

명세서

발명의 명칭: 해수 담수화 농축수를 이 용한 고순도 마그네슘 탄산염 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 해수 담수화 부산물로 배출되며 마그네슘과 나트륨이 농축되어 있는 염수로부터 마그네슘 탄산염을 생산하고, 나트륨을 처리하는 기술에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 해수 담수화 플랜트에서는 역삼투압 방식 등에 의하여 해수를 담수로 생산하는데, 해수 중 대략 50% 정도가 담수로 전환되며 나머지 50%는 원래의 해수보다 훨씬 높은 농도로 금속 양이온이 농축된다. 즉 농축수 내 나트륨 18,298mg/L, 마그네슘 2,715mg/L, 칼슘 774mg/L 수준으로 양이온이 포함되어 있다. 이렇게 금속이 고농도로 녹아 있는 농축수를 해양에 바로 방류하면 생태계에 영향을 미칠 수 있는 바, 해수를 끌어들여 농축수와 섞어서 희석시킨 후 방류하고 있다. 그러나 최근에 유럽을 비롯하여 농축수 방류에 대한 환경 이슈가 제기되고 있는 바, 근본적인 대책이 필요하다.

- [4] 한편, 농축수 내 금속이 고농도로 농축되어 있으므로 이를 폐기물이 아닌 원료의 관점에서 재활용하는 방안이 제시되고 있다. 기존에는 칼슘과 마그네슘을 이산화탄소와 반응시켜 이산화탄소를 고정하는 방법이 주로 제시되었는데, 이는 탄소저감이 주요한 목적이었고 산업원료로서의 재활용의 측면에서는 한계가 있었다.

[5]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 농축수 내 마그네슘을 고품질 산업원료로서 재활용하기 위한 방법을 제공하면서 동시에 이산화탄소를 제거할 수 있는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

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

[8]

과제 해결 수단

- [9] 이상에서 설명한 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 해결 수단을 제안한다.

- [10] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법은, (A)해수 담수화 농축수와 알칼리 용액을 제1반응기에 연속적으로 공급하여 반응시킴으로써 고체 상태의 수산화마그네슘으로 형성하

는 단계; (B)상기 제1반응기에서 제1고액분리기로 연속적으로 공급된 농축수로부터 고체 상태의 수산화마그네슘을 연속적으로 분리하여 배출하는 단계; (C)상기 제1고액분리기에서 배출되는 농축수를 제2반응기로 이송하고 고분자 하이드로겔을 투입하여 농축수 내 잔류 마그네슘 및 칼슘을 결합하여 제거하는 단계; (D)상기 제1고액분리기에서 배출된 수산화마그네슘에 물을 혼합하여 혼합액을 만들고 이산화탄소와 함께 제3반응기에 공급하여 마그네슘 탄산염을 침전시키는 단계; (E)상기 제3반응기로부터 상기 혼합액을 제3고액분리기로 공급하여 마그네슘 탄산염을 분리 및 배출하는 단계; 및 (F)상기 제2반응기에서 배출된 농축수에 대하여 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산하여 농축수 내 나트륨의 농도를 저감하는 단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.

- [11] 한편, 본 발명의 또 다른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법은 하이드로겔을 이용하는데 특징이 있다. 즉 본 발명에서는 (A)해수 담수화 농축수와 알카리 용액을 제1반응기에 연속적으로 공급하여 반응시킴으로써 고체 상태의 수산화마그네슘으로 형성하는 단계; (B)상기 제1반응기에서 제1고액분리기로 연속적으로 공급된 농축수로부터 고체 상태의 수산화마그네슘을 연속적으로 분리하여 배출하는 단계; (C)상기 제1고액분리기에서 배출되는 농축수와 함께 알카리용액과 이산화탄소를 제2반응기에 공급하여 탄산칼슘을 고체 상태로 형성하는 단계; (D)상기 제2반응기에서 제2고액분리기로 공급된 농축수로부터 탄산칼슘을 분리해내는 단계; (E)상기 제1고액분리기에서 배출된 수산화마그네슘에 물을 혼합하여 혼합액을 만들고 이산화탄소와 함께 제3반응기에 공급하여 마그네슘 탄산염을 침전시키는 단계; (F)상기 제3반응기로부터 상기 혼합액을 제3고액분리기로 공급하여 마그네슘 탄산염을 분리 및 배출하는 단계; 및 (G)상기 제2고액분리기에서 액상으로 배출된 농축수에 대하여 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산하여 농축수 내 나트륨의 농도를 저감하는 단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.
- [12] 위의 2개의 발명에 대한 실시예에서는 아래와 같은 기술적 한정 및 부가가 가능하다.
- [13] 위의 본 발명들의 일 예에서, 상기 제3반응기에 공급하는 이산화탄소는 50마이크로 미터 이하의 입경을 가지는 마이크로 버블이며, 상기 마이크로 버블을 5bar 이하로 가압하여 공급할 수 있다.
- [14] 그리고 본 발명들의 일 예에서, 상기 제1반응기에 공급되는 알카리 용액은 농축수 내 마그네슘의 몰수(mol) 대비 1.8 ~ 2.2배의 비율로 공급한다.
- [15] 또한 본 발명들의 일 예에서, 상기 제1반응기는 일측에 유입구가 형성되고 타측에 유출구가 형성되며, 내주면에 다수의 돌기가 돌출형성되어 상기 농축수에 난류를 발생시키는 튜브형 교반부가 형성되어 있다. 특히 상기 제1반응기는 상기 튜브형 교반부 후단에 배치되어 수산화마그네슘이 형성되는 반응부가 형성된다. 또한 상기 튜브형 교반부 내측으로 삽입되어 상기 농축수의 흐름 방향을 따라 알카리 용액을 공급하는 분사노즐을 더 구비하는 것이 바람직하다.

[16] 본 발명들의 일 예에서, 제1고액분리기는 상측에서 하측으로 갈수록 직경이 커지다가 다시 작아지는 형상으로 이루어져 내부에 상기 농축수의 고체와 액체를 상호 분리하기 위한 공간부가 마련되며, 하부에는 상기 농축수가 유입되는 유입구가 형성되며, 상측 중앙부에는 배출공이 형성되고, 직경이 가장 큰 영역에는 원주방향을 따라 장공 형태의 복수의 슬릿이 형성되는 챔버와, 상기 슬릿을 밀폐하는 제1위치와 상기 슬릿을 개방하는 제2위치 사이에서 승강가능하게 상기 챔버 내부의 공간부에 설치되는 셔터와, 상기 챔버의 슬릿을 통해 배출된 고체를 가이드하는 유로가 형성되어 있는 커버부를 구비하여, 상기 셔터가 슬릿을 폐쇄한 상태로 회전하면서 상기 농축수 내 액체는 상기 배출공을 통해 연속적으로 배출되며 상기 농축수 내 고체는 상기 챔버에서 직경이 가장 큰 부분으로 이동 후 상기 셔터가 하방으로 이격시 상기 슬릿을 통해 배출된다.

[17] 본 발명들의 일 예에서, 상기 제3반응기에는 혼합액이 연속적으로 공급 및 배출되며,

$$[18] \quad V_{gas}(L/sec) = \frac{22.4 \cdot V_w(L/sec) \cdot C_{mg}(mol/L) \cdot A}{T_{co2} \cdot P_{co2} \cdot z} \dots \text{식(1)}$$

[19] (여기서, V_{gas} 는 단위시간당 가스 주입량, V_w 는 단위시간당 혼합액 주입량, C_{mg} 는 혼합액 내 마그네슘의 몰 농도, A 는 이산화탄소 부피보정계수, T_{co2} 는 이산화탄소가 탄산화 반응에 참여하는 전환율(0.01~1), P_{co2} 는 배가스 내 이산화탄소의 농도(부피 비율로서 0.01~1), z 는 생산하고자 하는 마그네슘 탄산염의 구체적인 형태를 결정하는 목적광물계수(0.5, 0.8, 1), 22.4는 1몰의 이상기체 부피(L) 이다)

[20] 상기 제3반응기에 공급되는 이산화탄소를 포함하는 가스의 단위시간당 주입량은 위의 식(1)에 의하여 결정할 수 있다.

[21] 본 발명들의 일 예에서, 상기 수산화마그네슘에 혼합하는 물은 청수이며, 상기 제3고액분리기에서 배출된 혼합액은 상기 제3반응기에 다시 공급하여 순환시키는 것이 바람직하다.

[22] 본 발명들의 일 예에서, 상기 클로르알카리 공정에서 발생한 수산화나트륨과 염소를 혼합하여 차아염소산나트륨을 형성할 수 있다.

[23] 본 발명의 일 예에서, 상기 클로르알카리 공정에서 생산된 수산화나트륨의 농도가 10질량% 이상인 경우, 수산화나트륨에 이산화탄소를 주입하여 중탄산나트륨(NaHCO_3) 또는 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 추가적으로 생산하는 것이 가능하다.

[24]

발명의 효과

[25] 본 발명에서는 해수 담수화 플랜트에서 발생하는 농축수에 알카리 용액을 공급하여 수산화마그네슘을 형성한 후, 수산화마그네슘과 이산화탄소를 반응시켜 산업원료로 활용가능한 고품질의 마그네슘 탄산염을 생산하며, 이 과정에서 온실가스인 이산화탄소를 제거한다. 특히 위의 공정은 연속적으로 이루어져 마그네슘 탄산염의 대량 생산이 가능하다.

- [26] 또한 농축수 내 칼슘은 하이드로젤에 흡착하여 이산화탄소를 제거 능력이 있는 하이드로젤 조성물로 형성할 수 있어 궁극적으로 이산화탄소 처리량을 증대시킨다.
- [27] 마그네슘과 칼슘이 제거된 상태의 나트륨 풍부 농축수에 대해서 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨과 염소 가스를 생산하여 재활용함으로써 순환공정을 형성한다. 아울러 수산화나트륨이 형성되면서 농축수 내 나트륨이 소모되므로 농축수를 폐기처분할 때 TDS의 기준을 맞출 수 있다는 이점이 있다.
- [28] 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.

[29]

도면의 간단한 설명

- [30] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법의 개략적 흐름도이다.
- [31] 도 2는 연속형 반응기의 개략적 도면이다.
- [32] 도 3은 도 2의 a-a선 개략적 단면도이다.
- [33] 도 4는 제1고액분리기의 개략적 도면이다.
- [34] 도 5는 알긴산 나트륨에서 칼슘이 치환하면서 가교되는 것을 설명하기 위한 것이다.
- [35] 도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법의 개략적 흐름도이다.
- [36] ※ 첨부된 도면은 본 발명의 기술사상에 대한 이해를 위하여 참조로서 예시된 것임을 밝히며, 그것에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되지는 아니한다.

[37]

발명의 실시를 위한 형태

- [38] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [39] 이하 첨부된 도면을 참고하여, 본 발명의 제1실시예에 따른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법(이하 '마그네슘 탄산염 제조방법'이라 함)에 대하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [40] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법의 개략적 흐름도이며, 도 2는 연속형 반응기의 개략적 도면이고, 도 3은 도 2의 a-a선 개략적 단면도이며, 도 4는 제1고액분리기의 개략적 도면이다.
- [41] 본 발명의 제1실시예에 따른 마그네슘 탄산염 제조방법은 해수를 담수화 플랜트에서 부산물로 발생하는 농축수와 이산화탄소를 반응시켜 마그네슘 탄산염을

생산하기 위한 것이다. 본 발명에서는 이산화탄소의 제거라는 목적도 있지만, 더욱 중요한 목적은 고품질의 마그네슘 탄산염을 생산하는 것이다. 또한 연속적 공정을 통해 상업적 대량 생산이 가능한 공정을 구현하고자 한다.

- [42] 본 명세서에서 '이산화탄소'는 해수 담수화 플랜트의 소비 전력을 발전하는 과정에서 발생하는 배가스를 의미하며, 기타 산업 현장에서 발생하는 배가스도 포함한다. 물론 배가스에는 다양한 성분들이 포함되어 있고 이산화탄소는 대략 15% 정도 포함되어 있지만 설명의 편의상 이산화탄소 가스(기체)라고 표현한다. 물론 본 발명에서도 배가스로부터 이산화탄소만을 별도로 포집하는 등의 수단을 통해 100% 이산화탄소 가스를 사용하는 것도 배제하지는 않지만, 공정의 경제성과 탄산화의 효율을 함께 고려하면 배가스를 직접 사용하는 것이 바람직하다.
- [43] 본 발명에서 출발물질로 사용되는 농축수에는 금속 양이온이 풍부하게 녹아 있다. 예컨대 국내 담수화 플랜트 단일 사업장에서 배출되는 농축수에는 나트륨 18,298mg/L, 마그네슘 2,715mg/L, 칼슘 774mg/L, 칼륨 711mg/L 수준으로 포함되어 있으며, 이외에도 농도는 높지 않지만 리튬, 스트론튬 등이 녹아 있다.
- [44] 본 예에서는 먼저 농축수에 알칼리 용액(본 예에서는 NaOH)을 공급하여 pH를 대략 10.5 수준까지 상승시켜 농축수 내 마그네슘을 고체 상태의 수산화마그네슘으로 생성한다. 특히 본 예에서는 상업적 대량 생산이 가능하도록 연속 공정을 구현하는데 목적이 있다. 즉 본 예에서는 농축수와 알칼리 용액을 혼합, 교반하여 반응시키는 과정 및 이후 고체 상태로 생성된 수산화마그네슘을 분리해내는 고액분리 과정까지 모두 연속적으로 이루어진다. 종래에는 반응기에 농축수와 알칼리 용액을 함께 투입한 상태에서 교반하고 일정 시간 정치시켜서 수산화마그네슘을 생성한 후, 반응기 내 농축수를 고액분리기로 한 번에 넘기는 방식이었다. 그러나 본 예에서는 농축수가 제1반응기를 통과하여 바로 제1고액분리기로 유입된다. 즉 농축수가 제1반응기 내에서 정치되지 않고 계속적으로 이동하면서 수산화마그네슘이 생성되고 제1고액분리기로 배출된다.
- [45] 이를 위하여 제1반응기(10)는 도 2에 도시된 바와 같이 튜브형으로 길게 형성된다. 제1반응기(10)의 일측으로 농축수가 유입된 후 타측으로 배출된다. 또한 제1반응기 내부로 수산화나트륨 용액이 공급된다. 중요한 점은 농축수와 수산화나트륨이 빠른 시간 내에 고르게 혼합되어야 한다는 것이다. 종래와 같이 농축수를 한 곳에 정치시키지 않고 계속 이동시키기 때문에 빠른 시간 내에 수산화나트륨 용액과 고르게 교반되도록 해야 한다. 이에 본 예에서 튜브형 제1반응기(10)의 전 반부에 분사노즐(17)이 삽입되어 동축적으로 배치된다. 분사노즐(17)은 농축수의 흐름방향을 따라 알칼리 용액을 공급한다. 본 예에서는 특히 분사노즐이 샤워헤드 형태로 이루어져 알칼리 용액을 방사형으로 분사함으로써 농축수에 전체적으로 알칼리 용액이 혼합될 수 있도록 한다. 샤워헤드 형태로 이루어져 알칼리 용액을 방사형으로 분사함으로써 농축수에 전체적으로 알칼리 용액이 혼합될 수 있도록 한다. 물론 다른 예에서는 분사노즐이 제1반응기 내부로 삽입되지 않

을 수도 있지만, 본 예와 같이 반응기 내부에 삽입되어 동축 배치되는 것이 교반 효율을 향상시킬 수 있다.

- [46] 또한 튜브형 제1반응기(10)의 전반부에는 내주면에 돌기(11)가 형성되어 있는 교반부(12)가 마련되며, 후반부에는 돌기가 없는 반응부(13)가 마련된다. 돌기(11)가 농축수의 흐름에 방해를 주며 난류를 형성하게 됨으로써 농축수와 알칼리 용액과의 혼합이 촉진된다는 이점이 있다. 물론 실시예에 따라서는 제1반응기 전체 길이에 걸쳐 내주면에 돌기가 형성할 수도 있고, 돌기 없이 튜브형으로만 형성될 수도 있다. 그러나 본 예와 같이 전반부에는 교반부가 형성되면 혼합 효율이 올라가고, 후반부에는 돌기가 없으면 수산화마그네슘이 안정적으로 생성될 수 있는 바 효과적이다.
- [47] 한편 알칼리 용액의 공급량은 농축수의 공급량에 비례하여 결정한다. 정치형 반응기를 사용하는 경우 pH 센서를 이용해서 반응기 내의 pH를 계속적으로 측정하면서 알칼리 용액을 주입하면 되지만, 본 예와 같이 연속형 반응기에서는 농축수가 계속적으로 흘러가기 때문에 센서를 이용해서 pH를 조절하는 것은 적당하지 않다. 이에 농축수가 제1반응기에 투입되기 전에 미리 알칼리 용액 주입량(주입 속도)을 결정하여 연속적으로 공급한다. 본 예에서는 농축수 내 마그네슘의 몰수(mol) 대비 1.8 ~ 2.2배의 비율로 수산화나트륨 용액을 공급한다. 즉 단위 시간(ex: 1초, 1분)당 농축수의 공급량이 정해지면 농축수 내 마그네슘의 몰수를 알 수 있고, 수산화나트륨의 몰수가 마그네슘의 몰수 대비 1.8~2.2배가 되도록 수산화나트륨 용액을 공급한다. 정해진 단위 시간 동안에는 농축수와 알칼리 용액은 각각 일정한 속도로 공급된다. 몰수가 상기한 범위가 되면 농축수의 pH가 대략 10.5 정도로 형성될 수 있다.
- [48] 제1반응기에서 배출된 농축수는 제1고액분리기로 공급되어 고체 상태의 수산화마그네슘을 분리해낸다. 본 예에서 제1고액분리기 역시 연속형 분리기를 사용하여, 농축수가 연속적으로 공급되고 고체 상태의 수산화마그네슘을 연속적으로 분리해낸다. 본 예에서 사용하는 원심분리기의 구성에 대하여 간략하게 설명한다.
- [49] 도 4를 참고하면, 본 예에서 사용하는 연속형 원심분리기(50)는 챔버(20), 셔터(30) 및 커버부(40)를 구비한다. 챔버(20)는 회전축(21)에 결합되어 회전되게 설치된다. 챔버(20)는 상측에서 중앙부로 갈수록 직경이 점차 확대되어 콘 형상으로 형성되는 상반부(22)와, 상반부(22)로부터 하부로 연장형성되며 직경이 점차 작아지는 하반부(23)를 구비한다. 챔버(20)의 내부에는 농축물 중 고체와 액체를 상호 분리하기 위한 공간부(24)가 형성된다. 또한 챔버(20)의 상측으로부터 공간부(24)까지 유입관(25)이 삽입된다. 유입관(25)의 하단에 개구된 유입구를 통해 농축수가 공간부(24)의 하측으로 유입된다. 챔버(20)의 상측에는 고액분리된 액체들이 배출되는 배출공(26)이 형성된다. 그리고 상반부(22)와 하반부(23)의 경계점, 즉 직경이 가장 큰 지점에는 슬릿(27)이 형성된다. 슬릿(27)은 농축수에서 분리된 고체 상태의 수산화마그네슘이 배출되는 통로이다. 슬릿(27)은 챔버(20)의

원주방향을 따라 서로 이격되어 복수 개 배치된다. 또한 본 예에서 슬릿은 챔버의 원주방향을 따라 장공 형태로 형성되어 챔버가 회전하는 가운데 수산화마그네슘이 효율적으로 배출되도록 한다.

- [50] 셔터(30)는 공간부(24)에 제1위치와 제2위치 사이에서 승강가능하게 설치된다. 셔터(30)가 상승되어 있는 제1위치에 있을 때 셔터는 슬릿(27)을 막아서 밀폐한다. 반면 셔터가 하강한 제2위치에서는 슬릿(27)이 개방된다. 셔터(30)는 기본 포지션인 제1위치에 있다가 주기적으로 슬릿(27)을 잠깐 개방한 후 다시 밀폐시킨다.
- [51] 커버부(40)는 챔버(20)에서 직경이 가장 큰 영역, 즉 복수의 슬릿(27)이 형성된 지점을 둘러싸며 배치되며, 챔버(20)의 슬릿(27)을 통해 배출된 수산화마그네슘이 유입되는 원주형의 유로(41)를 형성한다. 유로(41)는 펌프(미도시)와 연결되어 있다.
- [52] 또한 공간부(24) 내에는 복수의 디스크(28)가 적층되어 있고, 디스크(28) 사이에는 통로부(29)가 형성된다. 디스크(28)도 챔버의 상반부(22)와 대응되게 원추형으로 형성되어 상측에서 하측으로 갈수록 직경이 크게 형성된다. 도 4에 화살표로 나타낸 바와 같이, 디스크(27)는 농축물 중 액체를 챔버의 중앙부로 가이드한다.
- [53] 상기한 구성으로 이루어진 연속형 원심분리기에서 챔버(20)는 지속적으로 회전되면서 농축수에서 액체와 고체를 상호 분리한다. 즉 수산화마그네슘을 포함한 농축수가 유입관(25)을 통해 계속적으로 유입되며, 챔버(20)도 계속 회전한다. 농축수 중 고체 상태인 수산화마그네슘은 원심력에 의해 공간부(24) 내에서 외측으로 밀려서, 챔버에서 직경이 가장 큰 지점, 즉 슬릿(27) 근방에 모이게 된다. 다만 슬릿(27)은 셔터(30)에 의해 폐쇄된 상태이므로 수산화마그네슘은 배출되지 못한다. 그리고 액체 성분은 복수의 디스크(28) 사이의 통로부(29)를 통해 챔버의 중앙부로 이동한 후 배출공(26)을 통해 연속적으로 배출된다. 슬릿 근처에 모인 수산화마그네슘은 셔터(30)가 하강하여 일시적으로 슬릿(27)을 개방시키면 슬릿(27)을 통과하여 유로(41)로 배출된다. 이렇게 농축수의 공급, 농축수에서의 고액 분리, 액체 성분과 고체성분의 배출은 연속적으로 이루어지게 된다. 다만 제1고액분리기는 위의 형태가 아니라고 해도 연속적으로 고액분리가 가능하면 어떠한 형태도 사용할 수 있다.
- [54] 제1고액분리를 통해 고체 상태의 수산화마그네슘이 분리된 농축수는 제2반응기로 공급된다. 제2반응기에서는 농축수에 고분자 하이드로겔 또는 고분자 수지를 투입하여 농축수 내 잔류 마그네슘 및 칼슘을 결합하여 제거한다.
- [55] 본 예에서 고분자 하이드로겔로는 알긴산 나트륨(SA, Sodium Alginate)을 사용한다. 다만, 이 외에도 합성고분자 물질로는 폴리아크릴산, 폴리아크릴아마이드, 카파-카라기난, 카라야 검, 아미드펙틴, 카르복시메틸셀룰로오스, 폴리테트라플루오르에틸렌, 폴리에틸렌, 폴리우레탄, 폴리에틸렌글리콜 및 폴리에스테르 중 적어도 어느 하나가 사용될 수 있다. 천연고분자 물질로는 히알루론산, 헤파린,

텍스트라, 콜라겐, 알부민, 젤라틴 및 키토산 중 적어도 어느 하나를 사용할 수 있다.

- [56] 고분자 하이드로겔은 알칼리 용액에서 용해되면서 점성을 띠게 되는데, 농축수에는 수산화나트륨 용액이 공급되어 염기성을 띠고 있는 바, 고분자 하이드로겔은 농축수 내에서 녹는다. 그리고 도 5에 도시된 바와 같이, 용해된 알긴산 나트륨에서 나트륨 자리를 농축수 내 칼슘이나 마그네슘이 치환하면서 알긴산 나트륨 사슬을 상호 연결하는 가교 역할을 수행한다. 이에 따라 알긴산 나트륨은 알긴산 칼슘 또는 알긴산 마그네슘으로 변환된다. 복수의 알긴산 사슬들이 칼슘 또는 마그네슘에 의하여 연결 및 고화되면서 겔 상태로 형성된다. 이렇게 형성된 하이드로겔 물질은 공기중의 이산화탄소를 제거할 수 있다. 즉 하이드로겔 물질에 포함되어 있는 칼슘이나 마그네슘이 공기중의 이산화탄소와 결합되어 탄산칼슘 또는 탄산마그네슘으로 전환되면서 제거된다.
- [57] 한편 알긴산 나트륨이 아닌 다른 고분자 하이드로겔의 경우에도 칼슘 및 마그네슘은 고분자 사슬을 중합, 결합, 가교 등의 작용을 통해 서로 뭉치게 하여 겔화시킬 수 있다. 앞에서 하이드로겔이 칼슘과 마그네슘을 결합하여 제거한다고 표현하였는데 이는 위와 같은 화학반응들을 통칭하는 것으로 이해할 수 있다. 참고로, 하이드로겔을 농축수에 직접 투입하지 않고, 별도의 알칼리 용액에 녹인 후 녹인 용액을 농축수에 투입할 수도 있음을 첨언한다.
- [58] 한편, 제1고액분리기에서 고액분리된 수산화마그네슘은 혼합조에서 물(청수)과 혼합하여 혼합액을 형성한 후, 제3반응기에 공급한다. 또 다른 변형예에서는 수산화마그네슘과 제2고액분리기에서 배출된 농축수를 혼합하여 혼합액을 형성할 수 있지만, 제1실시예에서는 청수를 혼합하여 혼합액을 형성한다. 농축수를 사용하면 청수를 사용하지 않기 때문에 경제적인 수 있지만, 다양한 이온들이 불순물로 포함되어 있는 바, 마그네슘 탄산염의 순도를 향상시키는 측면에서는 바람직하지 않다. 본 실시예의 기술적 목표는 불순물이 포함되지 않은 고순도, 고품질의 마그네슘 탄산염을 생산하는 것이므로 불순물이 포함되지 않은 청수를 사용하여 혼합액을 만드는 것이 유리하다.
- [59] 또한 제3반응기에는 이산화탄소가 공급되어, 이산화탄소와 마그네슘이 반응하여 마그네슘 탄산염을 생성하며 침전한다. 본 실시예에서 제3반응기 역시 혼합액이 연속적으로 공급 및 배출되는 연속형 반응기를 사용한다. 예컨대 일방향으로 길게 형성되어 일측에는 유입구가 타측에는 배출구가 형성된 튜브형 반응기를 사용할 수 있다. 이산화탄소와 혼합액 내 마그네슘이 반응하여 마그네슘 탄산염이 형성될 수 있는 정도의 체류 시간이 보장되도록 연속형 반응기의 길이가 조절될 수 있다. 또한 마그네슘 탄산염의 형성을 촉진하도록 이산화탄소는 5bar 이하(4~5bar)의 압력으로 가압하여 입경이 50 μ m 이하(1~50 μ m), 바람직하게는 10 μ m 이하의 사이즈로 만들어 주입한다. 마이크로 사이즈가 되면 이산화탄소의 표면적이 넓어져 마그네슘과의 접촉이 활발해지는 바 마그네슘 탄산염 생성 효율이 향상된다.

- [60] 한편 연속공정에서는 이산화탄소의 단위시간당 주입량을 미리 결정하는 것이 중요하다. 연속공정에서는 마그네슘을 포함한 혼합액이 예컨대 튜브형 반응기를 연속적으로 통과하기 때문에 이산화탄소 역시 연속적으로 주입해야 한다. 기존에 배치형 반응기를 이용하여 정지식으로 반응을 시킨 경우에는 pH센서를 이용하였다. 즉 이산화탄소를 주입하면 혼합액의 pH가 점차 저하되는데, pH8~9 정도가 되면 이산화탄소 주입을 멈추는 방법을 사용하였다. 그러나 연속식 공정에서는 이러한 방식을 적용하기 어렵다. 따라서 미리 이산화탄소의 주입량 또는 단위시간당 주입량을 정하여 일정한 속도로 제3반응기에 공급해야 한다. 이에 본 발명에서는 연속공정을 구현하기 위하여 이산화탄소의 단위시간당 주입량을 미리 결정할 수 있도록 하기의 수식(1)을 사용한다.

$$[61] \quad V_{gas}(L/sec) = \frac{22.4 \cdot V_w(L/sec) \cdot C_{mg}(mol/L) \cdot A}{T_{co2} \cdot P_{co2} \cdot z} \quad \dots \text{식(1)}$$

- [62] (여기서, V_{gas} 는 단위시간당 가스 주입량, V_w 는 단위시간당 혼합액 주입량, C_{mg} 는 혼합액 내 마그네슘의 몰 농도, A 는 이산화탄소 부피보정계수, T_{co2} 는 이산화탄소가 탄산화 반응에 참여하는 전환율(0.01~1), P_{co2} 는 배가스 내 이산화탄소의 농도(부피 비율로서 0.01~1), z 는 생산하고자 하는 마그네슘 탄산염의 구체적인 형태를 결정하는 목적광물계수(0.5, 0.8, 1), 22.4는 1몰의 이상기체 부피(L) 이다)

- [63] 위 식(1)은 아래의 식(2)에서 출발한 것으로 기본적으로 단위시간당 공급되는 이산화탄소의 몰수와 마그네슘의 몰수를 동일하게 대응시킨 것이다.

$$[64] \quad \frac{V_{gas}(L/sec) \cdot P_{co2} \cdot z \cdot T_{co2}}{22.4 \cdot A} = V_w(L/sec) \cdot C_{mg}(mol/L) \quad \dots \text{식(2)}$$

- [65] A 와 z 를 제외하고 보면, 좌변은 단위시간당 유입되어 탄산화 반응에 참여하는 이산화탄소의 몰수이고, 우변은 단위시간당 유입되는 마그네슘의 몰수이다. 배가스에서 이산화탄소의 농도(부피%, ex: 0.15)를 곱하여 이산화탄소의 부피를 구한 후 이산화탄소 1몰의 부피 22.4(L)로 나누면 단위시간당 유입되는 이산화탄소 가스의 몰수가 나온다. 우변의 경우 혼합액의 단위시간당 유량에 혼합액의 마그네슘 몰농도(mol/L)를 곱하면 단위시간당 마그네슘의 몰수가 나온다. 다만, 이산화탄소 기체의 1mol의 부피가 이상기체와 같이 22.4L와 차이가 있을 수 있으므로 부피보정계수 0.85~1.15 범위 내에서 보정이 가능하다.

- [66] 위 식에서 z 값은 마그네슘 탄산염의 구체적 형태와 관련된다. 생산하고자 하는 마그네슘 탄산염의 종류에 따라 z 값을 결정한다. 예컨대 목적광물이 artinite의 경우 $z=0.5$ 를 대입하여 이산화탄소의 주입량을 줄이고, 목적광물이 hydromagnesite 또는 dypingite인 경우는 $z=0.8$ 로 맞춘다. 또한 목적광물이 magnesite, barringtonite, nesquehonite, lansfordite의 경우 $z=1$ 을 사용한다. 위 목적광물계수는 각 광물의 마그네슘과 탄산이온 사이의 비율을 토대로 한 연구 결과로 도출된 것이다. 위와 같이 단위시간당 혼합액(마그네슘 포함)의 유량을 알고 있고 혼합액 내 마그네슘의 농도를 알고 있으면, 위의 수식(1)에 의하여 이산화탄

소를 포함하는 가스의 단위시간당 주입량을 사전에 결정할 수 있다. 혼합액의 단위시간당 유량은 펌프에 의하여 조절할 수 있다. 또한 혼합액 내 마그네슘의 농도는 센서를 설치하여 실시간으로 파악 가능하므로, 혼합액의 단위시간당 유입량과 마그네슘의 농도가 실시간으로 변하는 경우라도 이산화탄소의 단위시간당 주입량을 실시간으로 변경할 수 있다.

- [67] 참고로, 마그네슘 탄산염 생산공정을 연속식이 아니라 반회분식으로 진행하는 경우, 즉 일정량의 혼합액 단위로 공정을 진행할 수 있다. 이 경우에는 회분식 제3반응기에서 이산화탄소의 주입시간을 아래의 식(3)에 의하여 결정하면 된다. 아래의 식(3) 역시 앞의 식(1)을 회분식에 맞게 변형한 것이다.

$$[68] \quad T_{gas}(\text{sec}) = \frac{Q_w(L) \cdot C_{mg}(\text{mol/L}) \cdot A \cdot 22.4}{V_{gas}(L/\text{sec}) \cdot P_{co2} \cdot z \cdot T_{co2}} \quad \dots \text{식(3)}$$

- [69] 위 식(3)에서 좌변은 배가스의 주입시간이고, 우변의 Q_w 는 한 번의 반응공정을 위하여 제3반응기에 유입되는 1회분의 혼합액 부피이고, C_{mg} 는 혼합액 내 마그네슘의 몰농도이며, A 는 이산화탄소 부피보정계수, V_{gas} 는 배가스의 단위시간당 유량, P_{co2} 는 배가스 내 이산화탄소의 농도(부피 비율로서 0.01~1), z 는 생산하고자 하는 마그네슘 탄산염의 구체적인 형태를 결정하는 목적광물계수, T_{co2} 는 탄산화 반응에 참여하는 이산화탄소의 전환율, 22.4는 1몰의 이상기체 부피(L)이다. 참고로 위의 식(3) 역시 식(1)과 같은 방식으로 변형함으로써 탄산칼슘을 반회분식으로 생성할 때에도 사용가능하다.

- [70] 상기한 바와 같이 이산화탄소와 마그네슘이 상호 반응한 후 제3반응기에서 배출된 혼합액은 제3고액분리기로 공급되며, 제3고액분리기에서는 혼합액으로부터 고체 상태의 마그네슘 탄산염을 분리해낸다. 본 실시예에서는 제3고액분리기는 필터프레스를 사용하여 연속공정을 구현할 수 있다. 제3고액분리기에서 마그네슘 탄산염이 분리된 후의 혼합액은 청수 상태이거나 일부 잔류 마그네슘이 남아 있는 상태이므로, 다시 혼합조로 이송시켜 재사용함으로써 순환 공정을 만든다.

- [71] 한편, 제2반응기에서 배출된 농축수에는 나트륨이 높은 농도로 포함되어 있는 바 그대로 해양에 방류하는 것은 바람직하지 않다. 이에 본 발명에서는 농축수를 클로르알카리 공정에 투입하여 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산함으로써 농축수 내 나트륨의 농도를 저감한다. 또한 여기서 만들어진 수산화나트륨은 제1반응기 및 제2반응기에 알카리용액으로 재사용하여 순환공정을 이룰 수 있다.

- [72] 클로르알카리 공정은 주로 염소를 생산하는데 사용하는데 부산물로 수산화나트륨이 생산된다. 클로르알카리 공정은 원래 물에 소금을 혼합하여 염수를 만든 후 전기분해를 실시하는데 본 발명에서는 농축수 자체가 나트륨이 20,000mg/L 수준의 농도로 포함되어 있는 바, 농축수를 그대로 전기분해하면 클로르알카리 공정을 진행할 수 있다. 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨, 수소 및 염소를 각각 회수할 수 있다.

- [73] 클로르알카리 공정에서 발생한 수산화나트륨은 농축수의 pH를 조절하기 위한 알카리용액으로 재사용하지만, 이와 별도로 염소 가스와 혼합하여 차아염소산 나트륨을 생산할 수도 있다. 또한 클로르알카리 공정에서 생산된 수산화나트륨의 농도가 10%(질량%) 이상인 경우, 수산화나트륨에 이산화탄소를 주입하여 중탄산나트륨(NaHCO_3) 또는 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 추가적으로 생산할 수도 있다.
- [74] 앞에서 설명한 바와 같이 클로르알카리 공정은 NaCl 을 물에 녹여서 염수를 만든 후 전기분해하는 공정이므로, 염수 내에는 1가 이온만 녹아 있다. 그러나 본 발명과 같이 담수화 농축수를 사용하는 경우에는 다양한 이온이 녹아 있다. 선행 공정에서 마그네슘은 수산화마그네슘으로, 칼슘은 하이드록셀을 이용하여 농축수에서 제거하였지만 잔류 이온이 남아 있을 수 있다. 2가 이온이 포함된 농축수를 클로르알카리 공정에 활용하면 전기분해 효율이 저하되는 문제가 있다. 이에 본 발명에서는 제2반응기에서 분리된 농축수에 대하여 전기투석을 통해 2가 양이온과 1가 양이온을 상호 분리한 후, 1가 양이온을 함유한 농축수만 클로르알카리 공정에 활용할 수도 있다.
- [75] 한편, 본 발명의 제2실시예는 도 6에 도시되어 있다.
- [76] 도 6을 참고하면 제2실시예는 해수 담수화 농축수를 제1반응기, 제1고액분리기, 혼합조, 제3반응조 및 제3고액분리로 순차적으로 이동시키면서 마그네슘 탄산염을 생산하는 공정은 완전히 동일하다. 제1실시예에서 설명한 제1반응기, 제1고액분리기, 혼합조, 제3반응조, 제3고액분리기와 구체적인 공정들은 제2실시예에서도 동일하게 사용된다. 따라서 마그네슘 처리 공정은 제1실시예에 대한 설명으로 갈음하기로 한다.
- [77] 제2실시예가 제1실시예와 다른 점은 제1고액분리기에서 고액분리된 후의 액체 성분(농축수)에 대한 처리 공정이다. 제1실시예에서는 농축수에 하이드록셀을 넣어서 칼슘 이온을 포함한 2가 이온을 제거하였지만, 제2실시예에서는 칼슘 이온을 이산화탄소와 반응시켜 탄산칼슘을 형성한다.
- [78] 도 6에 도시된 제2실시예를 참고하면, 제1고액분리기를 통해 고체 상태의 수산화마그네슘이 분리된 후의 농축수는 제2반응기로 공급된다. 또한 제2반응기에는 알카리 용액(ex:수산화나트륨 용액)이 함께 공급되며 이산화탄소가 주입된다. 제2반응기에서는 농축수 내 칼슘이 이산화탄소와 반응하여 고체 상태의 탄산칼슘으로 생성된다. 제2실시예에서는 제2반응기도 제1반응기와 마찬가지로 연속형 반응기를 사용한다. 다만 본 발명의 주요 공정은 수산화마그네슘을 생성 및 분리하고, 추후 수산화마그네슘으로부터 마그네슘 탄산염을 생산하는 과정이므로, 주요 공정이 아닌 탄산칼슘 공정은 연속형으로 구성하지 않고 농축수를 일정 시간 간격으로 모아서 처리하는 배치(batch) 타입으로 구성할 수도 있다. 제2실시예에서는 연속형 공정으로 구현하는데, 농축수가 제2반응기에 연속적으로 공급되며 배출되며, 이 과정에서 알카리 용액이 먼저 공급 및 교반되고, 이산화탄소가 주입된다. 실시예에 따라서 제2반응기를 2개의 부분으로 분리하여 전단에는

알카리 용액을 공급하여 혼합시키고, 후단에서 이산화탄소를 주입할 수 있다. 알카리 용액이 공급되어 pH가 12.5 수준으로 상승되면 농축수에 녹아 있는 칼슘이 수산화칼슘으로 전환되고, 이산화탄소와 만나서 탄산칼슘으로 변환된다.

- [79] 앞에서 언급한 바와 마찬가지로 연속 공정에서는 센서를 이용하여 pH를 적정하게 유지하는 것이 곤란하므로 미리 알카리 용액 공급액을 결정할 필요가 있다. 이에 본 실시예에서는 단위 시간당 공급되는 농축수에 포함되어 있는 칼슘의 몰수 대비 수산화나트륨의 몰수가 1.8~2.2배 범위가 되도록 수산화나트륨 용액의 양을 결정하고, 단위 시간 동안 일정 속도로 연속적으로 공급한다. 또한 앞에서 설명한 식(1)을 탄산칼슘 변환 공정에도 적용하여 이산화탄소의 주입량(주입량/초)을 결정할 수 있다. 다만 식(1)에서 마그네슘과 관련된 사항, 즉 농도, 분자량을 칼슘에 관한 것으로 대체하고, 목적광물계수는 삭제할 수 있다.
- [80] 또한 이산화탄소는 칼슘과의 반응 효율을 향상시키도록 마이크로 버블 형태로 주입한다. 즉 이산화탄소를 5bar 이하(4~5bar)의 압력으로 가압하여 입경이 50 μ m 이하(1~50 μ m)의 사이즈로 만들어 주입하며, 더욱 바람직하게는 10 μ m 이하로 주입한다. 마이크로 사이즈가 되면 이산화탄소의 표면적이 넓어져 칼슘과의 접촉이 활발해지는 바 탄산칼슘 생성 효율이 향상되기 때문이다.
- [81] 제2반응기에서 탄산칼슘이 형성되면, 농축수를 제2고액분리기로 이송하여 고체 상태의 탄산칼슘을 분리해낸다. 본 실시예에서는 제2고액분리기는 필터프레스를 사용하여 연속 공정으로 이루어진다. 물론 탄산칼슘 분리공정은 연속식이 아닌 배치식으로도 가능하다.
- [82] 한편, 제2고액분리기에서 배출된 농축수에 대해서는 제1실시예와 마찬가지로 클로르알카리 공정으로 처리할 수 있다. 즉 제2실시예에서도 제1실시예와 마찬가지로 제2고액분리기에서 배출된 액상 농축수를 클로르알카리 공정에 투입하여 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산함으로써 농축수 내 나트륨의 농도를 저감한다. 또한 여기서 만들어진 수산화나트륨은 제1반응기 및 제2반응기에 알카리 용액으로 재사용하여 순환공정을 이룰 수 있다. 클로르알카리 공정은 제1실시예에서 설명한 것과 동일하므로 별도의 설명은 생략한다.
- [83] 그리고 농축수를 클로르알카리 공정에 투입하기에 앞서 제2고액분리기를 통해 배출된 농축수에 앞에서 설명한 하이드로겔을 투입하여 농축수에 잔류하는 2가 이온을 제거할 수 있다. 물론 제2실시예에서 마그네슘과 칼슘은 탄산화 공정을 거쳐 이미 제거하였지만, 잔류 2가 이온이 일부 남아 있는 바 하이드로겔을 추가적으로 투입할 수도 있다.
- [84] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예 및 제2실시예에서는 해수 담수화 플랜트에서 발생하는 농축수에 알카리 용액을 공급하여 수산화마그네슘을 형성한 후, 수산화마그네슘과 이산화탄소를 반응시켜 산업원료로 활용가능한 고순도의 마그네슘 탄산염을 생산하며, 이 과정에서 온실가스인 이산화탄소를 제거한다.

- [85] 제1실시예에서는 농축수 내 칼슘을 하이드로겔과 반응시켜 이산화탄소 제거용 하이드로겔 조성물을 생성할 수 있다. 이렇게 칼슘이 포함되어 있는 하이드로겔 조성물은 추후 이산화탄소와 반응시켜 탄산칼슘을 형성하여 이산화탄소 처리량을 증대시킨다. 또한 제2실시예에서는 농축수 내 칼슘을 다시 이산화탄소와 반응시켜 탄산칼슘을 형성하여 이산화탄소 처리량을 증대시킬 수 있다.
- [86] 마그네슘과 칼슘이 제거된 상태의 나트륨 풍부 농축수에 대해서 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨과 염소 가스를 생산하여 재활용함으로써 순환공정을 형성한다. 아울러 수산화나트륨이 형성되면서 농축수 내 나트륨이 소모되므로 농축수를 폐기처분할 때 TDS의 기준을 맞출 수 있다는 이점이 있다.
- [87] 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.

청구범위

- [청구항 1] (A)해수 담수화 농축수와 알카리 용액을 제1반응기에 연속적으로 공급하여 반응시킴으로써 고체 상태의 수산화마그네슘으로 형성하는 단계;
 (B)상기 제1반응기에서 제1고액분리기로 연속적으로 공급된 농축수로부터 고체 상태의 수산화마그네슘을 연속적으로 분리하여 배출하는 단계;
 (C)상기 제1고액분리기에서 배출되는 농축수를 제2반응기로 이송하고 고분자 하이드로겔을 투입하여 농축수 내 잔류 마그네슘 및 칼슘을 결합하여 제거하는 단계;
 (D)상기 제1고액분리기에서 배출된 수산화마그네슘에 물을 혼합하여 혼합액을 만들고 이산화탄소와 함께 제3반응기에 공급하여 마그네슘 탄산염을 침전시키는 단계;
 (E)상기 제3반응기로부터 상기 혼합액을 제3고액분리기로 공급하여 마그네슘 탄산염을 분리 및 배출하는 단계; 및
 (F)상기 제2반응기에서 배출된 농축수에 대하여 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산하여 농축수 내 나트륨의 농도를 저감하는 단계;를 구비하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 2] (A)해수 담수화 농축수와 알카리 용액을 제1반응기에 연속적으로 공급하여 반응시킴으로써 고체 상태의 수산화마그네슘으로 형성하는 단계;
 (B)상기 제1반응기에서 제1고액분리기로 연속적으로 공급된 농축수로부터 고체 상태의 수산화마그네슘을 연속적으로 분리하여 배출하는 단계;
 (C)상기 제1고액분리기에서 배출되는 농축수와 함께 알카리용액과 이산화탄소를 제2반응기에 공급하여 탄산칼슘을 고체 상태로 형성하는 단계;
 (D)상기 제2반응기에서 제2고액분리기로 공급된 농축수로부터 탄산칼슘을 분리해내는 단계;
 (E)상기 제1고액분리기에서 배출된 수산화마그네슘에 물을 혼합하여 혼합액을 만들고 이산화탄소와 함께 제3반응기에 공급하여 마그네슘 탄산염을 침전시키는 단계;
 (F)상기 제3반응기로부터 상기 혼합액을 제3고액분리기로 공급하여 마그네슘 탄산염을 분리 및 배출하는 단계; 및
 (G)상기 제2고액분리기에서 액상으로 배출된 농축수에 대하여 클로르알카리 공정을 통해 수산화나트륨, 수소 및 염소를 생산하여 농축수 내 나트륨의 농도를 저감하는 단계;를 구비하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 3] 제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 제3반응기에 공급하는 이산화탄소는 50마이크로 미터 이하의 입경을 가지는 마이크로 버블이며,

- 상기 마이브로 버블을 5bar 이하로 가압하여 공급하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 4] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 제1반응기에 공급되는 알카리 용액은 농축수 내 마그네슘의 몰수 (mol) 대비 1.8 ~ 2.2배의 비율로 공급하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 5] 제1항 또는 제2항에 있어서
상기 제1반응기는 일측에 유입구가 형성되고 타측에 유출구가 형성되며, 내주면에 다수의 돌기가 돌출형성되어 상기 농축수에 난류를 발생시키는 튜브형 교반부가 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 제1반응기는 상기 튜브형 교반부 후단에 배치되어 수산화마그네슘이 형성되는 반응부가 형성되는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 7] 제5항에 있어서,
상기 튜브형 교반부 내측으로 삽입되어 상기 농축수의 흐름 방향을 따라 알카리 용액을 공급하는 분사노즐을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 8] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 제1고액분리기는, 상측에서 하측으로 갈수록 직경이 커지다가 다시 작아지는 형상으로 이루어져 내부에 상기 농축수의 고체와 액체를 상호 분리하기 위한 공간부가 마련되며, 하부에는 상기 농축수가 유입되는 유입구가 형성되며, 상측 중앙부에는 배출공이 형성되고, 직경이 가장 큰 영역에는 슬릿이 형성되는 챔버와,
상기 슬릿을 밀폐하는 제1위치와 상기 슬릿을 개방하는 제2위치 사이에서 승강가능하게 상기 챔버 내부의 공간부에 설치되는 셔터와,
상기 챔버의 슬릿을 통해 배출된 고체를 가이드하는 유로가 형성되어 있는 커버부를 구비하여,
상기 셔터가 슬릿을 폐쇄한 상태로 회전하면서 상기 농축수 내 액체는 상기 배출공을 통해 연속적으로 배출되며 상기 농축수 내 고체는 상기 챔버에서 직경이 가장 큰 부분으로 이동 후 상기 셔터가 하방으로 이격시 상기 슬릿을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 9] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 제3반응기에는 혼합액이 연속적으로 공급 및 배출되며,

$$V_{gas}(L/sec) = \frac{22.4 \cdot V_w(L/sec) \cdot C_{mg}(mol/L) \cdot A}{T_{co2} \cdot P_{co2} \cdot z} \dots \text{식(1)}$$

(여기서, V_{gas} 는 단위시간당 가스 주입량, V_w 는 단위시간당 혼합액 주입량, C_{mg} 는 혼합액 내 마그네슘의 몰 농도, A 는 이산화탄소 부피보정계수, T_{co2} 는 이산화탄소가 탄산화 반응에 참여하는 전환율(0.01~1), P_{co2} 는 배가스 내 이산화탄소의 농도(부피 비율로서 0.01~1), z 는 생산하고자 하는 마그네슘 탄산염의 구체적인 형태를 결정하는 목적광물계수(0.5, 0.8, 1), 22.4는 1몰의 이상기체 부피(L) 이다)

상기 제3반응기에 공급되는 이산화탄소를 포함하는 가스의 단위시간당 주입량은 위의 식(1)에 의하여 결정하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.

- [청구항 10] 제1항 또는 제2항에 있어서
상기 수산화마그네슘에 혼합하는 물은 청수인 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 11] 제10항에 있어서
상기 제3고액분리기에서 배출된 혼합액은 상기 제3반응기에 다시 공급하여 순환시키는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 12] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 클로르알카리 공정에서 발생한 수산화나트륨과 염소를 혼합하여 차아염소산나트륨을 형성하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.
- [청구항 13] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 클로르알카리 공정에서 생산된 수산화나트륨의 농도가 10질량% 이상인 경우, 수산화나트륨에 이산화탄소를 주입하여 중탄산나트륨(NaHCO_3) 또는 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 추가적으로 생산하는 것을 특징으로 하는 해수 담수화 농축수를 이용한 마그네슘 탄산염 제조방법.