



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2012-0040146  
(43) 공개일자 2012년04월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C02F 3/30 (2006.01) C02F 3/12 (2006.01)  
B01D 53/58 (2006.01) B01D 53/78 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-7029886
- (22) 출원일자(국제) 2010년05월17일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2011년12월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2010/052185
- (87) 국제공개번호 WO 2010/131234  
국제공개일자 2010년11월18일
- (30) 우선권주장  
MI2009A000861 2009년05월15일 이탈리아(IT)  
MI2010A000866 2010년05월14일 이탈리아(IT)

- (71) 출원인  
바이오에너지아 에스.알.엘.  
이탈리아 아이-20151 밀라노 비아 이쁘드로모 76
- (72) 발명자  
브레시아니 파올로  
이탈리아 24040 카노니카 다다 비지 비아 도나토리 19/에이  
만프레디니 안드레아  
이탈리아 아이-20151 밀라노 76 비아 이쁘드로모  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
안국찬, 양영준

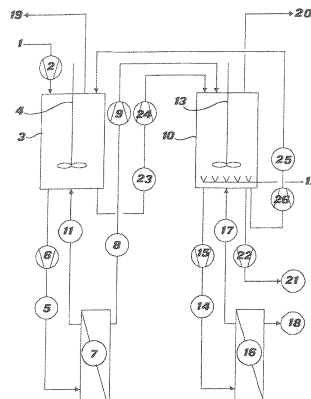
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **유기 폐기물의 생물학적 처리를 위한 공정 및 이를 위한 플랜트**

**(57) 요약**

본 발명은, 연속된 제1 혐기성 소화 상 및 제2 호기성 소화 상과, 상기 2개의 소화 상 후에 제공되는 고체 물질의 여과 상을 포함하는 형태의 유기 폐기물의 생물학적 처리를 위한 공정에 관한 것으로서, 상기 혐기성 소화 상에서 방출된 생물가스의 분리 상과, 상기 호기성 소화 상으로부터 분리된 암모니아성 물질이 농후한 배기 가스로부터 질소 회수 상을 더 포함하는 공정에 관한 것이다. 각각의 상기 여과 상으로부터 나오는 고체 물질은 따로따로 각각의 소화 상으로 반송되며, 혐기성 소화 상의 하류의 여과 상으로부터 나오는 액체 상은 호기성 상으로 보내진다. 질소 회수 상에서 암모니아성 물질이 농후한 상기 배기 가스로 이루어진 가스 흐름은, 제1 가스/액체 접촉기 내의 역류 내에 공급된 탄산의 용액으로 처리되어, 질소 염의 혼합물(암모늄 중탄산염, 암모늄 탄산염 등)을 얻는다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**페리 안드레아**

이탈리아 20090 쿠사고 미 비아 베르가모 1/811

**페리 페데리코**

이탈리아 20090 쿠사고 미 비아 베르가모 3/311

**페리 마리오**

이탈리아 26027 리볼타 다다 씨알 카시나 콜롬바  
에스엔씨

**피자탈라 바네사**

이탈리아 24045 파라 게라 다다 비지 비아 이스트  
리아 3/에이

**프레탈리 마르티노**

이탈리아 20060 트루카짜노 미 비아 바로네 레오니  
노 45

**타바렐리 안토니오**

이탈리아 아이-20151 밀라노 76 비아 이쁘드로모

**트릴리 안토니오**

스위스 씨에이치-6983 마글리아소 비아 포멜리 22  
비

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

연속된 제1 혐기성 소화 상 및 제2 호기성 소화 상과, 상기 2개의 소화 상들 사이에 제공되는 고체 물질의 여과를 위한 각각의 상을 포함하는 형태의, 유기 폐기물의 생물학적 처리를 위한 공정으로서, 상기 혐기성 소화 상에서 방출된 생물가스의 분리 상과, 상기 호기성 소화 상으로부터 분리된 암모니아성 물질이 농후한 배기 가스로부터의 질소 회수 상을 더 포함하는, 공정에 있어서,

각각의 상기 여과 상으로부터 나오는 고체 물질은 개별적으로 각각의 소화 상으로 반송되며, 혐기성 소화 상의 하류의 여과 상으로부터 나오는 액체 상은 호기성 상으로 보내지는 것을 특징으로 하는

공정.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 여과 상은 집선을 따라 작용하는 정밀여과 작업으로 이루어지는

공정.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 질소 회수 상에서 암모니아성 물질이 농후한 상기 배기 가스로 이루어진 가스 흐름은, 제1 가스/액체 접촉기(33)로의 역류 내에 공급된 산성 용액으로 처리되어, 질소 염의 혼합물을 얻는

공정.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

제1 가스/액체 접촉기(33) 내의 역류에 공급된 상기 산성 용액은 탄산을 함유하는 수용액인

공정.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

탄산을 함유하는 상기 수용액은, 제1 혐기성 소화 상으로부터 나오는 생물가스 흐름을 제2 가스/액체 접촉기(27) 내의 역류에 공급된 물 또는 암모니아성 수용액으로 처리함으로써 얻어지는

공정.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

질소 회수 상의 하류에서, 상기 질소 염의 부분 질화를 통한 호기성 생물학적 안정화 상이 더 제공되는

공정.

### 청구항 7

제2항에 있어서,

호기성 소화의 제2 상으로부터 나오는 액체 유동에 함유된 인의 회수 상이 더 제공되는

공정.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 인 회수 상은 호기성 반응기로부터 나오는 상기 액체 유동의 산성화와, 가용성 인을 함유하는 깨끗한 배출물의 생성과, 마그네슘 염의 첨가에 의한 불용성 인의 후속적인 침전을 제공하는

공정.

**청구항 9**

제5항에 있어서,

주로 연소성 가스로 이루어진, 상기 제2 가스/액체 접촉기로부터 나오는 가스 유동은 플랜트 작동을 위해 열 엔진에 보내지는

공정.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 열 엔진의 배기 가스의 적어도 부분은 상기 제1 가스/액체 접촉기(33)에 보내지는

공정.

**청구항 11**

연속된 혐기성 소화(3) 및 호기성 소화(10) 각각을 위한 2개의 반응기와, 각각의 반응기의 하류에 배열된 고체 물질 여과 수단(7, 16)과, 상기 제1 반응기 내에 방출된 생물가스를 분리하기 위한 수단과, 상기 제2 반응기로부터 암모니아성 물질이 농후한 배기 가스를 분리하기 위한 수단과, 상기 배기 가스를 질소 염으로 광화시키기 위한 수단을 포함하는 형태의, 유기 폐기물의 생물학적 처리를 위한 플랜트에 있어서,

상기 여과 수단(7, 16)에 의해 보유된 고체 물질이 각각의 반응기로 리사이클되고, 혐기성 소화 반응기(3)의 하류의 여과 수단(7)에 의해 분리된 액체 상은 호기성 소화 반응기(10)로 보내지는 것을 특징으로 하는

플랜트.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 여과 수단은 접선을 따라 작용하는 정밀여과 장치인

플랜트.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

암모니아성 물질이 농후한 배기 가스를 광화시키기 위한 상기 수단은, 상기 암모니아성 물질을 용액으로 바꾸는 제1 가스/액체 접촉기(33)와, 상기 생물가스 내에 함유된 CO<sub>2</sub>를 추출하는 제2 가스/액체 접촉기(27)와, 적어도 하나의 상기 용액들의 혼합 장치를 포함하는

플랜트.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 제2 가스/액체 접촉기(27)로부터 나오는 연소성 가스의 유동이 공급되는, 플랜트 작동용 열 엔진(29)을 더 포함하는

플랜트.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

상기 열 엔진(29)의 배기 가스는 상기 제1 가스/액체 접촉기(33)의 바닥에 보내져서 액체 상의 추가 산성화를 결정하는

플랜트.

**청구항 16**

제13항에 있어서,

상기 질소 염을 질화시키는 수단을 더 포함하고,

상기 수단은 탱크(36) 내에 포함된 암모니아 염의 용액(34)이 공급되는 고정화된 바이오매스 생물반응기로 이루어지며, 상기 용액은 상기 탱크 내로 펌프(37)를 통해 전달되고, 그로부터 펌프(38)에 의해 인출되어 바이오매스 생물반응기의 헤드로 보내지고, 상기 생물반응기(35)는 산소 함유 가스가 공급되는

플랜트.

**청구항 17**

제13항에 있어서,

인 회수를 위한 수단을 더 포함하고,

상기 수단은

- 호기성 생물반응기로부터 나오는 배출물을 수용하고 그것에 산을 가하여 산성화시키는 가용화 반응기(solubilisation reactor)와,

- 상기 반응기 상에 재순화되게 작동되어 깨끗한 배출물을 생성하고 분리된 고체 물질을 반응기로 반송하는 정밀여과 장치와,

- 상기 깨끗한 배출물을 수용하고 화학적 화합물을 가함으로써 상기 배출물 내에 발견된 인의 침전을 결정하는 침전 반응기와,

- 제2 반응기로부터 나오는 불용성 인 화합물을 함유하는 현탁액을 수용하고 불용성 인 화합물을 분리하는 여과 장치로 이루어지는

플랜트.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 유기 폐기물(organic waste)의 생물학적 처리(biologic treatment)를 위한 공정에 관한 것이며, 특히 화학적 산소 요구량(COD)의 감소, 및 내부에 함유된 오염물질, 특히 이산화탄소, 질소 및 인의 광화(mineralisation)와 회수(recovery)를 위한 생물학적 공정에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 상기 공정의 실행을 위한 플랜트에 관한 것이다.

**배경기술**

[0003] 우선, 이하의 설명을 더 잘 이해하기 위하여, 본 발명의 목적을 위해 배양 조건(cultivation condition)은, 배양액 내에 용해된 산소의 텐션(tension)( $pO_2$ )이 대기압의 공기에서의 포화값의 5% 미만일 때 호기성(aerobic)으로 정의된다[산소 충분 조건(oxygen sufficiency condition)]. 배양 조건은 배양액 내에 용해된 산소의 텐션( $pO_2$ )이 대기압의 공기에서의 포과값의 5% 미만일 때 미호기성(microaerophilic)으로 정의되지만, 액체 내의 산소의 텐션이 프로브(probe)에 의해 감지될 수 없을지라도 배양에 연속된 산소의 공급이 보장되기 때문에 혐기성(anaerobic)이 아니다[산소 제한 조건(oxygen limitation condition)].

- [0004] 폐기물의 처리는 내부 폐기물의 부영양화(eutrophication)가 심각한 환경적 및 경제적 문제를 유발하고, 특히 여행객에 큰 영향을 주는 지역에서 그러하기 때문에, 대부분의 선진국들이 심각하게 느끼는 문제이다. 예를 들어 농업 식품(agro-food) 산업 및 상용 폐수와 같은 다양한 근원의 유기 폐기물을 처리하는 시스템은 그 분야에서 일하는 사람에게 특별한 관심사이다.
- [0005] 이들 중에서 근래에 축산학 분야가 특히 중요해졌는데, 왜냐하면 동물의 배설물이 주를 이루는 폐수를 배출(spread)할 지면의 가용성이, 농장 크기에 대한 제한 요소이기 때문이다. 마찬가지로 다른 한편으로는, 작은 크기의 농장과 비교했을 때 얻어질 수 있는, 확실한 규모의 경제로 인해 더 큰 농장일수록 농장 경영의 수익성이 좋다는 것이 알려져 있다. 따라서, 이러한 경제 분석에 따라 특히 방대한 농장이 형성되어 왔으며, 예를 들어 유럽에서 돼지 농장은 10,000 마리까지 공급하는데, 이는 생태계에 압박을 가하고, 심지어 특히 단기간에 해결하기 힘든 관련 문제를 낳는다. 따라서, 많은 국가들은 표면 단위 당 1년에 배출할 수 있는 축산 폐기물의 양에 제한을 두는 문제에 대해 법제정을 하는 것을 채택했다. 예를 들어 유럽에서는, 근래에 폐기물의 질소 함량에 기반한 배출 제한이 도입되어, 사실상 돼지 농장의 크기를 감소시켰으며, 물론, 이는 예를 들어 이탈리아의 포 계곡(Po valley), 덴마크, 네덜란드 또는 독일과 같은 고밀도의 농장이 있는 지역에 더 큰 영향을 주었다.
- [0006] 이하의 이러한 제한에 추가적으로, 돼지 농장은 배출 시기의 마지막과 후속 배출 시기의 시작 사이의 시간에 충분한 기간 동안 배설물을 저장해야 하는 법적 요구사항을 만족해야 한다. 이러한 저장소는 보통 개방형 통(open tub)으로 이루어지는데, 이 통으로부터, 배설물 내에서 발견되는 미생물, 일반적으로는 절대혐기성미생물(obligate anaerobe), 조건혐기성미생물(facultative anaerobe), 및 메탄생성균(methanogen)과 같은 원시세균(archaeobacteria)의 실질적으로 혐기성인 물질대사에 의해 생성된 가스가 대기로 방출된다. 대기로 방출된 가스는 메탄, 이산화탄소 및 암모니아와 같은 온실 효과에 기여하는 가스 및, 황화 수소와 같은 독성 가스를 포함하기 때문에, 폐기물의 저장은 무관하지 않은 관리 문제를 수반한다는 것을 이해할 수 있다. 또한, 이러한 분해 상(degradation phase)에 이어 질소 함유 물질이 얻어지며, 이를 자연 환경으로 방출하는 것은 수체(water body)의 부영양화와 물의 질산염 수준의 증가를 유발한다.
- [0007] 따라서, 독성이거나 환경에 해를 줄 수 있는 물질의 양을 감소시켜 자유롭게 환경에 방출될 수 있는 새로운 공정을 찾아낼 필요가 있다. 따라서 특히 북유럽에서는 폐기물에서 발견된 화학적 에너지를 이용하고자 했으며, 다양한 구조의 생물반응기(bioreactor)에서 돼지 배설물의 혐기성 소화(anaerobic digestion)를 제공하고, 이로부터, 이산화탄소를 갖는 혼합물 내에 생성된 메탄으로 이루어진 생물가스(biogas)가 회수된다.
- [0008] 가장 널리 보급된 구성에는, 연속 유동 교반 탱크 반응기(continuous-flow stir-tank reactor: CSTR)(Continuous Stirred Tank Reactor), 피스톤 유동 반응기(piston-flow reactor: PFR), 유체화 베드 반응기(fluidised-bed reactor: FBR) 및 마지막으로 단순한 비교반 통(unstirred tub)이 있다. 소화는 대부분 중온 조건(30 내지 40℃), 더 드물게는 호열성 조건(50 내지 60℃) 또는 호냉성(10 내지 20℃)에서 실행된다.
- [0009] 이러한 첫번째 경험에서, 희석 속도를 현저하게 감소시키는 요소(이론적으로는 생물반응기가 정지된 상태에서 작동할 때 발견되는 미생물의 특정 성장 속도로서 정의됨)는 미생물, 특히 메탄생성세균(methanogenic bacteria)의 최저 성장 속도라는 것을 알 수 있었다.
- [0010] 또한, 일부 폐기물 성분, 주로 채소 섬유질, 특히 그것이 목질화된 것의 낮은 분해(degradation) 속도는, 슬러리가 충분히 분해되기 전의 체류 시간의 연장을 결정한다는 것을 알 수 있었다. 쉽게 이해할 수 있는 바와 같이, 이러한 제한은 일반적으로 첫번째 것보다 더 한정적인 것이며, 따라서, 효과적으로 취할 수 있는 체류 시간을 단축화하는 방법을 찾을 필요성이 생긴다.
- [0011] 이러한 제한을 극복하기 위해, 또는 적어도 그 효과를 완화시키기 위해, 내부의 생성된 바이오매스(biomass)를 생물반응기 부분에 리사이클(rotate)시켜, 침강 탱크(sedimentation tank) 내에 농축되게 하는 것이 제공되며, 따라서 바이오매스 및 다른 침강 가능한 입자의 체류 시간은 유압 체류 시간보다 길어지고, 사실상 반응기 내의 지속성이 연장된다. 이러한 작동 모드에서, 일반적으로 혐기성 접촉 소화(anaerobic contact digestion)로 알려진 것은, 소화기(digester)의 작동 체적을 감소시키고, 따라서 주로 가열과 교반(stirring)에 대한 투자비와 운용비를 감소시킨다.
- [0012] 그러나, 이러한 공정이 부분적으로 문제를 해결하지만, 이러한 작동 모드에 필요한 침강 탱크는, 목표하는 침강 정도를 얻기 위해 필요한 소화기 배출물의 체류 시간에 비례하는 크기를 가져야 하는 반응기라는 것이 또한 계속 고려되어야 한다. 따라서, 상기 체류 시간은 고체의 침강도 특성에 결정적으로 의존하며, 따라서 상당한 속

도에서 침강될 수 있는 비교적 안정적인 총량(aggregate)을 형성하기 위한 미생물 개체군의 수용력에 의존한다.

[0013] 이러한 현상은 잘 알려지지 않았고 제어하기 힘들 뿐 아니라, 유입되는 슬러리의 조성 변화를 예상할 수 없기 때문에, 이러한 공정이 관리하기에 얼마나 많이 복잡한지 쉽게 이해된다. 체류 시간을 감소시키고 플랜트를 효율적이게 하는 공지의 장치가 존재하지만, 공지의 접근방식은 여전히 제어하기 힘들고 재현하기 힘든 미생물의 행동에 기반한다.

[0014] 제EP 0 641 296호는 유기 재료가 교번식으로 주기적으로 중온성 및 호열성 소화를 거치게 하는 유기 재료의 분해 과정을 기술한다. 적절한 반응기에서 혐기성 조건에서 실행되는 중온성 상에서, 유기 재료는 중온성 및 혐기성 바이오매스를 동시에 생산하면서 적어도 부분적으로 소화되며, 후속되는 호기성 호열성 또는 미호기성 상에서, 잔류 유기 재료 및 이전 상으로부터 나오는 중온성 미생물의 바이오매스는 적어도 부분적으로 소화된다. 상기 주기적인 처리는 제2 혐기성 반응기 및 이후의 일련의 반응기들을 위한 공급으로서 호기성 생물반응기의 배출물을 사용하여 실행된다. 이 공정은 유기 재료가 실질적으로 완전히 가스 분해 생성물 및 물로 전환될 때까지 계속된다. 그러나, 분해 생성물은 그럼에도 불구하고 걱정을 끼치는 오염성 로드(polluting load)를 여전히 갖는다.

**발명의 내용**

[0015] 따라서, 본 발명의 제1 목적은 오염성 로드를 실질적으로 감소시켜, 환경적 영향이 낮은 분해 생성물을 발생시키는 유기 물질 분해 공정과, 이러한 공정이 단순하고 효율적인 방식으로 일어날 수 있는 플랜트를 달성하는 것이다.

[0016] 특히, 임의의 유래를 갖는 폐기물로부터 질소 함유 물질을 제거하는 것은 생물학적 처리 시스템의 중요한 기능이며, 대부분의 현대 플랜트는 이를 위한 섹션을 제공한다: 이는 미생물학적 질화(nitrification)/탈질화(denitrification) 공정의 전형적인 기초로서, 그 기능은 암모니아를 대기로 방출시킬 수 있는 분자 질소로 변형하는 것이다. 이러한 접근방식은 사실상 환경적 영향이 없지만, 질소를 다시 채소가 직접 사용할 수 없는 형태, 즉, 질소 고정(nitrogen-fixing) 미생물에 의한 선행의 화학적 또는 생물학적 환원을 필요로 하는 형태로 되돌린다는 불이익을 갖는다. 사실, 암모니아 형성으로 이어지는 수소를 이용한 화학적 환원[하버-보슈법(Haber-Bosch process)]은 암모늄 염을 함유하는 질소 비료 및 질소 함유물의 제조의 기반이며, 이들은 전형적으로 산소를 사용한 촉매 산화[오스트발트법(Ostwald process)]에 의해 암모니아로부터 얻어진다. 따라서, 질화/탈질화 공정은 자원(암모니아)을 파괴하며, 농업에 사용하기 위한 자원의 재생은 상당한 에너지 낭비가 요구된다. 사실, 연간 1억 5천만 톤 정도인 생성된 암모니아의 약 80%가 암모늄 염의 형태와 상기 암모니아로부터 유도된 질산염의 형태 둘 모두로 농업에서 사용된다.

[0017] 다양한 유래의 폐기물로부터 암모니아를 제거하기 위한 다수의 공정이 본 기술분야에 공지되어 있다. 예를 들어, 제US2008/156726 A1호는 밸런스(balance) 암모니아/암모늄을 암모니아로 이동(shift)시켜, 그것을 공기 및 스트림 스트리핑 시스템(stream stripping system)에서 제거하는 것을 용이하게 하기 위한 염기성 화합물의 사용에 대해 기술하며, 제JP2006334472호는, 암모늄 염의 형태로 암모니아를 함유하는 용액이 염기를 가함으로써 pH 8 초과가 되어, 그 후 공기가 들어와 발생된 가스 암모니아를 제거하는 가스/액체 접촉기(contactor)[스크러버(scrubber)] 내로 도입되는, 유사한 시스템을 기술한다. 그리고 나서, 이러한 암모니아는 산성 용액으로 공급되는 제2 스크러버 내에서 회수된다. 제US2007/0062231 A1호는 부분적 진공 하에서 암모니아 함유 폐기물을 가열하고, 후속적으로 황산칼슘의 현탁액을 통해 가스 상 동안 방출된 이산화탄소 및 암모니아를 흡수하는 것으로 이루어진 방법을 기술하며, 상기 황산염은 탄산칼슘 및 용액 내의 황산암모늄(ammonium sulphate)으로 전환되고, 탄산칼슘은 침전되고 황산암모늄은 회수된다.

[0018] 그러나, 모든 공지의 알칼리화(alkalinisation) 방법은 시스템에 고의적으로 도입된 화학적 작용제를 가함으로써 암모니아를 향한 밸런스 이동을 제공하며, 이는 명백하게 추가적인 원료 비용의 문제와 반응 부산물 처분의 문제를 갖는다.

[0019] 따라서, 본 발명의 제2 목적은, 전술한 폐기물 처리 공정의 부산물에서 발견되는 질소의 광화 및 회수를 위한 혁신적인 공정을 달성하는 것으로서, 적용된 작동 조건에 의해 선택된 생물반응기 내에 이미 존재하는 생물학적 작용제의 작용을 조정하여, 상용 화학 비료에서 발견되는 것과 사실상 구별되지 않는 고순도 무기물 형태의 질소를 얻음으로써, 질소 비료의 비용 감소의 가치 있는 추가적 이점을 갖는다.

[0020] 또한, 수체 상의 인의 부영양화 효과가 공지되어 있으며 문헌화되어 있다: 따라서 다양한 유래의 폐기물의 처리에서 나오는 물로부터 이러한 요소를 제거하기 쉬운 공정이 특히 필요하다고 느껴진다. 현재 폐기물로부터 인

을 제거하는 2개의 주요 공정은, 박테리아 바이오매스(bacterial biomass)의 고정화(immobilisation), 또는 화학적 불용성화(chemical insolubilisation)이다.

[0021] 그러나, 고정화의 경우에, 폐기물로부터 슬러지로의 부영양화 물질로 간단히 전환이 결정되고, 이에 따라 이제 잠재적 오염물질을 갖는 유기 물질로 이루어진 슬러지에 대해 추가 처리가 필요하다.

[0022] 불용성화의 경우에, 폐수로부터 용해성 오르토인산염(soluble orthophosphate)을 화학적으로 제거하는 것이 알려져 있는데, 이를 위한 공정은 불용성 화합물을 근원으로 하는 오르토인산염과 반응할 수 있는 화학적 화합물을 사용하고, 상기 불용성 화합물은 그 후 폐기물로부터 기계적으로 분리될 수 있다; 그러나, 이러한 화합물은 농업 토양에 바람직하지 않은 영향을 주기 때문에 농업 식품 섹터에 사용 불가능하다. 또한, 오르토인산염을 농업용으로 호환가능한 화합물인 수산화인회석(hydroxyapatite)  $[Ca_5(PO_4)_3(OH)]$ 으로 전환함으로써 폐기물 내에 함유된 인 로드(phosphorous load)를 불용성으로 만드는 것이 알려져 있으나, 이 공정은 대규모 플랜트에서만 경제적으로 유용하며, 이는 극도의 플랜트 복잡성이 필요하다는 것을 의미한다.

[0023] 따라서, 본 발명의 다른 목적은 유입되는 슬러리 내에 발견되는 인을 가능한한 최대 한도로 광화시켜, 오르토인산염과 같은 용해성 무기물 형태로 가능한 최대 한도로 전환시키는 것이며, 이것은 예를 들어 비료와 같은 직접적 추가 사용이 가능한 순도 레벨을 갖도록 슬러지로부터 처리되고 분리될 수 있다.

[0024] 따라서, 다시 본 발명의 다른 목적은 상기 폐수 처리 공정 동안 방출된 CO<sub>2</sub>의 환원 공정을 달성하여, 온실 효과에 원인이 되는 가스가 대기로 방출되는 것에 대한 더 많은 주의사항에 대한 요구조건을 만족시키는 것이다.

[0025] 마지막으로, 현재까지 모든 폐수 혐기성 소화 시스템의 공통적인 문제점은, 예를 들어 COD로 표현되는 오염물 로드의 부분적 제거에 대한 것이다: 사실, 현재 돼지 폐기물에 작동되는 통상의 혐기성 소화기에서 잔류 COD 값은 유입 폐기물에서 발견되는 값의 35% 내지 70% 범위에 있다. 유기 물질 잔여물은 실질적으로 달갑지 않은 (reluctant) 유기 화합물과 미생물 바이오매스에 존재하며, 이는 종종 환경에 직접 방출될 수 없어서, 상기 배출물을 환경으로 방출하기 전에 추가 처리를 실행할 필요가 있고, 처리 비용의 증가와 상당한 물류 문제가 생기며, 종종 처리 비용의 추가 증가를 유발한다.

[0026] 따라서, 본 발명의 추가 목적은 COD를 크게 감소시키고 처리 과정을 덜 복잡하게 만드는 폐기물 처리를 달성하는 것이다.

[0027] 상기 모든 목적들은 첨부하는 독립 청구항 제1항 및 제11항에 상술된 특징을 갖는 유기 폐기물의 생물학적 처리를 위한 공정과 플랜트를 통해 얻어진다. 본 발명의 공정 및 플랜트의 바람직한 특징이 종속항에 정의된다. 임의의 경우에 본 발명의 다른 특징과 장점은 본 발명의 공정을 작동시키는 플랜트의 바람직한 실시예에 대한 이하의 상세한 설명으로부터 더 명백해지며, 여기에서 폐기물은 돼지 농장의 슬러리이고, 이는 첨부하는 도면을 참조하여 순수하게 비제한적 예시로서 제공되는 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0028] 도 1은 호기성 소화와 관련된 혐기성 소화로 폐기물 처리하는 본 발명에 따른 생분해(biodegradation) 플랜트의 제1 부분의 개략도이다.

도 2는 질소 함유 물질의 회수를 위해 상기 소화기로부터 나오는 가스 배출물의 처리를 위한 본 발명에 따른 생분해 플랜트의 제2 부분의 개략도이다.

도 3은 상기 질소 함유 물질의 부분 질화를 위해 도 2에 도시된 플랜트 부분으로부터 나오는 액체 배출물의 처리를 위한 본 발명에 따른 생분해 플랜트의 제3 부분의 개략도이다.

도 4는 인산염 회수를 위해 호기성 소화의 액체 배출물의 처리를 위한 본 발명에 따른 생분해 플랜트의 제4 부분의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0029] 본 발명의 생분해 플랜트에 대한 설명은, 더 명백하게 하기 위해 경로 및 유기 폐기물이 받게 되는 후속적인 공정 단계와 관련하여 이루어질 것이다.

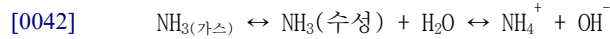
[0030] 유동 속도가 공급 펌프(2)에 의해 조정되는 파이프(1)는, 유입되는 슬러리를 교반 시스템(4)을 구비한 혐기성 소화기(3)로 이송한다. 여기에서 처음으로 슬러리는 메탄생성균 혐기성 소화를 위해 실질적으로 종래의 처리방

법에 의한 공정을 거치며, 유기 물질 부분의 분해는 생성된 생물가스 유동(19)의 발생과 함께 일어난다.

- [0031] 소화기(3)는 연속 모드로, 즉, 새로운 유기 폐기물이 연속적이거나 주기적으로 방출되고 소화된 내용물을 연속적이거나 주기적으로 제거하도록 작동한다. 특히, 전술한 연속 소화 기술(continuous digestion technique: CSTR)에 부가적으로, 소위 반복 공급 배치 기술(repeated fed-batch technique: RFB)이 사용될 수 있으며, 상기 기술은 일정한 공급을 제공하고 최소값과 최대값 사이의 범위를 갖도록 반응기 내의 체적을 유지하여, 일단 액체 체적이 최대값에 도달하면 함유된 액체의 체적의 최소값으로 다시 반응기를 되돌리는 데 필요한 양만큼 액체 체적을 방류시킨다. 전형적으로 혐기성 소화기(3)에서 작동 온도는 중온 범위(30 내지 40℃)로 유지된다.
- [0032] 어떤 소화 공정이 사용되든 배출물은 도관(5)을 통해 혐기성 소화기(3)로부터 정밀여과(microfiltration) 장치 또는 마이크로필터(microfilter)(7)로 옮겨지며, 그의 유동 속도는 제2 펌프(6)에 의해 조정된다. 마이크로필터(7)는 소화기(3) 내의 처리 동안 슬러리에서 발견되는 부유 물질(suspended solid)의 농도를 증가시키도록 작동한다.
- [0033] 마이크로필터(7)로부터, 실질적으로 부유 물질이 없는 필터링된 물질의 유동이 도관(8)을 통해 나오고, 그 유동은 펌프(9)에 의해 조정되어, 추가 처리를 위해 호기성 또는 미호기성 생물 반응기(10)로 보내진다. 동시에, 마이크로필터(7)에 의한 여과에 의해 농축된 고체 물질은 대신 도관(11)을 통해 소화기(3)로 다시 보내져서, 전술한 기술에 따라 추가 처리된다.
- [0034] 생물반응기(10)는 호열성 조건(40 내지 70℃) 및 산소 충분 조건이나 미호기성 조건에서 작동한다. 이러한 조건들은 생물반응기의 올바른 작동을 위해 요구되며, 도관(12)을 통해, 바람직하게는 프로펠러나 터빈(13)에 의한 기계적 교반과 함께 생물반응기 내로 공기 또는 기타 산소 함유 가스를 취입하여 산소 분해 속도를 증가시킴으로써 달성된다.
- [0035] 실시간으로 산소 농도를 검증하기 위해서, 액체 내에 용해된 산소의 텐션이 종래의 검류계(galvanometric) 또는 폴라로그래프(polarographic) 프로브(미도시)에 의해 측정된다.
- [0036] 생물반응기(10)는 중온 혐기성 소화기와 유사한 방법으로 연속 모드로 작동한다. 특히, 이로부터 떨어진 도관(14)은, 생물반응기(10)의 배출물을 제2 정밀여과 장치 또는 마이크로필터(16)로 안내하는 순환 펌프(15)를 포함한다. 이러한 마이크로필터를 통과하지 않은 고체 물질은 [도관(17)을 통해] 다시 동일한 생물반응기(10)로 보내지고, 필터링된 유체는 가능한 후속 사용을 위해 도관(18)을 통해 이러한 플랜트 부분 외측으로 옮겨진다. 도관(18)으로부터 나오는 유체는 부유 물질이 없는 깨끗한 용액이기 때문에, (통상의 사육장으로의 배출에 대한 대안으로서) 상기 액체 물질을 추가처리하여 상업적 사용을 위해 액체 비료로 바꾸는 것이 가능하다.
- [0037] 또한, 생물반응기(10)로부터, 실질적으로 암모니아 물질로 이루어진 슬러리 처리로부터의 배기 가스의 유동이 [출구 도관(20)을 통해] 방출되며, 상기 암모니아 물질은 이하에 설명되는 바와 같이 적합한 처리를 받아 유용해진다. 마지막으로, 생물반응기(10)의 최종 충전 레벨은 소화된 유체의 유출을 위한 도관(21)을 통해 제어되며, 인출 펌프(22)에 의해 조정된다. 도관(21)으로부터 나오는 유체는, 특히 미생물 바이오매스 및 소화되지 않은 불용성 고체로 이루어진 고체 물질의 현탁액이며, 따라서 이는 보통 지면에 배출될 배설물(dung)로서만 사용된다. 반대로, 본 발명의 공정에 따르면, 이러한 유동은 (이하에 상세히 설명되는 바와 같이) 완전 인산염 제거를 달성하도록 추가 처리되어, 수체 내에 절대 부영양화 현상을 유발하지 않게 수체 내로 폐기물을 버릴 수 있게 한다. 따라서, 본 발명의 공정은 특히, 농장에 필요한 양의 토지가 없거나 토지 내의 인산염 레벨이 이미 과도하게 높은 값에 도달하여 처리된 유체를 농업 토지에 걸쳐 배출하는 것이 불가능한 모든 경우에 있어서 유용하다.
- [0038] 마지막으로, 소화기(3)와 생물반응기(10) 사이에 2개의 연결 파이프가 제공되며, 그 중 하나는 유동이 펌프(24)에 의해 조정되는 공급 파이프(23)이고, 다른 하나는 유동이 펌프(26)에 의해 조정되는 반송 파이프(25)이다: 소화기(3) 내에 실질적으로 일정한 체적을 유지하기 위해 (그 자체로서 공지된 방법으로) 도관(23)을 통한 유동이 사용되며, 도관(25)을 통한 유동은 목표하는 리사이클링 강도를 얻도록 조정된다. 이윽고 상기 유동의 일정성으로 인해 전체 플랜트가 변하지 않는 작동 조건으로 유지된다.
- [0039] 전술한 바와 같이, 도 2에 도시된 제2 플랜트 부분에서, 제1 부분의 가스 배출물은 그 후 가스 배출물 내에 함유된 질소를 회수하고, 본 발명의 공정의 바람직한 실시예에서 유동(19)의 생물가스 내에 발견된 이산화탄소 또한 회수하도록 처리된다.
- [0040] 배기 가스 도관(20)으로부터 나오는 암모니아계 물질이 농후한 배기 가스를 추가 처리하기에 적절한 제2 플랜트 부분은 개략적으로, 하부 부분 내로 상기 도관이 이어지는 가스/액체 접촉기(33)로 이루어지며, 암모니아 함유

가스 상은 도관(32)을 통한 역류로 공급되는 산성 용액과 접촉되게 된다.

[0041] 가스 상 내에 발견된 암모니아는 액체에 용해된 암모니아와 밸런스를 이루기 쉬운 액체 상으로 용해된다. 이로써 상기 암모니아는 이하의 반응에 따라 용액 내의 암모늄 이온과 밸런스를 이룬다:



[0043] 산의 존재가 반응에 의해 생성된  $\text{OH}^-$  이온을 중화시켜, 용해된 암모니아와 암모늄 이온 사이의 밸런스를 향해 오른쪽으로 이동되며, 따라서 액체에 용해된 암모니아의 점진적 염화(salification)를 결정하여, 사용된 산의 암모늄 염의 용액을 발생시킨다.

[0044] 통상적으로 이러한 산성화(acidification) 작업을 위해 황산이 사용될 수 있고, 가스/액체 접촉기(33)에 공급된 액체 상에 이러한 산을 첨가하는 것은, 액체 상 내에 침지된 프로브를 통해 미리 설정된 값 근처로 일정한 pH를 유지시키도록 제공되는 자동 적정(titration) 장치에 의해 유리하게 실행될 수 있다.

[0045] 본 발명의 공정의 바람직한 실시예에서, 대신 사용된 산은 탄산이며, 이러한 산은 가스/액체 접촉기(33)의 바닥에서 취해진 액체 유동을 통해 소화기(3)에 의해 생성된 생물가스를 세척(washing)함으로써 얻어지며, 이는 생물가스 내에 발견된 대부분의  $\text{CO}_2$ 를 회수하여 그것이 대기로 방출되는 것을 실질적으로 방지하는 추가 장점을 갖는다. 이러한 목적을 위해, 생물반응기(3)로부터 나오는 도관(19)은 상기 반응기 내에 생성된 생물가스를 가스/액체 접촉기(27)에 공급하고, 가스/액체 접촉기에서 생물가스는 도관(32), 접촉기(33) 및 도관(28')을 통해 탱크(31)로부터 나오는 액체 유동을 통한 역류로 처리된다. 초기에는 이러한 유동은 물로 이루어지고, 따라서 생물가스에 함유된  $\text{CO}_2$ 는 물에 부분적으로 용해되고, 이는 부분적으로 해리되어 이러한 액체 상의 pH의 강하를 결정하는 탄산과 평형 조건에 도달할 때까지 용해된다.

[0046] 따라서  $\text{CO}_2$ 가 부족하고 이에 따라 사실상 전체적으로 메탄으로 이루어진 생물가스는 도관(28)을 통해 접촉기(27)로부터 추출되고, 예를 들어 버너, 내연기관, 또는 터빈 모터일 수 있는 열 모터/엔진(29)에 보내진다. 따라서  $\text{CO}_2$ 가 제거된 생물가스의 연소에 의해 발생하는 열 에너지 또는 기계적 에너지는 플랜트의 내부 요구조건에 대해 유리하게 사용되며, 따라서 플랜트의 에너지 밸런스를 개선하고, 이러한 연소에 의해 생성된 배기 가스는 부분적으로 또는 완전히 가스/액체 접촉기(33)의 기부에 공급되어, 내부에 함유된  $\text{CO}_2$ 가 탱크(31)로부터 나오는 액체 상 내로 흡수되고, 따라서 접촉기(27 및 33)의 액체 유동에 산성도를 더하게 된다.

[0047] 또한, 접촉기(27)로부터 나오는 산성 액체 상은 도관(30)을 통해 탱크(31)에 공급되고, 차례로 탱크는 [도관(32)을 통해] 암모니아 함유 물질의 가스 유동의 처리를 위한 가스/액체 접촉기(33)를 다시 채우고, 유동은 생물반응기(10)에 의해 방출된다. 암모니아 함유 물질은 탱크(31)로부터 나오는 산성 액체 상에 용해되고, 그의 염기도는, 접촉기(27 및 33)에 용해된  $\text{CO}_2$ 에 의해 액체 상 내에 도입된 산성도에 의해 적어도 부분적으로 중화된다. 이러한 중화의 결과, 질소 염[중탄산암모늄(ammonium bicarbonate), 탄산암모늄(ammonium carbonate) 등]의 혼합물이 형성되고, 혼합물의 평형은 용액의 pH에 의해 영향을 받는다.

[0048] 탱크(31) 내에 이러한 질소 염의 혼합물의 일정한 농도를 유지하기 위해, 후속된 안정화 처리(stabilisation treatment)를 위한 탱크(33) 내에 저장된 질소 염의 용액의 유출을 위한 도관(34)뿐 아니라 탑업 물 유입 도관(top-up water inflow conduit)이 제공된다.

[0049] 탱크(36) 내에 수집된 질소 염의 혼합물의 안정화 처리는 도 3에 도시된 플랜트의 제3 부분에서 실행된다. 이러한 혼합물의 안정화는 필수적인데, 왜냐하면 그렇지 않으면 비교적 낮은 온도에서도 분해되어  $\text{NH}_3$  및  $\text{CO}_2$  가스를 발생시키며, 연장된 시간 동안 그것을 보존하는 것을 실질적으로 불가능하게 만들기 때문이다. 그리고 나서, 결합된 접촉기(27 및 33)의 시스템으로부터 나오는 용액에서 발견되는 암모늄의 절반(몰수로)의 질산염 이온으로의 변환이 진행되는 것이 필요하며, 그리하여 질산암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )의 수용액을 얻게 되는데, 이 물질은 높은 퍼센티지의 질소 함량(중량으로 35%)과 고체 상태 또는 용액에서의 안정성 둘 모두로 인해 우수한 비료화(fertilising) 특성을 갖는다.

[0050] 암모늄 이온의 부분의 질산염 이온으로의 변환은 소위 질화 반응을 통해 생물학적으로 발생되며, 전형적으로는 니트로소모나스(Nitrosomonas), 니트로소코커스(Nitrosococcus) 및 니트로박터(Nitrobacter) 속(genus)에 속하는 미생물의 협력으로 발생된다. 첫번째 2개의 속에 속하는 미생물은 전자 수용체로서 분자 산소를 사용하여

암모늄 이온을 아질산염(nitrite) 이온으로 산화시키고, 세번째 속에 속하는 것은 그의 독립영양(autotrophy)으로 인해, 즉, 탄소의 소스로서 CO<sub>2</sub>를 사용하는 능력으로 인해 유사하게 작동하여 아질산염 이온을 질산염 이온으로 산화시킨다. 따라서, 결합된 접촉기 시스템으로부터 나오는 용액의 높은 CO<sub>2</sub> 농도는 특히 본 발명의 목적을 위해 이러한 미생물의 활성화와 성장에 바람직하다.

[0051] 암모늄 이온의 부분 질화는 생물반응기에서 실행되며, 생물반응기는 액체 현탁액 형태의 또는 고체 기질에 정착된 질화 바이오매스를 함유하고, 가스-액체 접촉기의 시스템으로부터 나오는 용액으로, 즉, 도 2에 도시된 유동(34)으로 연속적이거나 간헐적으로 공급된다. 질화 미생물의 성장에 필요한 화학적 화합물[인, 황, 마그네슘, 다양한 미량원소(oligoelement)]은, 적절한 염 용액의 형태로 또는 더 단순하게는 암모니아 염 용액(34)에 적절한 양으로 가해진 새로운 슬러리로서 시스템에 공급된다.

[0052] 도 3은, 질화 바이오매스를 재료의 표면 상에 보유하거나 재료의 공동 내부에 보유하는 적절한 재료로 채워진 원통형 용기로 이루어진 생물반응기(35) 내에 질화 바이오매스가 포함되는, 이러한 질화 시스템을 개략적으로 도시한다. 고정화된 바이오매스(immobilised-biomass) 생물반응기는 탱크(36) 내에 포함된 암모니아 염의 용액(34)으로 연속적으로 또는 간헐적으로 공급되는데, 상기 탱크 내로 펌프(37)를 통해 상기 용액이 유입되고, 상기 탱크로부터 펌프(38)에 의해 상기 용액이 인출되어 생물반응기(35)의 헤드(head)로 보내진다. 용액은 내부에 함유된 질화 바이오매스와 접촉하게 나오는 생물반응기를 통해 침출되고(percolate), 따라서 다시 탱크(36) 내에 수집된다. 따라서, 생물반응기(35)를 통한 암모니아 염의 용액의 연속된 순환이 달성되며, 이는 이러한 염이 연속적으로 질화 바이오매스와 접촉하게 하고, 암모늄 이온의 질산염 이온으로의 점진적 변환을 결정한다.

[0053] 상기 변환을 용이하게 하기 위해, 생물반응기(35)는 공기 또는 다른 산소 함유 가스로 공급되고, 상기 공기 또는 가스는 하부 부분으로 전달되어[유동(39)] 상부 부분에서 방출된다[유동(40)]. 질산염 이온의 농도의 점진적 증가 및 이에 따른 용기(36) 내에 포함된 액체의 암모늄 이온 농도의 감소는, 펌프(37)를 통해 새로운 암모니아 염의 용액(34)을 연속적으로 또는 주기적으로 전달함으로써, 그리고 동시에, 탱크(36)로부터의 액체 유동의 유출을 위한 밸브(41)를 작동시켜 체적을 일정하게 유지시키는 자동 레벨 제어용 시스템을 사용하여 질화된 용액을 제거함으로써 제어될 수 있다. 원칙적으로, 일단 생물반응기(35) 내의 질화 속도가 알려지면, 암모늄 이온의 첨가 속도와 질산염 이온의 제거를 조절함으로써 암모늄 이온과 질산염 이온의 농도 비율을 미리 설정된 값으로 유지시키는 것이 가능하다.

[0054] 도 3에 도시된 시스템에서 조사된 2개의 화학종의 동적인 밸런스에 기초하면,

[0055] [식 1]

[0056] 
$$R = [NH_4]/[NO_3]$$

[0057] 상기와 같이 정의되는 2개의 화학종들 사이의 정량(ration)이 다음의 방정식에 따라 탱크(36)로의 새로운 용액의 공급 유동에 의존하여 변화한다는 것을 쉽게 알 수 있다:

[0058] [식 2]

[0059] 
$$R = D [NH_4]_{in}/(D [NH_4]_{in} - r) - 1$$

[0060] 단, [NH<sub>4</sub>] = 암모늄 이온의 농도 (몰/L)

[0061] [NH<sub>4</sub>]<sub>in</sub> = 공급 유동 내의 암모늄 이온의 농도 (몰/L)

[0062] [NO<sub>3</sub>] = 질산염 이온의 농도 (몰/L)

[0063] D = F/V

[0064] F = 공급 유동 (L/h)

[0065] V = 질화 시스템 내의 액체의 총 체적 (L)

[0066] r = 암모늄이 질산염으로 변환되는 체적 속도(몰/L h)

[0067] 물론, 암모늄의 질산염으로의 변화의 체적 속도(r)는 상수가 아니며, 다른 것들 중에서, 질화되는 바이오매스의 양과, 시스템 내의 암모늄 및 질산염 이온의 농도에 의존한다. 가장 단순한 형태로서, 이러한 의존도는 미카엘

리스-멘텐(Michaelis-Menten) 형태의 함수, 즉, 다음 식에 의해 표현될 수 있다:

[0068] [식 3]

$$r = q_m X S / (S + K_s)$$

[0069] 단,  $q_m$  = 바이오매스 유닛에 대한 최대 질화 속도(몰/g h)

[0070]  $X$  = 시스템 내에서 질화되는 바이오매스의 총량(g)

[0071]  $S$  = 액체 내의 암모늄 이온의 농도(몰/L)

[0072]  $K_s$  = 포화 상수(몰/L)

[0073] 식 (2)를 식 (3)과 조합하면, 파라미터  $D$ (특정 공급 속도)와 변수  $s$ (시스템 내의 암모늄 이온의 잔류 농도) 사이의 관계가 얻어진다.  $D$ 의 각 값에 대해  $S$ 의 단일 값이 대응한다는 것을 쉽게 알 수 있다. 상기 관계에 따라, 매우 높은 값의  $D$ 는 질산염 이온에 비해 암모늄 이온의 초과를 결정하고, 매우 낮은 값의  $D$ 는 반대 상황으로 이어진다. 따라서,  $D$ 의 값은, 암모늄 질산염의 수용액에 있어서 식 (1)에서 정의된 파라미터  $R$ 이 1의 값을 취하는 것에 부합하게 존재한다는 것이 명백하다.  $D$ 의 이러한 값은 다음과 같이 표현된다:

[0074] [식 4]

$$D = 2 r / [NH_4]_{in}$$

[0075] 본 발명에 따른 플랜트의 제4 및 마지막 부분에서, 무기 인(inorganic phosphorus)의 회수가 최종적으로 실행되며, 무기 인은 도관(21)을 통해 취해진 생물반응기(10)로부터의 배출물들 중에서 오르토인산염의 형태로 발견된다. 이에 대한 회수를 진행시키기 위해서, 이하의 주요 유닛으로 이루어진 시스템(도 4)이 사용된다:

[0076] ● 생물반응기(10)로부터 나오는 배출물(21)을 수용하고, 산(43)을 가함으로써 그것을 산성화시키는 교반식 반응기(42);

[0077] ● 반응기(42) 상에 재순환되게 작동하여 깨끗한 배출물(45)을 생성하는 정밀여과 장치(44);

[0078] ● 깨끗한 배출물(45)을 수용하고, 화학적 화합물(47)을 가함으로써 배출물(45) 내에서 발견되는 인의 침전을 결정하는 교반식 반응기(46);

[0079] ● 반응기(46)로부터 나오는 인산염을 함유하는 불용성 화합물을 함유하는 현탁액을 수용하고, 불용성 화합물(49)의 회수를 가능하게 하는 여과 시스템(48).

[0080] 호기성 반응기(10)의 배출물의 산성화는, 내부에서 발견되는 높은 pH 값으로 인해 반응기(10) 내에 가능하게 존재하는 인산염 함유 불용성 화합물을 가용성으로 만들 수 있다. 이러한 가용화는, 임의의 불용성 화합물이 여과 멤브레인에 의해 보유될 것이기 때문에 정밀여과 시스템(44)에 의해 생성된 깨끗한 배출물(45)에서 오르토인산염을 효율적으로 회수하는 데 필요하다.

[0081] 깨끗한 배출물(45)에서 발견되는 오르토인산염의 침전은, 마그네슘 염(예를 들어,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ ,  $MgO$  등)을 가함으로써 그리고 동시에 배출물(45)을 알칼리화(alkalinisation)함으로써 얻어진다.  $MgO$  또는  $Mg(OH)_2$ 의 사용이 특히 유리한데, 이것은 동시에 마그네슘 이온의 첨가와 용액의 알칼리화를 결정하기 때문이다. 배출물(45) 내에 암모늄과 오르토인산염이 동시에 존재하는 것은 마그네슘 염의 첨가가 화합물  $Mg(NH_4)PO_4$ [스트루바이트(struvite)]의 침전을 결정하게 만들고, 이는 특히 농업적 사용을 위한 비료로서의 응용에서 유리하다. 상기 화합물은 여과, 침강(sedimentation), 원심분리 또는 기타 등가의 고체-액체 분리 작업을 통해 회수될 수 있다.

[0082] 지금까지 설명된 공정은 명백하게 단순화된다. 특히, 실제 본 발명에 따른 플랜트의 수득율을 감소시키는 일부 변수들이 고려되지 않는다. 사실 상기 설명은, 생물반응기 내에서 발견되는 부유 물질이, 가용성 기질로부터 뿐만 아니라, 생물반응기 내의 바이오매스의 성장을 위해 부분적으로 사용될 수 있는 불용성 기질로부터 시작되는 생물반응기 내부에 형성된 바이오매스만으로 이루어지지 않는다는 사실을 고려하지 않았다. 그럼에도 불구하고 일반적으로, 실질적으로 부유 물질이 없는 배출물의 생성이 생물반응기 내의 바이오매스의 농도의 증가와, 따라서 그의 부피 분해 용량의 증가를 결정한다고 예상된다.

[0083] 부유 물질의 농축 방법으로서의 정밀여과의 사용은 침강 탱크의 사용에 대한 상당한 개선을 보여주는데, 왜냐하

면, 상기 탱크의 효율성은 부유 물질의 침강성 특성에 결정적으로 의존하며 이러한 특성은 작업자에 의해 거의 제어 불가능하기 때문이다. 전술한 정밀여과 장치(7 및 16)는, 더 이상 공지의 기술과 같이 플랜트 내에 침강 탱크를 사용할 필요가 없고 합리적인 시간 내에 높은 침강 용량을 달성하는 데 필요한 모든 기술적 장치들을 작동할 필요가 없으므로, 플랜트 제조와 운용에 대한 복잡성 및 비용을 유리하게 감소시킨다.

[0086] 본 발명에 따른 생분해 플랜트의 부분을 형성하는 생물반응기(3 및 10) 둘 모두에서 부유 물질의 농도를 증가시키는 것은 전체 분해 용량의 상당한 증가를 결정하며, 이는 소위 휘발성 고체(volatile solids)의 전체 감소, 기본으로는 폐기물 내에서 발견되는 유기 물질의 측정, 또는 COD의 측정에 기초하여 결정될 수 있는 바와 같이, 오염성 로드의 매우 현저한 감소를 뜻한다.

[0087] 이러한 감소는 전체 3개의 유동으로 이루어진 처리된 폐기물 유출과 플랜트 내로의 폐기물 유입(1) 사이의 휘발성 고체 또는 COD의 밸런스에 기초하여 평가되며, 상기 3개의 유동은 생물반응기(10)에 연결된 정밀여과 장치(16)로부터 나오는 여과액의 유동(18)과, 농축된 유체의 유동(21)과, 동일한 생물반응기(10)로부터 나오는 배출 가스의 유동(20)이다. 생물반응기(3)로부터 나오는 생물가스의 유동(19) 또한 COD의 전체 밸런스에 기여한다는 것을 고려할 필요가 있으나, 이러한 COD의 소스는 연소에 의해 에너지 생산에 사용되거나 연료 전지를 통해 전기화학적으로 사용되기 때문에 환경에 방출되는 오염 작업에 더 이상 기여하지 않는다.

[0088] 제2 플랜트 부분에서 생성된 암모니아 가스의 회수 상이 관련되는 한 접촉기(33)는 바람직하게는 연속적 모드로 작동하며, 이는 이하의 예시의 최종 상에서 명백하게 설명된다. 물론, 플랜트는 또한 암모늄 염의 목표하는 농도에 도달할 때까지 동일한 액체 상을 사용하여 불연속적 모드로 작동할 수 있다.

[0089] 작동 조건은 암모니아 가스의 목표하는 회수 효율 및 생물반응기(10)의 내용물의 pH 값에 기초하여 선택되며, 그 값은 약 8 미만인 되어서는 안 된다. 이러한 pH 값에서 그리고 선택된 온도(55°C)에서 용해된 암모니아(NH<sub>3</sub> aq)와 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 사이의 평형의 위치는, 용해된 암모니아가 용액 내의 전체 암모니아의 약 55%를 나타내도록 된다. 용액 내의 자유 암모니아(free ammonia)는 가스 상 내에서 발견되는 암모니아와 평형을 이루기 쉬우며, 가스 상은 목표하는 호기성 조건을 유지하기 위해 생물반응기(10)에 취입된 공기(12)를 포함하고, 생물반응기 내에서 발견되는 액체 상과 접촉하는 동안 산소가 고갈되고 이산화탄소와 암모니아가 농후해진다. 따라서, 새로운 가스 상의 연속된 이송 및 암모니아가 농후한 가스 상의 대응하는 제거는 생물반응기(10)로부터 가스 암모니아의 순 제거(net removal)를 결정한다.

[0090] 예시(COD 감소)

[0091] 이하에서 구성요소와 유동을 식별하기 위한 도면을 참조하여 본 발명의 응용예가 도시된다.

[0092] 기계적 교반 장치와 측정 및 자동 온도 제어 장치를 구비한, 15 ℓ의 기하학적 체적을 갖는 혐기성 생물반응기는, 이하의 특성을 갖는 폐기물로 10 ℓ의 체적까지 채워진다:

[0093]	총 고체	38.7 g/L
[0094]	휘발성 고체	26.3 g/L
[0095]	COD	52.7 g/L

[0096] 온도는 35°C로 유지되고, 60 rpm/min으로 교반된다. 생성된 가스는 유압식 가스탱크(hydraulic gasometer) 내에 수집되고 매일 측정된다. 가스 생성이 그의 최대값에 도달한 후 감소하기 시작할 때, 하루 당 500 ml의 유동 속도로 새로운 폐기물의 공급이 시작되며, 체적은 오버플로우 장치(overflow device)로 10 ℓ에서 일정하게 유지된다. 결과적인 회색 속도는 0.0021 h<sup>-1</sup>이며, 이는 20일의 평균 잔류 시간에 대응된다.

[0097] 시스템이 휘발성 고체의 농도, 배출물 COD 및 생물가스 생성과 조성에 대한 시간에 걸친 항구성에 기초하여 평가된 정지 상태(stationary state)에 도달하면, 생물반응기는 100 nm의 공칭 공극률을 갖는 세라믹 멤브레인을 구비한 정밀여과 모듈에 연결되며, 상기 모듈은 멤브레인 내에 3 내지 4 m/sec의 접선 유동(tangential flow)을 보장할 수 있는 원심분리기 펌프에 의해 공급된다. 트랜스멤브레인 압력(transmembrane pressure)은, 혐기성 생물반응기로서의 리텐트된(retented) 물질의 반송 라인 상에 모듈의 하류에 배열된 유동 감소 밸브를 작동시킴으로써 0.3 내지 0.5 bar로 유지된다.

[0098] 정밀여과 모듈에 의해 생성된 투과물(permeate)은, 조정가능한 공기가 취입되는 기계적 교반 장치, 온도 측정 및 제어 장치, pH 측정 장치 및 용해된 산소 텐션 측정 장치를 구비한, 15 ℓ의 기하학적 체적을 갖는 호기성

생물반응기로 보내진다. 생물반응기의 공급 유동 속도는 하루 당 400 ml로 조정된다. 또한, 일정한 체적을 유지하기 위한 장치로부터 제거된 혐기성 생물반응기의 배출물은, 55℃에서 10 ℓ의 일정한 체적으로 작동하는 15-1 호기성 생물반응기에 보내진다. 호기성 생물반응기의 호기성 조건은 러쉬톤 터빈(Rushton turbine)에 의한 기계적 교반과 연속적인 공기 취입에 의해 달성된다. 호기성 조건의 유지는 용해된 산소의 텐션의 측정을 통해 검증되며, 상기 텐션은 교반 속도 및/또는 공기 취입 유동 속도를 적절하게 조정함으로써 대기압에서 공기 포화 값의 5% 미만인 값으로 유지된다. 교반 속도의 범위는 100 내지 300 회/min이고, 취입 공기의 유동 속도의 범위는 1.0 내지 1.5 ℓ/min이다.

[0099] 호기성 생물반응기는, 동일한 공급과 트랜스멤브레인 압력 조건에서 작동하는, 혐기성 생물반응기에 연결된 것과 유사한 정밀여과 모듈에 연결된다. 이러한 모듈에 의해 생성된 투과물의 유동 속도는 하루 당 400 ml로 설정된다.

[0100] 호기성 생물반응기 내에 포함된 유체의 체적은, 생물반응기로부터 과잉 유체를 배출하는 자동 레벨 제어 장치에 의해 10 ℓ로 유지된다. 따라서, 호기성 생물반응기로부터 나오는 전체 유압 유동 속도는 투과물의 유동 속도와 과잉 유체의 오버플로우 속도의 합으로 이루어진다. 이러한 유동 속도는 이상적으로는 혐기성 생물반응기의 공급 유동 속도와 동일하지만, 실제로는 2개의 가스 유동을 통한 생물반응기로부터의 물 손실로 인해 그보다 작으며, 상기 2개의 가스 유동은:

[0101] 1) 혐기성 생물반응기로부터 나오는 생물가스[유동(19)];

[0102] 2) 혐기성 생물반응기로부터 나오는 배출 공기[유동(20)]이다.

[0103] 스트림 상태에서의 이러한 물 손실은, 얼음 물이 공급되는 환류 응축기(reflux condenser)를 2개의 생물반응기의 스피лл 라인(spill line) 상에 설치함으로써 최소화되지만, 완전히 제거되지는 않는다. 따라서, 이렇게 손실된 물은 시스템의 물 밸런스로부터 빠진다.

[0104] 전술한 2개의 출력, 즉, 정밀여과 투과물 및 일정 체적 유지로부터 유도된 과잉 액체에 더하여, 50 ml/일의 액체 유동이 호기성 생물반응기로부터 추가 인출되고, 혐기성 생물반응기에 공급된다.

[0105] 적절한 시간 후에 시스템은, 생물가스 생성 및 조성에 추가하여, 생물반응기 둘 모두 및 상이한 액체 유동 내의 휘발성 고체의 농도 및 COD 농도의 시간에 걸친 항구성에 기초하여 평가된 정지 상태에 도달한다.

[0106] 이러한 지점에서 혐기성 생물반응기의 공급은 점차 1000 ml/일까지 증가되며, 동시에 동일한 비율로, 혐기성 생물반응기에 연결된 정밀여과의 투과물의 유동 속도는 증가되어 800 ml/일의 값에 도달하고, 호기성 생물반응기에 연결된 정밀여과의 투과물의 유동 속도는 증가되어 800 ml/일의 값에 도달하고, 호기성 생물반응기로부터 혐기성 생물반응기로의 리사이클링 유동 속도는 증가되어 100 ml/일의 값에 도달한다. 호기성 반응기의 오버플로우 속도는 180 ml/일의 값에 도달한다. 그러므로, 전체 시스템의 물 밸런스는, 전술한 바와 같이 시스템의 가스 배출물 내의 수증기의 손실로 인해 추측되는 바와 같이 20 ml/일만큼 부족하다. 이러한 작동 상태에서 혐기성 소화기는 10일의 유압 잔류 시간에 대응하는 0.00417 h<sup>-1</sup>의 회석 속도로[돼지 폐기물로만 공급되는 것을 참조함] 작동한다.

[0107] 적절한 시간 후에 시스템은, 생물가스 생성 및 조성뿐만 아니라 생물반응기 둘 모두 및 상이한 액체 유동 내의 휘발성 고체의 농도 및 COD 농도의 시간에 걸친 항구성에 기초하여 평가된 새로운 정지 상태에 도달한다.

[0108] 정지 상태에서 유효한 COD 밸런스 관계가 다음과 같이 주어졌을 때:

[0109] 
$$COD_{in} = COD_{CH_4} + COD_{18} + COD_{21} + COD_{cons},$$

[0110] 단, COD<sub>in</sub>: 유입 COD

[0111] COD<sub>CH<sub>4</sub></sub>: 생성된 생물가스 내의 COD

[0112] COD<sub>18</sub>: 생물반응기(10)에 연결된 정밀여과의 여과물 내에 존재하는 COD

[0113] COD<sub>21</sub>: 생물반응기(10)의 배출물 내에 존재하는 COD

[0114] COD<sub>cons</sub>: 유입 폐기물로부터 제거된 COD;

- [0115] 개별 구성요소에 대해 이하의 값이 주어지면:
- [0116]  $COD_{in}$ : 52.7 g/일
- [0117]  $COD_{CH_4}$ : 34.2 g/일
- [0118]  $COD_{18}$ : 2.7 g/l
- [0119]  $COD_{21}$ : 32.5 g/l
- [0120] g/일로 표현되는 COD의 밸런스는 다음과 같이 된다:
- [0121]  $52.7 = 34.2 + 0.8 \times 2.7 + 0.18 \times 32.5 + \text{COD 소비}$
- [0122] 이로부터, 결합된 시스템의 메탄 생성의 COD 순 감소는 10.49 g/일이라는 것이 나타난다. 메탄 생성의 플랜트로부터의 순 유출 COD는 8.0 g/일이고, 이는 84.8%의 COD 감소에 대응된다. 생성된 메탄 내의 폐기물에서 발견된 COD의 존속 효율은 64.9%이다. 관찰 기간 동안, 혐기성 생물반응기와 호기성 생물반응기로 이루어진 시스템 내의 총 COD 함량은 일정하게 남아 있었으며, 상기 방정식에 의해 표현된 밸런스에 기초한 정지 상태에 대한 가정의 유효성이 확인되었다.
- [0123] 호기성 생물반응기로부터 나오는 가스 배출물은 암모니아의 형태로 총 유입 질소의 50%를 함유한다. 이러한 배출물은, 원통형 유리 요소[라시히 링(Raschig ring)]로 채워진 플라스틱 재료의 컬럼으로 이루어진 가스/액체 접촉기 내로 도입되며, 순환 펌프를 통해 컬럼의 상부 부분 내로 도입된 침출액(percolate)에 수용액상(aqueous phase)이 만들어지고, 상기 순환 펌프는 용액이 컬럼을 통과한 후에 반송되는 리저브(reserve)로부터 이를 가져온다. 생물반응기로부터 나오는 암모니아를 함유하는 가스 상은 컬럼의 바닥 부분 내로 도입되고, 따라서 수용액상에 대해 역류로 이동된다. pH 증폭기에 연결된 pH 프로브는 4.0으로 설정된 조정 지점을 갖는다. 리저브 내의 액체의 pH의 자동 보정은 5%의 황산 용액을 가함으로써 실행되었다(p/v). 황산의 소비는 리저브 내의 용액 레벨의 주기적 판독을 통해 결정된다. 이러한 소비는 가스 상으로부터 액체 상으로 변화되는 암모니아의 양에 비례한다. 리저브로부터 주기적으로 용액 샘플이 인출되고, 황화 암모늄(ammonium sulphate)으로서 존재하는 암모니아 농도는 선택적 이온 프로브를 통해, 또는 증기류 증류(steam current distillation) 및 산/염기 타이틀레이션(acid/base titulation)에 의해 결정된다.
- [0124] 접촉 유체의 리저브 내의 암모늄 이온의 농도 증가는 5%의 황산 소비에 기초하여 계산된 값에 철저히 따르며, 이는 사실상 접촉 유체에 용해된 암모니아의 직접 타이틀레이션이다. 168 h의 시간 프레임에서 측정된 용액 내의 암모늄 이온의 양의 증가는 8.5 g이며, 이는 암모니아성 질소의 6.6 g의 흡수에 대응되고, 다시 말해, 액체 상의 질소 밸런스에 기초하여 계산된 값의 94%에 대응된다.
- [0125] 상기 보고된 설명으로부터 어떻게 본 발명이 모든 설정된 목적을 달성하게 되는지 명확히 이해될 수 있다. 특히, 유기 물질의 분해 공정과 그를 위한 플랜트가 제공되었으며, 이는 미생물 바이오매스 및 접선을 따라 작용하는 정밀여과(tangential microfiltration)에 기초한 소화 혼합물에서 발견되는 미립자의 농축 기술을 채용하는 데 있어서 효율성, 재현성 및 제어 요구조건을 만족시키고, (미생물을 포함하는) 미립자와 깨끗한 부분 사이의 분리는 미생물의 특성에 의존하지 않지만, 선택된 필터링 수단의 특성과 도입된 작동 조건에 의존한다. 이미 폐기물의 호기성 분해를 위해 사용되는 MBR(Membrane Bio-Reactor)에 채용된 이러한 접근방법은 혐기성 소화기로 확장되었다.
- [0126] 설정된 목적은 또한 연속된 단일 혐기성 상과 단일 호기성 또는 미호기성 상으로 이루어진 생물학적 처리 공정을 통해 달성되었다. 따라서, 생물가스의 생성은 초기에는 질소 광화의 유해물이 되기 쉽고, 후속적으로 높은 pH 값과 온도를 유지하면서 전체적으로 최초 질소의 70%에 대해 유기 질소의 암모니아/암모늄으로의 변환이 달성된다. 이에 따라 얻어진 암모늄 염의 용액은 미네랄 질소 비료로서 사용될 수 있다. 또한, 생물학적 공정을 통한 전술한 방법에 따라, 질소, 인 및 이산화탄소와 같이 폐기물로부터의 환경적 스트레스를 만드는 주요 물질들을 광화하고 회수하는 혁신적인 공정을 형성하는 것이 달성되었다. 사실, 암모니아로의 밸런스의 이동에 필요한 염기성화는 농업 식품 폐기물로부터 시작하여 적용되는 작동 조건으로부터 선택된, 생물반응기에서 발견되는 생물학적 작용제의 단독 활동을 통해 달성되었다.
- [0127] 유입되는 폐기물에 존재하는 인의 회수는 최종적으로 특히 농업에서 유용한 화합물인  $Mg(NH_4)PO_4$  (스트루바이트)의 형태로 달성되었으며, 이는 폐기물로부터 추출될 물질의 부분을 채용하고 적절한 양의 마그네슘 염을 첨

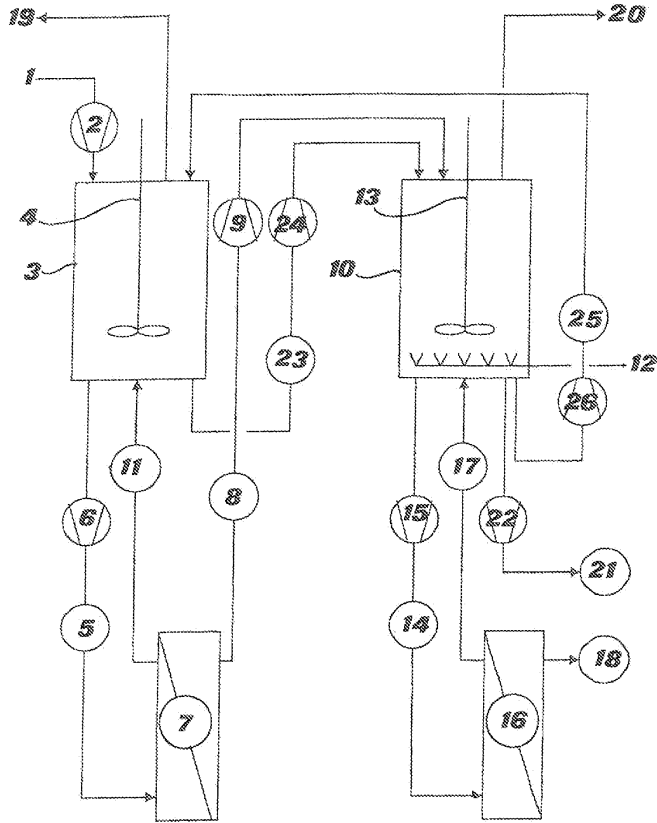
가하기만 하면 되는 장점을 갖는다.

[0128]

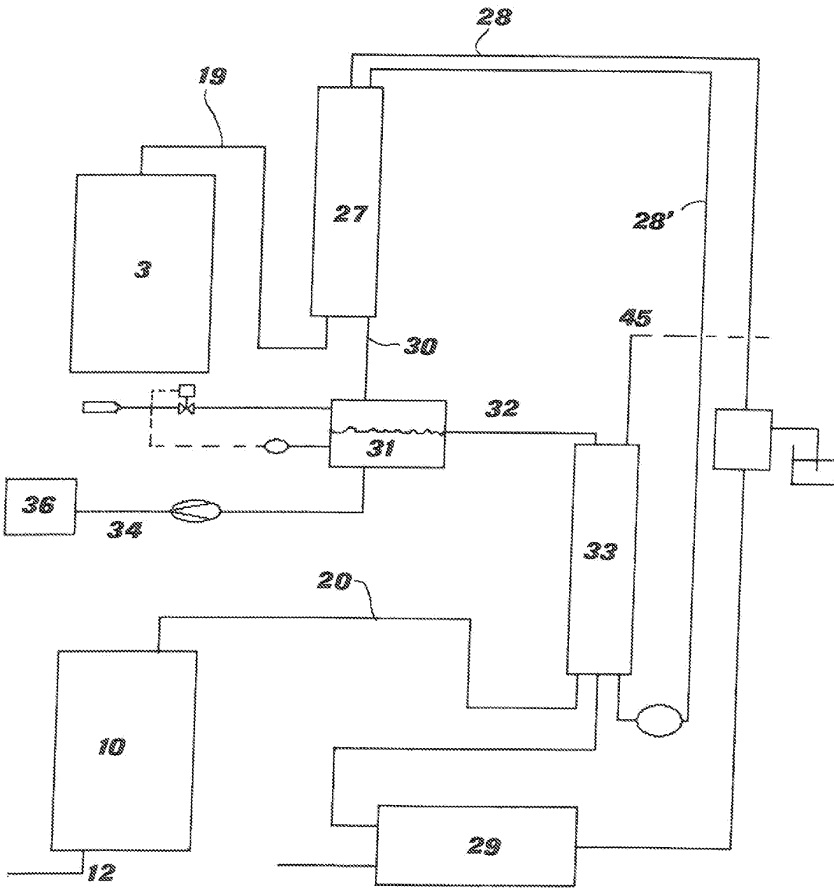
플랜트의 단순성은 본 공정이 그 자체로서 또한, 예를 들어 동물 농장과 같은 폐기물 생성 농장에서 작은 규모로 적용 가능하다는 것을 보여준다.

도면

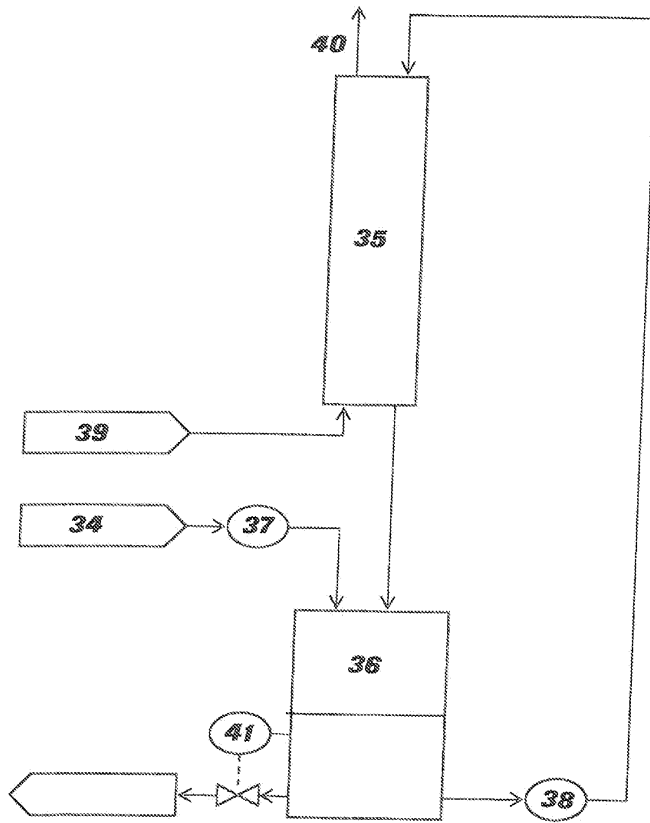
도면1



도면2



도면3



도면4

