



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년11월11일
(11) 등록번호 10-0926005
(24) 등록일자 2009년11월03일

(51) Int. Cl.

C02F 1/48 (2006.01) C02F 1/52 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0009619

(22) 출원일자 2009년02월06일

심사청구일자 2009년02월06일

(56) 선행기술조사문헌

JP19216143 A*

KR1020040056607 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 궁동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

왕창근

대전광역시 유성구 노은동 498-2

(74) 대리인

민만호

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 최병철

(54) 자화플록의 부착 및 탈착이 용이한 구조를 갖는 자석을 이용한 수처리 장치 및 방법

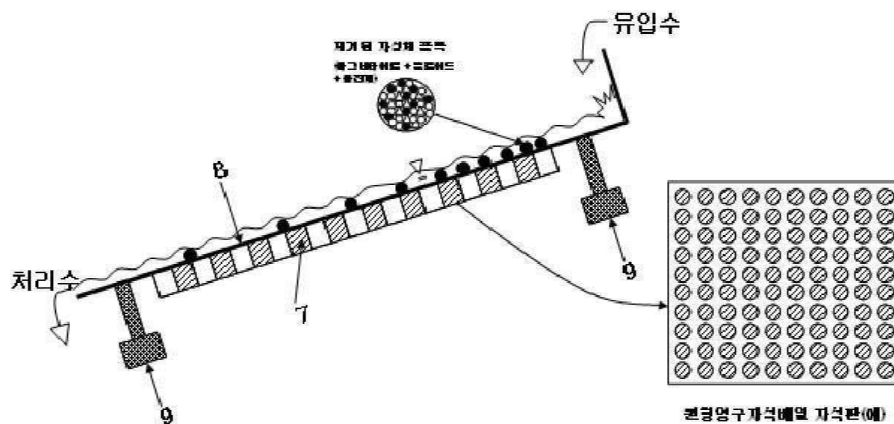
(57) 요약

상수원수 또는 하폐수 중의 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질 처리장치에 있어서,

속도조절이 가능한 교반기가 장착되고 자성체 분말 주입 수단과 응집제주입수단이 구비된 자화형성혼화조와, 수 중의 자화플록이 용이하게 부착되고 탈착될 수 있도록 고안한 수평형자석판, 경사형자석판 또는 다단식자석판 처리장치를 이용하여 자화플록을 자석판 또는 자석판 위에 추가로 설치된 부착판 표면에 부착제거하고 부착이 진행되어 자속밀도가 감소함에 따라 부착기능이 저하되면 영구자석의 경우 부착판을 부착판 상승하강장치로 자석판으로부터 이격시키고 수세함으로써 자화플록을 탈착시키는 수처리 장치 및 방법이다.

상수원수 또는 하폐수가 자화형성혼화조에 유입되면 교반기가 교반하면서 상기 자성체 분말과 응집제가 상수원수 또는 하폐수 내의 미세입자를 응집하여 자화된 플록(floc)을 형성하고, 상기 자화된 플록(floc)이 수평형자석판, 경사형자석판 또는 다단식자석판 처리장치에 유입되어 자석판 또는 부착판 표면에서 부착제거됨의 특징이 있는 수처리 장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

자성체분말 주입수단과 응집제 주입수단을 구비한 자화형성혼화조 및 자화된 플록(floc)을 형성하는 플록형성공정, 자화된 플록을 처리하기 위한 자석판처리장치를 갖는 상수원수 또는 하폐수 중의 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질 처리장치에 있어서,

자석판처리장치는 수평형자석판식, 경사형자석판식, 다단식자석판식 중 어느 하나 또는 둘을 혼용하여 사용하며 자석판위에 스테인리스스틸(SUS), 유리 또는 아크릴 중 어느 하나의 재질로 제작되고 상승하강장치가 구비된 부착판을 밀착시켜 구성함에 특징이 있는 수처리 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

다단식자석판식 자석판처리장치는 벽면-벽면흐름형 또는 중심축-외벽흐름형인 것에 특징이 있는 수처리 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항 또는 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

자석판 상부 또는 하부에 자석판 상승하강장치를 설치하여 자석판의 경사를 조절할 수 있도록 한 점에 특징을 갖는 수처리장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

자석판처리장치는 수평형자석판과 경사형자석판을 혼용함에 특징이 있는 수처리 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

자성체분말 주입수단과 응집제 주입수단을 구비한 자화형성혼화조 및 자화된 플록(floc)을 형성하는 플록형성공정, 자화된 플록을 처리하기 위한 자석판처리장치를 갖는 상수원수 또는 하폐수 중의 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질 처리공정에 있어서,

자석판의 경사를 조절하여 유속과 수심을 변경시킴에 특징을 갖는 자석판처리공정을 통한 수처리 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

자석판 처리장치에서 자석판 상부에 부착판을 밀착시키고, 자화플록이 부착된 부착판을 자석판에서 이격시켜 자화플록을 세척하여 제거함에 특징이 있는 자석판처리공정을 통한 수처리 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

자석판 처리장치에서 전자석자석판의 전원을 차단하거나 또는 공급하여 자화플록을 탈착 또는 부착을 반복하도록 함에 특징이 있는 자석판처리공정을 통한 수처리 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

자석판처리장치는 수평형자석판과 경사형자석판을 혼용함에 특징이 있는 자석판처리공정을 통한 수처리 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 영구자석 및 전자석의 배치와 구조를 처리하고자 하는 수중의 자화플록이 용이하게 부착되고 탈착될 수 있도록 고안한 수처리 장치 및 방법에 관한 것으로 처리 대상 원수에 산화철 폐촉매, 마그네타이트, 자철광 분말 등과 같은 자성체를 첨가한 후 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄 등의 알루미늄 염 또는 황산 제1철, 황산 제2철, 염화 제2철 등의 철염을 주입하여 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질과 같은 오염물질과 함께 플록(floc)을 형성시키고 이 과정에서 플록(floc)에 점착된 자성체에 의해 플록(floc)이 자성을 띠게 되며 영구자석 또는 전자석으로 제작한 수평형자석판, 경사형자석판 또는 다단식자석판 처리장치를 이용하여 이 자화된 플록을 자석판 또는 추가로 설치된 부착판 표면에 부착제거하고 부착이 진행되어 자속밀도가 감소됨에 따라 부착기능이 저하되면 영구자석의 경우 부착판을 자장이 미치는 거리 밖으로 이격시키고 수세함으로써 자화플록을 탈착시키는 수처리 장치 및 방법이다. 전자석판형의 경우에는 전원을 차단하여 자력을 잃게 하고 수세함으로써 부착된 자화플록을 탈착시킨다.

배경 기술

<2> 표준정수처리공정(Conventional Water Treatment Process)에서는 약품에 의한 응집이 필수적이다. 원수 중에 부유하는 콜로이드성 미세입자는 중력에 의해서는 쉽게 침전되지 않으며 급속여과에서도 이들 대부분이 여과층에 억류되지 않고 통과한다. 따라서 콜로이드성 미세입자뿐만 아니라 미생물, 용존성 유기 및 무기물질을 플록(floc)화 하여 질량(mass)을 크게 함으로써 중력에 의해 쉽게 침강할 수 있게 하는 처리 과정이 필요하게 된다. 이를 위해 사용되는 약품은 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄 등의 알루미늄염 또는 황산 제1철, 황산제2철, 염화제2철 등의 철염 등이 있다. 즉, 응집제 사용은 원수 중의 콜로이드성 미세입자 물질을 침전하기 쉽고 또 여과지에서 여재내부에서 포착되기 쉬운 크고 무거운 플록(floc)형태로 전환하는데 목적이 있으며 이는 응집 후 후속 침전지와 여과지에서의 제거 효율을 극대화하는데 초점이 맞춰져 있다. 혼화지를 포함한 급속혼화시설에서는 수류식, 기계식, 펌프 확산에 의한 방법 등의 급속 혼화 방식이 사용되고 있으며 급속혼화시설에서 생성된 미소 플록을 크게 성장시키기 위해서 급속혼화시설과 침전지 사이에 플록 형성지(flocculation basin)가 위치하게 되는데 플록 형성 시간은 20~40분 정도이다.

<3> 성장된 플록(floc)을 포함하는 물은 침전지로 이동하게 되고 침전지는 현탁물질이나 플록의 대부분을 중력침강작용으로 제거함으로써 후속 여과지의 부담을 경감시키기 위하여 설치되는데 중력침강작용으로 인한 침전 시간 2~4 시간의 장시간이 소요되기 때문에 막대한 부지 면적 및 설비가 필요하다. 침전지에서 상당 부분의 탁도 물질이 제거되어도 1~2NTU(Nephelometric Turbidity Unit)정도의 탁도는 잔류하게 되고 후속여과지에서 0.5NTU 이하까지 처리함으로써 탁도에 관한 정수과정이 완성된다고 볼 수 있다.

<4> 기존 산업폐수처리 방법으로서 페라이트 프로세스(Ferrite Process)와 마그네타이트 분말을 이용한 고구배자력 분리(High Gradient Magnetic Separation, HGMS)가 있다.

<5> 페라이트 프로세스는 플록(floc) 형성시 자성체의 점착에 제한이 있으며 특히 고정식 자석을 사용하고 자석과 처리하고자 하는 물의 접촉거리 때문에 제거 효율이 제한적이라는 문제점이 있다.

<6> 또한, 고구배 자력분리는 마그네타이트의 자성을 이용하여 슬러지를 빠른 시간 내에 농축 분리하기 위한 방법으로서, 폐수를 침전제로 처리한 후에 마그네타이트 분말과 응집제(polymer)를 첨가하여 고정된 전자석이 설치된 반응조에서 슬러지를 농축 분리하는 것이지만 이 또한 비효율적이라는 문제점이 있다.

<7> 대한민국 등록특허 10-0545872호(이하 선행기술1)에는 "자철광 분말을 이용한 하폐수의 처리방법"이 공지되어

있다. 이는 자화 자철광분말을 응집의 핵으로 이용하여 하폐수 중에 함유되어 있는 부유고형물질을 응집 처리하여 침전조에서 침전 분리한 다음에 자철광회수공정에서 자철광을 회수하여 재사용하므로 슬러지 발생량을 최소화하면서 중화제 등이 필요 없기 때문에 운전비용이 저렴한 응집처리방법을 제시한다.

<8> 대한민국 공개특허10-2004-0110352호(이하 선행기술2)에는 "마그네타이트 분말과 부영양화 물질 및 유기물 흡착제가 함유된 미세구형 과립상태인 수처리 미세과립 제조방법 및 초고속 수처리 공정"이 소개되어 있다. 이는 물에 용해된 부영양화 원인 물질 및 유기화합물을 활성탄 내지는 활성탄소섬유와 약자성체인 마그네타이트 분말이 혼합된 미세 구형과립을 이용하여 쉽게 흡착, 정화하고 자력을 가해 초고속으로 분리할 수 있는 정화시스템에 관련된 분말 제조방법에 관한 것으로, 활성탄이나 활성탄소섬유에 마그네타이트를 함유시키고, 흡착 후 자력에 의한 초고속 분리할 수 있는 수처리 정화장치 시스템에 관련된 수처리 분말 제조방법에 관한 것이다.

<9> 대한민국 공개특허 10-0479646호(이하 선행기술3)에는 "전기응집 및 자성유체분리를 조합한 산업폐수의 처리장치 및 그 처리방법"이 공지되어 있다. 이 발명에 따르면 산업 폐수 내 오염 물질과 양극에서 용출되는 금속 양이온을 전기화학적으로 결합시켜 금속성 수산화물인 플록을 생성한 후 이 플록을 자화시켜 자석으로 분리 제거함으로써, 산업 폐수 내 오염물질을 처리수 방류 규제치보다 훨씬 양질로 신속하게 처리할 수 있는 산업폐수의 처리장치 및 그 처리방법을 제공하고 있다.

<10> 기존에 제작되어 사용되는 있는 자력선별기, 자석청소기, 콜런트세퍼레이터 등은 고체형태의 침이나 분말의 제거를 목적으로 하거나 절삭액 중의 철분제거 등 소량의 액상에 적용하도록 되어있고 수처리의 경우에도 파이프 외측에 자석을 설치하고 파이프내에 유체가 흐르도록 하거나 수중에서 자력이 미치는 범위 내에 제거하고자 하는 자성체를 자석 가까이에 위치시키는데 매우 비효율적이었다. 더욱이, 부착된 자성체를 탈착시키는 방법도 스크레이퍼, 드립형 등으로서 장치에 의한 물리적인 힘으로 제거하게 되어있어 수처리용으로는 부적합하다. 더욱이, 수중에서의 물리적 탈착장치를 자동 구동하는 것은 매우 복잡하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <11> 상기 선행기술들은 플록을 자화시켜서 제거한다는 점에서는 종래의 기술보다는 혁신적이긴 하다.
- <12> 그러나 선행기술 1에서는 자성플록을 제거하는데 침전속도만을 향상시킨 발명일 뿐 자성플록을 제거하여야 하는 침전지를 필요하게 하는 문제점을 보였고, 선행기술 2에서는 활성탄이나 흡착제의 내부에 자화분말을 부착하여 부영양화 물질 등을 제거하는 방법을 제공하였으나 종래의 흡착공법보다 오히려 복잡하고 자화분말을 흡착제의 내부에 부착함으로써 추후에 활성탄이나 흡착제의 재생에도 많은 문제점을 유발하여 비경제적이었다.
- <13> 특히, 선행기술 3에서는 자성플록을 제거하는 공정에서 부수적인 제1자성플록분리부와 제2자성플록 분리부를 설치하여야 하며, 또한 이 제1자성플록분리부는 플록자성화부와 연결되어 있고, 자성플록이 제거되는 것도 이송관의 외주연에 설치된 다수의 자석에 의해 포집되어 제거된다. 따라서 종래 수처리 공정보다도 복잡한 구성을 취할 뿐만 아니라, 자성플록 제거방식도 종래의 자성플록을 제거하는 공정인 다수의 자석으로 자성플록을 잡아서 끄는 방식과 별반 차이를 갖지 못하여 자석과 자성플록의 인력에만 의존하여야 하는 문제점이 있어 효율이 좋지 못하였다. 이와 더불어 이송관의 외주연에 설치된 다수의 자석에 의해 포집된 슬러지를 탈리하는 적절한 방법도 제공하지 못하고 있는 문제점도 제기되었다.
- <14> 또한, 표준정수처리공정(Conventional Water Treatment Process)에서는 콜로이드성 현탁물질을 제거하기 위해 무기 또는 유기응집제를 첨가한 다음 가능한 한 빨리 교반(혼화)시켜 탁질을 미소한 플록으로 생성시키고, 생성된 미소플록을 크고 무겁게 성장시켜 중력침강작용으로 제거하고 있다.
- <15> 그러나 이러한 일반적인 정수처리공정은 미소 플록을 크고 무겁게 성장시키는데 많은 시간이 필요하고 적절한 교반 강도 및 체류시간이 확보되지 않을 시 플록 형성 효과는 크게 저하된다. 또한, 생성된 플록이 중력침강 작용에 의해 침전하는데 긴 체류시간(2~4시간 정도)이 소요되기 때문에 넓은 부지 면적과 설비가 필요하게 됨으로써 건설비용이 높아지게 된다.
- <16> 따라서 기존의 정수처리 공정에서는 원수의 탁도를 침전지 유출수 수준인 2NTU 또는 여과지 유출 수준인 0.5NTU 이하로 저감시키는데 통상 3~4시간이 필요하나 이를 획기적으로 단축함으로써 침전지와 여과지 모두를 또는 침전지를 생략할 수 있는 장치 및 방법이 요구되고 있다.
- <17> 또한, 생물학적 처리공정을 주축으로 하는 하폐수 처리 공정에서도 처리수의 재이용을 위하여 또는 생물학적 처

리 공정의 운전이 원활하지 못할 경우에 방류수질 향상을 위한 보조수단으로서 장시간의 체류시간과 막대한 시설을 필요로 하는 응집, 침전, 여과 과정을 대체할 수 있는 간단한 장치와 방법이 요구된다.

과제 해결수단

- <18> 상기와 같은 선행기술의 문제점을 해결하고 상기한 목적을 달성하기 위하여, 처리하고자 하는 상수원수 또는 하폐수에 가급적 입자 크기가 작은 산화철 폐촉매, 마그네타이트, 자철광 분말 등과 같은 자성체를 주입하여 원수 중의 콜로이드성 물질과 골고루 섞인 상태가 되게 함으로써 균질화 시키고 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄 등의 알루미늄염 또는 황산 제1철, 황산제2철, 염화제2철 등의 철염과 같은 응집제와 필요시 pH 조절을 위한 보조제를 주입하여, 즉, 혼화(Rapid Mixing) 과정을 거침으로써 플록(floc) 형성단계에서 미소 자성체를 플록에 침착 시킴으로써 플록이 자성을 띠게 함으로써 자화플록(magnetized floc)을 만든다. 영구자석 또는 전자석으로 제작된 수평형자석판, 경사형자석판 또는 다단식자석판 처리장치를 구성하고 영구자석을 사용할 경우에는 추가로 이 자석판 위에 자속밀도에 크게 영향을 주지 않는 스테인리스스틸(SUS), 유리, 아크릴과 같은 재질로 만들어진 부착판을 설치하고 자화플록을 함유한 처리대상 원수를 부착판 위로 흘려보냄으로써 부착판 표면에 자화플록이 부착 제거되도록 한다. 전자석의 경우에는 추가적인 부착판을 생략할 수 있다. 부착이 진행되어 자속밀도가 감소하면 부착기능이 저하되는데 영구자석 위에 설치된 부착판은 자장거리 밖까지 부착판을 들어올려 이격시킴으로써 자속밀도를 없애고 물로 세척함으로써 부착 제거된 자화플록을 쉽게 탈착하고 다시 부착판을 하강시켜 영구자석판과 밀착 위치함으로써 부착능력을 회복시킨다. 전자석의 경우에는 전원의 차단, 공급으로 위 기능을 수행한다.

효 과

- <19> 응집, 침전, 여과 공정으로 구성된 표준정수처리공정(Conventional Water Treatment Process)에서는 원수의 탁도를 침전지 유출수 수준인 2NTU 이내, 여과지 유출수 수준인 0.5NTU 이하로 저감시키기 위하여 보통 3~4시간이 소요되나 본 발명을 적용할 경우 수초~수분 이내에 위 목적을 달성할 수 있는 현저한 효과가 나타난다.
- <20> 수처리 시간 단축은 물론 설비도 기존 플록형성지 크기보다 현저히 작은 부지면적과 자석판 부착/탈착 장치만이 필요하게 되므로 침전지 또는 침전지와 여과지 시설 모두를 생략할 수 있게 되어 건설비 및 유지관리비를 크게 절감할 수 있는 장점을 갖는다.
- <21> 또한, 하폐수 처리에 적용할 경우 처리수의 재이용 등을 위한 고도처리 시 응집, 여과, 활성탄 흡착 등의 공정을 선택하게 되는데 정수 공정과 마찬가지로 체류시간을 크게 단축시킴으로써 시설투자 및 운전비용을 획기적으로 저감할 수 있다.
- <22> 이와 더불어, 자석으로부터 탈리시킨 슬러지는 입자크기가 작고, 콤팩트(compact)하며 함수율이 낮으므로 슬러지 처리가 용이하게 되고 이 또한 자석으로 처리가 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <23> 본 발명은 자화플록의 부착 및 탈착이 용이한 구조를 갖는 자석을 이용한 수처리 장치 및 방법에 관한 것으로 표준정수처리공정(Conventional Water Treatment Process)에서는 콜로이드성 현탁물질을 제거하기 위해 무기 또는 유기응집제를 첨가한 다음 가능한 한 빨리 교반(혼화)시켜 탁질을 미소한 플록(floc)으로 생성시키고, 생성된 미소플록을 크고 무겁게 성장시켜 중력침강작용으로 제거하고 있다.
- <24> 그러나 이러한 일반적인 정수처리공정은 미소 플록을 크고 무겁게 성장하는데 많은 시간이 필요하고 적정한 교반 강도 및 체류시간이 확보되지 않을 시 플록 형성 효과는 크게 저하된다. 또한, 생성된 플록이 중력침강작용에 의해 침전하는데 긴 체류시간(2~4시간)이 소요되기 때문에 넓은 부지면적과 설비가 필요하게 됨으로써 건설비용이 높아지게 된다.
- <25> 따라서 본 발명에서는 처리하고자 하는 상수원수 또는 하폐수에 가급적 입자 크기가 작은 산화철 폐촉매, 마그네타이트, 자철광 분말과 같은 자성체를 주입하여 원수 중의 콜로이드성 물질과 골고루 섞인 상태가 되게 함으로써 균질화 시키고, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄 등의 알루미늄염 또는 황산 제1철, 황산제2철, 염화제2철 등의 철염 응집제와 필요시 pH 조절을 위한 응집보조제를 주입하여 플록(floc) 형성단계에서 미소 자성체 분말을 플록에 침착시킴으로써 플록이 자성을 띠게 한 후 영구자석 또는 전자석으로 제작된 수평형자석판, 경사형자석판 및 다단식자석판 처리장치에 자화플록을 함유한 물을 통과시켜 자화플록을 전자석판 또는 영구자석판 위에 추가로 설치된 부착판 표면에 부착 제거한다. 이 부착판은 자속밀도에 크게 영향을 주지 않는 스테인리스스틸

(SUS), 유리, 아크릴과 같은 재질로 제작한다. 부착이 진행되어 자속밀도가 감소하면 부착기능이 저하되는데 영구자석 위에 설치된 부착판을 자장거리 밖까지 부착판을 들어올려 이격시킴으로써 자속밀도를 없애고 물로 세척하여 부착 제거된 자화플록을 탈착시키고 다시 부착판을 하강시켜 영구자석판과 밀착되도록 원위치함으로써 부착능력을 회복시킨다. 전자석의 경우에는 전원의 차단, 공급으로 위 기능을 수행한다.

<26> 이를 통해 수처리 시간이 단축되면서 건설비 및 유지관리비를 크게 저감할 수 있다.

<27> 이하 본 발명을 상세히 설명한다.

<28> 먼저, 통상의 정수 및 하폐수 처리 설비에서는 응집, 침전, 여과 공정이 수반되는 데 상기의 공정에서는 먼저 플록(floc)을 크고 무겁게 해야만 중력에 의한 침전이 용이해진다.

<29> 따라서 원수 또는 하폐수 수질에 따라 응집제 종류, 응집제 주입량, 최적 pH, 교반강도(G값), 교반시간, 침전시간 등의 설계요소 결정이 플록의 밀도와 크기에 좌우되어 왔다.

<30>

<31> G : 속도경사 (sec^{-1}), P : 동력(watt),

<32> μ : 점성계수 ($\text{kg/m} \cdot \text{sec}$), V : 부피(m^3)

<33> 그러나 본 발명은 상기의 변수에 많은 영향을 받지 않고 생성된 플록을 쉽게 제거할 수 있는 것으로서 자성체 물질을 정수 또는 하폐수 처리시스템에 주입하는 공정이 하나의 특징이다.

<34> 먼저, 본 발명은 처리할 원수 또는 하폐수(이하 처리대상수)를 자화형성혼화공정으로 유입시킨다. 자화형성혼화공정이란 처리조로 유입된 처리대상수를 자성체 분말을 주입하고 적량의 응집제를 주입하여 통상의 기계식 교반기나 수류식, 펌프확산방식 등으로 혼화(Rapid Mixing)하는 공정을 의미한다.

<35> 자성체 분말은 통상의 자성을 띤 분말형 물질을 의미한다. 따라서 산화철 폐촉매, 마그네타이트, 자철광 분말 등을 포함한 인공자성체 또는 천연자성체 분말이 이용될 수 있다.

<36> 자성체 분말 주입에 있어서는, 자성체를 생성하는 수단으로 마그네타이트를 생성하여 주입하는 것이 비용면에서 바람직하다. 마그네타이트는 2가 철염과 상온에서 알칼리를 주입하여 생성한다.

<37> 여기서 사용하는 2가 철염은 제1염화철($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)를 사용하고, 알칼리는 NaOH를 사용하여 수용액 상에서 1:2($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} : \text{NaOH}$)로 교반기에서 교반을 하면 pH가 9~11정도로 유지되면서 마그네타이트(Fe_3O_4)가 주성분인 슬러리 용액이 만들어진다.

<38> 제조된 마그네타이트는 수용액 슬러리 상태로 정량펌프로 주입하거나 또는 건조하여 분말 형태로 주입할 수 있다. 따라서 자성체 분말을 주입하는 수단은 통상의 분말주입수단을 의미하며 일반적으로 자성체 분말 주입량을 조절할 수 있는 장치를 활용하는 것이 바람직하다. 상기한 마그네타이트를 슬러리상태나 분말상태로 주입하는 것은 자성체분말주입수단의 일예이며, 다른 인공자성체나 천연자성체 분말을 주입기로 주입하거나 액체와 혼합하여 주입하는 방법 등 당업자가 통상적으로 채용할 수 있는 어느 것도 자성체 분말 주입 수단에 포함될 수 있음은 물론이다.

<39> 또한, 자성체 분말을 응집제와 혼합하여 주입할 수 있음은 물론이다. 다만, 바람직하게는 자성체 분말의 주입량 조절을 위하여 응집제 주입 라인과 다르게 주입하는 것이 좋다.

<40> 자성체 분말은 가능한 한 미세한 콜로이드 크기의 분말 형태를 띠는 것이 주입 후 부유하여 제거대상 물질과 균질화 되기 쉽고 동일한 질량비에 대비하여 표면적과 충돌기회를 확대할 수 있을 뿐만 아니라 처리수에 따른 주입량과의 효율 면에서 매우 유리하다. 바람직하게는 20~1,000nm 정도의 입도를 갖는 것이 좋다.

<41> 이렇게 처리대상수를 자화형성혼화공정으로 유입하여 자성체분말과 적량의 응집제를 주입하고 교반기나 수류식, 펌프확산 등의 방법을 이용하여 급격히 혼화시킨다.

<42> 응집제는 통상의 수처리에 사용하는 통상의 무기, 유기 응집제를 의미한다. 따라서 황산알루미늄($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), 폴리염화알루미늄(PAC), 황산제1철, 황산제2철, 염화제2철, 칼륨명반, 알루미늄산나트륨, 암모늄명반, 염화코퍼러스, 페록(상품명), 점토, 수산화칼슘, 산화칼슘, 황성규산 등의 무기응집제와 고분자응집제, 양이온 계면활성제, 음이온 계면활성제 등의 유기응집제를 포함한 통상적인 그리고 개량된 응집제를 모두 포함한다.

- <43> 또한, 응집제뿐만 아니라 산, 알칼리, 활성규사, POLYELECTROLYTES, 점토 등의 응집보조제를 자화형성혼화공정에 투입할 수 있다. 이런 응집보조제로 적정 PH조절, 응집효율을 증진시킨다.
- <44> 그리고 자화형성혼화공정은 자성체분말주입교반공정과 응집제주입혼화공정으로 구분될 수 있다.
- <45> 자성체분말주입교반공정은 처리대상수에 자성체분말을 주입하여 교반하는 공정이고, 응집제주입혼화공정은 자성체분말주입교반공정을 거친 처리대상수에 응집제와 선택적으로 PH조정제 등과 같은 응집보조제를 주입하고 교반하여 자화된 플록을 형성시키는 공정을 의미한다.
- <46>
- <47> 처리대상수가 자화형성혼화공정에 유입되면 처리대상수에 포함된 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질이 응집제와 자성체 분말과 서로 응집하여 자화된 플록을 형성한다. 이와 같이 자화된 플록에는 자성체 분말이 점착(fixation)되어 있어 후단 공정인 수평형자석관, 경사형자석관 또는 다단식자석관 처리장치에서 매우 능률적으로 부착되어 제거되기 좋은 상태로 된다.
- <48> 도 1은 자석관 처리공정에서 제거될 플록의 형상을 통상의 중력식침전지 제거플록, 여과지 제거 플록과 비교하여 나타내주고 있다. 도 1에서 볼 수 있듯이 본 발명인 수평형자석관, 경사형자석관 또는 다단식자석관 처리장치를 이용하여 제거될 자화된 플록은 크기가 작음에도 콤팩트하여 제거가 용이할 뿐만 아니라 종래의 침전지나 여과지 식보다 훨씬 작은 크기의 플록들도 위 자석관 처리장치에서 완전히 제거할 수 있음을 알 수가 있다.
- <49> 그리고 상기의 자화형성혼화공정 다음에 플록형성공정을 부가할 수 있다. 이 플록형성공정은 상기한 자화된 미소 플록의 성장을 돕는 공정이다. 따라서 자화된 미소 플록을 크게 성장시키면서 자화된 플록과 혹시 남아 있을 수 있는 자화되지 않은 플록을 서로 뭉치게 하여 후단 공정인 자석관 처리장치에서 좀 더 빠르게 플록을 제거하기 위함이다.
- <50> 플록형성공정은 통상의 플록형성공정과 동일한 방식이며 교반기로 완속교반해주는 공정을 의미한다. 물론 이 플록형성공정은 탁도 제거율 목표에 따라 생략될 수 있다.
- <51> 상기의 자화형성혼화공정을 거치고 선택적으로 플록형성공정을 거친 자화된 플록은 다음 공정인 자석관 처리장치가 있는 자석관 처리공정으로 가게 된다.
- <52> 본 발명에서의 자석관 처리장치에 대한 이론적 배경을 상세히 설명한다.
- <53> 영구자석 및 전자석은 일정 자장거리 내에 있는 자성체를 끌어당겨 부착시키는 힘이 매우 강하며 부착속도도 매우 빠른 특징이 있다. 일정거리 밖에 있는 자성체에 대하여는 당기는 힘이 급격히 저하하여 부착하지 못한다. 이 부착가능거리는 자석의 자속밀도(GAUSS)가 클수록 증가하게 된다. 따라서 이러한 자석-자성체간의 부착특징을 고려한다면 수중에 분산되어있는 자화플록을 자석표면에 끌고루 접근시키는 것이 부착제거효율을 높이는 관건이라 할 수 있다. 수중에서 1959Gauss의 자속밀도를 갖는 영구자석이 Fe_3O_4 슬러리를 끌어당기는 실험을 한 결과 1.8cm 이격시 미세한 움직임을 보이고 1.5cm 이격시 부착되기 시작함을 관찰하였다. 지금까지의 기술에서는 자석을 물속 또는 관 외벽에 위치시키고 물의 흐름 특성이 층류(laminar flow)에 가깝게 흐르게 함으로써 자석간 거리가 수 cm이내가 되도록 촘촘히 설치하지 않으면 물속의 자화플록과 자석표면과의 거리가 구조적으로 상당히 이격될 수밖에 없어 제거효율에 한계를 갖는다. 자석간 거리가 가깝도록 촘촘히 설치할 경우 구조적으로 층류를 형성하기 쉽다. 따라서 물속의 자화된 플록이 자석에 부착할 수 있는 자장거리 내에 용이하게 위치시키는 방법으로 물의 유속을 증가키시고 수심은 되도록 얇게 하여 충돌과 난류를 유발하는 것이 유용하다. 물론, 자석에 의해 부착하는 힘이 약하거나 부착속도가 느리다면 난류형성이 제거효율에 도움을 주지 못하나 실제로 본 발명에서 실험한 결과 난류 흐름 상태에서도 부착속도가 매우 빠름을 알 수 있었다.
- <54> 따라서 충돌과 난류를 형성시키면서 통상의 상수 또는 하·폐수처리에서와 같이 대용량을 처리할 수 있는 장치의 구조는 수평형자석관, 경사형자석관 또는 다단식자석관 처리장치가 매우 효과적이다.
- <55> 자석은 여러 가지 형태와 크기로 제작된다. 형태는 평판형, 원형, 봉형, 드럼형 등으로 다양하고 크기도 비교적 자유롭게 제작할 수 있으나 자석의 제작특성상 자석 몸체 전체에 자성체가 부착되지는 않으며 자력이 형성된 일부 특정지점에 집중적으로 부착된다. 따라서 대용량 수처리 목적으로 사용할 경우 자석과 접촉하는 물의 흐름 특성상 하나의 자석을 아주 크게 만들어 자력이 없는 부위면적을 크게 하는 것보다 작은 자석 여러 개를 판형으로 배열하여 자석판면에 끌고루 자력을 형성하게 하는 것이 유리할 수 있다.
- <56> 본 발명에서 자석관이라 함은 넓은 면적을 가지며 전체 면에 자속밀도가 골고루 분포하도록 자석을 배열하여 제

작된 장치를 의미한다. 이렇게 제작된 자석판은 수 cm²에서 수천 m²까지 크기는 제한받지 않는다. 수처리 효율을 극대화하기 위하여 자석판 제작과 함께 제작된 자석판과 처리하고자 하는 자화플록을 함유한 물의 접촉 방법이 매우 중요하다. 물속의 자화플록과 자석판 표면과의 거리를 가급적 가깝게 하여, 즉 물이 처리장치에 체류하는 동안 부착가능 거리 내에 가급적 많은 플록들을 위치시킴으로써 제거효율을 높일 수 있다. 유량이 작고 자석판 면적이 클 경우에는 유속은 상대적으로 느리게 되며 수심이 부착가능거리보다 작을 경우 층류(laminar flow)형태로 흐르게 하여도 자화플록을 제거할 수 있다. 이 경우에는 자석판을 수평으로 위치시켜 즉 수평형자석판(도 3)구조로 운전하여도 자화플록제거 목적을 달성할 수 있다. 반면에 유량이 크고 자석판 면적이 작을 경우에 수평형자석판 구조로 한다면 수심이 깊어짐에 따라 많은 자화플록들이 부착가능거리보다 크게 이격될 가능성이 있고 당연히 플록제거효율은 저하된다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 다음과 같은 구조를 고안하였다. 그 하나는 자석판을 경사진 구조로 장치를 제작함으로써 동일 자석판 면적일 경우 수평자석판의 경우보다 수심은 얇고 유속은 빠르고 체류시간은 짧아지는 특징을 갖도록 하여 난류를 형성시켜 처리하고자 하는 물속의 자화플록이 3차원으로 격렬하게 이동함으로써 자화플록과 자석판과의 충돌 또는 이격거리단축확률을 높인 경사형자석판(도4)이다.

<57>

<58> 물론 자석판 처리장치에 수평형자석판과 경사형자석판을 혼용하여 사용할 수 있음은 자명하다. 또한, 경사형자석판에 경사각도 조절장치를 장착함으로써 유속변경, 수심변경을 도모할 수 있다.

<59>

<60> 또 다른 구조는 자석판을 위아래로 여러 단을 배치한 다단식자석판(도5, 도6)으로 물이 맨 상층 자석판에 유입된 후 아래로 흐르면서 아랫단에 위치한 자석판에 충돌, 혼합이 이루어지면서 자화플록과 자석판과의 접촉과 부착제거 확률을 높인 구조이다. 경사형자석판과 다단식자석판구조는 각각의 특징이 있다. 동일한 자석판 면적을 적용할 경우 다단식 구조가 부지면적이 적게 소요되는 반면 장치구조가 조금 복잡해진다.

<61> 수처리가 진행되면서 자석판 표면의 자화플록 부착량이 증가하면 자석판 표면에서의 자속밀도(GAUSS)가 감소함과 동시에 부착능력이 저하되므로 자석판 표면으로부터 부착된 자화플록을 탈착시키는 것이 필요하다. 전자석판의 경우에는 전원을 차단하면 자력을 잃게 되므로 쉽게 물로 세척해낼 수 있지만 영구자석으로 만들어진 수평형자석판, 경사형자석판 또는 다단식자석판의 경우에는 기계적으로 문지르듯 탈착시키거나 물을 고압으로 분사시켜 탈착시킬 수 있으나 대용량, 자동화공정에서 이들 장치는 복잡하고 운전과 유지관리가 어려운 단점이 있다. 도3, 도4, 도5 및 도6에서 나타난 바와 같이 영구자석판 위에 자속밀도(GAUSS)에 크게 영향을 주지 않는 스테인리스스틸(SUS), 유리, 아크릴과 같은 내구성 재질로 만들어진 부착판을 영구자석판 위에 밀착되도록 올려놓고 그 위로 처리하고자 하는 물을 통과시켜 자화플록이 이 부착판표면에 부착제거 되도록 한 후 탈착이 필요할 때 부착판 상부 또는 하부에 설치된 부착판 상승-하강 장치를 이용하여 부착판을 자석판으로부터 이격시키면 부착판은 자력을 갖지 않게 되고 부착판 표면에 쌓여있던 자화플록은 물로 쉽게 세척할 수 있다. 세척한 후 부착판을 자석판 위에 원위치하여 밀착, 올려놓으면 부착판상의 자력으로 다시 자화플록을 제거할 수 있게 된다.

<62> 부지면적을 줄이면서, 물과 자석판의 충돌을 극대화하고 강력한 난류를 발생시키기 위해 다단식자석판처리장치를 고안하였다. 도 5는 전자석을 장착한 벽면-벽면흐름형 다단식자석판 수처리 장치의 예이다. 전자석 대신 영구자석을 사용할 경우 전술한 바와 같이 자석판 위에 부착판을 설치하여 탈착필요시 이 부착판을 상승-하강시키면서 부착된 자화플록의 세척, 부착능력회복을 도모할 수 있다.

<63> 도 6은 중심축-외벽흐름형 다단식자석판 수처리 장치의 예이다. 이 경우에도 전자석판 대신 영구자석판을 사용할 경우 탈착을 위하여 부착판을 설치 운용한다.

<64> 다단식 자석판 수처리 장치에서 부착판의 상승하강은 각 단마다 독립된 상승하강장치를 설치하거나 모든 부착판을 동시에 상승하강시킬 수 있는 1개 또는 여러개의 기계식 또는 유압식 상승하강장치를 이용할 수 있음은 자명하다.

<65> 상기와 같이 자화형성혼화조를 이용한 자화형성공정을 거치고 선택적으로 플록형성조에서 플록형성공정을 거친 후, 자석판처리장치를 통한 자석판 처리공정을 통하여, 상수원수 또는 하폐수 중의 콜로이드성 미세입자 물질, 미생물, 용존성 유기 및 무기물질을 처리하는 장치 및 방법을 제공하게 된다.

<66> <실시 예 1> 수평형 영구자석판을 이용한 원수의 탁도제거 실험

<67> 콜로이드 물질인 카올린(kaolin)을 첨가한 인공 원수를 약 20NTU 정도로 제조한 뒤 상기에서 만들어진 마그네타

이트(Fe_3O_4)가 포함된 수용액을 0.5ml (4.2mg/l as Fe) 주입하여 자성체분말 주입 교반조에서 체류시간 (HRT=1min) 동안 교반기로 교반하여 30NTU 정도의 처리대상 원수를 만든다. 여기에 응집제주입 혼화조에서 Jar test를 통하여 구해진 최적 응집제 주입량으로서 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 를 10ml (2.982mg/l as Al_2O_3) 주입하고, pH 조정제로서 CaO를 주입하여 pH를 7로 유지한 후 응집제주입 혼화조에서 약 $G=80 \text{ sec}^{-1}$ (속도경사)의 교반강도로 체류시간(HRT=10min)동안 교반을 해주면 마그네타이트(Fe_3O_4)가 플록 구성체의 일부로 침착되면서 자화된 플록이 만들어진다.

<68> 이후 본 발명을 위해 제작된 $40\text{mm} \times 20\text{mm} \times 5\text{mm}$ (W×L×H) 형상의 1,959 Gauss의 자속밀도를 갖는 네오디뮴 자석 6개로 만들어진 영구자석판 위로 자화플록이 함유된 물을 100ml/분의 유량으로 수심을 다르게 하여 주입한다. 유량에 따라 체류시간과 유속은 달라지며 본 실험의 처리결과는 [표1]과 같다.

<69> [표1]

원수탁도(NTU)		수심별 처리수탁도(NTU)		유량 100ml/분일 때 체류시간(초)
Kaolin 조제수	자성체 혼합수	수심(cm)	처리수탁도(NTU)	
20.7	32	2.5	0.91	91
		4	1.20	145

<71> <실시 예 2> 경사형 영구자석판을 이용한 원수의 탁도제거 실험

<72> 상기의 실시 예 1과 동일한 방법으로 실시하되,

<73> 100ml/분의 유량으로 영구자석판의 경사각도를 다르게 한 본 실험의 처리결과는 [표 2]과 같다.

<74> [표 2]

원수탁도(NTU)		경사각도별 처리수탁도(NTU)		유량 100ml/분일 때 체류시간(초)
Kaolin 조제수	자성체 혼합수	경사각도	처리수탁도(NTU)	
19.7	31.3	2°	0.84	4
		5°	1.21	2
		10°	1.54	1
		20°	2.30	< 1

<76> <실시 예 3> 다단식 영구자석판을 이용한 원수의 탁도제거 실험

<77> 실시 예 1과 같은 방법으로 자화플록을 형성한 후 본 발명을 위해 제작된 내부 $46\text{mm} \times 24\text{mm} \times 610\text{mm}$ (W×L×H)의 다단식 수처리 장치의 상부로 처리대상수를 주입한다. 이때 장치의 내부에는 도 5의 공정도 예시와 같이 $40\text{mm} \times 20\text{mm} \times 5\text{mm}$ (W×L×H) 형상의 1,959 Gauss의 자속밀도를 가진 네오디뮴 자석으로 이루어진 6개의 단이 설치되며, 처리대상수가 하부로 흐를 때 따라 자화된 플록이 각 단의 자석에 부착되어 제거하게 된다. 자화플록이 함유된 물을 25ml~100ml/분의 유량으로 주입하면 유량에 따라 체류시간과 유속은 달라지며 본 실험의 처리결과는 [표 3]과 같다. 또한, 100ml/분의 유량으로 단수의 변화에 따른 본 실험의 처리결과는 [표 4]와 같다.

<78> [표 3]

자석 단수 : 6단 (총 자석 개수 : 6개)				
원수탁도(NTU)		유량별 처리수탁도(NTU)		체류시간(초)
Kaolin 조제수	자성체 혼합수	유량(ml/분)	처리수탁도(NTU)	
21.2	35.6	25	0.7	13
		50	0.74	8
		100	0.82	5
		200	1.28	3

<80> [표 4]

유량 100ml/분				
원수탁도(NTU)		자석단수별 처리수탁도(NTU)		체류시간(초)
Kaolin 조제수	자성체 혼합수	단수	처리수탁도(NTU)	
21.2	35.6	1	2.2	< 1
		3	1.03	3
		6	0.82	5

<82> 본 발명은 기존의 상하수도 처리, 각종 산업폐수처리 공정에 부가하여 적용할 수 있는 효율적인 수처리 장치 및 방법이므로 큰 설치비용 없이 기존의 수처리 시설에 적용하여 수처리효율을 높일 수 있다.

<83> 또한, 본 발명은 종래의 많은 부지를 확보해야 하는 어려움이 있는 수처리 공정이 필요한 곳에 매우 효율적으로 적용될 수 있다.

<84> 이와 더불어 간이 상하수도 또는 간이 폐수 처리공정이 필요한 곳에 매우 획기적으로 적용할 수 있는 발명이다.

도면의 간단한 설명

<85> 도 1은 단위공정별 제거 플록(floc)크기 개념도

<86> 도 2는 수평형자석판, 경사형자석판, 다단식자석판을 이용한 수처리공정도

<87> 도 3은 부착판상승하강장치를 구비한 수평형자석판(영구자석)장치의 예

<88> 도 4는 부착판상승하강장치를 구비한 경사판자석판(영구자석)장치의 예

<89> 도 5는 벽면-벽면흐름형 다단식자석판을 이용한 수처리 장치의 예

<90> 도 6은 중심축-외벽흐름형 다단식자석판을 이용한 수처리 장치의 예

<91> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<92> 1 : 자성체분말주입교반조 2 : 자성체분말주입교반조 교반기

<93> 3 : 응집제주입혼화조 4 : 응집제주입혼화조 교반기

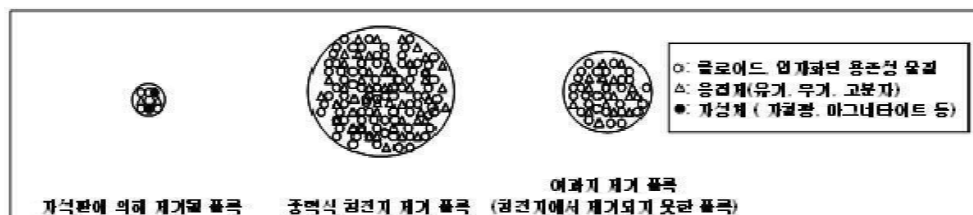
<94> 5 : 플록 형성조 6 : 플록 형성조 교반기

<95> 7 : 영구자석판(또는 전자석판) 8 : 부착판(자석판에 밀착)

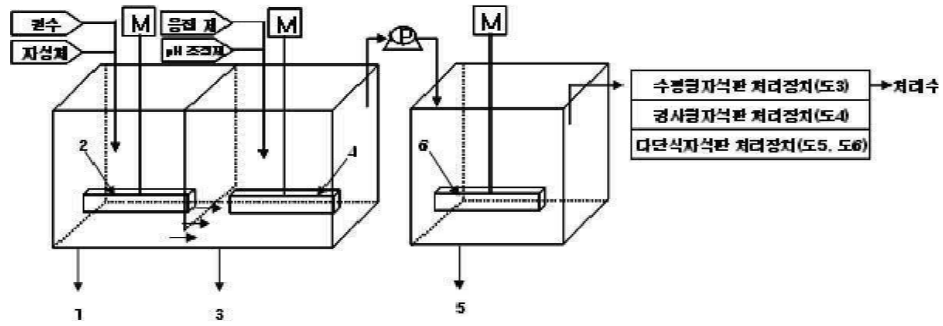
<96> 9 : 부착판 상승하강장치(기계식, 유압식)

도면

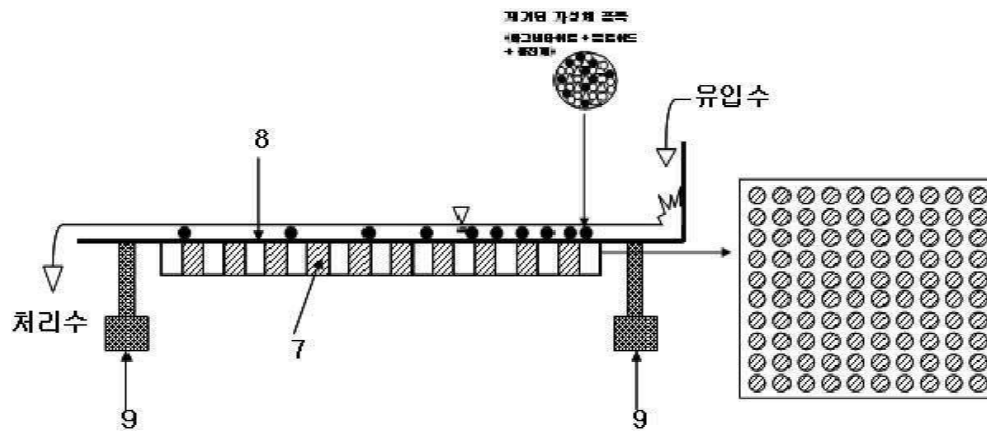
도면1



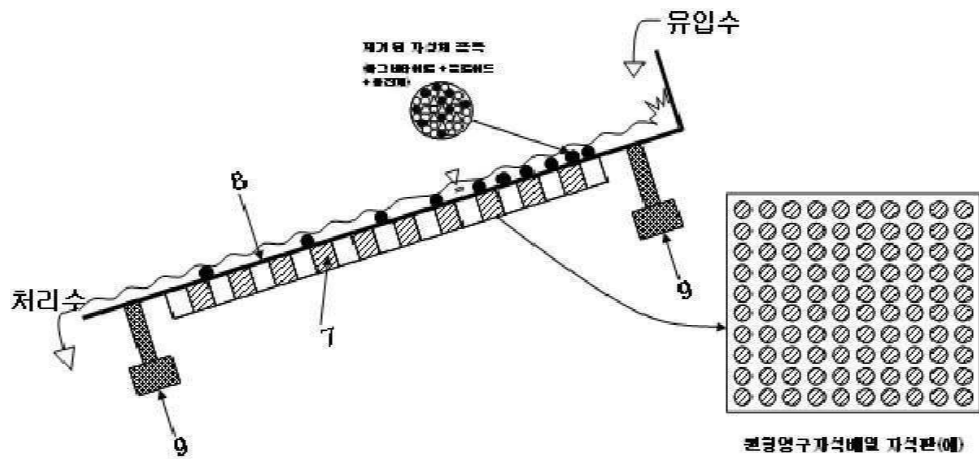
도면2



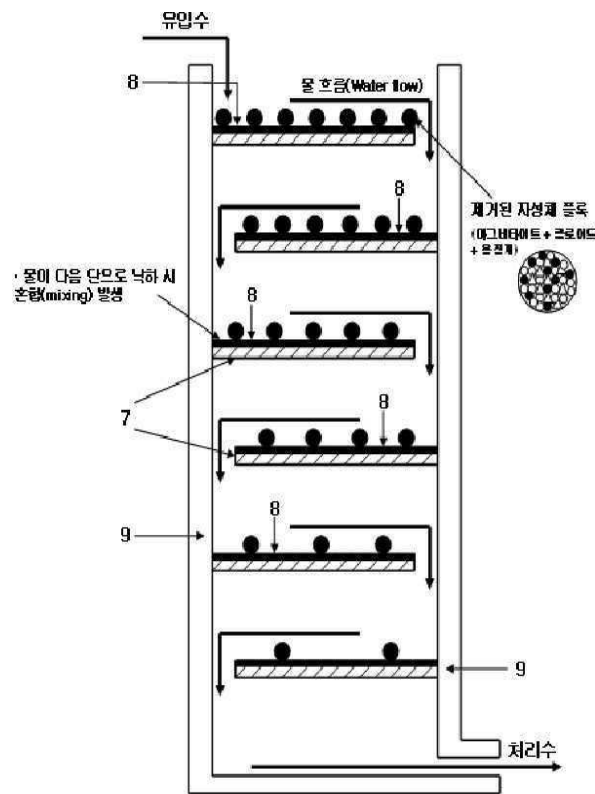
도면3



도면4



도면5



도면6

