

명세서

발명의 명칭: 태양광 폐패널의 재활용 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 태양광 폐패널을 재활용하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 태양광 발전은, 태양광이라는 클린 에너지를 이용하여, 환경 부하가 작으므로, 재생 가능 에너지로서 주목되고 있다. 이 태양광 발전에 사용되는 태양광 패널은, 유리 기판, 태양광 셀, 태양광 셀과 유리 기판 사이에 존재하며 둘 사이를 접합시키는 에틸렌 바이닐 아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)와 같은 접착제층, 유리 기판, 접착제층 및 태양광 셀을 하나의 모듈로 고정시키는 알루미늄 프레임 등을 구비하여 구성된다.
- [3] 태양광 발전의 사용량과 관련하여서는 2000년대 초부터 재생에너지 발전 비중이 급격히 증가하면서, 특히 태양광 발전의 비중이 가장 크게 증가하였다.
- [4] 이렇게 태양광 발전 시스템의 보급이 확대되면서 수명을 다한 태양광 폐패널도 기하급수적으로 늘어날 전망이다. 태양광 패널의 사용 연한을 대략 25년 정도로 볼 때, 2000년대 초부터 설치된 태양광 패널의 수명이 다 되어감에 따라 태양광 폐패널들이 2020년대 중후반부터 본격적으로 발생할 것으로 전망된다. 이에 따라 태양광 폐패널을 처리하기 위한 방법이 다각적으로 모색되고 있다. 그러나 지금까지는 태양광 폐패널을 재활용없이 전량 매립하거나, 알루미늄 프레임만 분리하여 재활용하는 수준에 그치고 있으며, 폐태양광 모듈을 전적으로 재활용하는 단계로는 나아가지 못하고 있다. 구체적으로, 현재 존재하는 태양광 폐패널의 처리 방법은 알루미늄 프레임과 유리를 수작업으로 분리해 판매를 하고, 남은 셀은 매립을 하는 방식으로 처리하고 있으며, 알루미늄 프레임과 유리를 분리하는 공정을 기계를 이용하여 반자동화 및 자동화를 시도하는 곳도 존재하지만 처리량이 적으며 영세한 곳이 대부분이다.
- [5] 특히, 규소가 풍부하고 구리, 은이 상당량 포함된 태양광 셀의 재활용은 잘 이루어지지 않으며, 일반적인 파쇄, 선별 방법을 통해 재활용해 유가금속을 분리해 내려면 복잡한 공정이 필요하다. 이를 처리할 수 있는 재활용 방법에 대한 개발이 필요하며 또한 태양광 패널을 대량으로 처리할 수 있는 자동화된 공정의 개발이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 태양광 폐패널을 유가금속 회수를 위한 건식제련 공정을 수행하는 건식로에 투입함으로써, 건식제련 공정에 투입되는 이산화규소(SiO_2)로 이루어진 용제를 태양광 폐패널로 대체할 수 있는 방법을 제공한다.

- [7] 또한, 본 발명은 태양광 폐패널로부터 유가 금속을 농축한 회수물을 회수하는 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일 실시예에 따른 유리 기판, 태양광 셀, 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀 사이에 마련되어 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀을 접합시키는 접착제층 및 상기 유리 기판, 상기 접착제층 및 상기 태양광 셀의 적층 구조를 고정시키는 금속 소재의 프레임을 포함하는 태양광 폐패널의 재활용 방법은, 상기 태양광 폐패널을 소정의 크기 이하로 파쇄하는 제1 파쇄 공정, 상기 제1 파쇄 공정에 의해 파쇄된 제1 파쇄물에 포함되어 있는 상기 프레임을 선별하여 제거하는 프레임 제거 공정, 상기 프레임 제거 공정에 의해 상기 프레임이 제거된 상기 제1 파쇄물을 소정의 크기 이하로 파쇄하는 제2 파쇄 공정, 상기 제2 파쇄 공정에 의해 파쇄된 제2 파쇄물을 소성로에 투입하여 가열함으로써, 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀 사이의 상기 접착제층을 제거하는 소성 공정, 상기 소성 공정을 거친 제2 파쇄물을 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀로 분리하고, 상기 유리 기판은 제거하는 분급 공정 및 상기 유리 기판이 제거된 최종 파쇄물을 건식제련 공정의 건식로로 투입하는 건식로 투입 공정을 포함한다.
- [9] 상기 제1 파쇄 공정은 상기 태양광 폐패널을 150mm 이하의 크기로 파쇄하고, 상기 제2 파쇄 공정은 상기 제1 파쇄물을 50mm 이하의 크기로 파쇄할 수 있다.
- [10] 상기 제1 파쇄 공정 및 상기 제2 파쇄 공정은 파쇄기를 통해 수행되고, 상기 제1 파쇄 공정에서 150mm 이하의 크기로 파쇄된 상기 제1 파쇄물 및 상기 제2 파쇄 공정에서 50mm 이하의 크기로 파쇄된 상기 제2 파쇄물은, 상기 파쇄기 하부에 마련된 스크린을 통과하여 배출될 수 있다.
- [11] 상기 금속 소재의 프레임은 알루미늄으로 구성되고, 상기 프레임 제거 공정은 와류 선별기에 의해 수행될 수 있다.
- [12] 상기 소성 공정은 500°C 내지 600°C의 온도에서, 2시간 내지 3시간 동안 수행될 수 있다.
- [13] 상기 접착제층은 에틸렌 바이닐 아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)로 구성되고, 상기 소성 공정에 의해 상기 에틸렌 바이닐 아세테이트는 연소 또는 승화되어 제거될 수 있다.
- [14] 상기 분급 공정은 파쇄된 상기 유리 기판과, 파쇄된 상기 태양광 셀의 입도 차이를 이용한 체질 분급을 통해 수행될 수 있다.
- [15] 상기 유리 기판이 제거된 상기 최종 파쇄물은 규소(Si), 은(Ag) 및 구리(Cu)를 포함할 수 있다.
- [16] 상기 분급 공정을 통해, 상기 최종 파쇄물에서 은 및 구리의 농축이 이루어질 수 있다.

- [17] 상기 건식으로 투입 공정에서 상기 건식으로 투입되는 최종 파쇄물의 양은, 상기 건식제련 공정에 투입되는 용제 내 이산화규소의 조성비를 고려하여 산정될 수 있다.

발명의 효과

- [18] 본 발명에 따르면, 건식제련 공정의 용제 중 하나로 투입되는 재생 주물사(SiO_2 포함)를 태양광 폐패널로 대체할 수 있다.
- [19] 또한, 태양광 폐패널에 포함되는 은, 구리와 같은 유가 금속을 농축하여 회수할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [20] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 폐패널의 재활용 방법의 공정흐름도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [21] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [22] 본 발명은 기존의 건식제련 공정을 이용하여 태양광 폐패널을 재활용하기 위한 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 재활용 방법은 주로 태양광 폐패널을 이용한 재활용이지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 실리콘과 유가 금속을 포함하는 산업폐기물은 모두 본 발명에 따른 재활용 방법의 대상이 될 수 있다.
- [23] 본 발명은 태양광 폐패널을 가공하여 기존의 건식제련 공정을 수행하는 건식로에 투입함으로써 건식제련 공정에 투입되는 이산화규소를 대체하고, 태양광 폐패널에 포함된 유가 금속을 회수하는 방법을 제공하고자 한다.
- [24] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양광 폐패널의 재활용 방법의 공정흐름도이다.
- [25] 본 발명의 재활용의 대상이 되는 태양광 폐패널은 유리 기판, 태양광 셀, 유리 기판과 태양광 셀 사이에 마련되어 유리 기판과 태양광 셀을 접합시키는 접착제층 및 유리 기판, 접착제층 및 태양광 셀의 적층 구조를 고정시키는 것으로 태양광 패널의 테두리에 마련되는 금속 소재의 프레임 포함한다.
- [26] 도 1을 참조하면, 태양광 폐패널은 파쇄기로 투입되며, 태양광 폐패널은 파쇄기에 의해 150mm 이하의 크기로 파쇄된다(제1 파쇄 공정(S1)). 제1 파쇄 공정(S1)은 파쇄기를 통해 수행되고, 제1 파쇄 공정(S1)에 의해 150mm 이하의 크기로 파쇄된 폐패널은 상기 파쇄기 하부에 마련된 스크린을 통과하여 제1 파쇄물로 배출된다. 제1 파쇄 공정(S1)을 수행하기 위한 수단으로는 태양광 폐패널에 포함된 유리 기판, 태양광 셀, 금속 소재의 프레임 등을 파쇄할 수 있는 것이라면 어느 것이든 사용할 수 있으며, 예를 들어 일축 파쇄기나 이축 파쇄기 등 공지된 파쇄기를 이용할 수 있다.

- [27] 제1 파쇄 공정(S1)에 의해 파쇄된 제1 파쇄물은 프레임 제거 공정(S2)으로 이송되며, 프레임 제거 공정(S2)에서는 제1 파쇄물에 포함되어 있는 금속 소재의 프레임 물질을 제1 파쇄물로부터 선별하여 제거한다. 태양광 폐패널이 파쇄된 제1 파쇄물에는 태양광 폐패널의 적층 구조를 고정시키고 있었던 금속 소재의 프레임 재료들이 포함되어 있으며, 금속 소재의 프레임은 알루미늄으로 구성될 수 있다. 알루미늄 소재의 파쇄된 프레임을 포함하고 있는 제1 파쇄물은 와류 선별기로 이송되며, 와류 선별기는 제1 파쇄물 중에서 알루미늄 소재의 파쇄된 프레임을 선별하여 제거할 수 있다. 와류 선별기는 편심 와류 기술을 통해 작게 파쇄되고 가벼운 알루미늄과 같은 비철금속을 선별하는 것으로, 각도 조절이 가능하고 강한 자기장은 갖는 자석이 장착되어 있어 제1 파쇄물 중에 포함된 알루미늄 성분을 선별하여 분리할 수 있다.
- [28] 프레임 제거 공정(S2)에 의해 알루미늄 프레임이 제거된 제1 파쇄물은 제2 파쇄 공정(S3)으로 이송된다. 제2 파쇄 공정(S3)에서, 제1 파쇄물은 50mm 이하의 크기로 파쇄된다. 제2 파쇄 공정(S3)은 파쇄기를 통해 수행되고, 제2 파쇄 공정(S3)에 의해 50mm 이하의 크기로 파쇄된 제1 파쇄물은 상기 파쇄기 하부에 마련된 스크린을 통과하여 제2 파쇄물로 배출된다. 제2 파쇄 공정(S3)은 제1 파쇄 공정(S1)과 동일한 방식으로 수행될 수 있으며, 파쇄기의 블레이드의 수, 블레이드의 클리어런스 및 블레이드의 회전 수 등을 적절히 조절하여 제1 파쇄 공정(S1)에서의 목적 파쇄 크기(150mm 이하) 보다 작은 크기(50mm 이하)로 제1 파쇄물을 파쇄할 수 있다.
- [29] 제2 파쇄 공정(S3)에 의해 파쇄된 제2 파쇄물은 소성 공정(S4)으로 투입된다. 소성 공정(S4)에서는 제2 파쇄물을 소성로에 투입하여 가열함으로써, 제2 파쇄물에서 유리 기판과 태양광 셀 사이의 접착제층을 제거한다. 접착제층은 에틸렌 바이닐 아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)로 구성될 수 있다. 소성 공정(S4)은 소성로에서 500°C 내지 600°C의 온도에서, 2시간 내지 3시간 동안 수행될 수 있으며, 소성 공정(S4)을 통해 제2 파쇄물에서 유리 기판과 태양광 셀 사이의 EVA로 구성된 접착제층은 연소 또는 승화되어 제거될 수 있다. 소성 공정(S4)이 완료되면, 접착제층은 제거되어 분쇄된 유리 기판과 태양광 셀만이 남게 된다. 특히, 소성 공정에서의 고온의 가열 과정을 통해 태양광 셀은 분말의 형태로 남게 되는 반면, 파쇄된 유리 기판은 소성로에 투입되기 전과 비슷한 크기의 입도를 갖는다.
- [30] 소성 공정(S4)을 거친 제2 파쇄물에는 파쇄된 유리 기판 및 태양광 셀이 포함되어 있으며, 제2 파쇄물에 포함된 유리 기판과 태양광 셀은 분급 공정(S5)을 통해 분리될 수 있다. 분급 공정(S5)은 소성 공정(S4)이 끝난 제2 파쇄물에 포함된 유리 기판과, 태양광 셀의 입도 차이를 이용한 체질 분급을 통해 수행될 수 있다. 제2 파쇄물은 소성 공정(S4)을 거친 이후, 분말 형태의 태양광 셀 및 태양광 셀보다 큰 크기의 입도를 갖는 유리 기판을 포함하고 있기 때문에, 분급 공정(S5)을 통해 입도가 큰 유리 기판을 분말 형태의 태양광 셀로부터 분리하여 제거할 수 있다.

유리 기판이 제거된 분말 형태의 태양광 셀은 최종 파쇄물로서 규소(Si), 은(Ag) 및 구리(Cu) 등을 포함할 수 있다.

- [31] 위와 같이, 분급 공정(S5)을 통해 유리 기판, 수지 및 기타 불순물들을 제거함으로써 은 및 구리와 같은 태양광 셀에 포함된 유가 금속의 농축이 이루어 질 수 있는 것이다.
- [32] 분급 공정(S5)을 통해 유리 기판이 제거된 최종 파쇄물은 건식제련 공정의 건식로로 투입된다(건식로 투입 공정(S6)). 규소(Si), 은(Ag) 및 구리(Cu) 등을 포함하는 최종 파쇄물을 건식제련 공정의 용제 및 연료로 재활용함으로써 태양광 폐패널로부터 은 및 구리와 같은 유가금속을 회수할 수 있을 뿐만 아니라, 건식제련 공정에 투입되는 용제 및 연료투입량을 획기적으로 저감시킬 수 있다.
- [33] 구체적으로, 건식제련 공정에서는 용제의 유동성을 증대시키기 위하여 용제를 투입하는데, 특히 금속폐기물이 원료인 경우 용제의 투입은 더더욱 필요하다. 천연광석의 경우 그 자체에 SiO_2 , Al_2O_3 등의 용제 성분을 다량 포함하고 있지만, 금속 폐기물 내에는 그러한 용제 성분의 함량이 부족하기 때문이다. 따라서 금속폐기물의 건식제련에 공정에 있어서 용제의 투입이 필수적인데, 기존에는 이산화규소(SiO_2) 용제로서 주로 재생주물사 또는 모래 등을 사용하였다. 본 발명에서는 태양광 폐패널로부터 얻어진 규소(Si), 은(Ag) 및 구리(Cu) 등을 포함하는 최종 파쇄물을 건식제련 공정의 건식로에 투입하고, 최종 파쇄물의 주성분인 규소(Si)가 건식로에서 산소와 반응하여 이산화규소(SiO_2)를 형성함으로써 용제로서 기능하게 된다. 즉, 태양광 폐패널을 유가금속 회수를 위한 건식제련 공정을 수행하는 건식로에 투입함으로써, 건식제련 공정에 투입되는 이산화규소(SiO_2)로 이루어진 용제를 태양광 폐패널을 재활용하여 대체할 수 있는 것이다. 건식로 투입 공정(S6)에서 건식로로 투입되는 최종 파쇄물의 양은 건식제련 공정에 투입되는 용제 내 이산화규소의 조성비를 고려하여 산정될 수 있다.
- [34] 본 명세서에서는 본 발명이 일부 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자가 이해할 수 있는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 변경이 이루어질 수 있다는 점을 알아야 할 것이다. 또한, 그러한 변형 및 변경은 본 명세서에 첨부된 특허청구의 범위 내에 속하는 것으로 생각되어야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 유리 기판, 태양광 셀, 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀 사이에 마련되어 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀을 접합시키는 접착제층 및 상기 유리 기판, 상기 접착제층 및 상기 태양광 셀의 적층 구조를 고정시키는 금속 소재의 프레임에 포함하는 태양광 폐패널의 재활용 방법에 있어서, 상기 태양광 폐패널을 소정의 크기 이하로 파쇄하는 제1 파쇄 공정; 상기 제1 파쇄 공정에 의해 파쇄된 제1 파쇄물에 포함되어 있는 상기 프레임을 선별하여 제거하는 프레임 제거 공정; 상기 프레임 제거 공정에 의해 상기 프레임이 제거된 상기 제1 파쇄물을 소정의 크기 이하로 파쇄하는 제2 파쇄 공정; 상기 제2 파쇄 공정에 의해 파쇄된 제2 파쇄물을 소성로에 투입하여 가열함으로써, 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀 사이의 상기 접착제층을 제거하는 소성 공정; 상기 소성 공정을 거친 제2 파쇄물을 상기 유리 기판과 상기 태양광 셀로 분리하고, 상기 유리 기판은 제거하는 분급 공정; 및 상기 유리 기판이 제거된 최종 파쇄물을 건식제련 공정의 건식로로 투입하는 건식로 투입 공정을 포함하는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 제1 파쇄 공정은 상기 태양광 폐패널을 150mm 이하의 크기로 파쇄하고, 상기 제2 파쇄 공정은 상기 제1 파쇄물을 50mm 이하의 크기로 파쇄하는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 제1 파쇄 공정 및 상기 제2 파쇄 공정은 파쇄기를 통해 수행되고, 상기 제1 파쇄 공정에서 150mm 이하의 크기로 파쇄된 상기 제1 파쇄물 및 상기 제2 파쇄 공정에서 50mm 이하의 크기로 파쇄된 상기 제2 파쇄물은, 상기 파쇄기 하부에 마련된 스크린을 통과하여 배출되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 금속 소재의 프레임은 알루미늄으로 구성되고, 상기 프레임 제거 공정은 와류 선별기에 의해 수행되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 소성 공정은 500°C 내지 600°C의 온도에서, 2시간 내지 3시간 동안 수행되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 접착제층은 에틸렌 바이닐 아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)로 구성되고,

- 상기 소성 공정에 의해 상기 에틸렌 바이닐 아세테이트는 연소 또는 승화되어 제거되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 분급 공정은 파쇄된 상기 유리 기판과, 파쇄된 상기 태양광 셀의 입도 차이를 이용한 체질 분급을 통해 수행되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 유리 기판이 제거된 상기 최종 파쇄물은 규소(Si), 은(Ag) 및 구리(Cu)를 포함하는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 분급 공정을 통해, 상기 최종 파쇄물에서 은 및 구리의 농축이 이루어지는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 건식로 투입 공정에서 상기 건식로로 투입되는 최종 파쇄물의 양은, 상기 건식제련 공정에 투입되는 용제 내 이산화규소의 조성비를 고려하여 산정되는, 태양광 폐패널의 재활용 방법.