



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월07일  
(11) 등록번호 10-1794049  
(24) 등록일자 2017년10월31일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>B09C 1/02 (2006.01) B03B 5/28 (2006.01)<br/>B03C 1/30 (2006.01) B07B 1/00 (2006.01)<br/>B09C 1/08 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>B09C 1/02 (2013.01)<br/>B03B 5/28 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0032395</p> <p>(22) 출원일자 2017년03월15일<br/>심사청구일자 2017년03월15일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>KR101033023 B1<br/>KR101647676 B1<br/>KR101151608 B1<br/>JP2000167575 A</p> | <p>(73) 특허권자<br/>(주)신대양<br/>부산광역시 사하구 구평로16번길 67 (구평동)</p> <p>(72) 발명자<br/>김수곤<br/>부산광역시 금정구 중앙대로 1938, 309호(구서동, 석탑그레이트빌)</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인임앤정</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 박재우

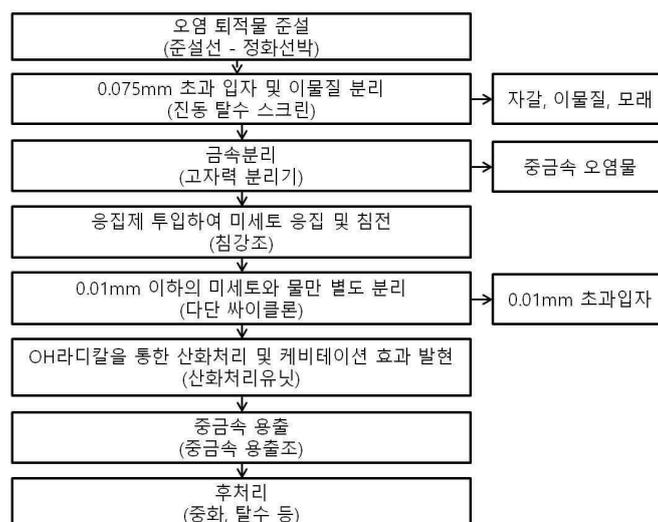
(54) 발명의 명칭 해양 오염 퇴적물 및 육상 오염토양 처리방법

(57) 요약

본 발명은 해양 오염 퇴적물 처리방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 처리방법은, 해양 준설토로부터 자성 입자와 비자성 입자를 분리하기 위한 자력분리단계; 자력분리단계에서 비자성 입자로 분류된 준설토에 응집제를 투입하여 준설토를 응집 및 침전시키는 침강단계; 침강단계에서 침전된 준설토를 순차적으로 입도분리하여, 일정 입도 이하의 미세토만을 분리해내기 위한 입도분리단계; 입도분리단계에서 분리된 물과 미세토를 산화처리조에 수용하고, 철 이온과 오존을 투입하여 OH라디칼을 발생시키고, 미세 기포의 케비테이션 효과를 발생시킴으로써, 유기물을 산화시키고 유기물로부터 중금속을 분리하는 산화처리단계; 및 산화처리단계를 거친 미세토를 산용액이 수용되어 있는 중금속 용출조에 수용하여 미세토로부터 중금속을 용출하기 위한 중금속 용출단계를 구비하는 것에 특징이 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*B03C 1/30* (2013.01)

*B07B 1/00* (2013.01)

*B09C 1/08* (2013.01)

*B09C 2101/00* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1525004747

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원

연구사업명 해양수산환경기술개발

연구과제명 내만 빈산소 수괴 해소기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)신대양

연구기간 2016.04.01 ~ 2019.03.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

해양 준설토로부터 자성 입자와 비자성 입자를 분리하기 위한 자력분리단계;

상기 자력분리단계에서 비자성 입자로 분류된 준설토에 응집제를 투입하여 상기 준설토를 응집 및 침전시키는 침강단계;

상기 침강단계에서 침전된 준설토를 순차적으로 입도분리하여, 일정 입도 이하의 미세토만을 분리해내기 위한 입도분리단계;

상기 입도분리단계에서 분리된 물과 미세토를 산화처리조에 수용하고, 철 이온과 오존을 투입하여 OH라디칼을 발생시키고, 미세 기포의 케비테이션 효과를 발생시킴으로써, 유기물을 산화시키고 유기물로부터 중금속을 분리하는 산화처리단계; 및

상기 산화처리단계를 거친 미세토를 산용액이 수용되어 있는 중금속 용출조에 수용하여 상기 미세토로부터 중금속을 용출하기 위한 중금속 용출단계;를 구비하는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 중금속 용출단계 사용하는 산용액은 구연산인 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 해양 준설토는 0.075mm 이하의 입도를 가지며,

상기 입도분리단계에서는 0.05mm 이하의 입자를 분리하는 제1단계와, 상기 제1단계에서 분리된 미세토를 0.03mm 또는 0.01mm 이하의 입자로 분리하기 위한 제2단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산화처리단계에서는 산화처리유닛이 사용되며,

상기 산화처리유닛은,

공기로부터 코로나 방전에 의하여 오존을 발생시켜 상기 산화처리조로 공급하는 오존발생기와,

상기 산화처리조 내 용액을 공급받아 고속으로 가속시키면서 기포를 발생시켜 다시 산화처리조로 공급하는 노즐을 구비하는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 노즐은 제1유로와, 상기 제1유로로부터 연장되되 제1유로에 비하여 단면적이 좁게 형성되어 유체를 가속시키는 제2유로와, 상기 제2유로의 내벽에 오목하게 형성되는 요철홈부를 구비하여,

상기 유체가 제2유로를 지날 때 유체 내에 미세기포가 형성되는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 산화처리유닛은,

중공형으로 이루어지되 내경이 넓은 제1유로부와, 상기 제1유로부 보다 좁은 내경을 가지는 제2유로부와, 상기 제1유로부와 제2유로부를 연결하는 연결부를 포함하는 외부관을 더 구비하며,

상기 노즐은 상기 외부관의 제1유로부 내에 삽입되며,

상기 오존발생기에서 발생된 오존은 상기 노즐의 외주면과 상기 외부관의 내주면 사이를 통해 유동하여, 상기 노즐에서 분사되는 유체와 혼합되는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 외부관과 노즐이 하나의 유닛으로 이루어지는 벤츄리관이 복수 개 마련되어 다발을 이루는 것을 특징으로 하는 해양 오염 퇴적물 처리방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 오염물을 처리하기 위한 환경 기술에 관한 것으로서, 특히 항만, 호수 등의 하저에 침전된 퇴적물을 정화처리하기 위한 해양 오염 퇴적물 처리방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 2008년 해양환경관리법이 개정됨에 따라 해양에서 준설했던 오염퇴적물을 다시 해양으로 배출하는 것은 매우 엄격한 절차와 기준을 준수해야 한다. 이에 해양 준설토는 정화 공정을 거친 후, 성토재 등으로 재활용되거나 육상 매립되는 방식으로 처리되고 있다. 육상 매립의 경우에도 토양환경보전법에 의해 오염도를 기준치 이하로 저감시켜야 한다. 이에 준설토에 대하여 육상 토양에 적용되는 공법들을 적용하여 왔다. 그러나 해양퇴적물은 육상 토양과 달리 입도가 낮은 미립자들, 예컨대 실트(입경 4~63 μm)와 점토(입경 4 μm 이하) 성분이 주를 이룬다는 특성이 있다. 또한 해양 준설토의 경우 염분이 높을 뿐만 아니라, 유기물을 많이 포함하고 있다. 미립자는 비표면적이 넓어서 중금속이 흡착 또는 결합이 매우 용이하여 준설토의 오염도가 매우 높게 나타난다.

[0003] 이에 기존의 육상 오염토양의 정화공정을 해양 준설토에 적용하게 되면 정화처리의 효율이 떨어진다는 문제점이 있다. 예컨대, 육상 오염토양 정화처리방법에서는 75 μm 이하의 오염토에 대해서는 정화 처리에 한계를 보이고 있다.

[선행기술문헌]

대한민국 등록특허공보 제10-0958067호(2010년 5월 7일)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 정화 선박을 이용하여 준설토를 원위치에서 직접 정화처리할 수 있으며, 해양 준설토의 특성에 최적화되어 정화처리 효율이 향상된 정화 처리방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0005] 한편, 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 해양 오염 퇴적물 처리방법은, 해양 준설토로부터 자성 입자와 비자성 입자를 분리하기 위한 자력분리단계; 상기 자력분리단계에서 비자성 입자로 분류된 준설토에 응집제를 투입하여 상기 준설토를 응집 및 침전시키는 침강단계; 상기 침강단계에서 침전된 준설토를 순차적으로 입도분리하여, 일정 입도 이하의 미세토만을 분리해내기 위한 입도분리단계; 상기 입도분리단계에서 분리된 물과 미세토를 산화처리조에 수용하고, 철 이온과 오존을 투입하여 오투라디칼을 발생시키고, 미세 기포의 캐비테이션 효과를 발

생시킴으로써, 유기물을 산화시키고 유기물로부터 중금속을 분리하는 산화처리단계; 및 상기 산화처리단계를 거친 미세토를 산용액이 수용되어 있는 중금속 용출조에 수용하여 상기 미세토로부터 중금속을 용출하기 위한 중금속 용출단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 중금속 용출단계 사용하는 산용액은 유기산인 것이 바람직하며, 특히 구연산 용액을 사용할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 해양 준설토는 0.075mm 이하의 입도를 가지며, 상기 입도분리단계에서는 0.05mm 이하의 입자를 분리하는 제1단계와, 상기 제1단계에서 분리된 미세토를 0.03mm 또는 0.01mm 이하의 입자로 분리하기 위한 제2단계를 구비하여 다단으로 입도분리를 수행하는 것이 바람직하다.

[0009] 특히, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산화처리단계에서는 산화처리유닛이 사용되며, 상기 산화처리유닛은 공기로부터 코로나 방전에 의하여 오존을 발생시켜 상기 산화처리조로 공급하는 오존발생기와, 상기 산화처리조 내 용액을 공급받아 고속으로 가속시키면서 기포를 발생시켜 다시 산화처리조로 공급하는 노즐을 구비하는 것이 바람직하다. 여기서, 상기 노즐은 제1유로와, 상기 제1유로로부터 연장되 제1유로에 비하여 단면적이 좁게 형성되어 유체를 가속시키는 제2유로와, 상기 제2유로의 내벽에 오목하게 형성되는 요철홈부를 구비하여, 상기 유체가 제2유로를 지날 때 유체 내에 미세기포가 형성된다.

[0010] 보다 구체적으로, 상기 산화처리유닛은 중공형으로 이루어지되 내경이 넓은 제1유로부와, 상기 제1유로부 보다 좁은 내경을 가지는 제2유로부와, 상기 제1유로부와 제2유로부를 연결하는 연결부를 포함하는 외부관을 더 구비하며, 상기 노즐은 상기 외부관의 제1유로부 내에 삽입되며, 상기 오존발생기에서 발생된 오존은 상기 노즐의 외주면과 상기 외부관의 내주면 사이를 통해 유동하여, 상기 노즐에서 분사되는 유체와 혼합되는 형태로 제조될 수 있다.

[0011] 특히, 상기 외부관과 노즐이 하나의 유닛으로 이루어지는 벤츄리관이 복수 개 마련되어 다발을 이루거나, 또는 노즐이 복수개 구비되어 다발을 이루는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

[0012] 본 발명에서는 정화용 선박에 탑재되어 해안에서 준설과 동시에 정화처리를 수행하는 원위치 정화를 수행한다.

[0013] 본 발명에서는 먼저 입도분리를 통해 오염도가 높은 수 마이크로 미터 이하의 미세토만을 분리해 내며, 이후 케비테이션 효과에 따른 물리적 방법과, OH라디칼 및 오존의 산화력을 이용한 화학적 처리를 통해 준설토 내 유기물 및 중금속을 효과적으로 저감할 수 있다는 이점이 있다.

[0014] 또한 본 발명에서는 중금속 용출제로서 유기산을 이용함으로써 2차적 환경오염을 방지하며, 작업 조건을 친환경적으로 유지할 수 있다는 이점이 있다.

[0015] 한편, 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급됨을 첨언한다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리시스템이 탑재되어 있는 정화선박의 실제 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리방법의 개략적 흐름도이다.

도 3은 도 2에 도시된 처리방법을 수행하기 위한 해양 오염 퇴적물 처리시스템의 개략적 도면이다.

도 4 및 도 5는 오존발생기의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 산화처리유닛의 벤츄리관의 개략적 단면도이다.

※ 첨부된 도면은 본 발명의 기술사상에 대한 이해를 위하여 참조로서 예시된 것임을 밝히며, 그것에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되지는 아니한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.

- [0018] 본 발명은 해양 오염 퇴적물 처리방법에 관한 것이다. 본 발명에서 정화처리의 대상이 되는 토양은 주로 항만, 연안에서 준설했던 퇴적물(이하 '준설토'라 함)이지만, 본 발명의 대상이 해양 준설토에 국한되는 것은 아니며, 호수나 강의 준설토는 물론 육상의 오염토양에 대해서도 적용될 수 있을 것이다.
- [0019] 특히 본 발명에 따른 처리방법은 정화용 선박에서 이루어지는 것이지만, 실시예에 따라서는 육상에서 운용될 수도 있다.
- [0020] 이하, 도면을 참고하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리 방법에 대하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리방법이 수행되는 정화선박의 실제 사진이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리방법의 개략적 흐름도이며, 도 3은 도 2에 도시된 처리방법을 수행하기 위한 해양 오염 퇴적물 처리시스템의 개략적 도면이다.
- [0022] 도 2의 흐름도는 오염 퇴적물 처리의 전체 과정을 모두 도시한 것이며, 본 발명은 이중에서 고자력 분리로부터 중금속 용출까지의 과정이다. 도 3에서는 본 발명에 해당하는 부분까지만 시스템으로 도시하였다.
- [0023] 도 1은 본 출원인에 의하여 축조된 정화선박 '대성 15호'의 실제 사진이다. 본 출원인은 정화선박을 축조한 이래 해양 준설토를 원위치에서 정화처리하고 있다. 본 발명은 정화선박에서 준설토를 보다 효과적으로 처리하기 위하여 설비를 강화하는 과정에서 나온 것이다. 따라서, 본 처리방법은 정화선박에서 수행된다.
- [0024] 도 2 및 도 3을 참고하면, 본 실시예에 따른 해양 오염 퇴적물 처리방법은 자력분리단계, 침강단계, 입도분리단계, 산화처리단계 및 중금속 용출단계로 이루어진다.
- [0025] 이하에서는 해양 오염 퇴적물 처리시스템(100)을 설명하면서 본 발명에 따른 처리방법을 함께 설명하기로 한다.
- [0026] 해양 오염 퇴적물 처리시스템(100, 이하 '처리시스템'이라 함)은 고자력 분리기(10), 침강조(20), 다단 입도분리유닛(30), 산화처리유닛(40) 및 중금속 용출조(50)를 구비한다.
- [0027] 해양 오염 퇴적물을 정화처리하기 위해서는 먼저 준설토 선박을 이용하여 오염지로 퇴적물을 준설토하며, 준설토는 정화 선박으로 이송한다. 해양 준설토는 육상 오염도와 달리 모래, 실트, 점토는 물론 쓰레기와 같은 토사 이외의 이물질 등이 복합적으로 포함되어 있다. 본 실시예에서는 진동 탈수 스크린 등을 이용하여 입도가 큰 자갈, 모래, 그리고 각종 이물질들을 제거한다. 이러한 전처리를 통해 0.075mm를 초과하는 입도가 큰 물질들을 걸러낸다.
- [0028] 전처리를 마친 후의 0.075mm 이하의 입도를 지닌 준설토에 대하여 고자력 분리를 이용하여 자력분리단계를 수행한다. 본 실시예에서는 대략 6,000 gauss 정도의 자력을 지니는 자석을 이용하여 준설토 내 금속 오염물을 제거한다. 물론 자력 분리를 통해 자성을 지닌 금속을 포함하는 모든 입자들이 제거되지는 않으며, 추후 중금속 용출단계에서 다시 중금속을 제거한다. 일단 본 단계에서는 자력분리를 통해 분리된 중금속 오염물은 수거하여 폐기하거나 별도의 후처리를 수행할 수 있다.
- [0029] 자력분리단계가 완료되면, 비자성입자로 분류된 준설토를 침강조(20)에 투입하여 침강단계를 수행한다. 준설토는 물과 함께 침강조(20)에 유입된다. 침강조(20)와 연결된 응집제탱크(21)에서는 응집제를 침강조(20)에 공급하며, 침강조(20) 내에서 준설토와 응집제가 상호 교반된다. 응집제에 의하여 0.075mm 이하의 준설토들은 상호 응집하며, 일정 시간 체류시키면 응집된 입자들은 자중에 의하여 하부로 침전된다.
- [0030] 침강조(20)에서 침전된 준설토에 대하여 입도분리단계를 수행한다. 입도분리단계는 복수의 단계, 예컨대 본 실시예에서는 제1단계와 제2단계의 두 단계로 이루어진다. 이를 위하여 본 실시예에서는 다단 입도분리유닛(30)을 사용한다. 다단 입도분리유닛(30)은 준설토로부터 기준 입도 이하의 미세토를 분리해내기 위한 것이다. 여기서, 기준 입도는 정화처리를 수행하기 위한 준설토의 성상에 따라 다르게 설정될 수 있다. 즉, 준설토의 입도분포 및 오염성상을 샘플링하여 예컨대 0.03mm 이하 또는 0.01mm 이하로 기준 입도를 설정할 수 있다. 예컨대 0.03mm를 기준 입도로 하는 경우, 0.075mm 이하의 준설토를 곧장 0.03mm 이하의 미세토만을 분리해내는 입도분리기를 통해 입도분리를 수행할 수도 있다. 그러나 한 번에 기준 입도 수준으로 미세토를 분리하게 되면 효율성이 저하되는 문제가 있다. 이에 본 실시예에서는 단계적으로, 즉 다단으로 기준 입도 이하의 미세토를 분리한다. 이에 따라 본 실시예에서 입도분리유닛은 복수의 입도분리기를 구비한다. 입도분리기는 싸이클론을 사용할 수도 있고, 다른 예에서는 진동스크린을 사용할 수도 있다. 진동스크린은 미세하게 경사지게 배치되고, 모터와 캠 등을 이용하여 메쉬 형태의 스크린에 연속적으로 진동을 인가한다. 진동스크린을 통해 원하는 입도 이하의 입자만

분리해낼 수 있다. 진동스크린은 공지의 부재로서 자세한 설명은 생략한다.

- [0031] 본 실시예에서 제1입도분리기는 0.075mm 이하의 준설토로부터 0.05mm 이하의 미세토를 1차 분리한다. 제2입도분리기는 제1입도분리기에서 배출된 미세토를 대상으로 다시 0.03mm 이하의 미세토를 분리한다. 여기에 다시 0.01mm 이하의 미세토만 분리할 수 있는 진동스크린을 추가로 설치할 수도 있다. 최종 입도 기준만 정해지면, 중간단계를 몇 번 거칠지는 실시예에 따라 달라질 수 있다.
- [0032] 입도분리 후에 기준 입도 이하의 미세토는 후술할 산화처리단계를 거치게 되며, 기준 입도보다 큰 준설토의 경우 성토 재료로 사용할 수 있다. 물론 기준 입도보다 큰 준설토의 경우 오염도를 다시 조사하여야 하며, 오염도가 허용치 이하인 경우에만 재활용이 가능할 것이다. 본 실시예에서는 사전에 준설토의 입도별 오염도를 조사하여 기준 입도를 정하므로 기준 입도보다 큰 입자의 경우 오염도가 허용치 이하일 것을 전제하고 있지만, 다시 한 번 오염도 조사를 수행하여 후속 조치를 취할 수 있다. 기준 입도 이하의 미세토는 비표면적이 커서 중금속이 흡착되어 오염 가능성이 크지만, 기준 입도보다 큰 입자는 상대적으로 오염도가 떨어진다. 이에 기준 입도 이하의 미세토에 대하여 후속 공정을 통해 오염 정화를 처리한다.
- [0033] 입도분리가 완료되면 미세토 및 미세토와 함께 배출된 물은 산화처리유닛(40)으로 이송하여 산화처리단계를 수행한다. 산화처리유닛(40)은 케비테이션 효과 및 강력한 산화제인 OH라디칼 및 오존을 이용하여 미세토 내 유기물을 산화시키고 유기물로부터 중금속을 분리하는 기능을 수행한다. 이를 위하여 본 실시예에서 산화처리유닛(40)은 산화처리조(41), 오존발생기(42) 및 벤츄리관(43)을 구비한다.
- [0034] 산화처리조(41)는 입도분리 후의 물과 미세토가 수용된다. 그리고 산화처리조로는 2가 철 이온이 녹아 있는 수용액이 공급된다.
- [0035] 오존발생기(42)의 원리는 도 4 및 도 5에 도시되어 있다. 도 4는 공기로부터 산소를 제조하기 위한 장치의 구성과 실제 사진이다. 도 4를 참조하면, 산소와 질소로 이루어진 공기는 먼저 건조기(dryer)에서 수분을 증발시킨 후, 제올라이트나 알루미늄을 흡착제로 사용하는 흡착용기(absorbed vessel)를 통과하면서 산소와 질소를 상호 분리한다. 산소발생기에서는 최종적으로 산소만 배출된다. 산소는 도 5에 도시된 바와 같이 양전극과 음전극 사이에서 코로나 방전 영역을 통과하면서 오존으로 변화된다. 오존은 2가 철 존재하에서 OH라디칼로 변환된다.
- [0036] 벤츄리관(43)은 미세기포를 발생시켜 산화처리조(41)에 공급함으로써 케비테이션 효과를 발현하기 위한 것이다. 도 6에는 벤츄리관(43)이 도시되어 있다. 도 6을 참고하면, 벤츄리관(43)은 외부관(44)과 노즐(48)을 구비한다. 외부관(44)은 중공형의 관인데, 관로는 제1유로부(45), 연결부(46) 및 제2유로부(47)로 이루어진다. 유체는 제1유로부(45), 연결부(46) 및 제2유로부(47)를 순차적으로 진행하게 된다. 제1유로부(45)의 내경이 제2유로부(47)의 내경보다 크게 형성되며, 제1유로부(45)와 제2유로부(47) 사이의 연결부(46)는 내경이 점진적으로 작아지도록 형성된다. 그리고 외부관(44)의 일측에는 오존발생기(42)에서 발생된 오존을 공급받기 위한 연결라인(44a)이 마련된다.
- [0037] 노즐(48)은 외부관(44) 내측, 구체적으로는 제1유로부(45)와 제2유로부(46)에 삽입된다. 노즐(48)도 외부관(44)과 마찬가지로 내경이 넓은 제1유로(48a)와, 제1유로(48a)에 비하여 내경이 좁은 제2유로(48c)가 형성되며, 제1유로(48a)와 제2유로(48c) 사이에 연결로(48b)가 형성된다.
- [0038] 그리고 노즐(48)의 제2유로(48c) 내벽에는 오목한 요철홈부(49)가 형성된다. 이 요철홈부(49)는 노즐(48)의 내벽을 따라 고리형으로 배치된다. 노즐(48)의 제1유로(48a)는 산화처리조(41)와 연결되어, 산화처리조(41) 내 물을 공급받는다. 산화처리조(41)의 물은 노즐(48)을 거치게 되는데 직경이 넓은 제1유로(48a)에서 직경이 좁은 제2유로(48c)를 거치는 과정에서 속도가 증대되고 압력이 증가하게 된다. 유체의 압력이 갑자기 감소하면 액체 내에 기포가 발생한다. 더욱이, 본 실시예에서는 유체가 빠른 속도로 요철홈부(49)를 거치면서 물에서 미세기포가 형성이 더욱 증대된다. 특히 미세기포는 빠른 속도로 요철홈부(49)를 거치면서 생성된다.
- [0039] 한편, 외부관(44)의 일측을 통해 유입되는 오존은 노즐(48)의 외주면과 외부관(44)의 내면 사이의 유로를 따라 이동하여 외부관(44)의 제2유로부(47)에서 노즐을 통과한 물과 만나게 된다. 물은 산화처리조(41)로부터 유입된 것으로서 2가 철이 용해되어 있는데, 오존과 2가 철이 만나 OH라디칼을 형성한다. 결국 벤츄리관(43)을 통해 OH라디칼, 오존 및 미세기포가 물과 함께 배출되어 다시 산화처리조(41)로 유입된다. 즉, 산화처리조(41) 내 일부의 물을 벤츄리관을 통해 계속 순환시키면서 오존, OH라디칼 및 미세 기포를 형성하게 한다. 또한 벤츄리관에서 OH라디칼로 변화하지 않은 오존은 산화처리조(41) 내에서 2가 철과 만나 OH라디칼로 변환되거나, 또는 오존으로 그대로 남아 있을 수 있다.
- [0040] 산화처리조(41)에서는 OH라디칼 및 오존의 산화 반응과, 미세 기포의 케비테이션 효과를 통해 미세토 내 유기물

을 산화시키고, 유기물과 중금속을 상호 분리시킨다. OH라디칼은 이른바 펜톤 반응을 통해 유기물을 산화, 분해시키며, 오존 역시 강력한 산화력을 통해 유기물을 산화시킨다.

- [0041] 또한 노즐에서 형성된 미세 기포는 산화처리조(41)에서 압력이 증가됨에 따라 터지면서 케비테이션 효과를 발생시킨다. 케비테이션 효과는 미세 기포가 산화처리조(41) 내에서 터지면서, 순간적, 국부적으로 고온과 고압이 형성되는 것을 말한다. 국부적으로 형성된 고압 및 고온 조건은 미세토 및 유기물에 흡착되어 있는 중금속을 상호 분리시킬 수 있다.
- [0042] 위와 같이 산화처리에 따른 화학적 작용과, 케비테이션에 따른 물리적 작용에 의하여 산화처리조(41)에서는 미세토 내 유기물이 분해되며, 중금속은 미세토, 유기물로부터 분리된다.
- [0043] 본 실시예에서는 오존과 물이 벤츄리관을 통해 함께 이송되는 것으로 설명하였으나, 다른 실시예에서는 이중관 형태의 벤츄리관을 사용하지 않고 오존과 물이 별도로 공급될 수도 있다. 즉, 오존발생기(42)가 직접 산화처리조(41)로 연결되어 오존을 공급한다. 그리고 벤츄리관 대신 노즐(48)만을 사용하여, 산화처리조(41)에서 물을 노즐(48)로 유입시킨 후, 고속으로 가속시켜 다시 산화처리조(41)로 리턴시킬 수도 있다. 이 경우 노즐에서는 물과 함께 미세기포가 산화처리조로 유입된다. 그리고 오존은 산화처리조에 유입된 후 2가 철과 만나 OH라디칼을 형성하게 된다.
- [0044] 또한 벤츄리관을 사용하는 경우 하나의 벤츄리관이 아니라 다수의 관이 다발을 형성할 수 있으며, 벤츄리관 대신 노즐을 사용하는 경우에도 마찬가지로 노즐은 하나만 배치되는 것이 아니라, 다수의 노즐이 다발을 이룰 수 있다. 보다 구체적으로, 노즐은 대략 7mm 이하의 내경을 가지며 9개가 하나의 다발을 형성할 수 있다. 그리고 벤츄리관의 경우  $2\sim 4m^3/h$ 의 용량으로 물을 공급할 수 있다.
- [0045] 상기한 바와 같이 산화처리유닛(40)에서 유기물에 대한 산화, 분해 및 중금속의 분리가 완료되면, 미세토를 중금속 용출조(50)로 이송하여 중금속 용출단계를 수행한다. 중금속 용출조(50)에서는 미세토로부터 분리된 고체 상태의 중금속은 물론, 여전히 미세토 등에 결합되어 있는 중금속을 산을 이용하여 용출시킨다.
- [0046] 중금속 용출조(50)에서는 용출제인 구연산과 함께 알카리제를 공급받아 용출조 내의 pH를 대략 4.0~5.0 수준에서 유지되도록 한다.
- [0047] 본 실시예에서는 중금속 용출을 위한 용출제로서 유기산을 사용하며, 구체적으로는 구연산을 사용한다. 일반적으로 중금속을 용출하는데 사용되는 황산, 염산 등의 무기산 대신 본 실시예에서는 유기산인 구연산을 사용한다. 유기산은 무기산과 달리 화학적 유해물질이 아니며, 인체에도 무해하여 관리와 사용이 용이하다는 이점이 있다. 정화선박에서 화학적 유해물질이며 관리가 필요한 약품으로 분류되는 무기산을 사용하는 경우, 각종 부대 설비들이 요구되는 바 설비를 위한 공간이 충분하지 않은 정화선박에 사용하기에 부적절하다. 또한 유기산은 중금속에 대한 용출 효율이 매우 우수하다는 특징이 있다.
- [0048] 그리고, 앞에서 설명한 다단 입도분리유닛과 마찬가지로 본 실시예에서는 용출조도 2개로 분리하여 다단으로 용출을 시행할 수 있다. 제1용출조와 제2용출조를 합한 용량의 규모가 큰 단독 용출조를 사용하는 것에 비하여, 본 실시예와 같이 중금속 용출을 두 번에 나누어 시행하는 경우 용출 효율이 더욱 우수하기 때문이다. 예컨대, 미세토는 유기산과 고르게 혼합될 때 용출반응이 원활하게 일어날 수 있는데, 용량이 큰 단독 용출조를 사용하는 경우에 비하여 2개의 용출조에서 각각 교반이 일어나므로 미세토로부터 중금속 용출율이 증대될 수 있다. 그리고 용출 효율을 증대시키기 위하여 용출조에서는 과산화수소를 첨가할 수도 있다. 구연산을 단독으로 사용하는 경우에 비하여 과산화수소를 함께 사용화는 경우 침출율이 90% 이상으로 증대되기 때문이다.
- [0049] 용출이 완료되면 고액분리를 통해 정화처리가 완료된 미세토와 용출제 용액을 상호 분리하며, 용출제 용액은 산도를 보강하여 다시 용출조로 회수하여 재사용할 수 있다. 구연산은 유기산이므로 재활용하지 않고 폐기되는 경우에도 2차적 오염을 불러일으키지 않고, 환경적으로 무해하다는 이점이 있다. 그리고 미세토는 중화과정을 거쳐 성토재료 등으로 사용되거나 폐기할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 보호범위가 이상에서 명시적으로 설명한 실시예의 기재와 표현에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 자명한 변경이나 치환으로 말미암아 본 발명이 보호범위가 제한될 수도 없음을 다시 한 번 첨언한다.

**부호의 설명**

- [0051] 100 ... 해양 오염 퇴적물 처리시스템, 10 ... 고자력 분리기

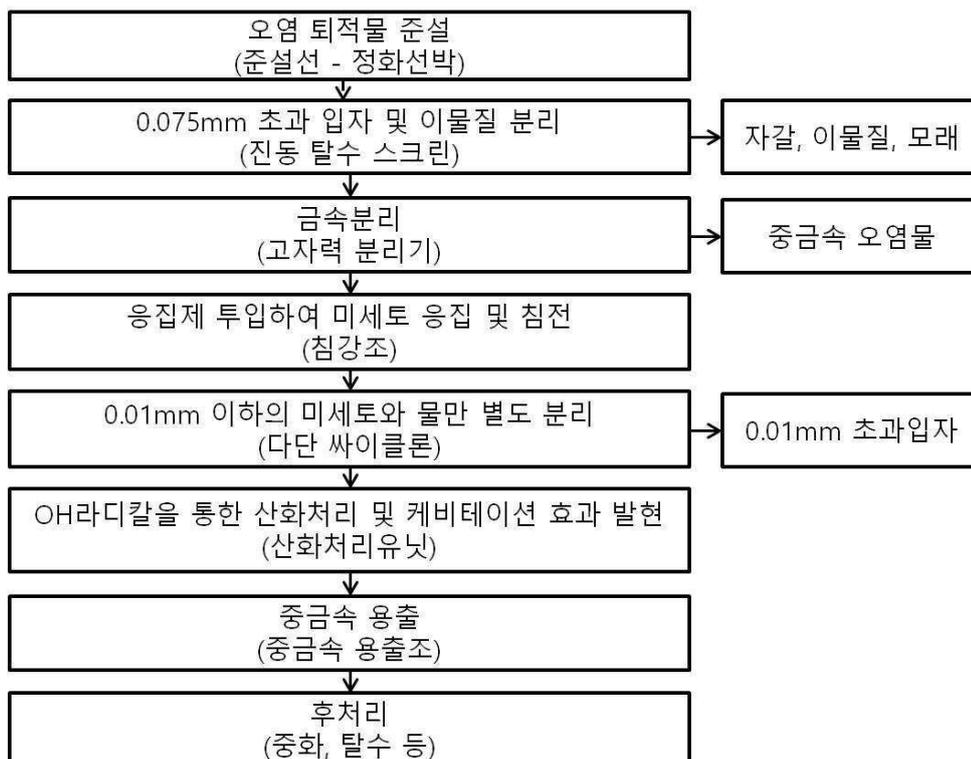
- 20 ... 침강조, 21 ... 응집제탱크
- 30 ... 다단 입도분리유닛, 40 ... 산화처리유닛
- 41 ... 산화처리조, 42 ... 오존발생기, 43 ... 벤츨리관
- 44 ... 외부관, 48 ... 노즐, 49 ... 요철흡부
- 50 ... 중금속 용출조,

도면

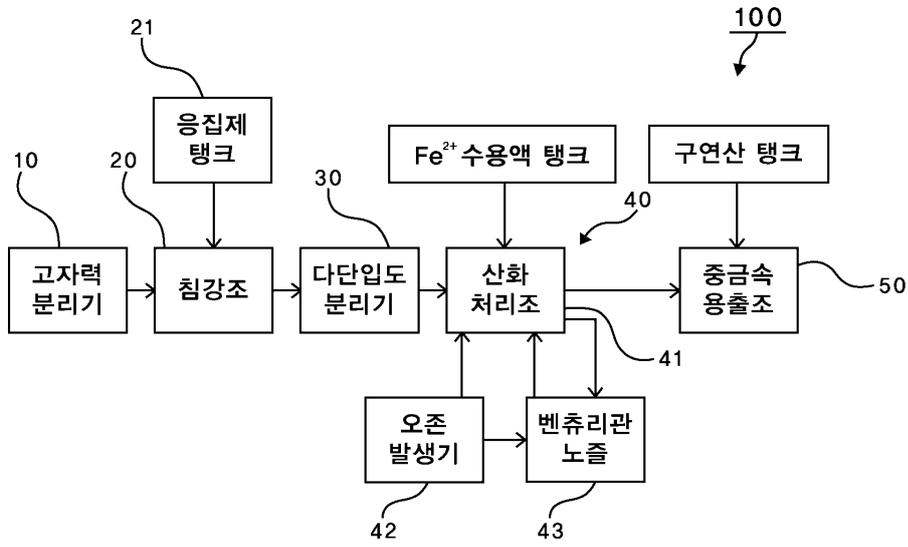
도면1



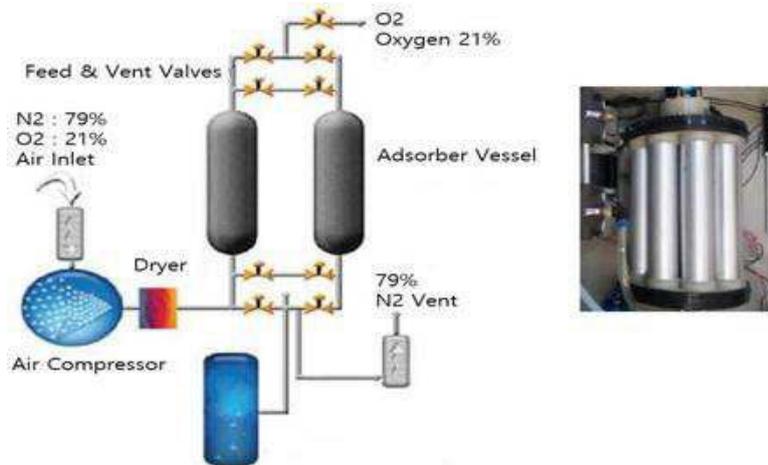
도면2



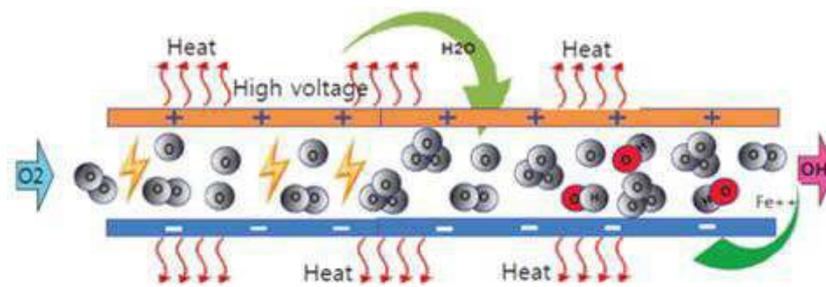
도면3



도면4



도면5



도면6

