mg/L)	VS (mg/L)	SS (mg/L)	TCOD _{cr} (mg/L)	SCOD _{cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	VS/TS	SCOD/TCOD	NH ₄ ⁺ -N/T-N
130℃	46,055	30,525	35,260	65,300	23,760	3,350	900	0.66	0.36	0.27
140℃	52,050	34,350	33,355	77,500	25,900	3,200	1,000	0.66	0.33	0.31
150℃	53,150	35,150	37,900	84,950	28,300	3,350	1,120	0.66	0.33	0.33
180℃	52,650	34,150	20,400	75,700	27,200	2,500	1,150	0.65	0.36	0.46
200℃	53,355	36,655	23,975	83,750	28,400	2,650	1,200	0.69	0.34	0.45

[0099]

[0100] 고농도 가축분뇨 슬러지(TS 8%)를 사용한 실험결과를 나타낸 [표 2-2]를 보면 가축분뇨 슬러지를 사용한 [표 2-1]과 비슷한 처리경향이 나타남을 확인할 수 있었다. 즉, 운전반응온도가 올라감에 따라 가용화율이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

[0101] 하기 [표 2-3]과 [표 2-4]는 가축분뇨 슬러지 및 고농도 가축분뇨 슬러지의 처리 반응온도에 따른 탈리액 특성을 나타내었다.

[0102] [표 2-3]

Temp.	TS (mg/L)	VS (mg/L)	SS (mg/L)	TCOD _{cr} (mg/L)	SCOD _{cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	VS/TS	SCOD/TCOD	NH ₄ ⁺ -N/T-N
130℃	36,695	29,780	3,760	52,600	49,200	5,300	1,940	0.75	0.94	0.37
140℃	42,292	32,930	2,720	57,800	50,600	5,050	1,840	0.78	0.88	0.36
150℃	43,430	32,015	320	52,300	52,200	5,650	1,860	0.74	1.00	0.33
180℃	42,962	31,320	580	54,300	52,800	5,450	2,300	0.73	0.97	0.42
200℃	44,538	34,760	420	57,100	58,000	6,450	2,380	0.78	1.02	0.37

[0103]

[0104] [표 2-4]

Temp.	TS (mg/L)	VS (mg/L)	SS (mg/L)	TCOD _{Cr} (mg/L)	SCOD _{Cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	VS/TS	SCOD/TCOD	NH ₄ ⁺ -N/T-N
130℃	13,200	10,050	1,325	18,300	17,700	1,900	690	0.76	0.97	0.36
140℃	13,800	10,500	950	20,230	17,710	1,725	640	0.76	0.88	0.37
150℃	15,300	11,750	115	18,720	18,700	1,905	740	0.77	1.00	0.39
180℃	14,500	10,695	190	18,450	18,205	1,830	750	0.74	0.99	0.41
200℃	14,600	11,250	130	18,840	18,700	2,005	755	0.77	0.99	0.38

[0105]

[0106] 상기 [표 2-3]과 [표 2-4]는 가축분뇨 슬러지 및 고농도 가축분뇨 처리 후 발생한 액상생성물을 탈수기로 탈수한 후 분리된 탈리액의 수질분석 결과이다.

[0107] 반응온도가 170 ℃, 180 ℃인 탈리액의 SS가 다른 온도보다 높는데, 이는 탈수가 원활하게 되지 않았기 때문이다. 열가수분해 반응은 슬러지의 플록과 세포벽을 파괴하여 탈수성을 높이는 방법이지만, 반응온도 190℃미만에서는 슬러지의 플록과 세포벽 파괴에 의한 아미노산, 단백질, 핵산 등으로 구성된 EPS(Extracellular Polymeric Substances, 과세포질중합물질)의 배출에 의한 점성 증가로 탈수성능을 저하하는 것으로 보인다. 150 ℃부터 EPS 물질이 파괴되기 시작하여 180 ℃부터는 EPS 물질이 대부분 파괴된 것으로 판단된다.

[0108] 상기 결과를 종합하여 판단하면, 150 ℃가 탈수에 필요한 최소온도인 것으로 사료되며, 가용화율을 나타내는 지표인 SCOD_{Cr}/TCOD_{Cr} 비율 또한 150℃부터 1에 수렴하는 것을 봤을 때 경제성까지 고려한 열가수분해 반응 최적온도는 150 ℃인 것으로 판단된다.

[0109] 또한 탈수 후 고형물(TS) 제거율은 가축분뇨 슬러지의 경우 평균 81%의 제거율을 나타냈으며, 고농도 가축분뇨의 경우 평균 82%의 제거율로 높게 나타남을 알 수 있었다.

[0110] **3. 커팅-그라인더 펌프 순환 및 가스혼합 교반을 교차운전하는 방법을 이용한 최적의 혐기소화 선정**

[0111] 소화조에 열가수분해 반응을 마친 원료를 투입하여 혐기소화 시 발생하는 메탄가스 유량 데이터를 수집하고 교반방법별 메탄가스 발생량을 측정하여 최적의 교반방법을 검토하였다.

[0112] **1) 측정방법**

[0113] 메탄가스 발생 유량에 대한 데이터는 [표 3]과 같이 각각의 교반방법과 측정기간에 따라 측정하였다.

[0114] [표 3]

구분	장치구조	측정기간
Period 1	1-R1	외부펌프 순환식 교반
	1-R2	
Period 2	2-R1	커팅 그라인더 펌프 교반+가스혼합 교반
	2-R2	
Period 3	3-R1	커팅 그라인더 펌프 교반+가스혼합 교반
	3-R2	

[0115]

[0116] 상기 외부펌프 순환식 교반은 소화조의 외부에 펌프를 설치하여 소화조 내, 저부의 액상물질을 인출하여 다시 상부로 토출하는 방식이다.

[0117] 또한 커팅 그라인더 펌프 교반은 슬러지 부유물질을 절단, 교반하는 방법이다.

[0118] 또한, 가스혼합은 벤츄리 원리로 가스와 슬러지를 혼합하여 노즐을 통해 토출하는 방법이다.

[0119] 또한, 커팅 그라인더 펌프+가스혼합 교반+가스혼합 교반은 커팅 그라인더 펌프 교반과 가스혼합 교반을 교차 운전하는 방법이다.

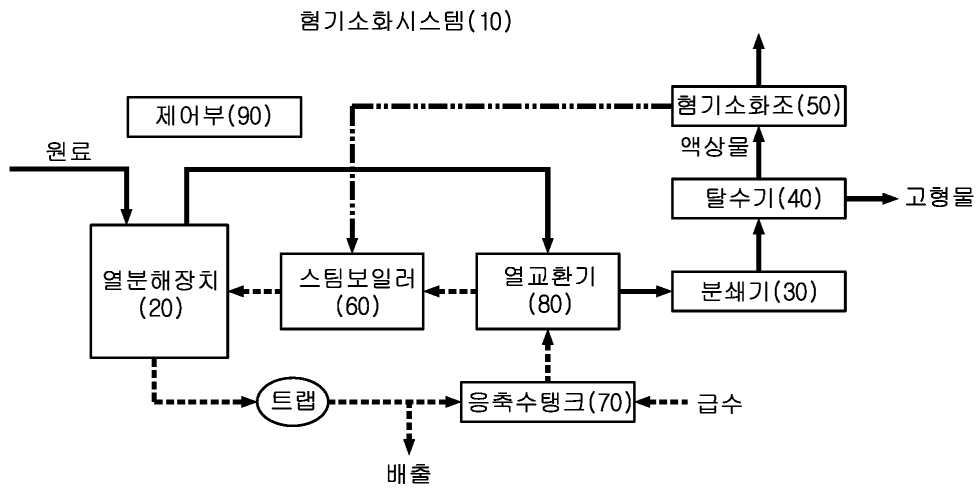
- [0120] 상기 교반측정은 2개의 혐기소화조(R1,R2)를 이용하여 각각 측정하였다.
- [0121] **2) 측정결과**
- [0122] 각 방법마다 데이터 수집기간이 상이하여 메탄가스 발생량에 대한 평균유량으로 검토하였다.
- [0123] 혐기소화 후 생성되는 메탄가스 평균 유량을 측정한 결과 그래프를 도 6에 나타내었다.
- [0124] 참조한 바와같이 1-R1 : 20.03m³/hr, 1-R2 : 19.96m³/hr, 2-R1 : 22.27m³/hr, 2-R2 : 21.68m³/hr, 3-R1 : 24.16m³/hr, 3-R2 : 25.06m³/hr로 나타났다.
- [0125] 외부펌프 순환식 교반의 메탄발생량 대비 커팅 그라인더 펌프 순환식 교반의 메탄발생량은 8%이상 증가한 것으로 나타났으며, 커팅 그라인더 펌프 순환식 교반의 메탄발생량 대비 커팅 그라인더 펌프 순환식+가스혼합 교반의 메탄발생량은 2%이상 증가한 것으로 나타났다. 또한 외부펌프 순환식 교반의 메탄발생량 대비 커팅 그라인더 펌프 순환식+가스혼합 교반의 메탄발생량은 23%이상 증가한 것으로 나타났다.
- [0126] 상기 결과를 종합적으로 판단하면, 커팅 그라인더 펌프 순환식+가스혼합 교반방법이 가장 효과적인 것으로 나타났다.
- [0127] **3) 커팅 그라인더 펌프 및 가스 혼합 교반 효과**
- [0128] 커팅 그라인더 펌프 및 가스 혼합교반은, 유기물덩어리를 잘게 게 분쇄하여 혐기 미생물 접촉 증가로 발생가스를 증가시켜 가스효율을 증대시킬 수 있다.
- [0129] 또한 상부 메탄가스를 통해서 연속적으로 혼합공급함으로 스킴층을 제거할 수 있다.
- [0130] 또한, 펌프가 외부에 설치되기 때문에 유지보수 및 관리운영 용이하고, 타 교반기보다 내구성이 높아 사용시간을 증가시킬 수 있다.
- [0131] 또한, TS 10% 이상의 조건에서도 교반이 가능하고 스킴이나 침전이 생기지 않거나 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

부호의 설명

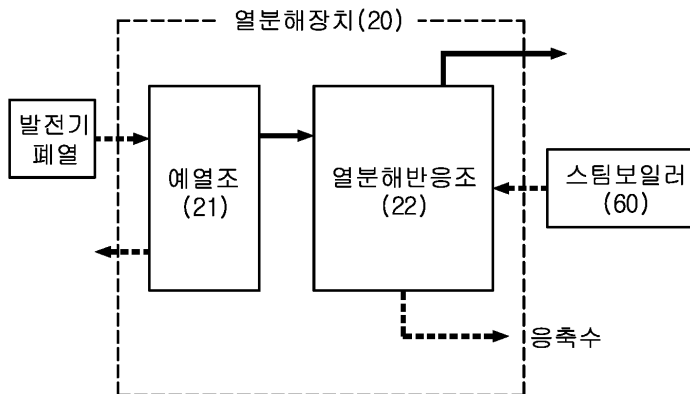
- [0132] 10 : 혐기소화시스템
- 20 : 열분해장치
- 21 : 예열조 22 : 열분해반응조
- 211 : 예열관 212,222 : 교반기
- 221 : 가열관
- 30 : 분쇄기
- 40 : 탈수기
- 50 : 혐기소화조
- 51 : 펌프장치 52 : 흡입관
- 53 : 펌프 54 : 토출관
- 55 : 가스공급관
- 60 : 스팀보일러
- 70 : 응축수탱크
- 71 : 트랩
- 80 : 열교환기
- 90 : 제어부

도면

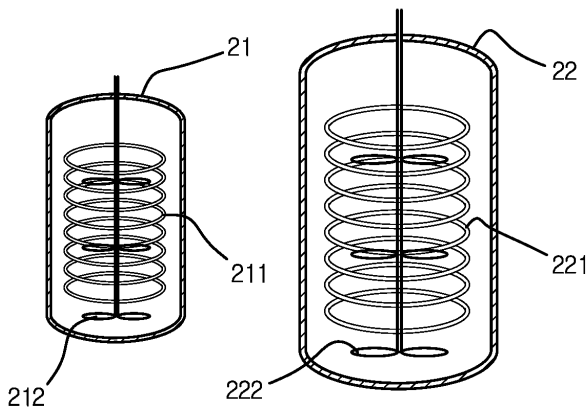
도면1



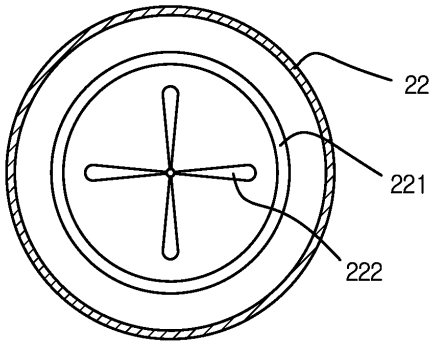
도면2



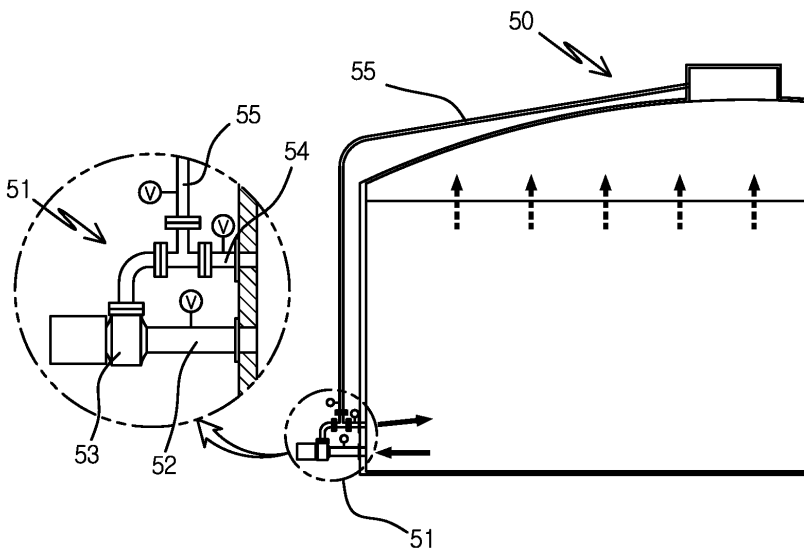
도면3a



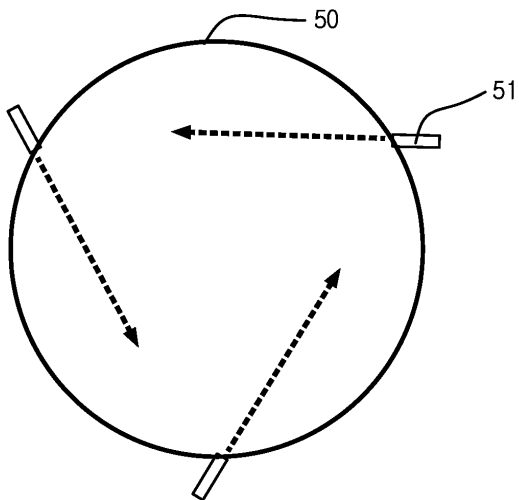
도면3b



도면4a



도면4b



도면5



도면6

