



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월04일
(11) 등록번호 10-0866620
(24) 등록일자 2008년10월28일

(51) Int. Cl.

C02F 11/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0047314
(22) 출원일자 2007년05월15일
심사청구일자 2007년05월15일

(56) 선행기술조사문헌
KR100785327 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼창기업 주식회사

울산광역시 남구 신정동 168-9

배재호

서울특별시 양천구 신정동 1296 신정동아이파크 101동 102호

(72) 발명자

배재호

서울특별시 양천구 신정동 1296 신정동아이파크 101동 102호

박영철

경기도 군포시 당정동 32/11 청천마을 106-302호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이창훈

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 박재우

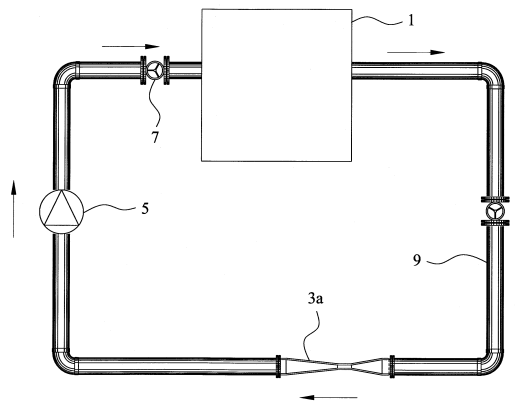
(54) 수리동력학적 캐비테이션을 이용한 슬러지 전처리 장치

(57) 요약

본 발명은 하수 슬러지의 처리에 앞서 슬러지를 가용화하기 위한 전처리 장치에 관한 것으로, 처리될 슬러지를 수용하는 슬러지 저장조; 이 저장조에서 유출된 슬러지가 통과하면서 캐비테이션이 발생하는 벤츄리부; 이 벤츄리부의 하류에 설치되어 벤츄리부를 통하여 슬러지를 흡입하는 펌프; 및, 상기 펌프의 하류에 배치되어 처리된 슬러지를 배출하는 배출밸브;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성되는 슬러지 전처리 장치는 전체적인 구조가 간단하고 낮은 펌프 압력으로 캐비테이션을 유발할 수 있어 에너지 효율이 현저히 향상되고 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김 영 오

경기도 수원시 장안구 정자동 동신아파트 104-1206

이 현 승

경기도 화성시 남양동 대광아파트 112-1601

김 희 준

경기도 고양시 덕양구 행신2동 무원마을 두산아파트606-1101

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060069842 A

US7056437 B2

KR1020080018885 A

JP2004174325 A

특허청구의 범위

청구항 1

하수 슬러지의 처리에 앞서 슬러지를 가용화하기 위한 전처리 장치에 있어서,
처리될 슬러지를 수용하는 슬러지 저장조;
상기 저장조에서 유출된 슬러지가 통과하면서 캐비테이션이 발생하는 벤츄리부;
상기 벤츄리부의 하류에 설치되어 벤츄리부를 통하여 슬러지를 흡입하는 펌프; 및,
상기 펌프의 하류에 배치되어 처리된 슬러지를 배출하는 배출밸브;를 포함하는 것을 특징으로 하는 슬러지 전처리 장치.

청구항 2

하수 슬러지의 처리에 앞서 슬러지를 가용화하기 위한 전처리 장치에 있어서,
처리될 슬러지를 수용하는 슬러지 저장조;
상기 저장조에서 슬러지가 유출되는 제1 유관;
상기 제1 유관에 연결되어 슬러지가 이송되는 제2 유관;
상기 제2 유관에 배치되어 슬러지의 이송을 유발하는 펌프;
상기 제2 유관에서 상기 펌프의 하류에 배치되고, 유량 조절계를 구비하여 설정된 유량으로 슬러지를 배출하는 배출밸브;
상기 제2 유관에 연결되어, 이송된 슬러지가 통과하면서 캐비테이션이 발생하는 벤츄리부; 및,
일단은 상기 벤츄리부의 출구에 연결되고, 타단은 제1 유관 및 제2 유관 사이에 이어지는 제3 유관;을 포함하며,
상기 벤츄리부를 거친 제3 유관의 슬러지 흐름은 제1 유관을 통해 공급되는 슬러지 흐름과 합류하여 제2 유관으로 공급되며, 이때 상기 유량 조절계를 통해 배출량을 조절함으로써 제1 유관을 통해 공급되는 미처리 슬러지의 유량이 조절되는 것을 특징으로 하는 슬러지 전처리장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 벤츄리부는 2 이상의 벤츄리관이 직렬 연결되어 구성되는 것을 특징으로 하는 슬러지 전처리 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 슬러지 저장조에는 알칼리처리된 슬러지가 수용되는 것을 특징으로 하는 슬러지 전처리 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <10> 본 발명은 슬러지 전처리 장치에 관한 것으로, 더 상세하게는 벤츄리관과 흡입 펌프를 이용하여 수리동력학적 캐비테이션(cavitation)을 발생시켜 슬러지의 구조 해체 및 가용화를 촉진하는 슬러지 전처리 장치에 관한 것이다.
- <11> 하수처리장의 하수처리과정에서 발생하는 슬러지는 일반적으로 농축단계, 소화단계 및 탈수단계를 거쳐 슬러지

케이크로 만들어진 후 하수처리장 밖으로 이송하여 처분된다. 그 중 소화단계에서는 산소가 없는 조건에서 슬러지를 분해하는 혐기성 소화 방식이 많이 사용되며, 이는 크게 가수분해, 산 생성, 메탄 생성으로 이루어지는 다단계 반응이다.

- <12> 그러나, 하수 내에 슬러지와 같은 고형물이 다량 존재하는 경우에는 소화 가능한 물질도 반응조 내에서 충분히 가수분해반응이 일어나지 않기 때문에, 반응조 내에서 장시간 체류를 요하고 반응조 용적도 커야 하는 문제점이 있다. 따라서, 혐기성 소화 단계에서 슬러지의 소화율 및 메탄가스의 생산량을 높이기 위해서는 반응조에 공급되는 슬러지의 가용화(solubilization)의 촉진이 필요하다.
- <13> 하수 슬러지는 대부분 미생물로 구성되는데, 이러한 미생물은 견고한 세포벽으로 둘러싸여 있어 생분해성(biodegradation)이 낮다. 따라서, 슬러지의 가용화를 위해서는, 미생물에 물리/화학/생물학적 처리를 가함으로써 세포벽을 파괴하고 구성물질을 용출시켜 가수분해를 촉진할 필요가 있다. 즉, 슬러지에 포함되어 있는 고분자 형태의 고형물을 소화단계에서 이용하기 쉬운 저분자 상태로 전환함으로써 생분해성을 높일 수 있다.
- <14> 이와 같이 슬러지 내의 미생물의 생분해성을 높이는 방법으로는 불 밀 등의 기계적 처리나 고온의 열을 이용하는 물리적 방법(Muller 등, 1998; Stuckey and McCarty, 1984), 알칼리나 오존 등을 이용하는 화학적 방법(Lin 등, 1997; Hwang 외, 2006), 효소 등을 이용하는 생물학적 방법(Gavala 등, 2004) 등이 있으며, 이러한 방법들을 이상 혼합하여 적용하는 방법(Rocher 등, 2001)도 있다.
- <15> 이에 더하여, 캐비테이션 현상을 이용한 물리적 방법도 이용되고 있는데, 이는 유체 내에 높은 음향 강도의 초음파를 조사하면 유체의 부분적인 희박화와 압밀화(consolidation)가 반복되면서 국지적인 압력강하가 일어나고 이로 인하여 캐비테이션이 발생하며, 이때 생성되는 캐비테이션 기포(cavitation bubble)의 성장 및 파괴는 순간적인 고온, 고압 조건을 형성하여 이에 따른 충격과 및 전단력에 의해 슬러지내 미생물 세포를 파괴하는 것이다. 그러나, 이러한 초음파를 이용한 캐비테이션 발생 방법은 운전 비용이 높고 에너지 소모가 커서 장치의 대형화에 한계가 있고 소음이 심할 뿐만 아니라 초음파를 발생시키는 극판(sonotrode)의 잦은 교체가 요구된다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <16> 따라서, 본 발명의 목적은 캐비테이션을 이용하여 슬러지를 가용화하는 물리적 전처리 장치로서, 운전 비용이 저렴하고 에너지 효율이 높으며 비교적 간단하지만 슬러지 가용화 효율이 높은 슬러지 전처리 장치를 제공하는 것이다.
- <17> 본 발명의 다른 목적은, 필요에 따라 간편한 조작으로 슬러지 반복 처리 횟수를 조절하여 원하는 전처리 효과를 달성할 수 있는 슬러지 전처리 장치를 제공하는 것이다.
- <18> 본 발명의 또 다른 목적은, 하나의 전처리 장치에서 슬러지 가용화 효율을 더욱 향상시킬 수 있는 벤츄리부 구조를 제공하는 것이다.

<19>

발명의 구성 및 작용

- <20> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 슬러지 전처리 장치는, 처리될 슬러지를 수용하는 슬러지 저장조; 상기 저장조에서 유출된 슬러지가 통과하면서 캐비테이션이 발생하는 벤츄리부; 상기 벤츄리부의 하류에 설치되어 벤츄리부를 통하여 슬러지를 흡입하는 펌프; 및, 상기 펌프의 하류에 배치되어 처리된 슬러지를 배출하는 배출밸브;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <21> 이와 같이 구성되는 본 발명의 슬러지 전처리 장치는 전체적인 구조가 간단하고 비교적 낮은 압력으로 캐비테이션을 유발할 수 있어 에너지 효율이 현저히 향상되고 비용을 절감할 수 있다.
- <22> 또한, 본 발명의 슬러지 전처리 장치는, 처리될 슬러지를 수용하는 슬러지 저장조; 상기 저장조에서 슬러지가 유출되는 제1 유관; 상기 제1 유관에 연결되어 슬러지가 이송되는 제2 유관; 상기 제2 유관에 배치되어 슬러지의 이송을 유발하는 펌프; 상기 제2 유관에서 상기 펌프의 하류에 배치되고, 유량 조절계를 구비하여 설정된 유량으로 슬러지를 배출하는 배출밸브; 상기 제2 유관에 연결되어, 이송된 슬러지가 통과하면서 캐비테이션이 발생하는 벤츄리부; 및, 일단은 상기 벤츄리부의 배출구에 연결되고, 타단은 제1 유관 및 제2 유관 사이에서 이어지는 제3 유관;을 포함하여 구성될 수 있다.

- <23> 이러한 구성에서, 상기 벤츄리부를 거친 제3 유관의 슬러지 흐름은 제1 유관을 통해 공급되는 슬러지 흐름과 합류하여 제2 유관으로 공급되며, 이때 상기 유량 조절계를 통한 배출량 조절에 의해 제1 유관을 통한 미처리 슬러지 공급량이 조절된다. 따라서, 유량 조절계를 통하여 배출 밸브의 배출량을 조절함으로써 필요에 따라 슬러지의 처리 횟수를 조절할 수 있다.
- <24> 바람직하게는, 상기 벤츄리부는 2 이상의 벤츄리관이 직렬 연결되어 구성될 수 있으며, 이에 의하여 슬러지 처리 효율을 향상시키고 비용을 줄일 수 있다.
- <25> 더 바람직하게는, 상기 슬러지 저장조에 수용된 슬러지는 벤츄리관으로 유출되기 전에 알칼리처리될 수 있으며, 이에 의하여 슬러지 처리 효율을 더욱 향상시킬 수 있다.
- <26> 이하, 첨부된 도면을 참조한 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.
- <27> 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 전처리 장치의 개략도이다. 도시된 바와 같이 본 발명의 슬러지 전처리 장치는 슬러지 저장조(1), 벤츄리관(3a), 펌프(5) 및 배출밸브(7)를 포함한다. 즉, 슬러지는 저장조(1)에 수용된 후 유관(9)을 통하여 유출되어 벤츄리관(3a)을 거쳐 저장조(1)로 다시 돌아오거나 배출밸브(7)를 통하여 배출되며, 이때 벤츄리관(3a)을 거치면서 수리동력학적으로 캐비테이션이 발생된다. 즉, 유체를 벤츄리관에 고속으로 통과시킬 때 그 후단부에서 발생하는 압력강하에 의해 캐비테이션이 발생하는 현상을 이용한다.
- <28> 아래의 식은 유체의 흐름에 대한 베르누이의 정리이다.

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = const$$

- <29>
- <30> (v: 유체 속도, g: 중력가속도, P: 유체 압력, ρ: 유체 밀도, z: 임의의 기준면으로부터의 높이)
- <31> 즉, 높이가 같은 유관에서 유체의 속도가 증가하면 압력이 감소한다.
- <32> 따라서, 단면적이 급격하게 감소하는 벤츄리관의 목 부분을 유체가 통과할 때, 유체의 속도는 급격히 증가하며 그에 따라 유체의 압력은 크게 감소하게 된다. 이때, 유체 속의 용존 상태의 기체가 유체로부터 이탈하거나 물의 상변화가 일어나 캐비테이션 기포가 생성된다.
- <33> 이러한 수리동력학적 캐비테이션 현상은 다른 기술 분야에서도 사용되어 왔으나, 벤츄리관의 목 부분에서 낮은 유체 압력을 달성하기 위하여 유체의 속도를 크게 증가시킬 필요가 있으며, 이를 위하여 고압 펌프를 사용하여 벤츄리관으로 유체를 압송하였다(4 내지 40 MPa). 이에 따라, 비용이 많이 소용되고, 에너지 효율이 낮았다.
- <34> 그러나, 본 발명의 슬러지 전처리 장치에서는 도 1에 도시된 바와 같이 펌프(5)가 벤츄리관(3a)의 하류에 설치되어 유체를 벤츄리관(3a)을 통하여 흡입한다. 즉, 소정 직径의 벤츄리관으로 유체를 가압하여 유체 속도를 증가시키는 것이 아니라, 벤츄리관 하류에서 유체를 흡입하여 속도를 증가시키므로 훨씬 낮은 펌프 압력으로도 캐비테이션 기포를 생성할 수 있다. 이에 따라 에너지 효율이 현저히 향상되고 비용을 절감할 수 있다.
- <35> 즉, 본 발명의 전처리 장치에서는 슬러지 저장조(1)에 수용된 슬러지가 펌프(5)에 의해 벤츄리관(3a)으로 흡입되며, 이 벤츄리관(3a)의 목 부분을 거치면서 유속은 증가하고 유체 압력이 낮아져 용존 기체가 유체로부터 이탈하여 캐비테이션 기포가 생성된다. 캐비테이션 기포는 벤츄리관(3a)의 확장부를 지나며 격렬하게 파괴되는데, 이 과정에서 발생하는 충격파에 의해 슬러지의 가용화가 이루어진다.
- <36> 본 발명의 전처리 장치에서 캐비테이션 발생 과정은 상대적으로 낮은 펌프 압력으로 달성될 수 있음은 이미 설명한 바와 같다.
- <37> 또한, 본 발명의 전처리 장치에서는, 도 2에 도시된 바와 같이 2 이상의 벤츄리관(3a, 3b)이 직렬로 연결되어 벤츄리부(3)를 형성하도록 구성될 수 있으며, 이 경우 슬러지는 각 벤츄리관(3a, 3b)을 거치면서 캐비테이션을 겪어 가용화 효율은 더욱 향상될 수 있다.
- <38> 도 3은 벤츄리관을 하나 또는 두 개 설치하였을 때 처리 시간에 따른 SCOD(Soluble Chemical Oxygen Demand : 용존성 화학적 산소 요구량)의 변화를 도시한 그래프이다. SCOD는 슬러지의 가용화 지표로 주로 사용되는 것이다.
- <39> 벤츄리관이 하나인 경우, 운전 시작 후 처음 8시간 동안에는 SCOD의 변화가 미미하다가 그 후부터는 빠르게 증가하여 20시간 처리 후에는 1,600 mg/L의 SCOD 값을 보였다. 반면, 벤츄리관 두 개를 직렬로 연결한 경우에는

운전시작과 동시에 SCOD가 증가하여 14시간 처리 후에 SCOD 농도가 2,700 mg/L에 도달하였으며, 그 이후부터는 SCOD 증가량이 미미하였다. 20시간 처리 후의 SCOD 증가량은 벤츄리관 두 개를 직렬로 연결한 경우가 벤츄리관이 하나일 때보다 약 2배였다. 이는 벤츄리관 두 개를 직렬로 연결함으로써 캐비테이션 발생 영역이 2배로 확장되는 효과가 있었기 때문이다.

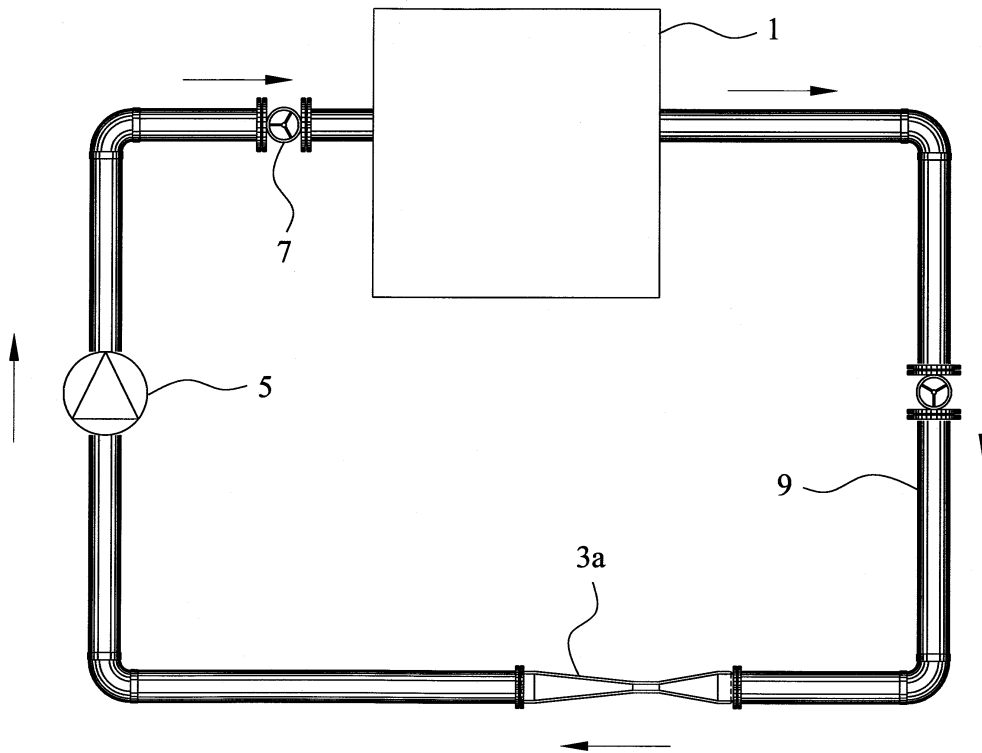
- <40> 도시된 실시예에서는 두 개의 벤츄리관(3a, 3b)이 설치된 경우를 설명하였으나, 더 많은 수의 벤츄리관을 직렬로 연결하여 슬러지의 가용화 효율을 향상시킬 수 있다. 특히, 각 벤츄리관은 착탈 가능하게 연결되어 필요에 따라 벤츄리관의 수를 용이하게 조절할 수 있도록 구성될 수도 있다.
- <41> 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 전처리 장치의 개략도이다. 본 실시예는 제1 실시예와 동일한 원리로 구성되나, 저장조에서 유출된 슬러지가 소정 횟수 동안 순환된 후 배출될 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- <42> 본 실시예의 전처리 장치는 저장조(1)의 슬러지가 유출되는 제1 유관(9a), 제1 유관(9a)과 벤츄리부(3) 사이에 배치되는 제2 유관(9b), 및 일단이 상기 벤츄리부(3)의 출구에 연결되고 타단은 제1 유관(9a) 및 제2 유관(9b) 사이에 이어지는 제3 유관(9c)을 포함한다. 그리고, 제2 유관(9b)에는 펌프(5) 및 배출밸브(7)가 구비되며, 이 배출밸브(7)에는 유량 조절계(7a)가 구비된다. 또한, 본 실시예에서 상기 벤츄리부(3)는 세 개의 벤츄리관(3a, 3b, 3c)이 직렬로 연결되어 구성된다.
- <43> 이와 같이 구성되는 전처리 장치에서, 저장조(1)의 슬러지는 제1 유관(9a)으로 유출되어 제2 유관(9b)을 통해 벤츄리부(3)로 이송된다. 이때 제2 유관(9b)의 펌프(5)가 슬러지를 벤츄리부(3)로 압송한다. 벤츄리부(3)를 거치면서 캐비테이션을 겪어 가용화된 슬러지는 제3 유관(9c)을 통해 제1 유관(9a) 및 제2 유관(9b) 사이 지점으로 이송되어 제2 유관(9b)으로 공급된다. 따라서, 제2 유관(9b)의 펌프(5)는 또한 벤츄리부(3) 하류에서 슬러지를 흡입하도록 작용한다. 제2 유관(9b)으로 이송된 슬러지는 유량 조절계(7a)에 설정된 유량만큼 배출밸브(7)를 통하여 배출되고 나머지는 다시 벤츄리부(3)로 공급되어 재순환된다. 한편, 벤츄리부(3)를 거친 후 제3 유관(9c)을 통해 이송되는 슬러지 흐름은 제1 유관(9a)을 통해 공급되는 미처리 슬러지와 합류하여 제2 유관(9b)으로 공급되는데, 제1 유관(9a)을 통해 합류되는 미처리 슬러지의 양은 유량 조절계(7a)에 의해 설정된 배출밸브(7)의 배출량과 동일하다. 즉, 슬러지 순환 흐름 중 소정 양이 배출되고 동일 양만큼 새로이 공급되는 것이다. 따라서, 배출밸브(7)의 유량 조절계(7a)를 통해 배출량을 적절히 조절함으로써 슬러지의 순환 횟수를 조절할 수 있다.
- <44> 예를 들어, 벤츄리부(3) 앞에서의 유량이 20 m³/h일 경우, 배출량을 1 m³/h로 설정하면 제1 유관(9a)에서 동일한 유량(1 m³/h)의 미처리 슬러지가 새로이 유입되어 이미 장치 내를 순환하고 있는 슬러지 흐름과 합류된다. 즉, 배출밸브(7)에서 전체 유량의 1/20이 배출되고 나머지 19/20은 다시 순환하여 벤츄리부(3)로 공급되며 이러한 과정이 재차 반복됨으로써 결국 슬러지 저장조(1)로부터 유입된 슬러지는 약 20회의 순환 후에 배출되는 것이다. 또한, 만약 본 장치의 하루 목표 처리량이 25m³라면, 배출량을 약 1.04 m³/h로 설정하여 이를 달성할 수 있다.
- <45> 이와 같이, 단순히 슬러지 배출량을 변경함으로써 슬러지의 순환 횟수를 조절할 수 있으며, 이에 따라 필요한 슬러지의 가용화 효율을 용이하게 달성할 수 있다.
- <46> 또한, 이미 기술한 바와 같이, 상기 펌프(5)는 순환 경로에서 슬러지를 벤츄리부(3)로 압송함과 동시에 벤츄리부(3) 하류에서 슬러지를 흡입하도록 작용하므로, 제1 실시예에서와 같이 낮은 펌프 압력으로도 캐비테이션을 발생시킬 수 있으며, 이에 따라 에너지 효율을 현저히 향상시키고 비용을 절감할 수 있다.
- <47> 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 슬러지 저장조에 수용된 슬러지를 미리 알칼리 처리하여 벤츄리부로 공급할 수 있다. 즉, 화학적 방법 및 물리적 방법을 결합함으로써 슬러지 가용화 효율을 더욱 향상시킬 수 있다.

발명의 효과

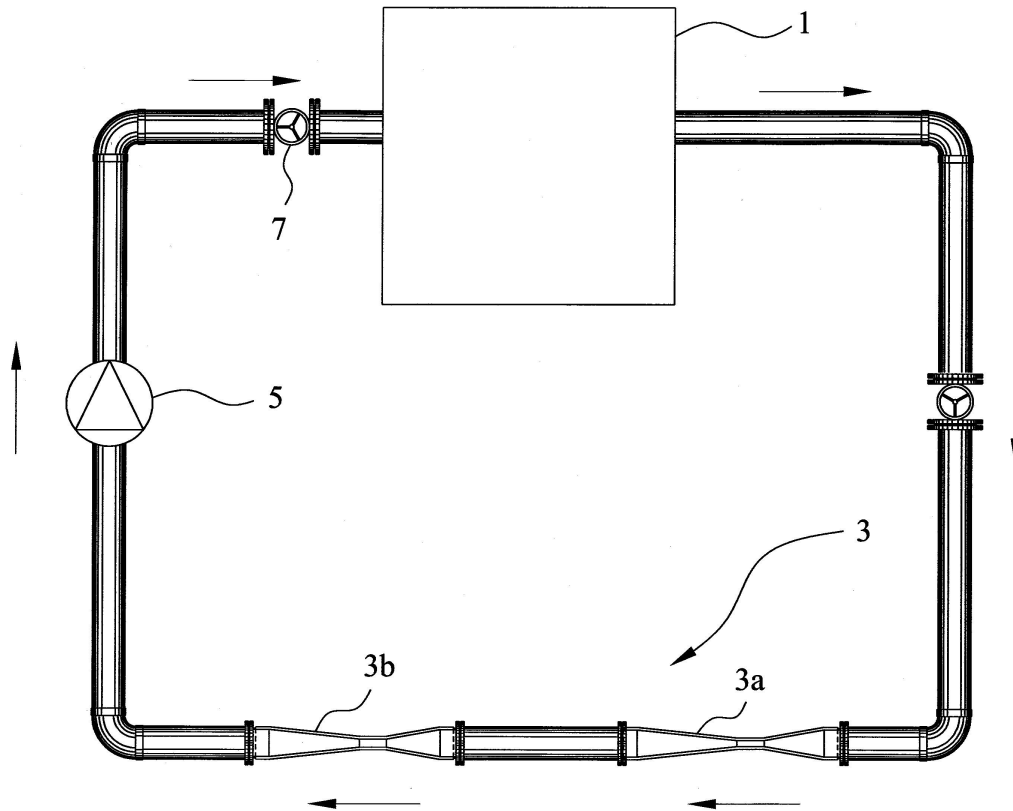
- <48> 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 슬러지 전처리 장치는 벤츄리관을 이용하여 수리동력학적으로 캐비테이션 현상을 유발하며, 이때 벤츄리관 하류에 설치된 펌프에 의하여 슬러지를 벤츄리관으로 흡입함으로써 고압 펌프를 사용하지 않고도 낮은 펌프 압력으로 벤츄리관 내에서 캐비테이션 유발에 필요한 압력 강하를 달성할 수 있어, 구조가 단순하면서도 에너지 효율이 현저히 향상되고 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.
- <49> 또한, 본 발명의 슬러지 전처리 장치는 처리된 슬러지의 일부만 배출하고 배출된 양만큼 미처리 슬러지를 공급하여 재순환하도록 구성하여, 슬러지 배출량을 변경함으로써 간편하게 슬러지의 순환 횟수를 조절하여 필요한 슬러지 가용화 효율을 달성할 수 있다.

도면

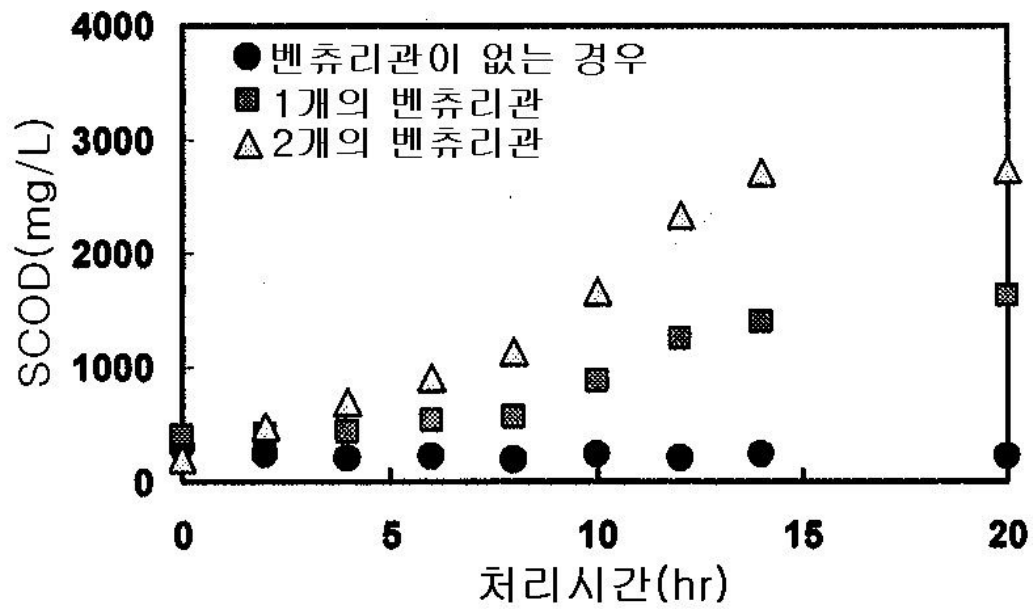
도면1



도면2



도면3



도면4

