

명세서

발명의 명칭: 폐이차전지로부터 유가 금속 회수 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 전기차 시장이 급격하게 성장함에 따라, 전기차의 전력 공급원으로 사용되는 이차전지(예를 들어, 리튬 이차전지)의 수요도 급증하고 있다. 전기차용 이차전지에는 니켈, 코발트, 구리, 리튬과 같은 유가 금속이 다량 포함되어 있으며, 이에 따라 사용 후 폐기된 전기차용 이차전지로부터 유가 금속을 회수하여 재활용하는 방법에 대하여 최근 다양한 연구가 진행되고 있다.
- [3] 전기차용 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법으로는, 노(furnace)에서 전기차용 폐이차전지를 용융하여 유가 금속을 슬래그로부터 분리/농축하여 회수하는 건식법과 산으로 유가 금속을 침출하여 정제하는 습식법으로 나뉜다.
- [4] 건식법은 많은 양의 전기차용 폐이차전지를 처리하기에 적합하며, 니켈, 코발트, 구리가 슬래그로부터 바로 분리되어 회수된다는 장점이 있다. 그러나, 리튬은 대부분 슬래그로 배출되기 때문에, 이를 회수하기 위해서는 슬래그에서 리튬을 침출시키기 위한 추가 공정 및 이를 위한 대용량의 추가 설비가 필요하다는 단점이 있다.
- [5] 습식법은 고농도의 산과 중화제의 사용으로 다량의 폐수가 발생하고, 알루미늄, 철, 탄소 등의 제거 없이 처리되기 때문에 많은 양의 전기차용 폐이차전지를 처리하기에는 한계가 있다는 단점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 폐이차전지로부터 니켈, 코발트, 구리, 리튬 등의 유가 금속을 용이하게 회수하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [7] 이러한 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 일 실시예에 따른 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법은, 폐이차전지를 전처리하는 전처리 공정, 전처리된 폐이차전지를 가열하여 용융액을 생성하는 용융 공정, 및 상기 용융액으로부터 유가 금속을 회수하는 회수 공정을 포함한다. 상기 용융 공정에서 염소화제가 투입되며, 상기 회수 공정에서 리튬은 리튬 덩어리의 형태로 회수된다.
- [8] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 염소화제는 CaCl_2 , CuCl_2 , NaCl , KCl , CuCl 중 적어도 하나를 포함한다.
- [9] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 염소화제는 CaCl_2 또는 CuCl_2 를 포함한다.
- [10] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 염소화제는 상기 전처리된 폐이차전지에 포함된 리튬에 대한 염소의 당량이 1.2 이상이 되도록 투입된다.

- [11] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 용융 공정에서 상기 전처리된 폐이차전지는 1500°C 이상의 온도로 가열된다.
- [12] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 리튬 더스트는 LiCl이다.
- [13] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 용융 공정에서 생성되는 슬래그는 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 3상 슬래그이다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 슬래그의 조성은 21~28% CaO, 55~63% SiO₂, 12~17% Al₂O₃이다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전처리된 폐이차전지의 조성을 분석하는 폐이차전지 조성 분석 공정을 더 포함하고, 상기 전처리된 폐이차전지의 조성 분석 결과에 기초하여, 상기 슬래그의 조성이 21~28% CaO, 55~63% SiO₂, 12~17% Al₂O₃가 되도록 플럭스의 투입량이 조정된다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 용융 공정 중 생성된 상기 슬래그의 조성을 분석하는 슬래그 조성 분석 공정이 수행되며, 상기 슬래그의 조성 분석 결과에 기초하여, 상기 슬래그의 조성이 21~28% CaO, 55~63% SiO₂, 12~17% Al₂O₃가 되도록 플럭스의 추가 투입량이 조정된다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전처리 공정은, 상기 폐이차전지의 방전을 진행하는 방전 공정, 상기 폐이차전지를 팩에서 모듈로 해체하는 해체 공정, 해체된 상기 폐이차전지를 파쇄 및 분쇄하는 파/분쇄 공정, 및 파/분쇄된 폐이차전지를 건조하는 건조 공정을 포함한다.

발명의 효과

- [18] 본 발명에 따르면, 니켈, 코발트, 및 구리를 용융 공정에서 환원시켜 슬래그로부터 분리하여 회수할 수 있다.
- [19] 본 발명에 따르면, 염소화제를 투입함으로써 용융 공정에서 리튬을 염화리튬의 형태로 만들 수 있고, 이에 따라 슬래그로부터 리튬을 회수하는 추가적인 공정 없이 리튬을 리튬 더스트의 형태로 회수할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [20] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법에 대한 공정도이다.
- [21] 도 2는 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 3상 슬래그의 상평형도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [22] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 설명한다.
- [23] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법에 대한 공정도이다.
- [24] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법은 전처리 공정(S100), 용융 공정(S200), 및 회수 공정(S300)을 포함한다.
- [25] 전처리 공정(S100)

- [26] 전처리 공정(S100)은 폐이차전지를 용융하기 전에 수행되는 공정으로, 방전 공정(S10), 해체 공정(S20), 파/분쇄 공정(S30), 및 건조 공정(S40)을 포함할 수 있다.
- [27] **방전 공정(S10)**
- [28] 방전 공정(S10)은 후속 공정 중 발생할 수 있는 폐이차전지의 폭발을 방지하기 위하여 폐이차전지에 축적되어 있는 전력을 방전시키는 공정이다. 방전 공정(S10)은 방전기를 이용한 방전 혹은 염수를 이용한 염수 방전 등을 통해 행해질 수 있다. 예를 들어, 방전 공정(S10)을 통해 폐이차전지의 충전률은 20% 이하로 낮아질 수 있다.
- [29] **해체 공정(S20)**
- [30] 해체 공정(S20)은 팩 형태의 폐이차전지를 모듈 또는 셀 단위로 해체하는 공정이다. 일 실시예에 따르면, 도 1에 도시된 바와 같이 해체 공정(S20)은 방전 공정(S10) 후에 수행될 수 있다. 그러나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예에 따르면 도 1에 도시된 바와 달리, 해체 공정(S20)이 먼저 수행된 후에 방전 공정(S10)이 수행될 수 있다. 해체 공정(S20)은, 예를 들어, 자동화 해체 설비를 이용하여 수행될 수 있다.
- [31] **파/분쇄 공정(S30)**
- [32] 파/분쇄 공정(S30)은 해체된 폐이차전지를 파쇄 및 분쇄하며 파쇄분의 형태로 만드는 공정이다. 파/분쇄 공정(S30)은 스파크 및 폭발 방지를 위하여 질소 분위기 하에서 물을 분무하면서 진행될 수 있다. 파쇄 및 분쇄가 진행된 후, 분무된 물 및 폐이차전지로부터 흘러나온 전해질은 제거될 수 있다. 예를 들어, 물과 전해질은 로터리 배럴(rotary barrel)을 통해 원심 분리 방법으로 제거될 수 있다.
- [33] **건조 공정(S40)**
- [34] 건조 공정(S40)은 파/분쇄 공정(S30) 후 잔류하는 물과 전해질을 제거하기 위한 공정이다. 예를 들어, 건조 공정(S40)은 파쇄분이 배치된 건조기 내에 약 50°C 이상으로 가열된 질소 가스를 가함으로써 수행될 수 있다.
- [35] **조성 분석 공정(S150)**
- [36] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전처리 공정(S100)이 수행된 폐이차전지(이하, “전처리된 폐이차전지”)의 조성을 분석하는 조성 분석 공정(S150)이 수행될 수 있다. 전처리된 폐이차전지의 조성 분석 결과는 후술할 용융 공정(S200)에서 투입될 플럭스의 성분 및 함량을 결정하는데 사용될 수 있다. 이와 달리, 본 발명의 다른 실시예에 따르면(예를 들어, 전처리된 폐이차전지의 조성을 이미 알고 있는 경우), 조성 분석 공정(S150)은 생략될 수 있다.
- [37] **용융 공정(S200)**
- [38] 용융 공정(S200)은 전처리된 폐이차전지를 가열하여 용융하는 공정이다. 구체적으로, 용융 공정(S200)은, 전처리된 폐이차전지를 플럭스 및 염소화제와 혼합하여 용융한다. 바람직하게는, 이를 1,500°C 이상에서 약 3~5시간 가열함으로써 수행될 수 있다. 상기 가열 중에 공기가, 바람직하게는 산소를 혼합한 공기가, 보다 바람직하게는 산소가 투입될 수 있으며, 이를 통해 전처리된 폐이차전지에 포

합된 탄소, 알루미늄, 망간, 철 등의 부수물을 산화시킬 수 있다. 탄소는 산화되어 이산화탄소나 일산화탄소가 되어 가스로 배출될 수 있으며, 알루미늄, 망간, 철, 잔부 탄소 등의 산화물은 후술할 바와 같이 슬래그로 포함될 수 있다. 용융 공정(S200)에서의 가열 온도가 1,500°C 미만일 경우, 충분한 반응성이 확보되지 않아 후속 공정에서 리튬의 회수율이 낮아질 수 있다.

- [39] 상기 플럭스는 SiO_2 및 CaCO_3 를 포함하며, 이에 따라 폐이차전지에 포함된 알루미늄의 산화물(Al_2O_3)과 함께 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 3상 슬래그가 생성된다. 또한, 전처리된 폐이차전지에 포함되어 있는 부수물, 예를 들어, 망간, 철, 탄소 등이 슬래그에 포함되어 있을 수 있으며, 니켈, 코발트, 구리, 리튬 중 일부도 슬래그에 포함되어 있을 수 있다.
- [40] 용융 공정(S200) 중 생성되는 3상 슬래그의 조성은 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 가 바람직할 수 있으며, 이를 달성하도록 플럭스의 투입량(투입되는 플럭스의 성분 및 함량)이 조정될 수 있다. 이 경우 슬래그의 용융점은 약 1,200°C가 된다(도 2 참조). 상기 플럭스의 투입량 조정은 조성 분석 공정(S150)에서 얻어진 전처리된 폐이차전지의 조성 분석 결과에 기초하여 수행될 수 있다. 구체적으로, 전처리된 폐이차전지의 조성에 기초하여 3상 슬래그의 조성이 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 가 되도록 SiO_2 및 CaCO_3 의 투입량이 조정될 수 있다.
- [41] 또한, 용융 공정(S200) 중 생성되는 슬래그의 조성을 분석하는 공정이 수행될 수 있다. 이 경우, 생성된 슬래그의 조성 분석 결과에 기초하여, 3상 슬래그의 조성이 바람직하게는 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 가 되도록 용융 공정(S200) 중에 플럭스의 투입량이 조정될 수 있다. 구체적으로, 생성된 슬래그의 조성에 기초하여 3상 슬래그의 조성이 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 가 되도록 추가로 투입되는 SiO_2 및 CaCO_3 의 투입량이 조정될 수 있다.
- [42] 상기 염소화제는 CaCl_2 , CuCl_2 , NaCl , KCl , CuCl 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 전처리된 폐이차전지에 포함된 리튬에 대한 염소의 당량이 바람직하게는 1.2 이상이 되도록 투입될 수 있다. 염소화제의 당량이 1.2 미만일 경우 리튬의 염소화 반응이 충분히 진행되지 않을 수 있으며, 이에 따라 후속 공정에서 리튬의 회수율이 낮아질 수 있다.
- [43] 용융 공정(S200) 중 전처리된 폐이차전지에 포함된 니켈, 코발트, 구리가 산화물로부터 환원된다. 이와 관련된 반응식은 아래 (식 1)과 같다.
- [44] $\text{MO} + \text{C} = \text{CO} + \text{M}$ ($\text{M}=\text{Ni}, \text{Co}, \text{Cu}$) ... (식 1)
- [45] 환원된 니켈, 코발트, 구리는 용융되어 용융액의 형태로 존재하며, 슬래그와의 비중 차이로 인해 슬래그 아래에 분리되어 존재한다.
- [46] 용융 공정(S200) 중 전처리된 폐이차전지에 포함된 리튬은 염소화제에 염소화 반응이 진행되어 염화리튬(LiCl)의 형태가 된다. 이와 관련된 반응식은 아래 (식 2), (식 3), (식 4)와 같다.

- [47] $\text{Li}_2\text{O} + \text{SiO}_2 + \text{MCl}_2 = 2\text{LiCl} + \text{MSiO}_3$ (M=Ca, Cu) ... (식 2)
- [48] $\text{Li}_2\text{O} + 2\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MCl}_2 = 2\text{LiCl} + \text{MAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (M=Ca, Cu) ... (식 3)
- [49] $\text{Li}_2\text{O} + 6\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{MCl} = 2\text{LiCl} + 2\text{MAlSi}_3\text{O}_8$ (M=Na, K, Cu) ... (식 4)
- [50] 구체적으로, 염소화제로서 CaCl_2 또는 CuCl_2 가 사용될 경우, (식 2)와 (식 3)의 반응식을 통해 염화리튬이 생성될 수 있으며, NaCl , KCl , 또는 CuCl 가 사용될 경우, (식 4)의 반응식을 통해 염화리튬이 생성될 수 있다.
- [51] **회수공정(S300)**
- [52] 회수공정(S300)은 니켈, 코발트, 구리, 및 염화리튬(LiCl)을 회수하는 공정이다.
- [53] 용융 공정(S200)에서 환원되어 생성된 니켈, 코발트, 구리의 용융액은 슬래그보다 높은 비중을 가지며, 따라서 슬래그 아래에 분리되어 존재한다. 이를 이용하여, 니켈, 코발트, 구리를 슬래그로부터 분리, 회수할 수 있다.
- [54] 용융 공정(S200)에서 생성된 염화리튬(LiCl)의 끓는점은 약 $1,382^\circ\text{C}$ 이며, 따라서 용융 공정(S200) 중 기화되어 더스트의 형태가 될 수 있다. 더스트 형태의 염화리튬(LiCl)은 집진기, 예를 들어 전기 집진기 또는 백 필터 집진기를 통해 회수될 수 있다.
- [55] 이하에서는, 실시예와 비교예를 통해 본 발명을 상세히 설명한다. 실시예에서는 전술한 공정들을 통해 폐이차전지로부터 유가 금속인 니켈, 코발트, 구리, 및 리튬을 회수하였고, 그 회수율을 측정하였다. 한편, 비교예에서는, 용융 공정(S200)에서 염소화제의 투입 없이 공정을 진행한 후, 유가 금속인 니켈, 코발트, 구리, 및 리튬의 회수율을 측정하였다. 니켈, 코발트, 구리, 및 리튬의 회수율은 투입량에서 슬래그로 배출된 양을 뺀 값으로 계산하였다. 실시예 및 비교예에서 사용된 폐이차전지 파쇄분(전처리된 폐이차전지) 성분은 아래 표 1과 같다.

[표 1]

구분	Ni	Co	Cu	Li	Mn	Al	Fe	C
함량(%)	17.0	5.7	9.2	3.3	5.7	10.2	0.1	28.8

[57] **비교예**

- [58] 비교예에서는, 염소화제의 투입 없이, 폐이차전지 파쇄분 100g에 플럭스로 SiO_2 82.2g과 CaCO_3 57.0g을 혼합하여, $1,500^\circ\text{C}$ 에서 3시간 동안 산소를 투입하면서 용융 공정을 수행하였다.

[59] **실시예 1~5**

- [60] 실시예 1~5에서는, 용융 공정(S200)에서의 온도에 따른 유가 금속의 회수율을 확인하였다.
- [61] 구체적으로, 폐이차전지 파쇄분 100g에 플럭스로 SiO_2 82.2g과 CaCO_3 21.3g을 혼합하였고, 염소화제로 CaCl_2 39.6g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.5)를 혼합한 후 3시간 동안 산소를 투입하면서 용융 공정을 수행하였다. 용융 온도는 실시예 1에서 1300°C , 실시예 2에서 1350°C , 실시예 3에서 1400°C , 실시예 4에서 1450°C , 실시예 5에서 1500°C 로 하였다.

[62] 실시예 1~5 및 비교예에서의 실험 조건 및 유가 금속의 회수율은 표 2에 나타내었다.

[63] [표2]

		실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	비교예
투입량 (g)	페이차전지 파쇄분	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	SiO ₂	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	CaCO ₃	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	57.0
	CaCl ₂	39.6(1.5 당량)	39.6 (1.5당량)	39.6 (1.5당량)	39.6 (1.5당량)	39.6 (1.5당량)	-
용융공정 조건	온도 (°C)	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500	1,500
	반응시간 (hr)	3	3	3	3	3	3
회수율 (%)	Ni	97.7	97.9	98.2	98.7	99.2	99.2
	Co	97.3	97.8	97.9	98.5	98.6	98.4
	Cu	86.7	95.3	97.5	98.0	98.7	98.5
	Li	47.4	54.5	60.6	78.3	91.5	0.2

[64] 표 2에서 확인되는 바와 같이, 실시예 1~5에서는 슬래그에 대한 추가적인 공정 없이도 리튬을 회수할 수 있었다. 또한, 실시예 1~5에서는 용융공정에서의 온도가 높을수록 유가 금속의 회수율, 특히 리튬의 회수율이 높아졌으며, 특히 용융 공정 온도 1,500°C의 실시예 5에서는 91.5%의 높은 리튬 회수율을 나타냈다.

[65] 반면, 용융 공정 중 염소화제를 투입하지 않은 비교예에서는, 대부분의 리튬이 슬래그로 배출되었으며, 따라서 슬래그에 대한 추가적인 공정 없이 리튬을 회수할 수 없었다.

[66] **실시예 6~10**

[67] 실시예 6~10에서는, 염소화제의 당량에 따른 유가 금속의 회수율을 확인하였다.

[68] 구체적으로, 페이차전지 파쇄분 100g에 플릭스로 SiO₂와 CaCO₃를 혼합하였고, 염소화제로 CaCl₂를 혼합한 후, 1,500°C에서 3시간 동안 산소를 투입하면서 용융 공정을 수행하였다. CaCl₂의 투입량은 실시예 6에서 26.4g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.0), 실시예 7에서 31.7g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.2), 실시예 8에서 39.6g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.5), 실시예 9에서 47.5g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.8), 실시예 10에서 52.8g(리튬에 대한 염소의 당량: 2.0)으로 하였다.

[69] SiO_2 는 실시예 6~10 모두에서 82.2g 투입하였고, CaCO_3 는 CaCl_2 (염소화제)의 투입량에 맞춰, 실시예 6에서 33.2g, 실시예 7에서 28.4g, 실시예 8에서 21.3g, 실시예 9에서 14.2g, 실시예 10에서 9.4g 투입하였다.

[70] 각 실시예에서의 실험 조건 및 유가 금속의 회수율은 표 3에 나타내었다.

[71] [표3]

		실시예 6	실시예 7	실시예 8	실시예 9	실시예 10
투입량 (g)	페이차전지 파쇄분	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	SiO_2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	CaCO_3	33.2	28.4	21.3	14.2	9.4
	CaCl_2	26.4(1.0당 량)	31.7 (1.2당량)	39.6 (1.5당량)	47.5 (1.8당량)	52.8 (2.0당량)
용융공정 조건	온도 (°C)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
	반응시간 (hr)	3	3	3	3	3
회수율 (%)	Ni	98.9	99.1	99.2	99.1	99.2
	Co	98.8	98.5	98.6	98.7	98.4
	Cu	98.5	98.7	98.7	98.5	98.7
	Li	67.1	90.3	91.5	91.4	91.7

[72] 표 3에서 확인되는 바와 같이, 실시예 6~10에서 슬래그에 대한 추가적인 공정 없이도 리튬을 회수할 수 있었다. 또한, CaCl_2 (염소화제)의 투입량이 많을수록 리튬 회수율이 높아졌다. 특히, CaCl_2 의 투입량이 31.7g(리튬에 대한 염소의 당량: 1.2) 이상인 실시예 2~5에서는 90% 이상의 높은 리튬 회수율을 나타냈다.

[73] **실시예 5, 11~14**

[74] 실시예 5, 11~14에서는, 염소화제의 종류에 따른 유가 금속의 회수율을 확인하였다.

[75] 구체적으로, 페이차전지 파쇄분 100g에 플릭스로 SiO_2 와 CaCO_3 를 혼합하였고, 염소화제를 리튬에 대한 염소의 당량이 1.5가 되도록 혼합한 후, 1,500°C에서 3 시간 동안 산소를 투입하면서 용융 공정을 수행하였다. 실시예 5에서는 CaCl_2 를 39.6g, 실시예 11에서는 CuCl_2 를 47.9g, 실시예 12에서는 NaCl 을 41.7g, 실시예 13에서는 KCl 을 53.2g, 실시예 14에서는 CuCl 을 70.6g 혼합하였다.

[76] SiO_2 는 실시예 5, 11~14 모두에서 82.2g 투입하였고, CaCO_3 는 염소화제의 투입량에 맞춰, 실시예 5에서는 21.3g, 실시예 11~14에서는 57.0g 투입하였다.

[77] 각 실시예에서의 실험 조건 및 유가 금속의 회수율은 표 4에 나타내었다.

[78] [표4]

		실시예 5	실시예 11	실시예 12	실시예 13	실시예 14
투입량 (g)	페이차전지 파쇄분	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	SiO ₂	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	CaCO ₃	21.3	57.0	57.0	57.0	57.0
	염소화제	CaCl ₂ 39.6g (1.5 당량)	CuCl ₂ 47.9g (1.5 당량)	NaCl 41.7g (1.5 당량)	KCl 53.2g (1.5 당량)	CuCl 70.6g (1.5 당량)
용융공정 조건	온도 (°C)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
	반응시간 (hr)	3	3	3	3	3
회수율 (%)	Ni	99.2	98.9	98.6	98.1	98.2
	Co	98.6	98.6	98.1	98.0	97.6
	Cu	98.7	98.2	98.3	97.7	97.3
	Li	91.5	89.2	72.4	54.3	73.6

[79] 표 4에서 확인되는 바와 같이, 실시예 5, 11~14에서 슬래그에 대한 추가적인 공정 없이도 리튬을 회수할 수 있었다. 또한, 염소화제의 종류에 따라 리튬 회수율이 달라졌으며, 특히 CaCl₂와 CuCl₂가 투입된 실시예 5와 11에서 높은 리튬 회수율을 나타냈다.

청구범위

- [청구항 1] 폐이차전지를 전처리하는 전처리 공정;
전처리된 폐이차전지를 가열하여 용융액을 생성하는 용융 공정; 및
상기 용융액으로부터 유가 금속을 회수하는 회수 공정을 포함하되,
상기 용융 공정에서 염소화제가 투입되며,
상기 회수 공정에서 리튬은 리튬 더스트의 형태로 회수되는, 폐이차전지
로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 염소화제는 CaCl_2 , CuCl_2 , NaCl , KCl , CuCl 중 적어도 하나를 포함하
는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
상기 염소화제는 CaCl_2 또는 CuCl_2 를 포함하는, 폐이차전지로부터 유가
금속을 회수하는 방법.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
상기 염소화제는 상기 전처리된 폐이차전지에 포함된 리튬에 대한 염소
의 당량이 1.2 이상이 되도록 투입되는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회
수하는 방법.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 용융 공정에서 상기 전처리된 폐이차전지는 1500°C 이상의 온도로
가열되는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 6] 제1 항에 있어서,
상기 리튬 더스트는 LiCl 인, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방
법.
- [청구항 7] 제1 항에 있어서,
상기 용융 공정에서 생성되는 슬래그는 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 3상 슬래그인, 폐
이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,
상기 슬래그의 조성은 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 인, 폐이
차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 전처리된 폐이차전지의 조성을 분석하는 폐이차전지 조성 분석 공
정을 더 포함하고,
상기 전처리된 폐이차전지의 조성 분석 결과에 기초하여, 상기 슬래그의
조성이 21~28% CaO , 55~63% SiO_2 , 12~17% Al_2O_3 가 되도록 플럭스의 투입
량이 조정되는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.
- [청구항 10] 제8 항에 있어서,

상기 용융 공정 중 생성된 상기 슬래그의 조성을 분석하는 슬래그 조성 분석 공정이 수행되며,
상기 슬래그의 조성 분석 결과에 기초하여, 상기 슬래그의 조성이 21~28% CaO, 55~63% SiO₂, 12~17% Al₂O₃가 되도록 플럭스의 추가 투입량이 조정되는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.

[청구항 11]

제1 항에 있어서,
상기 전처리 공정은,
상기 폐이차전지의 방전을 진행하는 방전 공정;
상기 폐이차전지를 팩에서 모듈로 해체하는 해체 공정;
해체된 상기 폐이차전지를 파쇄 및 분쇄하는 파/분쇄 공정; 및
파/분쇄된 폐이차전지를 건조하는 건조 공정을 포함하는, 폐이차전지로부터 유가 금속을 회수하는 방법.