



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0100981
(43) 공개일자 2007년10월16일

(51) Int. Cl.

C02F 1/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0032142

(22) 출원일자 2006년04월10일

심사청구일자 2006년04월10일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전 유성구 덕명동 산16-1

(72) 발명자

김광주

대전 유성구 어은동 한빛아파트 119동 306호

김동철

서울 강남구 대치동 미도아파트 109동 1007호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

백남훈, 이학수

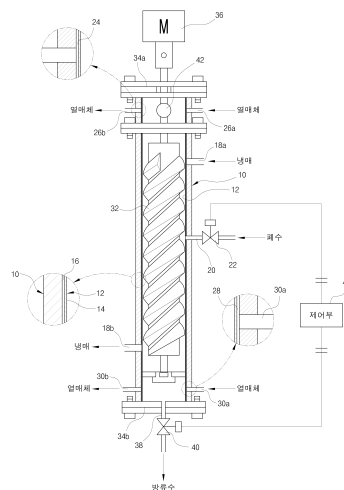
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 폐수를 냉각시킴에 따라 순수한 물로 이루어진 얼음 결정이 생성되는 동시에 그 폐수중에 용해 또는 현탁되어 있는 오염물질이 얼음 결정 주위로 분리 농축된 다음, 용융 과정을 통하여 정제된 방류수와 농축폐액으로 용이하게 분리시킬 수 있도록 한 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치에 관한 것이다. 이를 위해, 본 발명은 폐수를 폐수공급관을 통하여 동결관의 내부로 공급하는 단계와; 냉매순환통로를 통하여 공급된 냉매에 의하여 상기 동결관의 내부로 공급된 폐수가 동결관의 동결표면에 얼음 결정으로 생성되는 단계와; 상기 스크레이퍼의 회전 구동에 의하여 상기 동결표면에 냉각된 얼음 결정이 긁어지며 제거되는 동시에 스크레이퍼의 나선형 날개를 따라 상부로 이송되는 단계와; 상부로 이송된 얼음이 열매체에 의하여 용융되어, 농축된 폐액과 순수한 방류수로 분리되는 단계와; 상기 농축된 폐액은 스크레이퍼 위쪽에 장착된 농축폐액 배출구로 배출되는 동시에 상기 순수한 방류수는 동결관과 스크레이퍼 사이의 간극을 통하여 하부쪽으로 떨어진 다음 방류수 배출구를 통하여 배출되는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김재경

경남 진주시 일반성면 창촌리 90번지

이형석

전북 진주시 덕진구 금암1동 453-15 동남연립 311호

이상웅

충남 천안시 쌍용동 광명아파트 105동 408호

특허청구의 범위

청구항 1

수직 중공관 형태의 케이싱과;

상기 케이싱의 내경면과 이격된 상태로 장착되며, 그 내경면이 동결표면이 되는 동결관과;

상기 케이싱의 내경면과 상기 동결관의 외경면 사이의 이격공간에 형성된 냉매순환통로와;

상기 냉매순환통로와 연통되도록 상기 케이싱의 상하부 소정 위치에 부착되는 냉매공급 및 배출구와;

상기 냉매순환통로와는 차단된 상태로 상기 케이싱 및 동결관 간의 상부쪽 이격공간에 형성된 제1열매체 순환통로와;

상기 제1열매체 순환통로와 연통되는 상태로 상기 케이싱에 부착되는 제1열매체 공급구 및 배출구와;

상기 냉매순환통로와는 차단된 상태로 상기 케이싱 및 동결관간의 하부쪽 이격공간에 형성된 제2열매체 순환통로와;

상기 제2열매체 순환통로와 연통되는 상태로 상기 케이싱에 부착되는 제2열매체 공급구 및 배출구와;

상기 동결관의 내경면과 이격된 상태로 회전 가능하게 장착되는 스크레이퍼와;

상기 케이싱 및 동결관의 상단과 하단에 밀폐를 위해 장착되는 상부플랜지 및 하부플랜지와;

상기 상부플랜지의 상면에 부착되는 동시에 그 회전축은 상부플랜지를 관통하여 상기 스크레이퍼의 축과 연결되는 구동모터와;

상기 케이싱의 중간 위치에서 동결관내로 관통 장착되는 폐수공급관과;

상기 하부플랜지에 관통 형성된 정제 방류수 배출구와;

상기 스크레이퍼의 상부 위치에서 상기 케이싱 및 동결관을 관통하여 장착되는 농축폐액 배출관;

을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 스크레이퍼와 상기 동결관의 동결표면간의 간극은 10~20mm로 유지된 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 폐수공급관과 방류수 배출구에는 각각 제1 및 제2 솔레노이드 개폐밸브가 장착된 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제1열매체 공급구 및 배출구 사이와, 상기 제2열매체 공급구 및 배출구 사이에는 압축기와 펌프를 포함하는 열매체순환기가 연결되는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 냉매순환통로와 연통되는 냉매공급 및 배출구 사이에는 압축기와 펌프를 포함하는 냉매순환기가 연결되는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 6

청구항 3 내지 청구항 5중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 솔레노이드 개폐밸브와, 상기 열매체 순환기 및 냉매순환기는 자동제어를 위한 제어부와 전기적 신호 교환 가능하게 연결되는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치.

청구항 7

청구항 1의 장치를 구비하는 제1단계와;

폐수를 폐수공급관을 통하여 동결관의 내부로 공급하는 제2단계와;

냉매순환통로를 통하여 공급된 냉매에 의하여 상기 동결관의 내부로 공급된 폐수가 동결관의 동결표면에 얼음 결정으로 생성되는 제3단계와;

상기 스크레이퍼의 회전 구동에 의하여 상기 동결표면에 냉각된 얼음 결정이 끊어지며 제거되는 동시에 스크레이퍼의 나선형 날개를 따라 상부로 이송되는 제4단계와;

상부로 이송된 얼음이 열매체에 의하여 용융되어, 농축된 폐액과 순수한 방류수로 분리되는 제5단계와;

상기 농축된 폐액은 스크레이퍼 위쪽에 장착된 농축폐액 배출구로 배출되는 동시에 상기 순수한 방류수는 동결관과 스크레이퍼 사이의 간극을 통하여 하부쪽으로 떨어진 다음 방류수 배출구를 통하여 배출되는 제6단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 방류수는 방류수 배출구로 배출되기 전에 잔류하는 얼음 결정이 모두 녹을 수 있도록 열매체에 의하여 다시 한 번 부분용융되는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서, 상기 농축폐액 배출구로 배출된 농축폐액을 그 농도가 기준치 이상의 농후한 농도가 될 때까지 상기 제2,3,4,5,6 단계로 반복 재순환시키는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 10

청구항 7 또는 청구항 9에 있어서, 기준치 이상의 농후한 농도가 되어 상기 농축폐액 배출구로 배출된 농축폐액을 소각 매립시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 11

청구항 7에 있어서, 상기 방류수 배출구를 통하여 배출되는 방류수에 잔류 폐액이 포함된 경우에는 방류수를 잔류 폐액이 제거될 때까지 상기 제2,3,4,5,6 단계로 반복 재순환시키는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 12

청구항 7에 있어서, 상기 공급 폐수에 함유되어 있는 오염물질의 초기 농도와 방류수의 수질 기준에 따라 동결농축공정은 다단 직렬 처리 공정으로 진행될 수 있는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 13

청구항 7에 있어서, 상기 냉매순환통로에 공급되는 냉매는 중량비로 1:1로 혼합된 에틸렌 글리콜과 물의 혼합물인 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<16>

본 발명은 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 폐수를 냉각시킴에 따라 순수한 물로 이루어진 얼음 결정이 생성되는 동시에 그 폐수중에 용해 또는 현탁되어 있는 오염물질이 얼음 결정 주위로 분리 농축된 다음, 용융 과정을 통하여 정제된 방류수와 농축폐액으로 용이하게 분리시킬 수 있도록 한 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치에 관한 것이다.

- <17> 통상적으로, 폐수는 모든 산업 활동과 인간의 활동에 의해 필연적으로 배출될 수 밖에 없으므로, 배출되는 폐수의 처리는 환경 보호의 관점에서 매우 중요하다 할 것이다.
- <18> 폐수 처리의 최종적인 목표는 공장폐수, 가정 폐수, 하수 등으로부터 오염원을 없애 방류수 규제치를 만족시키는 것이며, 그에 따라 다양한 오염 물질의 성질에 의해 물리화학적 처리, 생물학적 처리, 혹은 이것을 조합한 방법 등이 고액분리, 유기물·환원성 물질의 산화 및 분해, pH 조절, 무기 영양 염류(주로 인 또는 질소 화합물)의 제거, 고형 슬러지의 처리 및 폐기를 목적으로 도입되어 사용되고 있다.
- <19> 대개, 폐수 처리 기술은 응집 및 침전 처리, 막분리, 부유, 흡착, 이온교환, 산화 및 환원, 탈기, 증발 등이 포함된 물리화학적 처리, 생물막, 활성 슬러지, 혐기성 소화 등이 포함된 생물학적 처리, 이것을 조합한 다단계 고도처리로 분류된다.
- <20> 일반적으로, 오폐수는 처리능력에 대한 안정성과 경제적인 이유로 활성슬러지 공법 또는 혐기성 소화 등의 생물학적인 방법에 의해 처리되고 있으며, 폐수에 함유된 성분들의 특성으로 인해 생물학적인 처리만으로 방류수 수질을 기대하기 어렵으므로 하폐수 처리장의 특수상황 등을 고려하여 생물학적 처리와 응집 및 침전, 화학적 산화 및 환원, 흡착 등 물리화학적 방법이 병용된다.
- <21> 보통 유기 폐수는 미생물에 의해 분해되기 쉽기 때문에 60%이상이 생물학적인 방법이 이용되고 있으며, 80년대 이후에는 생물학적 처리방법으로는 한계가 있기 때문에 물리화학적 처리가 병행되어 고도처리가 이루어져 왔다.
- <22> 즉, 혐기 및 호기성 생물학적 처리에 의해 일차적인 유기물질 분해를 유도한 후 응집 및 침전 혹은 흡착, 여과 처리를 하여 배출기준에 적합하며 처리효율이 높은 오폐수 처리기술이 확립되어 왔다.
- <23> 또한, 최근 들어 응집 및 침전처리 후 활성탄에 의한 흡착처리, 한외여과, 오존 산화를 통하여 살균 및 탈색처리를 겸하는 사례가 지속적으로 증가되고 있다.
- <24> 반면, 무기 폐수는 일반적으로 비용이 적게 드는 응집 및 침전처리를 하고 용해성 물질이 포함되어 있을 경우에는 산화, 흡착, 이온 교환, 막분리, 오존산화를 통한 여과처리가 이루어지고 있다.
- <25> 결국, 폐수 처리의 기본 골격은 용해성 물질 및 현탁성 물질을 불용성 현탁물질로 전환시킨 뒤, 탈수조작을 거쳐 슬러지와 처리수로 분리시키는 것이다.
- <26> 이에, 최근에는 흡착제, 응집제, 침전물, 산화 및 분해시 생성되는 생성물 등의 처리가 필요 없으며 자체 산화력과 잔류 물질 생성이 없는 오존, 자외선, 방사선 조사처리 기술이 유기 및 무기 폐수에 함유된 착색물질, 악취물질, 미생물 제거에서 많이 응용되고 있다.
- <27> 상기 생물학적 처리 방법에는 생물막, 활성슬러지, 접촉포기, 혐기성 소화 또는 이들의 변형 공정이 더 존재하며, 이러한 생물학적 처리 방법에서는 혐기성 처리가 1단계로 이루어지고, 질소 및 인을 제거하기 위한 공정이 2단계로 진행된다.
- <28> 그러나, 배출되는 폐수가 고농도이며 폐수에 함유된 주성분이 독성물질로서 함량이 많을 경우에는 용적부하가 낮게 유지되어야 하므로 대규모의 처리부지가 소요되고 점차로 처리효율이 감소하는 문제점이 있다.
- <29> 상기 물리, 화학적 처리 방법에는 응집및 침전, 오존산화, 여과, 활성탄 흡착, Fenton 산화, 분리막 등을 이용하는 방법이 있고, 상기 화학적인 방법으로는 응집 및 침전 또는 Fenton 산화가 가장 일반적으로 사용되나 약품이 다량 소요되고 운전에 주의를 요해야 한다.
- <30> 상기 물리적 처리 방법의 일례로서 주로 역삼투막(R/O : Reverse Osmosis membrane)을 사용하여 상당한 실적을 얻을 수 있으나 초기 투자비가 많이 소요되고, 유기 또는 무기물에 의한 파울링(fouling) 방지를 위해 전처리에 상당한 주의가 필요한 문제가 있으며, 상기 역삼투막(R/O)의 전단부에 모래여과, 정밀여과 등의 설비를 두는 경우가 있으나 이 경우에는 역삼투막(R/O)으로 유입되는 수질기준을 만족시키기 어려우며, 스케일(scale) 형성 방지 및 미생물 성장 방지 등을 위한 약품설비를 추가해야 하고, 또한 전처리 설비 및 역삼투막(R/O) 설비의 고압 운전으로 인해 높은 전력비가 소요되는 문제점이 있다.
- <31> 한편, 산업 폐수, 축산 폐수, 매립지 침출수 등과 같이 폐수에 함유된 주성분이 난분해성이거나 독성이 강하며 고농도인 경우 전술한 바와 같이 물리화학적 방법이 병용된 생물학적 방법에 의한 처리는 한계가 있으며, 이 경우에는 소각, 습식 산화, 촉매 습식 산화, 증발 등 고온 열처리 방법, 대량의 회석에 의한 생물학적 처리기술이 더 이용되고 있다.

- <32> 그러나, 상기 고온 열처리법의 경우 부식으로 인한 처리장치 수명 단축, 물의 증발 잠열로 인한 에너지 소모 과다로 인해서 폐수 처리 장치의 운영비, 설치비가 많이 소요되며, 그 처리 과정에서 다이옥신(dioxin), 휘발성 유기화합물(volatile organic compounds, VOCs) 등 2차 오염 물질 발생 등이 문제점으로 대두되고 있다.
- <33> 주지된 바와 같이, 동결 농축법(freeze concentration method)은 빙점 이하의 온도에서 순수한 얼음 결정이 생성되는 동안 폐수에 함유된 유기물 및 무기물이 동결되지 않은 액체로 분리 농축되는 원리를 이용한 것으로서, 중소규모로 발생하는 폐수 처리 및 재순환 기술에 유용성이 뛰어난 기술로 알려져 있다.
- <34> 상기 동결 농축의 원리는 열역학적 고-액 상평형에 기초하고 있으며, 이성분계 혼합물을 표현하는 여러 종류의 고-액 상평형도가 있지만 공융계(eutectic system)가 용해성 유기물질(또는 무기물질)과 물의 혼합물 즉, 하폐수에 일반적으로 적용된다.
- <35> 이러한 동결 농축법에 있어서, 얼음 결정격자의 작은 크기(dimension)때문에 불화수소, 암모니아를 제외한 유기물(또는 무기물)은 물의 결정격자로의 내포가 불가능하며, 그에 따라 얼음과의 고용체(solid solution) 형성이 불가능하다.
- <36> 이론적으로, 상기 유기물(또는 무기물) 수용액은 1단계로서 100% 물과 유기물질(무기물질)로 완전 분리가 되며, 따라서 1단계 조작에 의해서 물에 함유되어 있는 오염물질의 완전 제거가 가능한 것으로 알려져 있다.
- <37> 첨부한 도 1은 용해성 오염 물질과 물의 상평형도를 나타낸다.
- <38> 전술한 바와 같이, 수용성 오염 물질과 물은 대부분 공융계(eutectic system)를 이루는 바, 용액 상태의 유입 폐수가 냉각되면 고-액 평형 곡선을 지나서 얼음 결정이 생성되며 잔류액내 오염 물질의 농도는 증가된다.
- <39> 통상적인 폐수에서 수용성 오염 물질의 농도는 g/L 수준이므로 실제 물과 수용성 오염 물질의 상평형도는 도 1에서 나타난 것처럼 순수한 물에 가깝게 위치한 부분으로 나타난다.
- <40> 이러한 방식으로 물의 어는점보다 고작 몇도 낮게 조작된 온도에서 즉, 저에너지 소모비용으로 매우 정제된 방류수가 제조될 수 있다.
- <41> 실제 상기 동결 농축의 조작 온도 한계는 공급 폐수로부터 얼음 결정이 생성된 이후 과도한 냉각에 의해 도달되는 공융 온도에 있으며, 이 공융 온도에서는 수용성 오염 물질과 물은 모두 고화되며 분리되지 않는다.
- <42> 통상, 수용액의 농축은 여러 산업에 있어서 일반적인 공정이다.
- <43> 수용액의 농축에 가장 많이 이용되고 있는 공정은 증발이며, 물을 증기로 변환시키는 대신 동결 농축은 용액의 어는점 아래에서 물을 얼음으로 결정화시키며 수용액을 농축시키게 된다.
- <44> 그러므로, 이론적으로 물이 얼음(ice)으로 상변환 되는 잠열(76 kcal/kg)에 의한 동결 농축은 물이 증기로 변하는 기화열(540 kcal/kg)에 의한 증발 또는 증류보다 에너지 소모량의 1/7 수준이며, 이는 수용액 농축에 있어서 동결 농축을 이용할 경우 높은 에너지 저감효과를 기대할 수 있음을 의미한다.
- <45> 뿐만 아니라, 폐수처리에 있어서 화학물질의 첨가가 필요없으며, 저온으로 가동되므로 부식 문제가 없으며 내구성이 뛰어나기 때문에 폐수로부터 오염 물질의 제거에 있어서 뛰어난 장점을 발휘한다.
- <46> 따라서, 이러한 장점을 이용하여 최근 들어 동결 농축에 의한 폐수 처리 연구가 지속되어 왔으며, 그 일례로서 대한민국 등록특허 10-357289호(2002.10.07)에는 산업 폐수, 매립지 침출수, 축산 폐수 등의 악성 폐수를 처리하기 위한 동결 농축 방법과 장치가 개시되어 있는 바, 이 등록특허의 동결 농축 장치는 동결 표면, 결정화조, 결정성장조, 부력으로 상승한 얼음 결정을 원심력에 의해 상부로 이송하기 위한 스크류, 얼음에 부착된 오염물질을 세척함과 동시에 계면의 난류도를 상승시키는 압축공기분사장치, 분리된 얼음을 용해시키기 위한 용해조로 구성되어 있다.
- <47> 다른 예로서, 대한민국 공개특허 10-1990-12652호에는 과일 주스, 커피와 냉수에 녹일 수 있는 차 추출물(extracts), 우유, 포도주, 맥주, 식초 등과 같은 수용액의 2단계 역류 동결 농축 시스템과 방법이 개시되어 있는 바, 이 공개특허의 동결 농축 시스템은 경사 칼럼(2기), 결정화기(2기), 세척 칼럼, 급송 탱크, 가열 장치, 냉각 장치(2기)로 구성되어 있으며, 농축 원리는 경사 칼럼에서 농축액의 냉각과 동결, 생성된 얼음 결정과 농축액 분리, 얼음 결정표면의 잔류모액 제거, 얼음 결정의 배출로 이루어진다.
- <48> 보다 상세하게는, 1 단계의 경사 칼럼은 농축 대상 용액(고형물 함량 : 2% ~ 20%)을 전체 동결시키며 장치의 하부에 위치한 스크레이퍼로서 얼음 결정을 제조하고, 제조된 얼음 결정은 세척 칼럼으로 이송되어 얼음 결정 표

면에 부착된 잔류 모액이 제거되어 정제된 물(고형물 함량 : 0.01%~0.05%)로서 회수된다.

- <49> 연이어, 1 단계 경사 칼럼에서 배출된 농축액은 동결되며 결정화기를 거쳐 제조된 얼음 결정은 1 단계 경사 칼럼으로 재순환되며 여과기를 거친 후 잔류 농축액(고형물 함량 : $\approx$ 40%)은 배출된 후, 2 단계 경사 칼럼으로 이송되며 장치의 하부에 위치한 스크레이퍼에 의해 잔류 모액은 결정화기로 이송되어 2차 얼음 결정으로 생성되어 1 단계 경사 칼럼으로 공급되며, 1 단계 경사 칼럼에서 제조된 얼음 결정은 세척 칼럼에서 농축 대상 용액과 향류(역류) 접촉되며 얼음 결정 표면의 잔류 모액은 제거된다.
- <50> 또 다른 예로서, 실용신안등록번호 20-0221886(2001.02.15)에는 폐수 담수조 상부에 콘베어와 수실을 갖는 원통형의 수직다관형 제빙기를 설치하고 폐수 담수조에는 측면에 인접하여 용해조를 설치하여 제빙기에 연결된 냉동 시스템의 냉매와 제빙기를 순환하는 폐수의 열교환에 의해 폐수중의 순수를 제빙하고 폐수는 폐수담수조로 회수 재순환시키고, 제빙된 얼음은 제빙기 하단에 설치된 콘베어에 의해 고액분리하여 용해조로 분리 농축하는 것을 특징으로 하는 동결 농축법을 이용한 악성폐수 처리장치가 개시되어 있다.
- <51> 그러나, 이들 특허들은 동결 농축법을 이용한 폐수 처리기술은 효율을 높이기 위해서 얼음 결정 표면에 부착된 잔류 모액의 제거와 농축액의 점성을 낮추기 위한 세척 칼럼, 미세 얼음 결정 제조를 위하여 높은 과포화도와 짧은 체류시간이 요구되는 고정밀도 경사 칼럼, 생성된 얼음 결정과 급송액과의 분리문제, 실제 폐수 처리과정에서 적용되기 어려운 문제점 등이 있고, 또한 위의 등록실용신안의 기술은 콘베이어 및 수실을 갖는 수직다관형 제빙기 및 경사분리대 등 여러 부가 장치가 있어 그 구성이 복잡한 문제점이 있다.
- <52> 그렇기 때문에 물의 결정화열(ΔH_{cr})이 증발잠열(ΔH_{ap})에 비해 가지는 에너지 소모량에서의 장점이 대부분 소멸되며, 오히려 세척 칼럼, 압축 공기 분사 장치 등 실제 결정화열이 소모되는 장치 이외의 부분에서 소모되는 에너지 소모량으로 인해서 경제성과 열역학적 효율이 매우 낮은 문제점도 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <53> 본 발명은 상기와 같은 제반 문제점을 감안하여 연구된 결과물로서, 얼음 결정에 부착되어 있는 잔류 모액을 제거하기 위해 필수적인 향류 물질 전달 장치 및 부가적인 장치가 전혀 필요하지 않으며, 간단한 조작으로 급송된 폐수로부터 방출수와 농축된 폐액을 효과적으로 분리시킬 수 있도록 한 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

- <54> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일구현에는 수직 중공관 형태의 케이싱과; 상기 케이싱의 내경면과 이격된 상태로 장착되며, 그 내경면이 동결표면이 되는 동결관과; 상기 케이싱의 내경면과 상기 동결관의 외경면 사이의 이격공간에 형성된 냉매순환통로와; 상기 냉매순환통로와 연통되도록 상기 케이싱의 상하부 소정 위치에 부착되는 냉매공급 및 배출구와; 상기 냉매순환통로와는 차단된 상태로 상기 케이싱 및 동결관 간의 상부쪽 이격공간에 형성된 제1열매체 순환통로와; 상기 제1열매체 순환통로와 연통되는 상태로 상기 케이싱에 부착되는 제1열매체 공급구 및 배출구와; 상기 냉매순환통로와는 차단된 상태로 상기 케이싱 및 동결관간의 하부쪽 이격공간에 형성된 제2열매체 순환통로와; 상기 제2열매체 순환통로와 연통되는 상태로 상기 케이싱에 부착되는 제2열매체 공급구 및 배출구와; 상기 동결관의 내경면과 이격된 상태로 회전 가능하게 장착되는 스크레이퍼와; 상기 케이싱 및 동결관의 상단과 하단에 밀폐를 위해 장착되는 상부플랜지 및 하부플랜지와; 상기 상부플랜지의 상면에 부착되는 동시에 그 회전축은 상부플랜지를 관통하여 상기 스크레이퍼의 축과 연결되는 구동모터와; 상기 케이싱의 중간 위치에서 동결관내로 관통 장착되는 폐수공급관과; 상기 하부플랜지에 관통 형성된 정제 방류수 배출구와; 상기 스크레이퍼의 상부 위치에서 상기 케이싱 및 동결관을 관통하여 장착되는 농축폐액 배출관을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치를 제공한다.
- <55> 바람직한 구현예로서, 상기 스크레이퍼와 상기 동결관의 동결표면간의 간극은 10~20mm로 유지된 것을 특징으로 한다.
- <56> 바람직한 다른 구현예로서, 상기 폐수공급관과 방류수 배출구에는 각각 제1 및 제2 솔레노이드 개폐밸브가 장착된 것을 특징으로 한다.
- <57> 바람직한 또 다른 구현예로서, 상기 제1열매체 공급구 및 배출구 사이와, 상기 제2열매체 공급구 및 배출구 사이에는 압축기와 펌프를 포함하는 열매체순환기가 연결되는 것을 특징으로 한다.
- <58> 바람직한 또 다른 구현예로서, 상기 냉매순환통로와 연통되는 냉매공급 및 배출구 사이에는 압축기와 펌프를 포

함하는 냉매순환기가 연결되는 것을 특징으로 한다.

- <59> 바람직하기로는, 상기 제1 및 제2 솔레노이드 개폐밸브와, 상기 열매체 순환기 및 냉매순환기는 자동제어를 위한 제어부와 전기적 신호 교환 가능하게 연결되는 것을 특징으로 한다.
- <60> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 구현에는:
- <61> 청구항 1의 장치를 구비하는 제1단계와; 폐수를 폐수공급관을 통하여 동결관의 내부로 공급하는 제2단계와; 냉매순환통로를 통하여 공급된 냉매에 의하여 상기 동결관의 내부로 공급된 폐수가 동결관의 동결표면에 얼음 결정으로 생성되는 제3단계와; 상기 스크레이퍼의 회전 구동에 의하여 상기 동결표면에 냉각된 얼음 결정이 긁어지며 제거되는 동시에 스크레이퍼의 나선형 날개를 따라 상부로 이송되는 제4단계와; 상부로 이송된 얼음이 열매체에 의하여 용융되어, 농축된 폐액과 순수한 방류수로 분리되는 제5단계와; 상기 농축된 폐액은 스크레이퍼 위쪽에 장착된 농축폐액 배출구로 배출되는 동시에 상기 순수한 방류수는 동결관과 스크레이퍼 사이의 간극을 통하여 하부쪽으로 떨어진 다음 방류수 배출구를 통하여 배출되는 제6단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법을 제공한다.
- <62> 바람직한 구현예로서, 상기 방류수는 방류수 배출구로 배출되기 전에 잔류하는 얼음 결정이 모두 녹을 수 있도록 열매체에 의하여 다시 한 번 부분용융되는 것을 특징으로 한다.
- <63> 바람직한 다른 구현예로서, 상기 농축폐액 배출구로 배출된 농축폐액을 그 농도가 기준치 이상의 농후한 농도가 될 때까지 상기 제2,3,4,5,6 단계로 반복 재순환시키는 것을 특징으로 한다.
- <64> 이때, 기준치 이상의 농후한 농도가 되어 상기 농축폐액 배출구로 배출된 농축폐액을 소각 매립시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <65> 바람직한 또 다른 구현예로서, 상기 방류수 배출구를 통하여 배출되는 방류수에 잔류 폐액이 포함된 경우에는 방류수를 잔류 폐액이 제거될 때까지 상기 제2,3,4,5,6 단계로 반복 재순환시키는 것을 특징으로 한다.
- <66> 바람직한 또 다른 구현예로서, 상기 공급 폐수에 함유되어 있는 오염물질의 초기 농도와 방류수의 수질 기준에 따라 동결 농축공정은 다단 직렬 처리 공정으로 진행될 수 있는 것을 특징으로 한다.
- <67> 한편, 상기 냉매순환통로에 공급되는 냉매는 중량비로 1:1로 혼합된 에틸렌 글리콜과 물의 혼합물 인 것을 특징으로 한다.
- <68> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조로 상세하게 설명하기로 한다.
- <69> 본 발명은 폐수가 냉각됨에 따라 순수한 물로서 이루어진 얼음 결정이 생성되면서 폐수중에 용해 또는 현탁되어 있는 오염물질이 얼음 결정 주위로 분리 농축되는 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치를 제공하고자 한 것이다.
- <70> 본 발명의 동결 농축 장치 및 방법을 개괄적으로 설명하면, 넓은 동결면적을 제공하여 얼음 결정의 핵생성을 용이하게 하고, 얼음 결정의 지속적인 성장이 가능하도록 구동 모터와 연결된 스크레이퍼(scraper)를 제공하여 동결 표면에 부착되는 얼음 결정을 긁어서 지속적인 얼음 결정층이 생성될 수 있는 구동력(driving force)을 공급함과 동시에 계면의 난류 흐름을 유도시켜 열 및 물질 전달 속도를 높임으로서 폐수내에 포함된 불용성 성분 및 용해성 성분 등 오염 물질의 높은 분리농축 효율을 얻을 수 있도록 한 것이며, 또한 중력에 의해서 생성된 얼음 결정과 농축 오염물질이 효율적으로 분리된 후, 부분 용융 조작을 거쳐 순수한 방류수와 농축된 폐액은 재순환 또는 소각 매립된다.
- <71> 여기서, 본 발명의 동결 농축 장치에 대한 구성을 보다 상세하게 살펴보면 다음과 같다.
- <72> 첨부한 도 2는 본 발명에 따른 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치를 나타내는 단면도이고, 도 3은 본 발명에 따른 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 방법을 설명하는 공정도이다.
- <73> 도 2에서 보는 바와 같이, 본 발명에 따른 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치는 수직 공정으로 이루어지는 구조로서, 수직 중공관 형태의 케이싱(10)이 구비된다.
- <74> 상기 케이싱(10)의 내경면에는 그 내표면이 동결표면(14)이 되는 동결관(12)이 삽입 장착되는 바, 이 동결관(12)의 외경면과 케이싱(10)의 내경면은 소정의 간격을 이루며, 그 이격공간은 냉매순환통로(16)로 형성되며, 상기 케이싱(10)의 상하부 소정 위치에는 냉매순환통로(16)와 연통되도록 냉매공급 및 배출구(18a, 18b)가 형성된다.

- <75> 이때, 상기 케이싱(10)의 중간 위치에서 동결관(12)내로 연통되도록 폐수공급관(20)이 장착되며, 이 폐수공급관(20)의 입구에는 폐수의 공급 및 차단을 위해 개폐되는 제1솔레노이드 밸브(22)가 장착된다.
- <76> 또한, 상기 냉매순환통로(16)와 연통되는 냉매공급 및 배출구(18a, 18b) 사이에는 압축기와 펌프를 포함하는 냉매순환기(미도시됨)가 연결되어, 냉매를 냉매공급구(18a)와 냉매순환통로(16) 그리고 냉매 배출구(18b)를 통하여 순환시키는 역할을 하게 된다.
- <77> 상기 케이싱(10) 및 동결관(12)간의 이격공간중 상부쪽은 상기 냉매순환통로(16)와는 차단된 상태로 제1열매체 순환통로(24)로 형성되며, 이 제1열매체 순환통로(24)와 연통되는 상태로 상기 케이싱(10)에는 제1열매체 공급구(26a) 및 배출구(26b)가 부착된다.
- <78> 또한, 상기 케이싱(10) 및 동결관(12)간의 이격공간중 하부쪽은 상기 냉매순환통로(16)와는 차단된 상태로 제2열매체 순환통로(28)로 형성되며, 이 제2열매체 순환통로(28)와 연통되는 상태로 상기 케이싱(10)에는 제2열매체 공급구(30a) 및 배출구(30b)가 부착된다.
- <79> 이때, 상기 제1열매체 공급구(26a) 및 배출구(26b) 사이, 그리고 상기 제2열매체 공급구(30a) 및 배출구(30b) 사이에는 열매체의 순환 역할을 위하여 압축기와 펌프를 포함하는 열매체순환기(미도시됨)가 연결되어진다.
- <80> 여기서, 상기 동결관(12)의 내부에는 스크레이퍼(32)가 회전 가능하게 삽입 장착되는 바, 상기 스크레이퍼(32)와 상기 동결관(12)의 동결표면(14)간의 간극은 10~20mm로 유지되도록 하며, 그 이유는 상기 동결관(12)의 동결표면(14)에 얼음 결정이 10~20mm 이상 생성되면 스크레이퍼(32)가 얼음 결정을 용이하게 긁어서 제거할 수 있도록 하는데 있다.
- <81> 한편, 상기 케이싱(10) 및 동결관(12)의 상단과 하단에는 밀폐를 위해 상부플랜지(34a) 및 하부플랜지(34b)가 장착된다.
- <82> 상기 상부플랜지(34a)의 상면에는 구동모터(36)가 장착되는 바, 그 회전축은 상부플랜지(34a)를 관통하여 상기 스크레이퍼(32)의 축에 회전 구동력을 전달할 수 있게 연결된다.
- <83> 또한, 상기 하부플랜지(34b)에는 정제된 방류수의 배출을 위하여 정제 방류수 배출구(38)가 부착되고, 이 방류수 배출구(38)에는 제2솔레노이드 밸브(40)가 장착된다.
- <84> 또한, 상기 스크레이퍼(32)의 상부 위치에서 상기 케이싱(10) 및 동결관(12)을 관통하여 농축폐액 배출관(42)이 연결된다.
- <85> 바람직하게는, 상기 폐수 공급관(20) 입구에 장착된 제1 솔레노이드 밸브(22)와, 상기 방류수 배출구(38)에 장착된 제2 솔레노이드 개폐밸브(40), 그리고 상기 열매체 순환기 및 냉매순환기는 자동제어를 위한 제어부(44)와 전기적 신호 교환 가능하게 연결된다.
- <86> 여기서, 상기와 같은 구성에 의하여 수행되는 본 발명의 폐수 처리 방법을 순서대로 설명하면 다음과 같다.
- <87> 먼저, 상기 폐수 공급관(20)을 통하여 폐수가 동결관(12)의 내부로 공급된다.
- <88> 상기 폐수 즉, 난분해성 또는 독성물질을 함유한 산업폐수, 침출수, 축산폐수 등의 악성폐수는 먼저 기계적인 문제를 유발시킬 수 있는 고형 성분이 우선적으로 제거되어야 하며, 동결 농축에 의한 폐수로부터 오염 물질의 제거 효율은 농축 대상 폐수의 오염물질 농도, 부유물질 함량 등에 큰 영향을 받는 바, 대체적으로 안정적인 폐수 처리를 위해서 오염 물질 농도가 0.5 g/L 이하인 것이 바람직하다.
- <89> 이어서, 상기 폐수 공급관(20)을 통하여 폐수가 동결관(12)의 내부로 공급되는 동시에 상기 냉매순환통로(16)로 공급되는 냉매에 의하여 얼음으로 동결된다.
- <90> 즉, 상기 냉매순환통로(16)에 공급되는 냉매는 중량비 1:1로 혼합된 에틸렌 글리콜과 물의 혼합물로서, 이 냉매에 의하여 폐수는 상기 동결관(12)의 동결표면(14)에 얼음 결정층으로 성장하게 된다.
- <91> 다음으로, 상기 동결관(12)의 동결표면(14)에 얼음 결정층이 10~20mm 이상 성장하게 되면, 상기 구동모터(36)에 의하여 회전하고 있는 스크레이퍼(32)에 의하여 긁어지며 제거된다.
- <92> 이때, 상기 스크레이퍼(32)는 얼음 결정층을 용이하게 긁어 제거할 수 있는 회전속도인 50~200rpm으로 조절된다.
- <93> 이어서, 상기 동결관(12)의 동결표면(14)으로부터 긁어서 제거된 얼음 결정은 회전중인 스크레이퍼(32)의 나선

형 날개를 따라 상부로 이송된다.

- <94> 즉, 상기 동결관(12)의 동결표면(14)으로부터 제거된 미세 얼음 결정은 스크레이퍼(32)의 회전에 의해 형성되는 난류에 의해서 잔류 농축액과 얼음 결정사이의 물질 전달이 촉진되며 서서히 상층부로 부상된다.
- <95> 다음으로, 상기 스크레이퍼(32)의 상부로 이송된 얼음 결정은 열매체에 의하여 용융되어, 농축된 폐액과 순수한 방류수로 분리된다.
- <96> 보다 상세하게는, 상기 제1열매체 공급구(26a)를 통하여 제1열매체순환통로(24)로 제공된 열매체에 의하여 스크레이퍼(32) 상부로 이송된 얼음 결정이 용융되어, 농축된 폐액과 순수한 방류수로 분리된다.
- <97> 이와 동시에, 상기 농축된 폐액은 스크레이퍼(32) 위쪽에 장착된 농축폐액 배출관(42)을 통하여 배출되고, 상기 순수한 방류수는 동결관(12)과 스크레이퍼(32) 사이의 간극을 통하여 하부쪽으로 떨어진 다음, 상기 방류수 배출구(38)를 통하여 배출된다.
- <98> 이와 같이 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 장치에 의하여 폐수가 농축된 폐액과 정제된 방류수로 용이하게 분리될 수 있다.
- <99> 바람직하게는, 상기 농축폐액 배출관(42)으로 배출된 농축폐액이 그 농도가 기준치 이상의 농후한 농도가 아니면, 다시 상기 폐수공급관(20)을 통하여 재공급하여 위와 같은 과정을 재순환시키게 되며, 반면에 상기 농축폐액 배출관(42)으로 배출되는 농축폐액이 기준치 이상의 농후한 농도 상태이면 별도의 탱크에 저장한 다음 소각 매립시키게 된다.
- <100> 더욱 바람직하게는, 상기 방류수는 방류수 배출구(38)로 배출되기 전에 잔류하는 얼음 결정이 포함되어 있는 상태이므로, 상기 제2열매체 공급구(30a)를 통하여 제2열매체순환통로(28)로 제공된 열매체에 의하여 다시 한 번 용융되는 과정을 거쳐서 배출된다.
- <101> 이때, 상기 방류수 배출구(38)를 통하여 배출되는 방류수에 잔류 폐액이 포함된 경우에는 잔류 폐액이 제거될 때 까지 상기 폐수 공급관(20)을 통하여 재공급하여 위와 같은 과정을 재순환시키게 되고, 반면에 방류수에 잔류폐액이 함유되지 않고 정제된 순수한 물 상태이면 그대로 배출시키게 된다.
- <102> 한편, 상기 공급 폐수에 함유되어 있는 오염물질의 초기 농도와 방류수의 수질 기준에 따라, 본 발명의 폐수 처리 장치는 다단 직렬로 배치되어 상기와 같은 동결 농축공정을 수행할 수 있으며, 폐수의 특성상 생물학적 처리가 불가능할 정도로 악성인 경우 후속 폐수 처리 공정의 전처리 및 오염물질 제거효율을 높이기 위한 후처리 공정으로서 이용될 수 있다.
- <103> 여기서, 본 발명에 따른 폐수 처리 장치를 가동하여 실제의 폐수를 처리한 실험예를 설명하면 다음과 같다.
- <104> **실험예 1 내지 실험예 5**
- <105> 본 발명에 따른 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치에 각각 450g의 초산 폐수량(초산농도 4%)을 공급하여 상기와 같은 과정을 거치게 한 후, 방류수의 초산 농도를 측정하였다.
- <106> 실험예 1 내지 실험예 5는 각기 폐수의 동결 조건으로서, 다음의 표 1에 나타난 바와 같이 유지 시간 및 얼음 결정화 온도를 달리 적용하였다.

【표 1】

횃수	실험예1	실험예2	실험예3	실험예4	실험예5
초산 농도	4%	4%	4%	4%	4%
초산 폐수량	450 g	450 g	450 g	450 g	450 g
T ₁ 단계 온도 (유지시간)	-10 ℃ (1 h)	-10 ℃ (1 h)	-10 ℃ (1 h)	-10 ℃ (40 min)	-10 ℃ (40 min)
T _{최종도달온도}	-20 ℃	-20 ℃	-20 ℃	-20 ℃	-20 ℃
T _{결정화온도}	-8.3 ℃	-8.2 ℃	-1.3 ℃	-3.9 ℃	-8.9 ℃
T _{용융온도}	0 ℃	0 ℃	0 ℃	0 ℃	0 ℃
수율	70.16%	76.9%	65.5%	74.5%	69.9%
방류수 초산 농도	0.66%	0.81%	0.77%	0.56%	0.484%

위의 표 1에서 보는 바와 같이, 실험예 2의 경우에는 수율(76.9%)은 높았으나, 방류수의 초산 농도(0.81%)가 다소 높고, 실험예 5의 경우에는 수율(69.9%)은 다소 낮았으나, 방류수의 초산 농도(0.484%)가 가장 낮게 나타났다.

결국, 실험예 1 내지 실험예 5를 통하여 본 발명의 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치는 폐수를 기준치 이하의 방류수로 정화 처리할 수 있음을 알 수 있었다.

발명의 효과

이상에서 본 바와 같이, 본 발명에 따른 동결농축법을 이용한 폐수 처리 방법 및 장치에 의하면 다음과 같은 장점을 제공한다.

1) 얼음 결정에 부착되어 있는 잔류 모액을 제거하기 위해 기존 기술에서 사용되던 필수적인 향류 물질 전달 장치 및 부가적인 장치가 전혀 필요하지 않으며, 간단한 조작으로 급송된 폐수로부터 방출수와 농축된 폐액을 효과적으로 분리시킬 수 있다.

2) 폐수로부터 특별한 장치나 설비 조작없이 1단계의 처리 과정을 통하여 간단하게 저비용으로 순수한 물과 농축 폐액이 분리 처리될 수 있다.

3) 결국, 폐수를 경제적으로 처리하여 정화된 물을 재활용되도록 함으로써, 화학 공장에 적용될 경우 환경오염 방지, 폐수처리 비용 절감, 자원 재활용을 통해서 막대한 경제적 효과가 기대할 수 있으며, 또한 난분해성 혹은 독성 물질을 함유한 산업 폐수, 매립지 침출수, 축산 폐수 등의 악성 폐수를 경제적이면서 효과적으로 분리 농축시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 수용성 오염 물질과 물과의 상평형도,

도 2는 본 발명에 따른 동결농축법을 이용한 폐수 처리 장치를 나타내는 단면도,

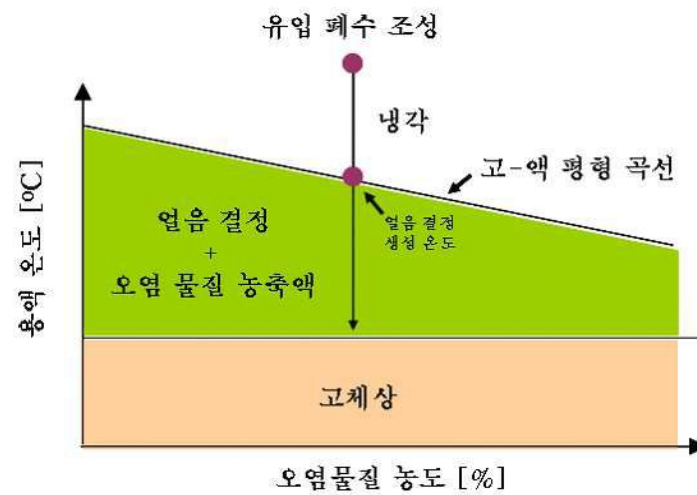
도 3은 본 발명에 따른 동결 농축법을 이용한 폐수 처리 방법을 설명하는 공정도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

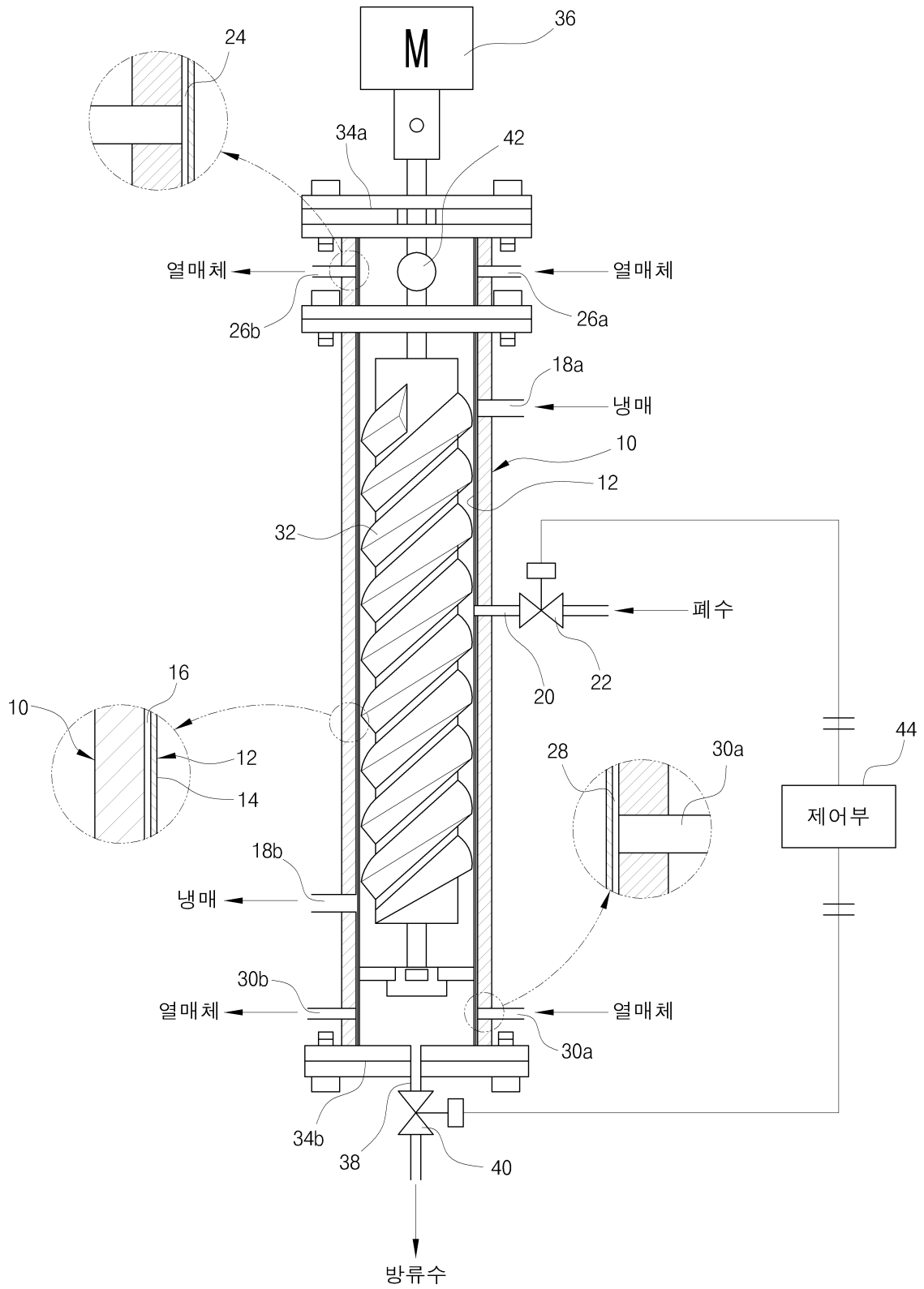
- <5> 10 : 케이싱 12 : 동결관
- <6> 14 : 동결표면 16 : 냉매순환통로
- <7> 18a : 냉매공급구 18b : 냉매배출구
- <8> 20 : 폐수공급관 22 : 제1솔레노이드 밸브
- <9> 24 : 제1열매체 순환통로 26a : 제1열매체 공급구
- <10> 26b : 제1열매체 배출구 28 : 제2열매체 순환통로
- <11> 30a : 제2열매체 공급구 30b : 제2열매체 배출구
- <12> 32 : 스크레이퍼 34a : 상부플랜지
- <13> 34b : 하부플랜지 36 : 구동모터
- <14> 38 : 방류수 배출구 40 : 제2솔레노이드 밸브
- <15> 42 : 농축폐액 배출관 44 : 제어부

도면

도면1



도면2



도면3

